



## TRANSICIÓN ENERGÉTICA

LAS RENOVABLES, UN NEGOCIO EN EXPANSIÓN  
EMPRESAS PUNTERAS ESPAÑOLAS EN EL SECTOR  
ENTREVISTA CON EL DIRECTOR GENERAL DEL IDAE

EL RETO DEL AUTOCONSUMO EN EL CAMBIO ENERGÉTICO  
ENTREVISTA CON EL DIRECTOR GENERAL DE UNEF

> PROGRAMAS INFORMÁTICOS USADOS EN LA REALIZACIÓN DE PROCESOS DE FABRICACIÓN Y PROYECTOS DE FIN DE ESTUDIOS

> APROVECHAMIENTO DE LAS TURBINAS DE GAS PARA LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

> ESTADO DEL ARTE DE MODELOS Y METODOLOGÍAS DE INDICADORES UTILIZADOS PARA EVALUAR LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA DE LAS NACIONES

> ESTADO DEL ARTE DE LA INGENIERÍA EN FIABILIDAD

# Mupiti Profesional

La alternativa al  
RETA de Mupiti



Con Mupiti te garantizas el cobro de la pensión de jubilación porque está basado en un sistema de capitalización individual. Tus ahorros siempre serán tuyos y, en caso de fallecimiento, tus beneficiarios cobrarán el capital ahorrado y además una prestación por fallecimiento.

Una vez jubilado, podrás compatibilizar el cobro del 100% de la prestación de tu pensión de jubilación y continuar trabajando por cuenta propia con Mupiti como alternativa al RETA, sin tener que contratar a un empleado. En cambio, en el RETA es obligatorio que tengas contratado un empleado.

Tu dinero crecerá anualmente: Tus aportaciones realizadas tienen una rentabilidad mínima garantizada del 1% a la que se sumará una rentabilidad adicional que pudiera corresponder en forma de participación en beneficios (PB).

Beneficios fiscales: Las cuotas aportadas al seguro Mupiti Profesional tienen la consideración de gasto deducible de los ingresos de actividades económicas, con los límites legales establecidos en cada anualidad.

## Coberturas:

**Jubilación:** Capital que haya constituido en la fecha de rescate, la cual no puede ser anterior a la edad legalmente establecida para el acceso a la jubilación. El capital constituido resulta de acumular el importe de la cuota del seguro que va destinada a la cobertura de Jubilación. Dicho capital tiene un interés garantizado en cada anualidad del 1%, al que se añade la Participación en Beneficios (PB) de la Mutualidad que pueda corresponder.

**Incapacidad Permanente Total**, para la profesión habitual: Cobertura de 50.000 euros + el capital constituido en la cobertura de jubilación a la fecha de solicitud.

**Incapacidad Permanente Absoluta**, para toda profesión: Cobertura de 100.000 euros + el capital constituido en la cobertura de jubilación a la fecha de solicitud.

**Incapacidad Temporal**, que incluye prestaciones por maternidad, paternidad y riesgo durante el embarazo: 30 € a multiplicar por el Nº de días según Baremo para la enfermedad o lesión correspondiente.

**Fallecimiento**, que puede dar lugar a prestaciones de viudedad y orfandad: Cobertura de 50.000 euros + el capital constituido en la cobertura de jubilación a la fecha de solicitud.

## Cuotas:

La cuota mínima a pagar en el seguro Mupiti Profesional, de conformidad con la normativa en vigor, es el 80% de la cuota mínima del Régimen Especial de Trabajadores Autónomos (RETA), por lo que con Mupiti se paga menos al mes y supone un buen ahorro.

La cuota para años sucesivos se determina mediante un incremento del 3% sobre la cuota del ejercicio anterior.

Se puede optar por aumentar el importe de la cuota mínima mensual a pagar, indicando las coberturas que desea ampliar.

Los mutualistas, en función de la edad, de su grado de discapacidad superior o igual al 33%, y de si han sido víctimas de violencia de género o víctimas de terrorismo, podrán beneficiarse de las reducciones y/o bonificaciones que en materia de seguridad social se establezcan por normativa legal para dichos colectivos, siempre y cuando hayan sido previamente reguladas por Mupiti y se cumplan los requisitos exigidos para tal fin.

La reducción y/o bonificación de la cuota deberá solicitarse expresamente por el mutualista y supone la reducción de las prestaciones en el mismo porcentaje.

Descubre las ventajas de Mupiti Profesional en nuestro video informativo escaneando este código QR desde tu smartphone o tablet:



Si deseas ampliar la información y saber la cuota para este año contacta con un asesor en el teléfono 900 820 720 o por email a [info@mupiti.com](mailto:info@mupiti.com)

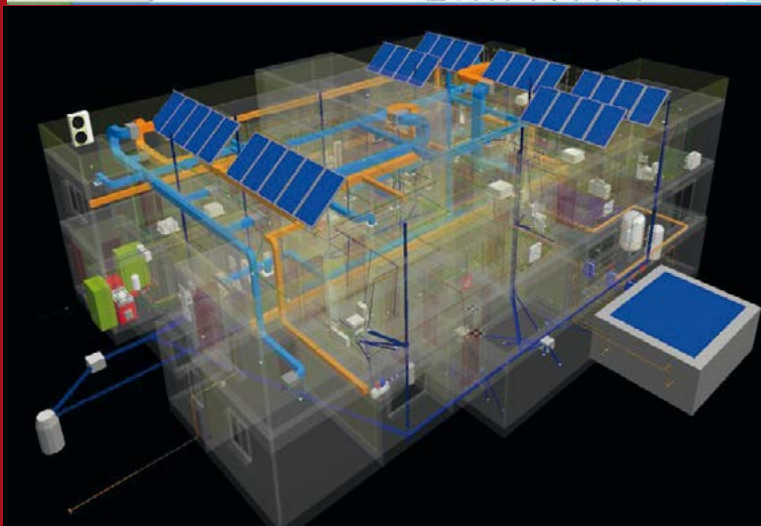
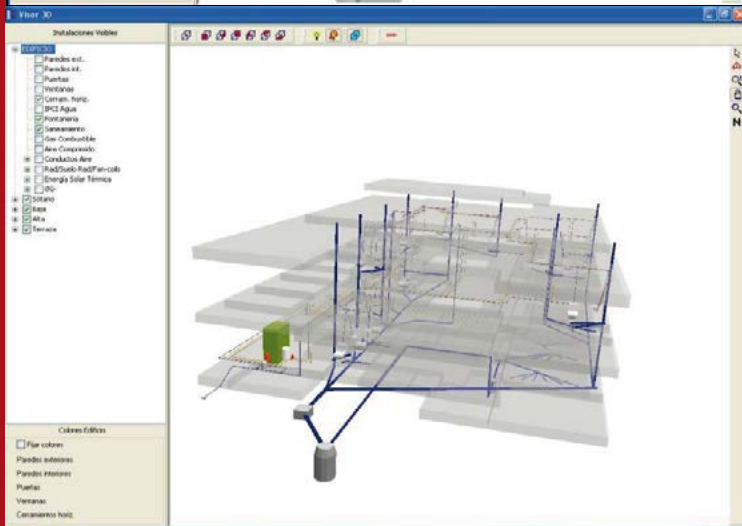
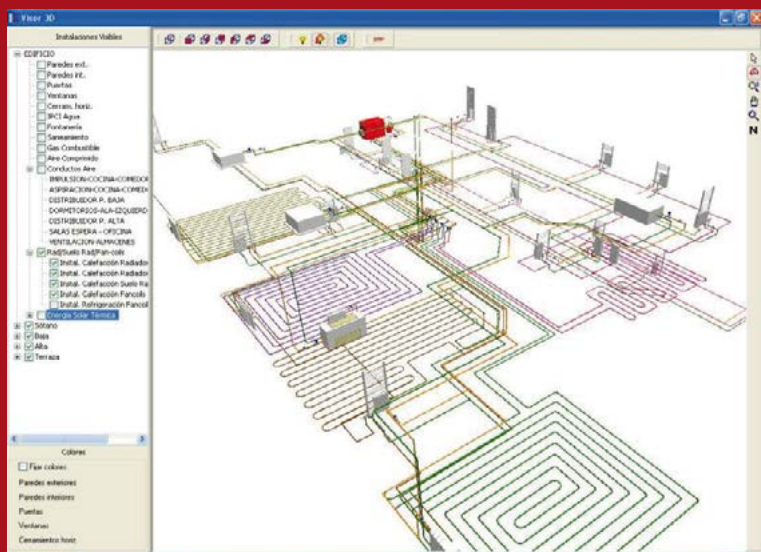
[www.alternativaalreta.es](http://www.alternativaalreta.es)

## Edificación

CIEBT: Instalaciones Eléctricas BT  
 VIVI: Instalaciones Eléctricas en Edificios de Viviendas  
 IPCI: Protección contra Incendios por agua  
 FONTA: Fontanería: Agua fría y agua caliente sanitaria  
 SANEA: Instalaciones de Saneamiento  
 GASCOMB: Instalaciones Receptoras de Gases Combustibles  
 AIRECOMP: Aire Comprimido y Gases Industriales  
 CATE: Cargas Térmicas de Invierno y Verano  
 CONDUCTOS: Conductos de Aire para Ventilación y Climatización  
 RSF: Radiadores, Suelo Radiante y Fancoils  
 SOLTE: Energía Solar Térmica  
 REFRI: Cálculo de tuberías y equipos de expansión directa

## Urbanización

ALP: Redes de Alumbrado Público  
 REDBT: Redes Eléctricas de Distribución BT  
 CMBT: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas BT  
 REDAT: Redes Eléctricas de Distribución AT  
 CMAT: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas AT  
 CT: Centros de Transformación de Interior e Intemperie  
 ABAST: Redes de Abastecimiento de Agua y Riego  
 ALCAN: Redes de Alcantarillado  
 RENOVABLES: Energías Renovables: Fotovoltaica y Eólica



SENCILLEZ EN EL MANEJO, POTENCIA EN EL CÁLCULO



## EN PORTADA Transición energética

**10 La transformación del modelo energético en la industria de las energías limpias** El Acuerdo de París de 2015 constituyó un hito histórico en la lucha mundial contra el cambio climático. Los países involucrados en la consecución de este objetivo manifestaron la necesidad de compatibilizar el crecimiento económico con la reducción de gases de efecto invernadero. Sin embargo, para la consecución de estos objetivos es indispensable un cambio de modelo energético. *Mónica Ramírez*

**16 ENTREVISTA Joan Herrera Torres** Director General del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE): "Nuestro país puede ser rico en renovables, y lo que tenemos que hacer es liderar el sector".

**20 El reto del autoconsumo en el cambio energético** El autoconsumo mediante energías renovables ya es una realidad en España desde el pasado 5 de abril de 2019, cuando el Consejo de Ministros, a petición del Ministerio de Transición Ecológica, aprobaba el Real Decreto 244/2019 por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. *Marita Morcillo*

**24 ENTREVISTA José Donoso** Director general de Unión Española Fotovoltaica (UNEF): "El sector fotovoltaico experimentará un importante crecimiento, impulsado por el autoconsumo"

**26 ENTREVISTA José Luis López de Silanes** Presidente del Grupo CLH: "Nuestro principal reto de futuro es adaptarnos al proceso de transición energética"

Foto de portada: Shutterstock.

## ACTUALIDAD

**04 El Hierro, en busca de la isla 100% renovable** Lograr un futuro cada vez más verde y sostenible es posible. El Hierro es un buen ejemplo de ello, al convertirse en la primera isla que puede vivir de su propia energía: 100% renovable. Para la sociedad que gestiona el proyecto, Gorona del Viento El Hierro S.A, supone todo un reto a nivel mundial, gracias a la aplicación de un nuevo modelo energético. *Mónica Ramírez*

**08 ENTREVISTA JUAN PEDRO SÁNCHEZ** Consejero delegado de Gorona del Viento El Hierro: "Gracias a la Central hidroeléctrica se evita la emisión a la atmósfera de 20.000 toneladas de CO<sub>2</sub> al año".

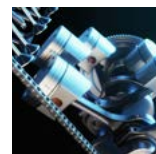
**29 TRIBUNA Ingenieras**

## ARTÍCULOS

**30 ORIGINAL**  
**Estado del arte de modelos y metodologías de indicadores utilizados para evaluar la sostenibilidad energética de las naciones**  
State of the art models and methodologies of indicators used to assess the energy sustainability of nations  
*Alberto Martínez, Sergio Valero, Carolina Senabre*



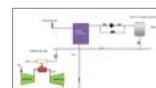
**42 ORIGINAL**  
**Programas informáticos CAD/CAM/CAE usados en la realización de procesos de fabricación y proyectos de fin de estudios**  
Computer Programs CAD/CAM/CAE used in the realization of manufacturing processes and end of studies projects  
*Juan Manzanares Ruiz*



**50 ORIGINAL**  
**Estado del arte de la ingeniería en fiabilidad**  
State of the art of the engineering in reliability  
*Ramiro Álvarez Santos*



**60 ORIGINAL**  
**Aprovechamiento de las turbinas de gas para la producción de hidrógeno**  
Use of gas turbines for the production of hydrogen  
*Maximino García Vigil*



## INFORMES

**66 SUSQUEDA 1968-2018. 50 años de una gran obra de la ingeniería** La presa y la central hidroeléctrica de Susqueda cumplieron en 2018 el 50 aniversario de su existencia (1968-2018). Esta gran obra se desarrolló teniendo muy bien definidos los objetivos que la sociedad de la época requería, de cara al futuro desarrollo demográfico, geográfico y de gestión de recursos primarios tanto de la provincia de Girona como de Cataluña. *Francisco Javier Martínez Monseco*

## INGENIERÍA Y HUMANIDADES

**94 La nave voladora de Bartolomeu de Gusmão**  
Bartolomeu Lourenço de Gusmão observó cómo una pompa de jabón ascendía rápidamente al situarse sobre el aire calentado por una vela, y en ese preciso instante imaginó su máquina voladora: La Passarola.

**96 Publicaciones**

## PROFESIÓN

**03 Editorial Necesidad y oportunidad**  
*Mónica Ramírez Helbling*

**78 El COGITI entrega sus reconocimientos y distinciones honoríficas**  
Más de 80 invitados asistieron a la primera Cena de San José, celebrada de manera conjunta entre el COGITI y la UAITIE con motivo del Patrón de la profesión.

## Técnica Industrial. La revista de la ingeniería de la rama industrial

**78 El COGITI se incorpora al Foro de la Seguridad (FSI)**

El pasado 24 de abril se reunió por primera vez el Foro de la Seguridad Industrial (FSI), una vez constituido formalmente, en la sede de la Federación Española de Asociaciones de Organismos de Control (FEDAOC), en Madrid.

**79 La revista Técnica Industrial entrega sus Premios a los Mejores Artículos e Informes Técnicos**

La entrega de los premios tuvo lugar el pasado 29 de marzo, en el salón de actos del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid. En total, se entregaron 7.450 € en premios, repartidos en las diversas modalidades del Concurso. El jurado calificador valoró cerca de 60 artículos e informes, publicados entre septiembre de 2015 y julio de 2018.

**80 Navarra exporta a EEUU su conocimiento en energías renovables**

Desde hace 10 años, el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Navarra organiza un programa formativo internacional por el que han pasado ya más de 400 alumnos norteamericanos.

**83 Engineida****84 ENTREVISTA Luis Orús Marca** Director de CISER-CENIFER: "Tenemos que ser capaces de preparar a los profesionales de EERR para la demanda que habrá"**86 ENTREVISTA Pablo San Juan Arauzo** Presidente de la Asociación Estatal de Representantes de Alumnos de Ingenierías de Ámbito Industrial: "Hay múltiples desafíos en la ingeniería que están esperando a ser resueltos"**88 TRIBUNA Ingeniería en las palabras**

*Pedro Cea Muñoyerro*

**90 La Revolución Industrial y su patrimonio**

En una época no tan lejana en el tiempo, hace solo casi 170 años, se inició nuestra historia en la industria. Fue en mitad del siglo XIX de nuestra era cuando, en 1850, la entonces reina Isabel II sancionó el Decreto del Conde de Romanones por el que se crearon las escuelas industriales, consolidando así en España la Revolución Industrial que se había iniciado en la segunda mitad del siglo XVIII en el entonces Reino de Gran Bretaña, con el liberalismo moderno, filosófico y económico que dio lugar al capitalismo.

*Luis Francisco Pascual Piñeiro*

**92 ENTREVISTA José Luis Ginés Porcar** Presidente del Consejo de Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales de la Comunidad Valencia y Decano del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Castellón: "Campaña: Sí, Seguridad Industrial, siempre".**93 APUNTES FORENSES Nuevas oportunidades profesionales para los ingenieros técnicos industriales** *José Luis Ayestarán*

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

**Fundación Técnica Industrial****Comisión Permanente**

**Presidente** José Antonio Galdón Ruiz

**Vicepresidenta** Ana M<sup>a</sup> Jáuregui Ramírez

**Secretario** Jesús E. García Gutiérrez

**Tesorero** Fernando Blaya Haro

**Interventor** José Luis Hernández Merchán

**Vocales** Antonio Miguel Rodríguez Hernández y Angélica Gómez González

**Gerente** Luis Francisco Pascual Piñeiro

**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** Enrique Zaro Giménez

**Ávila** Fernando Martín Fernández

**Badajoz** Vicenta Gómez Garrido

**Illes Balears** Juan Ribas Cantero

**Barcelona** Miquel Darnés i Cirera

**Bizkaia** Alberto García Lizaranzu

**Burgos** Agapito Martínez Pérez

**Cáceres** Fernando Doncel Blázquez

**Cádiz** Domingo Villero Carro

**Cantabria** Enrique González Herbera

**Castellón** José Luis Ginés Porcar

**Ciudad Real** José Carlos Pardo García

**Córdoba** Manuel Caballano Bravo

**Gipuzkoa** Santiago Beasain Biurrarena

**Girona** Jordi Fabrellas Payret

**Granada** Isidro Román López

**Guadalajara** Juan José Cruz García

**Huelva** David Muñoz de la Villa

**Jaén** Rafael Fernández Mesa

**La Rioja** Jesús Vellilla García

**Las Palmas** José Antonio Marrero Nieto

**León** Miguel Ferrero Fernández

**Lleida** Ramón Grau Lanau

**Lugo** Jorge Rivera Gómez

**Madrid** José Antonio Galdón Ruiz

**Málaga** José B. Zayas López

**Manresa** Àngel Vilarsau Soler

**Región de Murcia** César Nicolás Martínez

**Navarra** Luis Maestu Martínez

**Ourense** Santiago Gómez-Randulfe Álvarez

**Palencia** Jesús de la Fuente Valtierra

**Principado de Asturias** Enrique Pérez Rodríguez

**Salamanca** José Luis Martín Sánchez

**S. C. Tenerife** Antonio M. Rodríguez Hernández

**Segovia** Fernando García de Andrés

**Sevilla** Ana M<sup>a</sup> Jáuregui Ramírez

**Soria** Levy Garjo Tarancón

**Tarragona** Antón Escarré Paris

**Toledo** Ángel Carrero Romero

**Valencia** Angélica Gómez González

**Valladolid** Francisco Javier Escribano Cordovés

**Vigo** Jorge Cerqueiro Pequeño

**Vilanova i la Geltrú** Xavier Jiménez García

**Zamora** Jose Luis Hernández Merchán

# Necesidad y oportunidad

La transición energética supone una gran oportunidad para la modernización de la economía española, en términos de sostenibilidad económica y medioambiental, sobre todo en aquellas zonas afectadas por una base de desempleo estructural.

Resulta indudable el impacto positivo que dicha transición puede tener en la creación de empleo, en el impulso y la dinamización que ejerce sobre la I+D+i, en la competitividad empresarial, y en las potencialidades de la generación de energía distribuida.

Eso sí, es necesario establecer un marco regulatorio estable y coordinado con el resto de los países europeos, para caminar todos juntos hacia un modelo bajo en carbono, en aras de detener el paulatino deterioro del medioambiente y en la lucha contra el cambio climático.

En lo que respecta a nuestro país, España ocupa puestos de liderazgo mundial en instalación y desarrollo de proyectos de energías renovables. Durante los últimos años, estas energías han aumentado progresivamente su presencia en el conjunto de la generación eléctrica, y han llegado a representar más del 45% de la potencia instalada, y del 39% del "mix" de generación, según datos recientes de Red Eléctrica de España.

En la actualidad, es el segundo país de Europa en generación de energía eólica, y líder mundial en capacidad instalada de energía solar termoeléctrica. Es más, algunos de los proyectos internacionales más representativos en materia de energías renovables se llevan a cabo por compañías españolas; debido, en gran parte, al desarrollo industrial y al esfuerzo realizado por invertir en I+D+i.

LOS RETOS EN EL ESTE SECTOR PASAN POR EL DESARROLLO DE UN TEJIDO INDUSTRIAL CON PROYECCIÓN Y EXPERIENCIA INTERNACIONAL, Y EN ESTE PUNTO, LOS INGENIEROS DE LA RAMA INDUSTRIAL TIENEN MUCHO QUE APORTAR. A ELLO HAY QUE AÑADIR EL HECHO DE QUE EN LOS PRÓXIMOS AÑOS APARECERÁN MULTITUD DE NUEVOS PUESTOS DE TRABAJO RELACIONADOS CON LAS ENERGÍAS RENOVABLES

En este marco, las expectativas de empleo son realmente buenas. El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC), para el período 2021-2030, elaborado por el Ministerio de Transición Ecológica, estima que las inversiones realizadas en el ámbito de las energías renovables permitirán la creación de entre 102.000 y 182.000 empleos al año, mientras que las inversiones en eficiencia energética generarían entre 42.000 y 80.000 empleo/año. En lo que respecta al sector eléctrico, también

se prevé una creación neta de empleo, incluyendo la pérdida asociada a la actividad en las plantas de carbón y en centrales nucleares.

El PNIEC estima, además, que las energías renovables habrán de doblar su contribución para 2030, alcanzando el 42% sobre el uso final de la energía, y alcanzar un 74% de generación en 2030 y el 100% en 2050. El Plan ha sido sometido a un estudio de impacto económico, de empleo, social y sobre salud pública que concluye que será muy positivo.

Reducir nuestra dependencia de combustibles fósiles importados, contaminantes, y al mismo tiempo dañinos para la salud, y cuyos precios son cada vez más elevados y volátiles, por unas energías renovables autóctonas, limpias y con unos costes decrecientes y más estables, es sin duda una gran oportunidad económica.

Se vislumbran, por lo tanto, buenas expectativas para los ingenieros de la rama industrial. La buena preparación y la polivalencia de sus estudios los convierten en unos profesionales idóneos para liderar el desarrollo de proyectos de ingeniería. Más aún, si cabe, teniendo en cuenta que las empresas españolas son una referencia mundial en energías renovables.

El 73% de los proyectos que se realizan en el mundo pertenecen a empresas españolas, muchas de las cuales ocupan los primeros puestos en las clasificaciones internacionales de las diferentes modalidades de energías limpias.

Los retos en el este sector pasan por el desarrollo de un tejido industrial con proyección y experiencia internacional, y en este punto, los ingenieros de la rama industrial tienen mucho que aportar. A ello hay que añadir el hecho de que en los próximos años aparecerán multitud de nuevos puestos de trabajo relacionados con las energías renovables.

Ser parte del diseño, desarrollo y construcción de las tecnologías de energías renovables; llevar a cabo la combinación de la producción de energía renovable con sistemas de alimentación existentes, así como las inspecciones in situ y los estudios de energía, y el diseño y la selección de los equipos; o contribuir a las iniciativas de energía sostenible y a la investigación de nuevos métodos de energía, son solo algunas de las responsabilidades que tienen que afrontar los ingenieros que se dedican a las energías renovables. También pueden investigar y desarrollar nuevas fuentes de creación de energía, reduciendo las emisiones de combustibles fósiles y minimizando el daño ambiental.

Se abre ante los ingenieros de la rama industrial un horizonte lleno de posibilidades. Tienen el reto de protagonizar la transición energética. No cabe duda alguna de que su papel es y va ser fundamental para llevarla a cabo, y solo hace falta ser conscientes de todas sus posibilidades para no dejar escapar esta gran oportunidad.

**Mónica Ramírez Helbling**  
Directora de Técnica Industrial



Parque eólico en Gorona del Viento, isla de El Hierro.

## El Hierro, en busca de la isla 100% renovable

Lograr un futuro cada vez más verde y sostenible es posible. El Hierro es un buen ejemplo de ello, al convertirse en la primera isla que puede vivir de su propia energía: 100% renovable. Para la sociedad que gestiona el proyecto, Gorona del Viento El Hierro S.A, supone todo un reto a nivel mundial, gracias a la aplicación de un nuevo modelo energético

### Mónica Ramírez

Las energías renovables se obtienen a partir de recursos naturales inagotables, como el viento (eólica), la luz y el calor del Sol (solar), las olas del mar (undimotriz), o la energía procedente del interior de la Tierra (geotérmica). En esta isla del archipiélago canario, declarada por la Unesco "reserva de la biosfera y geoparque", se utilizan las energías eólica e hidráulica de manera combinada para llevar a cabo el Proyecto El Hierro 100% Renovable. Un proceso que abastece a 10.800 habitantes de la isla, en apenas 278 kilómetros cuadrados.

Para captar esa energía en la isla se construyó la central hidroeólica de Gorona del Viento, inaugurada en 2014. La sociedad está compuesta por el Ca-

**"El objetivo final es que todo el consumo de la isla se cubra con energía procedente de fuentes renovables"**

bildo de El Hierro (65,82%), Endesa (23,21%), el Instituto Tecnológico de Canarias (7,74%) y el Gobierno de Canarias (3,23%).

El Hierro es, por lo tanto, la primera isla autosuficiente, y un ejemplo de sostenibilidad en todo el mundo. Este hecho no sólo hace que se respete más al medio ambiente, reduciendo las emisiones

de CO<sub>2</sub>, sino que ahorra a los herreños toneladas de combustible al año. Además, desde 1996 la isla cuenta con un Plan de Desarrollo Sostenible que vela por la mejora del nivel y calidad de vida de la población y la conservación de los espacios naturales.

El objetivo final de la Central Hidroeólica de El Hierro es que el consumo de la isla se cubra con energía procedente de fuentes renovables. Para ello se ha instalado un parque eólico y una central hidráulica interconectados con el actual sistema eléctrico de generación de El Hierro, propiedad de Endesa, que sirve de respaldo para la garantía del suministro.

Abastecer a la isla con energía procedente de combustibles fósiles comporta



Vista del Depósito Superior. Foto: IDAE.



Central Hidroeléctrica de El Hierro. Central de Bombeo. Foto: IDAE.



Turbinas. Interior de la Central de Bombeo. Foto: IDAE.



“La central hidroeléctrica aprovecha la energía potencial almacenada, garantizando el suministro eléctrico”

desde el punto de vista energético como para el Plan Hidrológico de El Hierro son vitales. Esta pequeña isla se ha convertido en un faro de sostenibilidad, referente mundial en el uso de energía renovable.

Gracias a la Central se evita el consumo anual de 7.000 toneladas de diésel, lo que equivale a 40.000 barriles de petróleo que tendrían que llegar importados a la isla, con el elevado coste que ello supone.

Asimismo, se evita la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, principalmente CO<sub>2</sub>. Con la cobertura de demanda actual, se dejan de emitir más de 20.000 toneladas de este gas al año.

El primer hito llegó cuando el 9 de agosto de 2015 utilizó durante 4 horas, y por primera vez, 100% energías renovables. Más tarde, el 25 de enero de 2018 y durante 18 días consecutivos, la Central Hidroeléctrica de El Hierro logró abastecer la totalidad de la demanda eléctrica de la isla. Desde entonces, el mundo ha puesto el foco en cómo esta pequeña isla del Atlántico puede ser un ejemplo de sostenibilidad, demostrando que las energías renovables son una solución energética viable para millones de personas que viven en territorios aislados de todo el planeta.

La idea de crear este macro proyecto surgió en 1997 para superar la dependencia energética de la isla. Posteriormente, el entonces Ministerio de Industria, Energía y Turismo, actualmente Ministerio para la Transición Ecológica, encargó al

una serie de dificultades tales como el coste económico y la dependencia del transporte de combustible, el coste ambiental de utilización de dichos combustibles fósiles, etc.

Por otro lado, la utilización de energías renovables presenta grandes ventajas económicas, sociales y medioambientales, aunque tiene el inconveniente de afectar a la estabilidad del sistema eléctrico, en particular cuando se usa energía eólica con dificultades para su gestionabilidad.

### Energía eléctrica

Gorona del Viento integra un parque eólico, un grupo de bombeo y una central hidroeléctrica. El parque eólico es capaz de suministrar energía eléctrica directamente a la red y, simultáneamente, alimentar a un grupo de bombeo que embalse agua en un depósito elevado, como sistema de almacenamiento energético. La central hidroeléctrica aprovecha la energía potencial almacenada, garantizando el suministro eléctrico y la estabilidad de la red.

El parque eólico realiza la captación y transformación de la energía eólica en

“Gracias a la central hidroeléctrica se evita el consumo anual de 7.000 toneladas de diésel, unos 40.000 barriles de petróleo”

energía eléctrica. El sistema hidráulico funcionando como bombeo, hace de acumulador del excedente de energía; funcionando como generador, actúa como productor de energía eléctrica y regulador del sistema eléctrico en la isla.

La filosofía de funcionamiento se basa en el abastecimiento de la demanda eléctrica de la isla con fuentes renovables, garantizando la estabilidad de la red eléctrica. La central de motores diésel solamente entrará en casos excepcionales o emergencias, cuando no haya ni viento ni agua suficiente para producir la energía demandada.

### Beneficios ambientales

Los beneficios medioambientales, tanto



Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE) la gestión y el seguimiento de la aplicación de los fondos públicos destinados al proyecto.

Para ello, en marzo de 2007 se suscribió un convenio entre el IDAE y Gorona del Viento, que establecía, además de la labor encomendada, la colaboración y el apoyo técnico del IDAE para el desarrollo global del proyecto, que finalmente fue inaugurado el 27 de julio de 2014.

La construcción de la central hidroeléctrica Gorona del Viento tuvo un coste de 72 millones de euros, de los que 35 fueron aportados por el entonces Ministerio de Industria a través del IDAE, y el resto por la propia compañía, que se acogió a los beneficios fiscales de la denominada Zona Especial Canaria (ZEC), fruto de la condición de región ultraperiférica reconocida por la Comisión Europea.

De los resultados del balance acumulado anual se destaca que en 2018 la Central ha permanecido 1.450 horas generando el 100% de la electricidad de la Isla, mientras que en 2017 fueron 892h., a lo largo de los 12 meses. Hasta el 30 de junio de 2018, Gorona había permitido ahorrar 3.700 toneladas de diésel-oil y se evitó emitir a la atmósfera 12.100 Tn de CO<sub>2</sub>, aproximadamente.

Tras destinar los primeros ingresos a las mejoras en la instalación, el saneamiento de las cuentas y las implementaciones en la movilidad sostenible orientada al vehículo eléctrico con la instalación de nuevos puntos de recarga, el cierre del ejercicio 2017 permitió repartir beneficios entre los socios de la Gorona del Viento, siendo el Cabildo de El Hierro accionista mayoritario con el 66% de las acciones.



Parque de aerogeneradores.

“Con la cobertura de la demanda actual en la isla, se dejan de emitir a la atmósfera más de 20.000 toneladas de CO<sub>2</sub> al año”

## Gorona del Viento

### Características técnicas

La Central Hidroeléctrica comprende los siguientes elementos:

- Depósito superior. Situado en el cráter de “La Caldera”, con capacidad de 380.000 m<sup>3</sup>.
- Depósito inferior. Situado en las proximidades de la central térmica de Llanos Blancos, tiene una capacidad útil de 150.000 m<sup>3</sup>, conformado por una presa construida a tal fin de materiales sueltos.
- Conducciones forzadas compuestas por dos tuberías aéreas con tramo de 530 m bajo cardonal en galería. Conducción de impulsión de 3.015 m, de 0,8 m de diámetro; conducción de turbinación de 2.350 m, de 1 m de diámetro; y conducción de aspiración de 188 m, de 1 m de diámetro.
- Central de bombeo. Instalada en un edificio de nueva construcción, constituida por dos grupos bomba de 1.500 kW y seis grupos bomba de 500 kW, con una potencia total de 6 MW. Con variadores de 1500/500 kW.
- Central de turbinas. Constituida por cuatro grupos de 2.830 kW de potencia cada uno, con una potencia total de 11,32 MW. El caudal máximo en generación es de 2 m<sup>3</sup>/s, con un salto bruto de 655 m.
- Parque eólico. Formado por un conjunto de cinco aerogeneradores (Enercon E-70) de 2,3 MW de potencia cada uno, con una potencia total de 11,5 MW.
- Subestación eléctrica de interconexión entre central hidráulica, central de bombeo y parque eólico. Se sitúa en una zona anexa a la subestación de Llanos Blancos.

El sistema de control regulará el funcionamiento del conjunto, de forma que se garantice el suministro en con-

diciones adecuadas para mantener la estabilidad de la red de distribución.

### Datos de construcción

#### Depósito inferior

- Volumen balsa: 150.000 m<sup>3</sup>.
- Cota fondo: 43 m.
- Cota máxima lámina de agua: 56 m.
- Cota de coronación: 57 m.
- Superficie total: 23.138 m<sup>2</sup>.
- Láminas de geotextil de PP de 350 g/m<sup>2</sup> colocados: 22.182 m<sup>2</sup>.
- Lámina impermeabilizante de PEAD de 2 mm de espesor: 25.265,84 m<sup>2</sup>.
- Uds. de lastres de hormigón 1.900.
- Perímetro a cota de fondo: 165 m.
- Perímetro a cota de coronación: 560 m.
- Altura del dique de cierre: 24 m.
- Desarrollo total del dique de cierre: 160 m.

#### Depósito superior

- Volumen balsa: 380.000 m<sup>3</sup>.
- Cota fondo: 698 m.
- Cota de coronación: 715 m.
- Superficie total: 50.000 m<sup>2</sup>.
- Superficie de geotextil: 40.000 m<sup>2</sup>.
- Lámina impermeabilizante de PEAD: 45.000 m<sup>2</sup>.
- Volumen de hormigón estructural: 2.157 m<sup>3</sup>.
- 2.220 bloques de hormigón de 400 kg.
- Perímetro a cota de fondo: 300 m.
- Perímetro a cota de coronación: 853,62 m.

#### Parque Eólico

5 aerogeneradores x 2,3 MW: 11,5 MW. Altura del buje: 64 m. Largo de las aspas: 35 m.

# ELIMINE LAS CADENAS DE SUS OPERACIONES

Las cadenas de rodillos siguen siendo una solución muy utilizada. Sin embargo, existen otras que pueden sustituir a esta desfasada opción. Hay una alternativa mejor en el mercado que puede hacer que su vida sea más sencilla. Las correas son una alternativa sin óxido ni aceite que ofrece un rendimiento superior al de las cadenas de rodillos, además de durar hasta tres veces más y pesar hasta un 96 % menos. Descubra las ventajas de las correas de Gates en términos de funcionalidad, tiempo de actividad y rendimiento.

**SOLUCIONES DE TRANSMISIÓN POR CORREA DE GATES**  
LIBERE SU NEGOCIO DE LAS OBSOLETAS CADENAS DE RODILLOS

WWW.GATES.COM

**3X** VEZES  
MÁS VIDA

**SIN** ACEITE  
OXIDO NI

UN PESO UN  
**96%** INFERIOR



**DRIVEN BY POSSIBILITY™**

# Juan Pedro Sánchez

Consejero delegado de Gorona del Viento El Hierro

## “Gracias a la Central hidroeléctrica se evita la emisión a la atmósfera de 20.000 toneladas de CO<sub>2</sub> al año”

**Mónica Ramírez**

Juan Pedro Sánchez lo tiene claro: “la Central Hidroeléctrica de El Hierro es todo un referente internacional de innovación en el uso de las energías renovables, en cuyo proyecto los ingenieros técnicos industriales han sido protagonistas”. Su carrera profesional comenzó en 1989 en la empresa Watt, y un año después pasó a trabajar como funcionario (ingeniero técnico industrial) en el Gobierno de Canarias. En 2005 fue nombrado director general de Industrial en dicho Gobierno, y en 2007 viceconsejero de Industria y Energía. En el momento en que se realiza esta entrevista es vicepresidente primero del Cabildo de El Hierro y consejero de Medio Rural, Marino y Recursos Hidráulicos. Además, ha sido decano del Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Santa Cruz de Tenerife.



Juan Pedro Sánchez

### ¿Cuál es el origen del proyecto de la Central Hidroeléctrica de Gorona del Viento? ¿Con qué objetivos se creó?

Los orígenes se remontan más de tres décadas. En ese tiempo se dieron varias circunstancias a la vez que desencadenaron en la idea inicial del proyecto. Por un lado, el Cabildo de El Hierro buscaba soluciones a la problemática del agua y la dependencia energética de la Isla; por otro, se creó un despacho de energías alternativas en la compañía eléctrica insular, Unelco. Tomás Padrón, presidente del Cabildo en esos años, ingeniero técnico industrial y principal impulsor del proyecto, hizo un primer esbozo del modelo de autoabastecimiento con fuentes renovables.

En 1997, la Isla aprobó el Plan de Desarrollo Sostenible en el que la energía eléctrica a partir del agua y el viento era eje fundamental. Esta apuesta de la sociedad herreña, a través de sus instituciones, constituye el nacimiento del proyecto de Gorona del Viento y de lo que sería la futura Central Hidroeléctrica

El objetivo final de la Central Hidroeléctrica de El Hierro es que el consumo

eléctrico de la isla se cubra con energía procedente de fuentes renovables. Desde la entrada en funcionamiento regular de la Central en 2015, el porcentaje de demanda cubierta ha aumentado significativamente hasta situarnos próximos al 60 % el pasado año.

### ¿Qué empresas e instituciones componen la sociedad Gorona del Viento El Hierro, S. A.?

Gorona del Viento El Hierro tiene cuatro socios. El accionista mayoritario es el Cabildo de El Hierro con un 65,82%. El resto de accionistas son la sociedad Endesa con un 23,21%; el Instituto Tecnológico de Canarias con un 7,74%; y el Gobierno de Canarias con un 3,23%.

### ¿Cuántas personas trabajan en la Central? ¿Qué perfiles profesionales tienen?

La plantilla de Gorona del Viento está formada por ocho empleados con diferentes perfiles: administrativos, técnicos, y periodistas. Los responsables

de las áreas de explotación, desarrollo e infraestructuras son ingenieros de distintas especialidades (mecánicos, eléctricos, y minas). Además, la empresa cuenta con una contrata de personal encargada de la operación de la Central Hidroeléctrica.

### ¿Cómo funciona básicamente?

El sistema hidroeléctrico integra un parque eólico, una central hidroeléctrica, una central de bombeo y dos depósitos de agua. Básicamente, en condiciones de viento suficientes, el parque eólico abastece la demanda eléctrica de la isla y la intermitencia propia del viento se compensa con la producción eléctrica obtenida a partir del salto hidráulico entre el depósito superior y el inferior. De este modo, la combinación de la generación eólica e hidráulica logra un suministro constante y controlado.

### ¿Cómo se ha llevado a cabo el desarrollo tecnológico del proyecto? ¿A qué retos han tenido que enfrentarse?

Desarrollar un sistema capaz de aportar el 100% de la energía de un territorio aislado con fuentes renovables exclusivamente ha constituido un reto. Se ha necesitado de un importante trabajo en la regulación para mejorar la respuesta de las turbinas, asegurar la estabilidad a la red eléctrica insular y garantizar la seguridad del suministro.

Y antes, en la fase de obra, la propia construcción del parque eólico, la logística en cuanto al transporte de equipos y acopio de materiales en la obra, el diseño y ejecución de los más de tres kilómetros de conducciones forzadas (impulsión y turbinado), etc. Todo ello supuso un importante reto para Gorona del Viento.

### ¿Qué capacidad de suministro de electricidad tiene Gorona del Viento?

El parque eólico tiene una potencia total de 11,5 MW y la central hidroeléctrica, que garantiza la seguridad de suministro, de 11,3 MW. El año pasado suministramos a la red 23,8 GWh.

### ¿Qué sucede con la energía sobrante?

El excedente de energía eólica se destina a bombear agua entre el depósito inferior y el superior; esa agua se acumula en este último depósito a modo de batería para producir electricidad a partir del salto hidráulico.

### ¿Y cuando falta energía suficiente?

Usamos el agua acumulada en el depósito superior para producir electricidad. La Central cuenta con una estación de hidroeléctrica compuesta por cuatro turbinas Pelton, con una potencia total de 11,3 MW capaces de abastecer la demanda eléctrica. En caso de no contar con recurso eólico ni hidráulico entra en funcionamiento la central de motores diésel de la Isla.

### Desde el punto de vista comercial, el proyecto comenzó a funcionar como tal en 2015, ¿qué tanto por ciento de la demanda se ha llegado a cubrir desde entonces?

Desde 2015 el porcentaje de demanda cubierta ha aumentado anualmente. El primer año de operación completa, 2016, cubrió un 40,7 % mientras que en 2018 alcanzamos una cobertura media del 56,5 %.

### ¿Qué ahorro anual supone en lo que se refiere a las emisiones de CO<sub>2</sub> y de diésel?

Gracias a la Central hidroeléctrica se evita el consumo anual de más de 7.000 toneladas de diésel y la emisión a la atmósfera de 20.000 toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

### ¿Cuál ha sido el mayor éxito de Gorona del Viento?

El primer y más importante hito fue la propia puesta en marcha de la Central Hidroeléctrica; culminar la ejecución de las obras, afrontando todos los retos que un sistema innovador y único en el mundo como este supone. No existe otro sistema aislado en el mundo que haya conseguido autoabastecerse con fuentes limpias gestionando el recurso eólico.

Desde la entrada en funcionamiento de la Central se han sucedido los récords de penetración en renovables, situándose el actual en 18 días consecutivos al 100 %. Un total de 2.300 horas de cobertura total alcanzadas en 2018.

### “El objetivo final de la Central Hidroeléctrica de El Hierro es que el consumo eléctrico de la isla se cubra con energía procedente de fuentes renovables”

### ¿Cuál es su próximo objetivo en este sentido?

En este momento estamos involucrados en un proceso de planificación de acciones de mejora que implementar a corto y medio plazo. Un conjunto de actuaciones que permita, progresivamente, alcanzar esa meta del 100 % renovable y entre las que puede jugar un papel importante la introducción de la energía solar, mediante la expansión del autoconsumo o de forma centralizada.

### ¿Qué repercusión ha tenido el proyecto a nivel internacional?

La Central Hidroeléctrica de El Hierro se ha convertido en un referente internacional de innovación en el uso de las energías renovables. Se ha publicado un extenso número de reportajes en distintos idiomas y con distintos enfoques, desde publicaciones técnicas que se centran en la innovación que supone para el campo de las renovables convertir un recurso intermitente como el eólico en gestionable, medios de información general a nivel internacional, hasta blogs de viajes,

turismo de naturaleza o revistas de divulgación científica.

Con frecuencia recibimos visitas de investigadores, personalidades e instituciones de todas partes del mundo para conocer el funcionamiento de nuestro sistema y explorar las posibilidades de extensión a otros territorios. La Central ha recibido visitas de Brasil, Corea del Sur, Noruega, Seychelles, Azores, Caribe o Japón, por ejemplo.

### ¿Qué otras medidas están llevando a cabo dentro del proyecto El Hierro Isla 100% Renewable?

Una de las principales medidas se refiere al fomento del vehículo eléctrico. Desde Gorona del Viento realizamos acciones para contribuir a la expansión de este tipo de vehículos que, por un lado, se alimentan de la electricidad producida con renovables y, por otro, podrían servir en el futuro como medios de almacenamiento.

También acciones sobre la eficiencia energética, realizando mejoras en los principales puntos de consumo energético como son las desaladoras. Y medidas de conciencia sobre el ahorro energético, como, por ejemplo, la entrega de 4.200 bombillas LEDs a los escolares de la isla.

A todo esto, se suman las ayudas que el Cabildo de El Hierro concede con los beneficios obtenidos de Gorona del Viento. Subvenciones para la adquisición y el uso del vehículo eléctrico, las infraestructuras para la recarga de vehículos eléctricos y las instalaciones de autoconsumo con fuentes renovables en edificios destinados a explotaciones agrícolas y ganaderas, bodegas, industrias, establecimientos de restauración, alojamientos turísticos y viviendas residenciales.

### Como ingeniero técnico industrial, ¿cómo ve la profesión en la actualidad? ¿Qué pueden aportar a la sociedad y al desarrollo de un país?

Estamos en un proceso de transición que sin duda nos tiene que llevar a una mejora en la formación de los profesionales. La capacidad de emprendimiento y una formación adecuada a las necesidades a hecho que los ingenieros técnicos industriales hayamos sido fundamentales en el desarrollo de este país, eso es lo que nos diferencia y es lo que no podemos perder de vista. Este proyecto de Gorona del Viento es un ejemplo claro, donde los ingenieros técnicos industriales hemos sido protagonistas.



Parque eólico de Valdeporres (Burgos). Foto: Iberdrola.

## La transformación del modelo energético en la industria de las energías limpias

El Acuerdo de París de 2015 constituyó un hito histórico en la lucha mundial contra el cambio climático. Los países involucrados en la consecución de este objetivo manifestaron la necesidad de compatibilizar el crecimiento económico con la reducción de gases de efecto invernadero. Sin embargo, para la consecución de estos objetivos es indispensable un cambio de modelo energético

### Mónica Ramírez

Las energías renovables continuarán su expansión en los próximos cinco años, cubriendo el 40% del crecimiento del consumo de energía global, según el último informe de análisis y pronóstico de mercados de *Energías renovables 2018*, elaborado por la Agencia Internacional de la Energía (AIE). Todo parece indicar que su uso continúa aumentando más rápidamente en el sector eléctrico, y representará casi un tercio de la generación eléctrica mundial total en 2023. Por su parte, la utilización de energías renovables se expande mucho más lentamente en los sectores de transporte y calefacción.

Si bien el crecimiento de la energía solar fotovoltaica y la energía eólica continuarán en el sector eléctrico, la bioenergía sigue siendo la mayor fuente de energía renovable, debido a su uso

generalizado en los hogares (calefacciones) y el transporte, sectores en los que otras energías limpias desempeñan actualmente un papel mucho menor.

Según el citado informe de la AIE, China lidera el crecimiento mundial en energía renovable como resultado de las políticas para descarbonizar todos los sectores y reducir la contaminación local dañina del aire, y se convierte en el mayor consumidor de esta energía renovable, con la previsión de superar a la Unión Europea en 2023. De los mayores consumidores de energía del mundo, Brasil tiene la mayor proporción de energías renovables: casi el 45% del consumo total de energía final en 2023, impulsado por una contribución significativa de la bioenergía y la energía hidroeléctrica.

Por su parte, la energía solar fotovoltaica domina la expansión de la capacidad eléctrica renovable. La AIE pronos-

ta que la capacidad de dicha energía aumentará en casi 600 GW, más que todas las demás tecnologías de energía renovable combinadas.

China lidera actualmente la oferta de puestos de trabajo a nivel mundial, con más de 3,5 millones de personas en el sector. Además, sigue siendo el líder absoluto de la energía solar fotovoltaica, y se prevé que tenga casi el 40% de la capacidad fotovoltaica instalada global en 2023. Por su parte, Estados Unidos constituye el segundo mayor mercado de crecimiento para este tipo de energía, seguido de India, cuya capacidad se cuadruplica.

La energía eólica constituye el segundo mayor contribuyente al crecimiento de la capacidad renovable, mientras que la energía hidroeléctrica es la mayor fuente de electricidad renovable de cara a 2023. Con cifras similares a la previ-

sión del año pasado, se espera que la capacidad eólica aumente en un 60%. Mientras tanto, la capacidad eólica marina se triplica, con un crecimiento que se expande más allá de Europa, a Asia y América del Norte, impulsada por el progreso tecnológico y las reducciones significativas de los costes.

En cuanto a nuestro país, España ocupa puestos de liderazgo mundial en instalación y desarrollo de proyectos de energías renovables. La apuesta decidida por las energías limpias, con un gran esfuerzo inversor en I+D, ha situado al país y a sus empresas en puestos de liderazgo mundial en este sector. Durante los últimos años, las energías renovables han aumentado progresivamente su presencia en el conjunto de generación eléctrica y han llegado a representar más del 45% de la potencia instalada, y el 39% del "mix" de generación, según datos de Red Eléctrica de España. Asimismo, se sitúa entre las naciones del mundo con más patentes de energías renovables por habitante.

En la actualidad, es el segundo país de Europa en generación de energía eólica y líder mundial en capacidad instalada de energía solar termoeléctrica. Gran parte de ese liderazgo viene dado por el desarrollo industrial, el citado esfuerzo en I+D+i o la expansión internacional de las empresas españolas del sector. Algunos de los proyectos internacionales más representativos se llevan a cabo por compañías españolas.

Para administrar la producción de las plantas de generación de energía renovable o su incorporación al sistema eléctrico, España cuenta, además, con instalaciones pioneras como el único centro de control de energías renovables en el mundo. Se trata del CECRE (Centro de Control de Energías Renovables), creado y administrado por la empresa Red Eléctrica de España en 2006. El objetivo es integrar en el sistema eléctrico la máxima producción de energía de origen renovable posible, manteniendo los niveles de calidad y seguridad de suministro.

### Evolución de la potencia eléctrica

El último informe estadístico sobre energías renovables elaborado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), del Ministerio para la Transición Ecológica, señala que la evolución desde el año 2000 de la potencia eléctrica instalada con los diferentes recursos renovables está ligada a la de



Planta Crescent Dunes. Central termosolar en Tonopah, Estados Unidos. Foto: Grupo Cobra

cada una de las tecnologías. En este sentido, la tecnología hidráulica constituye una opción consolidada, eficiente y competitiva en costes, sobre todo en las instalaciones de gran tamaño.

Por su parte, la energía eólica dispone de un potencial de innovación muy significativo y sus retos a futuro pasan por mantener su liderazgo internacional, consolidar su competitividad a través de la inversión en I+D y optimizar su integración en el sistema eléctrico. La potencia total instalada con instalaciones fotovoltaicas permitió en 2016 mantener a España en el quinto puesto de la UE, por detrás de Alemania, Italia, Reino Unido y Francia. Las líneas de investigación desarrolladas tanto a nivel nacional como internacional, unido a los últimos desarrollos tecnológicos, han conseguido inducir en el mercado una significativa reducción de costes de generación en los últimos años.

Según se indica en el citado informe del IDAE, los retos del sector pasan por su integración en redes inteligentes de distribución a través del desarrollo de la generación distribuida, así como por una mayor integración arquitectónica y contribución al logro del edificio de consumo casi nulo. Entre 2006 y 2013 la potencia instalada en centrales solares termoeléctricas no dejó de crecer.

### Tejido industrial del sector

El tejido industrial del sector está formado por empresas españolas exportadoras de tecnología, que han construido y operado centrales comerciales de las 4 tipologías existentes: torre central, colectores cilindro parabólicos, concentra-

dores Fresnel y discos. Los retos para el futuro a los que se enfrenta el sector pasan por la necesaria reducción de costes de producción y la mejora de su gestión a través de tecnologías de almacenamiento e hibridación, lo que permitiría mantener su expansión internacional. Con respecto a las centrales de producción eléctrica o termoeléctrica basadas en biomasa, biogás o residuos, el sector está desarrollando instalaciones de alta potencia y rendimiento mediante innovación tecnológica, detectándose empresas pioneras en desarrollos de gasificación a pequeña escala. Los retos de este sector pasan por el desarrollo de un tejido industrial con proyección y experiencia internacional que aporte aspectos como promoción, construcción y tecnologías propias.

### Evolución superficie solar

Desde el año 2000 la superficie instalada anualmente con captadores solares térmicos no dejó de incrementarse hasta 2008, año en el cual se instalaron cerca de 418 mil metros cuadrados. Entre ese año y 2012, el mercado ralentizó su ritmo de crecimiento hasta los niveles de los años 2006-2007, como consecuencia de las crisis económica e inmobiliaria. Después de unos ligeros repuntes en 2013 y 2014 que situaron al sector en niveles de actividad de 2007, los años 2015 y 2016 han registrado contracciones derivadas no sólo del segmento de la vivienda finalizada, sino también de la finalización de programas de apoyo como el Prosol de la Comunidad de Andalucía.

Según los datos aportados por el IDAE, el sector sigue mostrando capa-

cidad de innovación tecnológica, con nuevos desarrollos que van desde captadores de baja temperatura, captadores planos de ultra alto vacío, de concentración Fresnel y micro cilindro-parabólicos, hasta sistemas de vaciado automático para grandes instalaciones (Drain Back). Como retos de futuro, cabe mencionar el fomento en el sector Industrial de aplicaciones de media y alta temperatura con concentración y la oferta de servicios de climatización.

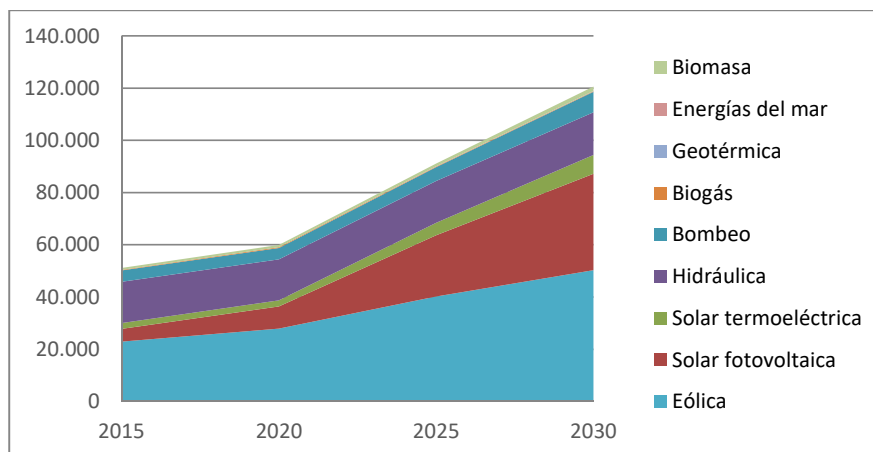
### Buenas expectativas de empleo

En el ámbito de las inversiones realizadas en energías renovables, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 (elaborado por Ministerio de Transición Ecológica) estima que permitirán la creación de entre 102.000 y 182.000 empleos al año, mientras que las inversiones en ahorro y eficiencia energética generarían entre 42.000 y 80.000 empleos/año.

Además, según dicho plan, las inversiones en redes y electrificación supondrían la creación de entre 23.000 y 44.000 empleos/año, y el cambio energético generaría indirectamente hasta 173.000 empleos/año en 2030. Finalmente, también se recoge el ligero impacto negativo asociado a las desinversiones contempladas en el sector de las centrales nucleares y el carbón a partir de 2025. Si atendemos al impacto en el empleo en 2030, según las ramas de actividad de la contabilidad nacional (clasificación CNAE, a 20 sectores), los ámbitos de actividad que más empleo generarían serían el del Comercio y la reparación (52.700 empleos), Industria manufacturera (50.200 empleos) y Construcción (41.700 empleos).

Por su parte, el sector eléctrico tendría una creación neta de empleo (4.100 empleos), incluyendo la pérdida asociada a la reducción de la actividad en las plantas de carbón y centrales nucleares. La única rama, según esta agregación, que obtiene una pérdida neta de empleo es la de las Industrias extractivas (-569 empleos), derivada de la reducción de la actividad en la extracción de carbón.

A tenor de estas estimaciones, se vislumbran buenas expectativas para los ingenieros de la rama industrial. La existencia de numerosas empresas españolas punteras a nivel mundial en el sector, unido a la recuperación del mismo, va a permitir que en los próximos años aparezcan multitud de nuevos puestos de



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica, 2019.

trabajo relacionados con este ámbito en nuestro país.

Según la división de Ingeniería de la consultora de recursos humanos Robert Walters, el sector de las energías renovables y las comercializadoras de energía y gas van a desarrollar grandes proyectos tanto en España como a nivel internacional, y por tanto los perfiles de desarrollo de proyectos de ingeniería serán los más buscados, lo que conllevará un aumento de la demanda de ingenieros. Los profesionales con *background* internacional y experiencia previa en el sector se podrán beneficiar, además, de los mayores aumentos salariales.

### Las renovables, un negocio en expansión

Las empresas españolas son una referencia mundial en el desarrollo de proyectos de energías renovables. Según se refleja en el informe "Empresas españolas, líderes en energías renovables", publicado en 2016 por el entonces Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación, el 73% de los proyectos que se realizan a nivel mundial pertenecen a empresas españolas, muchas de las cuales ocupan los primeros puestos en las clasificaciones internacionales de las diferentes modalidades de energías limpias (Red Eléctrica de España, Iberdrola, Isolux Corsán, Gamesa, Acciona Energía, etc.).

Existe, pues, una pujante presencia internacional de las empresas españolas dedicadas a las energías renovables. Uno de los principales destinos es Latinoamérica, donde las inversiones en el sector han aumentado en un 83% en los últimos tres años, según se desprende del informe sobre "Latinoamérica y Espa-

ña: caminos opuestos en el fomento de las energías renovables", elaborado por Xira Ruiz Campillo, profesora del Grado de Relaciones Internacionales de la Universidad Internacional de Valencia (VIU).

Según el informe de la VIU, en 2016, las empresas españolas participaban en Latinoamérica en 33 proyectos relacionados con las Energías Renovables no Convencionales (ERNC), triplicando en los últimos 4 años su presencia en dicho continente.

La mayoría de los países latinoamericanos analizados en el informe han apostado por estrategias energéticas a largo plazo y por un apoyo expreso a las ERNC, lo que los convierte en un destino muy atractivo para las empresas españolas que tienen experiencia y tecnología suficientes para poder desarrollar un buen trabajo en el mercado latinoamericano, especialmente si nos referimos a Chile, México y Brasil.

El informe de la VIU indica también que en los países objeto del estudio, el máximo potencial de la energía renovable está aún muy lejos de ser alcanzado, lo que junto a las políticas de fomento de las ERNC a largo plazo, la creciente demanda de energía por el previsto aumento de población y de la mejora del nivel de vida, así como los recursos naturales de sus territorios, otorgan cierta estabilidad y seguridad jurídica a los potenciales inversores.

En este sentido, cabe destacar que mientras en España, en 2015, el 37% de la producción de electricidad fue de origen renovable, en Brasil fue del 73%, en Colombia del 68%, en Uruguay del 94%, en Guatemala del 68%, y en algún país, como Costa Rica, alcanzó incluso el 99%.

## Europa, puntera en energías renovables

A pesar de que Alemania, Dinamarca y EEUU se reparten por ahora la mayor porción del negocio de las energías renovables, las empresas españolas lideran proyectos internacionales de gran envergadura.

Los analistas de la Agencia Internacional de la Energía calculan que el 40% del aumento de la producción de energía en todo el mundo procederá de fuentes renovables hasta 2040. En cualquier caso, sostienen que el aumento del consumo de esta energía se producirá al mismo tiempo que disminuirá el uso del carbón, y que este incremento estará vinculado a las inversiones en el sector y, por tanto, a la mayor capacidad productiva.

En el sector de la energía eólica, en la cúspide de la pirámide se encuentra la compañía RWE, con sede en Essen (Alemania), que ingresó en 2017 más de 44.000 millones de euros, aunque su rama RWE Innogy es la que produce energías renovables. Otros departamentos trabajan con energía nuclear, gas, carbón y petróleo. El segundo y tercer puesto son para las danesas Vestas (eólica) y Orsted (deriva hacia la eólica), con ingresos cercanos a los 10.000 millones y 8.000 millones de euros, respectivamente, en el último año.

Y en la cuarta posición encontramos la española-alemana Siemens Gamesa, especialista también en aerogeneradores, con más de 6.500 millones de euros. Completan esta lista la japonesa J-Power (centrales hidroeléctricas y parques eólicos); la canadiense Canadian Solar; la estadounidense First Solar; la coreano-alemana Hanwha Q Cells (solar); y la estadounidense Idacorp. En el análisis de los resultados, cabe destacar que la energía eólica produce más dinero que la solar o la hidráulica.

## Liderazgo de las empresas españolas

España ocupa una posición de liderazgo mundial en todos los sectores, en general, de las energías limpias, y cuenta con un amplio tejido industrial de empresas destacadas en el concierto internacional. A lo largo de los últimos años, se han desarrollado grandes proyectos no sólo en nuestro territorio nacional, sino también más allá de nuestras fronteras.

Desde Estados Unidos, Perú y Chile, pasando por Alemania, Reino Unido,



Parque eólico de Nouakchott, Mauritania. Foto: Elecnor.

Francia, Italia, Marruecos, Sudáfrica, Emiratos Árabes Unidos, Arabia Saudí, India, China, Japón y Australia, se puede encontrar la impronta de empresas españolas en el sector de las energías renovables, contribuyendo con las inversiones realizadas a las economías de los respectivos países.

Tecnologías como la energía eólica, la solar termoelectrica, la solar fotovoltaica, la energía marina, la energía hidráulica o de la biomasa, son aprovechadas, a lo largo de todo el planeta, por empresas españolas.

Son numerosos los proyectos que se podrían mencionar en este reportaje, pero a continuación se detallan algunos de los más reseñables, sin desmerecer al resto.

### Complejo eólico de Oxaca (México)

Uno de los mayores complejos eólicos de América Latina lo componen estos tres parques eólicos, con una inversión superior a los 450 millones de euros: Oxaca II, III y IV, con 306 MW de potencia operativa, donde se registra una producción de electricidad equivalente al consumo de unos 700.000 hogares mexicanos. De este modo, se evita una emisión anual a la atmósfera de 670.000 toneladas de CO<sub>2</sub>, correspondiente al esfuerzo de depuración de 33,5 millones de árboles en el proceso de fotosíntesis.

Acciona es la compañía española que ha puesto en marcha este gran complejo eólico, lo que la convierte en líder en energía eólica en dicho país, con 556,5 MW distribuidos en cuatro parques, los tres citados y Eurus (250,5 MW). En 2014 la compañía se adjudicó los contratos de ingeniería, construcción, suministro de aerogeneradores y puesta en marcha de dos parques eólicos en el país, promovidos por Cemex y Blackstone entre otros inversionistas, con una potencia total de 252 MW. También construye un parque de 49,5 MW "llave en mano" para Actis y Comexhidro.

### Parque eólico en Boulouar (Mauritania)

La compañía Elecnor se adjudicó hace ahora un año su segundo parque eólico en Boulouar (Mauritania) para la Société Mauritanienne d'Électricité (SOMELEC), con un presupuesto de 122 millones de euros, una potencia instalada de 100 MW, y un plazo de ejecución que finaliza el último trimestre de 2019. Elecnor está presente en Mauritania desde 2012 con proyectos como el parque eólico de Nouakchott.

El Parque Eólico Boulouar, situado en la localidad de Dakhlet Nouâdhibou, está financiado por el Fondo Árabe de Desarrollo Económico y Social (FADES) y se realiza en consorcio con Siemens-Gamesa Renewable Energy, que suministrará 39 aerogeneradores SG 2.6-114.



Parque de generación del Escenario Objetivo (MW)				
Año	2015	2020*	2025*	2030*
Eólica	22.925	27.968	40.258	50.258
Solar fotovoltaica	4.854	8.409	23.404	36.882
Solar termoeléctrica	2.300	2.303	4.803	7.303
Hidráulica	14.104	14.109	14.359	14.609
Bombeo Mixto	2.687	2.687	2.687	2.687
Bombeo Puro	3.337	3.337	4.212	6.837
Biogás	223	235	235	235
Geotérmica	0	0	15	30
Energías del mar	0	0	25	50
Biomasa	677	877	1.077	1.677
Carbón	11.311	10.524	4.532	0-1.300
Ciclo combinado	27.531	27.146	27.146	27.146
Cogeneración carbón	44	44	0	0
Cogeneración gas	4.055	4.001	3.373	3.000
Cogeneración productos petrolíferos	585	570	400	230
Fuel/Gas	2.790	2.790	2.441	2.093
Cogeneración renovable	535	491	491	491
Cogeneración con residuos	30	28	28	24
Residuos sólidos urbanos	234	234	234	234
Nuclear	7.399	7.399	7.399	3.181
<b>Total</b>	<b>105.621</b>	<b>113.151</b>	<b>137.117</b>	<b>156.965</b>

Evolución de la potencia instalada de energía eléctrica (MW). Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica, 2019.

En concreto, Elecnor desarrolla la ingeniería, construcción y puesta en marcha del parque eólico en formato EPC ("llave en mano") que incluye además una subestación y la línea de media tensión.

### Complejo de Taweelah (Emiratos Árabes Unidos)

Abengoa construirá la mayor planta desaladora de ósmosis inversa del mundo en Emiratos Árabes Unidos, un proyecto valorado en más de 625 millones de euros, de los cuales la multinacional española invertirá 216,5 millones de euros en los próximos tres años.

La planta se ubicará en el complejo de generación de energía y agua de Taweelah, a 45 kilómetros al norte de Abu Dhabi, y tendrá capacidad para tratar 909.000 metros cúbicos al día de agua de mar, garantizando el suministro de agua de Abu Dhabi durante todo el año.

Además, Abengoa ha participado en un consorcio en la construcción de una central termoeléctrica de 100 MW de potencia instalada y una inversión total cercana a los 500 millones de euros.

### Planta Crescent Dunes (Estados Unidos)

El Grupo Cobra ha llevado a cabo el proyecto Crescent Dunes Energy, uno de los mayores de generación eléctrica ter-

mosolar mediante torre central en todo el mundo en el momento de su construcción. El proyecto arrancó en Tonopah (Nevada, EE UU) con previsión de dar servicio a unos 75.000 hogares de la ciudad de Las Vegas.

La central, de 110 MW, tuvo un presupuesto de construcción de cerca de 1.000 millones de dólares (760 millones de euros). La infraestructura cuenta con una torre central de 160 metros de altura, la mayor del mundo de estas características, y 10.000 heliostatos alrededor de ella. La compañía española Cobra es líder en construcción de planta termosolares cilindro parabólicas con almacenamiento de sales, con una experiencia de construcción de 600 MW y experiencia en O&M de más de 500 MW.

### Plantas fotovoltaicas en Miyagi (Japón)

En Japón, X-ELIO ha desarrollado un proyecto de energía solar fotovoltaica en Miyagi, sobre una superficie de 250 hectáreas, con algo más de 189 MW de potencia instalada y una producción de electricidad equivalente a más de 50.000 hogares.

X-ELIO entró en Japón en 2012 y desde entonces no ha dejado de crecer hasta convertirse en uno de los mercados más importantes del grupo. Una vez

finalizada la construcción de todos sus proyectos en desarrollo, la inversión total de la compañía en Japón habrá superado los 1.000 millones de dólares. De esta manera, la cartera de proyectos de X-ELIO en el país nipón alcanzará un volumen cercano a los 190 MW, lo que convierte a la compañía en uno de los principales bastiones fotovoltaicos españoles en este mercado.

### Parque eólico de Lianzhou (China)

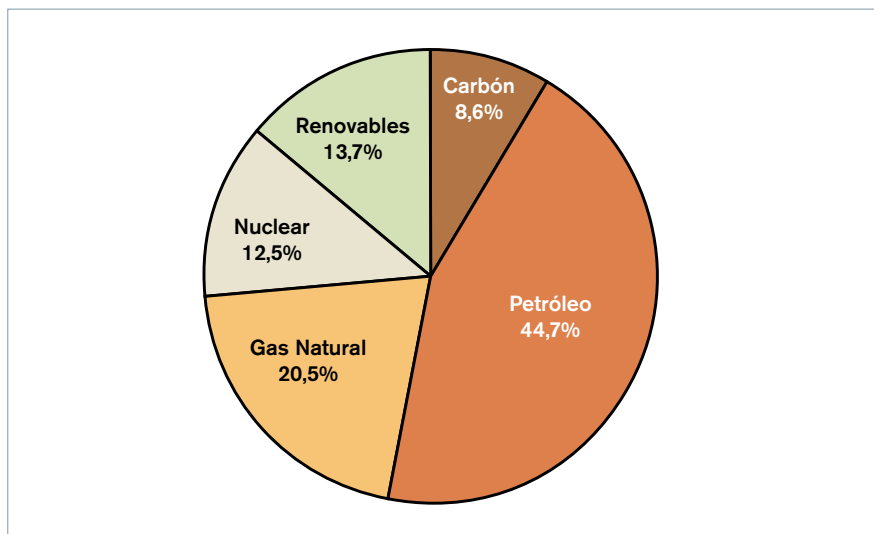
La compañía Gamesa ha llevado a cabo un proyecto de parque eólico en Lianzhou, que está equipado con 50 aerogeneradores de 2.0 MW cada uno y una capacidad instalada de 100 MW, situado en la provincia de Cantón, al sureste del país. Además, Siemens Gamesa sigue creciendo en China con la firma de dos contratos para el suministro de 96 MW. La compañía instalará 24 turbinas del modelo G114-2.0 MW en el parque de Yangshugou, al noreste de China, y otros 24 aerogeneradores del modelo G97-2.0 MW en el parque de Wohushan, ubicado al este del país.

### Parque eólico marino Wiking (Alemania)

Proyecto de Iberdrola, Wiking es un parque eólico marino de 350 MW localizado en el mar Báltico, donde la profundidad del agua oscila entre 37 y 43 metros. El parque cubre un área aproximada de 34 km<sup>2</sup>, en los cuales se han construido 70 turbinas. Desde finales de 2017, Wiking suministra 350 megavatios (MW) de capacidad a la red eléctrica alemana, y aporta energía renovable y de alta eficiencia a 350.000 hogares, lo que equivale al 20% de la demanda de energía del estado de Mecklemburgo-Pomerania Occidental, donde se ubica. Este flujo de energía renovable tendrá un destacado impacto positivo sobre el medio ambiente, al evitar la emisión a la atmósfera de casi 600.000 toneladas de CO<sub>2</sub> al año. La inversión total en este proyecto asciende a 14.000 millones de euros.

### Planta termosolar Noor (Marruecos)

Planta termosolar de 160 MW que emplea colectores cilindroparabólicos y cuenta con un sistema de almacenamiento de sales fundidas con 3,5 horas de capacidad. Se trata de un contrato bajo la modalidad "llave en mano", y ha sido liderado por Acciona, Sener y



Estructura del consumo de energía primaria. Fuente: IDAE.

TSK. Esta moderna central de alta eficiencia energética forma parte del mayor complejo termosolar del planeta. Se ha construido en Ouarzazate (Marruecos), y está formado por las centrales Noor I, Noor II y Noor III.

Además, la ingeniería gijonesa TSK acaba de hacerse con el contrato más cuantioso de su historia. El consorcio formado por la eléctrica francesa EDF, la compañía Masdar de Abu Dabi y la empresa marroquí Green of Africa ha seleccionado a TSK para el diseño y la construcción de una planta solar pionera en el mundo, que combina la energía solar fotovoltaica y la termosolar, en Marruecos. Las instalaciones cuentan con una inversión de 700 millones de euros.

El proyecto adjudicado a TSK consta de una planta híbrida fotovoltaica termosolar, que sumará 800 MW de potencia, con un mínimo de cinco horas de almacenamiento y se encuentra a 20 km de la ciudad de Midelt, en el centro del país. La ejecución del proyecto comenzará en el tercer trimestre de este año y la puesta en servicio será en 2022. Esta planta, diseñada completamente por TSK, será la primera en el mundo que integre las dos tecnologías en una única instalación híbrida aprovechando las ventajas de cada una de ellas.

### Parque eólico de Waubra (Australia)

Es el mayor parque eólico de la compañía Acciona en Australia, y está operativo desde 2009. Con 192 MW instalados, el parque eólico de Waubra es uno

de los de mayor potencia implantados por la compañía en todo el mundo. Situado al sureste del país, en el estado de Victoria, consta de 128 aerogeneradores de tecnología Acciona Windpower, y 1,5 MW de potencia unitaria. Produce energía equivalente para atender el consumo de unos 110.000 hogares, evitando anualmente la emisión de unas 650.000 toneladas de CO<sub>2</sub> en centrales de carbón.

### Planta termosolar Xina Solar One (Sudáfrica)

La empresa Abengoa ha sido premiada en 2018 por la planta termosolar Xina Solar One, en la quinta entrega de los Industry Awards del prestigioso encuentro African Utility Week. Xina Solar One, que fue inaugurada oficialmente el pasado año en un acto que contó con la presencia del ministro de Energía sudafricano, Jeff Radebe, fue reconocida en la categoría de proyectos de energía renovable conectados a la red, donde también resultaban finalistas dos plantas fotovoltaicas en Uganda.

La planta tiene una potencia instalada de 100 megavatios (MW) y emplea tecnología de colectores cilindroparabólicos para generar energía. Abengoa opera en Sudáfrica desde 2009 y Xina Solar One es la tercera planta termosolar que desarrolla en ese país, donde sus instalaciones Kaxu, Khi y Xina Solar One aportan 250 MW de energía renovable a la red nacional de Sudáfrica.

Junto a todos estos macroproyectos se están llevando a cabo también destacados desarrollos energéticos por

parte de otras empresas de energías renovables de menor tamaño, como Forestalia, Norvento, Solaria, Prodiel o Greenalia. Precisamente esta última ha invertido hasta la fecha 100 millones de euros de los 135 millones previstos para la construcción de la planta de biomasa de Curtis Teixeira, la segunda instalación de biomasa más grande de España, y que se encuentra ya al 80 % de su ejecución. Está previsto que las obras de la planta finalicen en septiembre de este año. Greenalia estima obtener unos ingresos recurrentes de más de 910 millones de euros a lo largo de 25 años por la venta de energía eléctrica, a los que habría que añadir 295 millones por el suministro de biomasa forestal para Greenalia Forest.

La planta de biomasa de Curtis Teixeira se levanta sobre una parcela de 103.000 metros cuadrados y tendrá una capacidad de 50 MW en plena actividad, energía equivalente para abastecer a una población de más de 250.000 habitantes.

Su puesta en funcionamiento permitirá generar 324 GWh y tendrá capacidad para tratar 500.000 toneladas de restos de corta forestal al año. Durante el proceso de construcción y hasta su puesta en marcha, la planta está generando más de 1.000 puestos de trabajo entre empleos directos e indirectos, de los cuales, unos 100 se mantendrán como fijos una vez iniciada la actividad, 35 en la planta y el resto en la actividad de recogida de la biomasa.

### El sector energético en el futuro

Se estima que de aquí a 2030 sea necesaria la puesta en funcionamiento de algo más de 5.000 MW de potencia cada año para satisfacer los objetivos marcados. El futuro que se augura a las compañías que trabajan en el sector de las energías renovables, por tanto, es más que esperanzador. La demanda de profesionales en esta área de negocio irá en aumento, y por ello es necesario ofrecer una buena formación en este sentido.

El trabajo que llevan a cabo los ingenieros de la rama industrial en el ámbito de las energías limpias supone un valor añadido en el desarrollo y la competitividad de las mismas. Todavía les queda mucho por aportar y contribuir, de este modo, a la consecución del liderazgo mundial de nuestro país en el sector de las energías renovables y en el ansiado camino hacia la transición energética.

# Joan Herrera Torres

Director General del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)

## “Nuestro país puede ser rico en renovables, y lo que tenemos que hacer es liderar el sector”

**Mónica Ramírez**

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, enviado hace unos meses a la Comisión Europea para su evaluación y debate con los distintos agentes en España a lo largo de este año, define los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, de penetración de energías renovables y de eficiencia energética. Todo ello en el marco de la transición energética, y de la realidad actual de la energía, que se encuentra en punto de transformación que marcará un antes y un después para compañías, industrias, gobiernos y millones de personas.

Joan Herrera Torres es el director general del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), entidad pública empresarial adscrita al Ministerio para la Transición Ecológica, a través de la Secretaría de Estado de Energía, encargada, entre otros fines y funciones, de contribuir a la consecución de los objetivos que tiene adquiridos España, en materia de mejora de la eficiencia energética, energías renovables y otras tecnologías bajas en carbono.

### En líneas generales, ¿en qué situación se encuentra nuestro país en esta materia?

Se encuentra en un escenario de oportunidad. Tenemos un país con una alta dependencia energética, de un 74%. Es uno de los países de nuestro entorno con mayor dependencia y con niveles de eficiencia que mejoran en los últimos años, pero que, en parte, están muy vinculados a la crisis, y no tanto a las políticas que se han llevado a cabo. A la vez nos encontramos en un escenario de cambio de modelo a nivel europeo, como así lo plantea el “Paquete de invierno”, y las directivas en materia de energía, donde se está planteando mucha ambición en eficiencia, en ahorro, en renovables, en electrificación, en empoderamiento de la ciudadanía y en un modelo de genera-



Joan Herrera Torres

ción distribuida, que no se ha dado hasta el momento. En definitiva, es un escenario de oportunidad extraordinaria. Tenemos mucho campo por recorrer.

A ello se suma que hemos presentado en Bruselas el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima, que ha sido valorado por la Comisión Europea como el más ambicioso, y a la vez realista. Creo que la transición energética está siendo uno de los principales elementos de cambio en la economía de este país.

### ¿Cuáles son las claves para lograr una mayor eficiencia energética a nivel industrial?

La clave está en el mantenimiento e incremento de la inversión en estrategias de eficiencia. De hecho acabamos de aprobar toda la parte de ayudas a la industria, para políticas de eficiencia. También tiene que ver con ello la estrategia en materia de autoconsumo en realidades industriales. Va a conseguir que las industrias que solo eran consumidoras pasen a ser también productoras. El autoconsumo, don-

de va a tener seguramente un mayor desarrollo va a ser en un plano industrial. En tercer lugar, yo creo que tenemos que ver los elementos de gestionabilidad energética que nos ofrece una fuerte penetración de renovables. Si nos marcamos un objetivo de generación del mix eléctrico del 74% de renovables para el 2030, con una fuerte penetración de fotovoltaica, y de eólica, la gestionabilidad del sistema va a tener que ser retribuida. La industria puede jugar un papel muy importante en dicha gestionabilidad. Eso nos hace también más eficientes y es, por tanto, lo que permite una inercia muy positiva para la industria, la gestionabilidad del sistema.

Dicho todo esto, tenemos que abrir una reflexión global: la eficiencia es de una manera en un escenario de poca presencia de renovables, en el mix eléctrico, y la eficiencia es otra cuando dicho mix eléctrico tiene cuotas del 74% de generación renovable.

Tenemos que pensar cómo conseguimos de un escenario de mayor electrificación garantizar los consumos térmicos



que necesita nuestra industria. Sabemos que hay experiencias, en Alemania y en otros países, muy interesantes, de cómo invertir electricidad de origen renovable en usos térmicos, y ese es un elemento que es clave y fundamental. También tenemos que ver los porcentajes que consigamos de biogás, en todas sus variables, cuáles son sus consumos industriales, y a qué consumos los destinamos: residenciales, industriales o a movilidad. Es evidente que un consumo más intensivo en la industria de biogás o biometano puede ser retribuido de una forma distinta, porque al final te ahorras derechos de emisión, mientras que si va a usos residenciales o a movilidad, esa mayor retribución no se va a producir. Por lo tanto, hay que hacer una reflexión global en la planificación para ver cómo incentivamos el uso de ecocombustibles en los procesos industriales, porque el elemento más relevante es cómo garantizamos esos consumos térmicos y esa eficiencia que no es tan evidente en los procesos industriales.

#### ¿Y en el caso de los ciudadanos?

Estamos en un escenario en el que necesitamos reducir consumos, y que

vayan asociados al consumo de renovables al máximo. La movilidad supone el 40% del consumo energético del país, y en el caso de ciudades como Madrid, se consume el 50% en movilidad, que llega al 62% en Barcelona. A nivel de ciudadanía, es necesario un cambio modal, que traslade la movilidad actual hacia la peatonalización, al uso de la bicicleta y al vehículo compartido, a poder ser eléctrico.

El segundo elemento entra en la realidad residencial, y es sustancialmente distinta en la “España templada” que en la “España fría”. Esto tiene mucho que ver con un modelo de generación más distribuida, donde el autoconsumo forma parte de la transición energética, lo que hace que haya menos pérdidas en distribución. La red ahora es bidireccional.

Una figura muy importante, que ya está funcionando en otros países, es la agregación. La retribución por la agregación de consumos, y el hecho de que se retribuya porque en un determinado momento 1 MW de consumo doméstico deje de consumir, ya que al sistema le va ir bien. Lo tenemos que traducir en que el agregador pueda ofertar *equis* MW

de menos consumo y que eso repercute en el consumidor. Estamos pensando mucho en recursos energéticos distribuidos, en generación, en almacenamiento, en software, en domótica, y en la batería del vehículo eléctrico. En un escenario no tan lejano, pesamos en lo que te permite un modelo bidireccional, de tal manera que el vehículo eléctrico pueda cargar del sistema cuando hay mucha generación de energía renovable, pero pueda aportar al sistema cuando no haya dicha energía. Lo que nos permite es un modelo mucho más eficiente. Se trata de realizar una gestión inteligente. Hay un elemento fundamental, que es la digitalización de la energía.

#### Antes mencionaba el vehículo eléctrico, ¿se cumplirán las expectativas que hay puestas en él?

El vehículo eléctrico va a ser una realidad, porque hay continentes donde ya está penetrando con una fuerza impresionante. A nivel de eficiencia, es mucho más eficiente que un vehículo de combustión. El debate es cómo y cuándo llegará de forma plena a España. Yo creo que un país que es pobre en combustibles fós-

les y rico en sol, viento y masa, lo que necesitamos es una electrificación de la movilidad muy superior a la que tenemos. Más allá del reto moral de luchar contra el cambio climático, con una dependencia energética que tenemos del 74%, sería absurdo no electrificar la movilidad. En segundo lugar, la industria del automóvil tiene un peso extraordinario, más del 10% del PIB en España. Por ello, o lideramos, o nos podemos encontrar en un escenario donde la industria, especialmente la asiática, que produzca vehículos eléctricos muy competitivos en precios, desbanque a la industria del automóvil en nuestro país. Lo que no podemos hacer es arrastrar los pies en este tema, porque otros nos van a comer el terreno.

En España hay 23 millones de vehículos, y lo que queremos es intentar protagonizar un cambio de cultura respecto al automóvil, pasar de la cultura de la propiedad del vehículo a la cultura del servicio. Esto significa un cambio de filosofía, siendo muy conscientes de que no puede ser igual en las realidades urbanas que en la "España vacía".

Además, la introducción del vehículo eléctrico es un elemento clave en la reducción de la contaminación en las grandes ciudades, que es un problema de salud de primer orden, y hay que encararlo.

Hay países donde el titular del vehículo es el propietario de la envolvente (carrocería, ruedas, etc.) del mismo, pero la batería puede no ser de esa persona, porque al final se está ofreciendo al sistema una serie de elementos que pueden ser del agregador o de un tercero, y esto puede abaratar increíblemente el acceso al vehículo eléctrico. Podemos ser ricos en renovables, especialmente en la fotovoltaica, que ha sido la más disruptiva en los últimos años, y lo que tenemos que hacer es liderar. En este contexto, las islas pueden ser uno de los factores de la movilidad eléctrica, con una introducción más acelerada del vehículo eléctrico, y que nos haga de tractor para el resto del país.

**En ocasiones, los ciudadanos comentan que tienen la percepción de que las energías renovables son más caras, ¿qué les contestaría?**

Eso ya no es así. No es que se haya conseguido la paridad en red, sino que hoy ya es más barato el KW de las energías renovables. El KW más barato es el de la energía fotovoltaica. Ya no hacen falta primas, sino que es exactamente al revés. La introducción con calendarios,

## “La transición energética está siendo uno de los principales elementos de cambio en la economía de este país”

con previsión de renovables, es lo que nos puede permitir el abaratamiento de la factura de la luz.

Hay una concienciación ciudadana de que las renovables son más caras porque hace años se tuvo que primar precisamente para que se diese el salto tecnológico, pero ahora ya no es así. Después, lo que tenemos que ver es cómo introducimos la gestionabilidad de las renovables. Por ejemplo, la energía hidráulica va a ir a menos en los próximos años, pero se trata de una energía gestionable. Un mix más renovable es un mix con la electricidad más barata. Estamos ante un escenario en que el debate energético puede entrar en la conversación de la "cena en casa", o en una reunión de vecinos.

**¿Es posible abaratar la factura de la luz?**

Es algo que tenemos que hacer, pero no se debe hacer a lo loco. Si es posible abaratar los precios, y debemos hacer un modelo que los abarate, sabiendo que estos son distintos en función del consumo. No en todos los tramos España tiene la electricidad más cara. Lo que tenemos que pensar es sector por sector. A la vez, tenemos que introducir señales de precios que nos permitan una gestión de la demanda. Eso significa ir reduciendo poco a poco el término potencia; pagar menos en función del término de potencia, y más en función de la energía que se consume, y del momento en que se consume, ya que permitirá discriminar los consumos para que estos se centren en cuando haya más generación de energía renovable, y en cambio disminuyan cuando haya menor generación de renovable.

**En fechas recientes conocíamos la noticia sobre la línea de ayudas de 40 millones de euros para promover parques fotovoltaicos en las islas Baleares, así como la firma de un Protocolo General de Actuación para el desarrollo conjunto de actividades dirigidas a promover la alta integración de energías renovables en sistemas eléctri-**

**cos, entre el IDAE y el Cabildo Insular de Tenerife. ¿En qué marco se encuadran estas ayudas?**

Nosotros hemos sacado una orden para la energía eólica en Canarias, y otra para fotovoltaica en las Islas Baleares. Tenemos que ver más allá del modelo de subastas que saquemos. Creemos que hay que ir a un modelo de subastas distinto a la que tuvimos, homologable con lo que hemos hecho en Europa. A nosotros nos gustaría llevar el mismo esquema de Baleares y Canarias al resto del Estado, sabiendo que hay recursos en muchas autonomías, pero que hay comunidades en las que hay menos.

También vamos a valorar la hibridación de tecnologías, porque si somos capaces de hibridar la energía eólica con la fotovoltaica, estamos garantizando más horas de generación eléctrica. Vamos a valorar también el elemento del almacenamiento.

Ahora mismo no hacen falta primas para instalar un parque eólico o fotovoltaico, porque la rentabilidad es más que razonable; pero, por ejemplo, en Canarias estas instalaciones son más caras por una razón: los costes de desplazamiento de los aerogeneradores son muy superiores. Ahí tenemos que dar un porcentaje de ayudas, y en Baleares también. Damos un porcentaje menor que las que se puedan dar desde Europa con los Fondos Feder, para poder llegar así a más proyectos.

**¿Cuáles son los principales desafíos a los que se enfrentan las energías renovables?**

El principal desafío que tenemos es la gestionabilidad; es un desafío tecnológico, pero de marco regulatorio también, y de almacenamiento, por tanto. Tenemos que dar varias respuestas. Una de ellas es la gestión de la demanda y esos elementos del marco regulatorio que nos permitan encararla. Un desafío que tiene Europa es tener una estrategia propia en almacenamiento de la electricidad. Creo que Asia, y China y Corea en particular, e incluso Estados Unidos, llevan una mayor inversión en baterías (tema de almacenamiento de la electricidad).

El otro desafío que tenemos es la conversión en térmica, es decir, cómo garantizamos un proceso eficiente para convertir la electricidad en usos térmicos, especialmente para la industria. Además, debemos continuar con una bajada de costes, que ya se ha producido en gran parte.

# COGITI TOOLBOX

El portal de gestión de licencias de software para colegiados

[www.toolbox.cogiti.es](http://www.toolbox.cogiti.es)



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

**PROMOCION  
especial**



**dmELECT**  
Software de Instalaciones

**PACK COMPLETO  
dmELECT**

**77%**

*Descuento*

Instalaciones

- en Edificación
- en Urbanización
- Térmicas

~~P.V. 2.100€ + IVA~~

**495€ + IVA**



ALP CMAT AIRECOMP RSF



CT ARAST CATE REFRIGERANTE



SOLTE CIEBT ALCAN REDBT



GASCOMB IPCI RENOVABLES CONDUCTOS



REDAT SANEA FONTA CMBT



VIVI



# El reto del autoconsumo en el cambio energético

El autoconsumo mediante energías renovables ya es una realidad en España desde el pasado 5 de abril de 2019, cuando el Consejo de Ministros, a petición del Ministerio de Transición Ecológica, aprobaba el Real Decreto 244/2019 por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica



Un operario instala placas solares para el autoconsumo en el tejado de una vivienda. Foto: Shutterstock.

## Marita Morcillo

En la última edición de Genera, la Feria Internacional de Energía y Medio Ambiente, celebrada en Feria de Madrid (IFEMA) del 28 de febrero al 3 de marzo, el director general de Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE), Joan Herrera, anunciaba que una de las prioridades del Ministerio de Transición Ecológica era dar salida y aprobar dicho Real Decreto antes de que finalizara la legislación.

El objetivo, según manifestó Herrera, “era asegurar que el autoconsumo de proximidad y el autoconsumo colectivo tuvieran un verdadero alcance”. Dicho y hecho. Tan sólo un mes después, el Consejo de Ministros aprobaba el nuevo Real Decreto, el cual supone la incorporación

al ordenamiento jurídico de las medidas de impulso al autoconsumo contenidas en el Real Decreto-Ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.

## Un nuevo escenario para la expansión del autoconsumo

El Real Decreto-Ley de 2018 realiza una profunda modificación en la regulación del autoconsumo en España, anulando barreras que, hasta ahora, impedían el pleno desarrollo de esta actividad.

Para empezar, quedan derogados varios artículos del anterior Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, que hasta ahora regulaba las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las

modalidades de producción y suministro de energía eléctrica con tecnologías de autoconsumo.

La derogación de estos artículos radica en la necesidad de eliminar obstáculos que venían impidiendo el despliegue del autoconsumo. Entre las barreras, cabe destacar aquellas relativas a las configuraciones de medida, las limitaciones existentes en los máximos de potencia de generación instalada o de potencia contratada y las referentes al pago de cargos por la energía autoconsumida.

Asimismo, mediante el Real Decreto recién aprobado, se incorpora al ordenamiento jurídico español una parte del artículo 21 de la Directiva 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al

fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

De esta manera, nos encontramos ante un nuevo marco regulatorio concebido para que la sociedad española en su conjunto pueda beneficiarse de las ventajas del autoconsumo, como ya se viene haciendo en otros países. Estos beneficios se traducen en una mayor eficiencia de la red eléctrica, una mayor independencia energética del país respecto a los recursos importados del exterior y menores emisiones de gases de efecto invernadero, tal y como se especifica en el nuevo texto normativo.

### Modificaciones en la definición de autoconsumo

Hasta la aprobación del Real Decreto-Ley 15/2018, el marco regulatorio del autoconsumo venía recogido en la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del sector eléctrico, que definía esta actividad como el consumo de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red de un consumidor o a través de una línea directa de energía eléctrica asociada a un consumidor.

Esta definición implicaba que sólo existía una posibilidad, es decir, la del autoconsumo individual conectado a una red interior, impidiendo toda posibilidad de que las comunidades de propietarios pudieran disfrutar de esta tecnología.

Y es aquí donde se producen las dos primeras modificaciones del nuevo escenario. En primer lugar, el nuevo Real Decreto-Ley de 2018 reconoce y admite la existencia de varios consumidores de energía eléctrica y, en segundo lugar, dicha energía puede proceder de varias instalaciones de generación próximas a las de consumo y asociadas a las mismas.

Se abre, de esta manera, la puerta al autoconsumo colectivo, tal y como ya anunciaba el director general del IDAE, Joan Herrera, en Genera 2019. Pero no sólo se está impulsando esta forma de abastecimiento energético en pequeñas comunidades de propietarios, sino que también se está fomentando el desarrollo de las microgrids o microrredes inteligentes, ampliamente beneficiosas para asegurar la flexibilidad del sistema de distribución y transporte de energía eléctrica en su conjunto.

El autoabastecimiento de energía colectiva es una figura que en algunos países, como Estados Unidos, ya está plenamente consagrada pero que hasta

ahora era prácticamente imposible en España. Por fin, gracias al nuevo escenario, será factible adquirir la energía generada por varios productores próximos siempre que exista un acuerdo entre las partes.

Gracias a todas estas modificaciones, se está impulsando el desarrollo de otras tecnologías como la generación

## “Los beneficios del autoconsumo se traducen en una mayor eficiencia de la red eléctrica, e independencia energética”

## “En los próximos años podremos encontrar en las ciudades españolas los denominados barrios solares, de carácter comunitario”

distribuida, el almacenamiento energético o la movilidad eléctrica, todo un abanico de soluciones que forman parte del nuevo modelo energético descarbonizado.

Como consecuencia, en los próximos años podremos encontrar en las ciudades españolas los denominados “barrios solares”, proyectos de carácter comunitario donde existen prosumidores, es decir, particulares o empresas propietarios de instalaciones fotovoltaicas que generan la energía necesaria para uso propio y, posteriormente, vender los excedentes de electricidad a sus vecinos.

### Un derecho de los ciudadanos

Con estos cambios se está dando respuesta a las reivindicaciones y alegaciones que durante mucho tiempo han realizado diversos sectores de la sociedad, los cuales exigían un marco legislativo favorable al autoconsumo, tanto a nivel individual como colectivo.

Hace unos años, cuando el camino hacia el autoabastecimiento eléctrico sólo encontraba barreras en nuestro país, se creó la Alianza para el Autoconsumo, una plataforma formada más de 50 organizaciones sociales, ambientales, empresariales y sindicales, compro-

metidas con difundir los beneficios de esta actividad.

Durante toda su trayectoria, la Alianza no ha cesado de instar al Gobierno a que adopte las medidas necesarias para permitir el pleno desarrollo del autoconsumo, entendiendo que es un derecho de los ciudadanos, tal y como defiende la propia Unión Europea en el Paquete de Invierno de la Comisión Europea y en las nuevas Directivas de fomento del uso de energías renovables y de eficiencia energética.

No es de extrañar que el pasado 5 de abril la Alianza para el Autoconsumo recibiera con satisfacción la aprobación del Real Decreto 244/2019. Inmediatamente después de que el Consejo de Ministros diera luz verde al nuevo ordenamiento jurídico, esta plataforma –como muchas otras organizaciones relacionadas con el sector de las energías renovables– emitía un comunicado congratulando al Gobierno por las nuevas medidas.

Uno de los motivos de mayor celebración en el seno de la Alianza es la puerta abierta a las instalaciones colectivas, hecho que “habilitará a los bloques de viviendas o a los polígonos industriales para autoabastecerse con renovables de forma más eficiente y conjunta”, según manifiestan fuentes de esta organización.

Por otra parte, la Alianza destaca la simplificación administrativa reservada para las instalaciones de menor tamaño, acercando el autoconsumo al gran público.

En similares términos se expresan entidades que dan voz a los consumidores, como Ecooo Revolución Solar. Esta organización sin ánimo de lucro trabaja desde 2005 para fomentar todo tipo de proyectos que activen a la ciudadanía a favor de un nuevo modelo energético más sostenible y en manos de las personas.

En línea con su filosofía, Ecooo destaca del nuevo ordenamiento jurídico el hecho de que marca un antes y un después, ya que facilita la amortización de la instalación de autoconsumo y ofrece una relación con el prosumidor más justa que la que hasta ahora existía.

### Compensación de electricidad excedente

Otra de las principales novedades que encontramos en este nuevo escenario se refiere a las modalidades de instalaciones de autoconsumo. El nuevo marco regulatorio las reduce a dos: sin excedente, es





El nuevo marco normativo impulsará el autoconsumo en comunidades de propietarios. Foto: Shutterstock.

decir, aquellas instalaciones que en ningún momento pueden realizar vertidos de energía a la red de distribución y transporte eléctrica, y con excedente, desde las cuales sí se pueden realizar vertidos.

Entre otras modificaciones, el nuevo texto permite que, de forma reglamentaria, se puedan desarrollar mecanismos de compensación entre el déficit y el superávit de los consumidores acogidos al autoconsumo con excedentes para instalaciones de hasta 100 kW.

En este sentido, la Alianza para el Autoconsumo destaca que a partir de ahora será obligatorio remunerar la electricidad excedente vertida a la red eléctrica e incluso las facilidades ofrecidas a los pequeños autoconsumidores con la compensación simplificada en la factura.

Hasta el momento, si el autoconsumidor quería obtener una compensación por esta energía que se inyecta en la red, debía constituirse jurídicamente como

## “Con la nueva normativa, a partir de ahora será obligatorio remunerar la electricidad excedente vertida a la red eléctrica”

productor de energía, realizando los trámites y declaraciones fiscales exigidos por ley.

Sin embargo, a partir de ahora, la comercializadora de energía compensará al usuario por la energía excedentaria en cada factura mensual.

Este mecanismo es aplicable para aquellas instalaciones con una potencia no superior a 100 kW, y siempre que produzcan electricidad a partir de energía de origen renovable. La compensación económica puede llegar hasta el 100% de la energía consumida por el usuario en ese mes.

Este mecanismo de remuneración de excedentes no se ha hecho esperar. Desde el pasado 15 de mayo, Red Eléctrica de España (REE) ha iniciado en la web del operador del sistema eSios la publicación diaria del precio por megavatio-hora (MWh) con el que se compensará a los autoconsumidores que viertan a la red la energía excedentaria.

Para ello, el usuario ha de tener un contrato de tarifa regulada o Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC) con una comercializadora de referencia y estar acogido al mecanismo de compensación simplificada definida en el Real Decreto 244/2019 del 5 de abril por el cual se recompensa con una reducción de su factura de electricidad al autoconsumidor que integre su energía generada y no consumida en la red.

### **Simplificación de los trámites administrativos**

Retomando el tema de las principales

modificaciones respecto al marco jurídico anterior, la nueva normativa ha simplificado los trámites administrativos que se han de seguir para poner en marcha una instalación de este tipo en cualquiera de sus modalidades.

En el caso de instalaciones de hasta 15 kW o de hasta 100 kW cuando no lleva excedentes, se reducen a una única gestión: notificar la instalación de una planta de producción eléctrica en su correspondiente comunidad o ciudad autónoma. El registro estatal se nutrirá de la información remitida por las administraciones autonómicas.

Además, para las instalaciones de menos de 100 kW en baja tensión, las administraciones recabarán información a partir de los datos del certificado electrotécnico de la instalación.

En el caso de autoconsumo colectivo, también será necesario medir la energía generada con otro equipo para facilitar el reparto de energía entre los consumidores participantes.

Asimismo, se articula un procedimiento para que sea el distribuidor quien modifique el contrato de acceso de los pequeños consumidores que realicen autoconsumo y éste solo tenga que manifestar su consentimiento.

De igual modo, se simplifican drásticamente las configuraciones de medida para que, en la mayoría de los casos, baste con un solo contador en el punto frontera con la red de distribución, lo cual supone una reducción de costes.

En cuanto al registro, se opta por disponer de un registro de autoconsumo, pero muy simplificado, de ámbito estatal y con fines meramente estadísticos para poder evaluar si se está logrando la implantación deseada, analizar los impactos en el sistema y para poder computar los efectos de una generación renovable en los planes integrados de energía y clima.

Para hacer esta tarea más fácil y comprensible, el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía publicó a mediados de mayo una guía preliminar elaborada en colaboración con la Asociación de Agencias de la Energía (EnerAgen).

Esta guía se dirige al público en general, pero más específicamente a las empresas instaladoras de sistemas de autoconsumo. El objetivo fundamental es describir los pasos a dar ante la Administración y con la compañía distribuidora, para todas las modalidades de autoconsumo, tanto individual como colectivo.

### El camino hacia la transición

Cuando se habla de instalaciones de autoconsumo, tenemos claro que se trata de tecnologías que utilizan fuentes de origen renovable en cualquiera de sus versiones, siendo el aire, el sol o la biomasa las más comunes. El nuevo marco jurídico se refiere a todas ellas. Sin embargo, es la tecnología fotovoltaica la que tiene mayor potencial de crecimiento, debido a los altos niveles de radiación solar de nuestro país.

Es por esa razón que es en el sector fotovoltaico donde mayor crecimiento se espera en los próximos años.

**“La tecnología fotovoltaica es la que tiene mayor potencial de crecimiento, debido a los altos niveles de radiación solar de nuestro país”**

**“En los próximos años, el autoconsumo fotovoltaico supondrá entre el 15% y el 20% de la nueva potencia anual instalada”**

**“Las empresas de servicios energéticos, instaladores, ingenieros o fabricantes encuentran un nuevo nicho de negocio al que adaptarse”**

Según los datos presentados por Unión Española Fotovoltaica (UNEF) durante Genera 2019, en 2017 las instalaciones de autoconsumo representaban el 90% de la potencia total instalada (235,7 MW de un total 261,7 MW).

Con estos datos, UNEF avanzaba que en los próximos años el autoconsumo fotovoltaico supondría entre el 15 y el 20% de la nueva potencia anual instalada.

Según los datos extraídos del primer Observatorio Español del Autoconsumo Fotovoltaico, presentado por la firma alemana Solarwatt junto al Grupo Análisis e Investigación, alrededor de 320.000

viviendas unifamiliares podrían instalar un sistema de autoconsumo solar en los próximos tres años.

Estas 320.000 viviendas representan al 16,4% de los encuestados en un estudio que se llevó a cabo poco antes de que fuera aprobado el nuevo marco jurídico. Ese potencial de crecimiento supondrá un volumen de negocio de 3.000 millones de euros en ese mismo período. Dicho incremento sectorial requerirá alrededor de 8.000 nuevos puestos de trabajo especializados: ingenierías, electricistas, instaladores, industria auxiliar, personal de mantenimiento o comerciales, entre otros.

En términos medioambientales, según apunta el Observatorio, estamos hablando de que se evitará la emisión a la atmósfera de 900.000 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales, equivalente a lo que compensarían 1.800.000 árboles.

### Los retos del autoconsumo

El Real Decreto del Autoconsumo ha marcado un hito en el sector energético en toda su cadena de valor. La sociedad española en su conjunto se enfrenta ahora al desafío de asumir este cambio para amoldarse a un nuevo modelo energético electrificado y descarbonizado.

Es todo un reto que deben afrontar tanto las grandes compañías como las pequeñas cuanto antes, si no lo han hecho ya, ofreciendo servicios que faciliten el acceso al autoconsumo. Algunas de ellas ya ofrecen soluciones integrales para que sus clientes puedan generar y consumir su propia energía. Dichos paquetes incluyen estudios de viabilidad, instalación y montaje, mantenimiento, herramientas de monitorización y, por supuesto, financiación.

Se abre un reto también para otros sectores, empresas de servicios energéticos, instaladores, ingenieros, arquitectos, fabricantes... Todos ellos van a encontrar en el autoconsumo un nuevo nicho de negocio al que deben adaptarse lo antes posible para no quedarse atrás.

Y, por supuesto, los ciudadanos no pueden olvidar que ya tienen un papel activo en el sistema energético, y por lo tanto, recae en ellos parte de la responsabilidad de luchar contra el cambio climático. La nueva regulación del autoconsumo ha puesto en manos de la ciudadanía la energía necesaria para llevar a España a un 100% de electricidad renovable para 2050.

# José Donoso

Director general de Unión Española Fotovoltaica (UNEF)

## “El sector fotovoltaico experimentará un importante crecimiento, impulsado por el autoconsumo”

### Marita Morcillo

José Donoso lleva más de 25 años desempeñando funciones de primer nivel en el sector energético, tanto en el ámbito privado como en el público. Desde 2012, año en que fue nombrado director general de Unión Española Fotovoltaica (UNEF), Donoso ha contribuido notablemente al fomento de la energía fotovoltaica y a la defensa de la estabilidad regulatoria y jurídica de este sector. Como representante de las empresas relacionadas con el principal recurso renovable del país, hemos pedido a José Donoso que exprese la postura del sector ante la reciente aprobación del Real Decreto de Autoconsumo.

**El pasado 5 de abril, el Consejo de Ministros aprobó el Real Decreto de Autoconsumo. ¿Qué aportaciones hizo UNEF durante el periodo de consulta pública previo a la aprobación de la normativa y qué valoración tienen sobre el resultado final de la misma?**

Nuestra valoración del RD de Autoconsumo es positiva, ya que esta norma cumplimenta, con un enfoque racional, el Real Decreto-ley 15/2018 de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores, dotando de seguridad jurídica al sector fotovoltaico y creando un marco estable y de libre mercado para el desarrollo del autoconsumo.

El nuevo marco normativo sitúa al ciudadano en el centro del modelo energético, permitiéndole tener libre acceso a la producción y venta de la energía y haciéndole más responsable de su consumo, en línea con los principios establecidos por el paquete de medidas “Energía Limpia para todos los Europeos” y con la consecución de los objetivos del Acuerdo de París.

Los principales elementos a destacar de esta nueva regulación son la eliminación de las barreras económicas al autoconsumo, al suprimir las cargas y peajes



José Donoso

a la energía autoconsumida y a los sistemas de almacenamiento de energía; la eliminación de las barreras administrativas, al simplificar los trámites para las instalaciones de autoconsumo de pequeña potencia; y la introducción de la compensación económica de los excedentes de energía limpia vertidos a la red a través de la facturación neta.

Además, la norma reconoce el derecho al autoconsumo compartido, permitiendo el empoderamiento del ciudadano y abriendo paso a las comunidades energéticas, en las que consumidores, Pymes y autoridades locales se organizan para generar, autoconsumir, gestionar y almacenar su propia energía.

Esta norma recoge la mayoría de las alegaciones que UNEF aportó durante el período de consulta pública, sobre todo la garantía de que la compensación de excedentes no se considere como una actividad económica sujeta a obligaciones fiscales. Los elementos que finalmente no se incluyeron en la norma, y que UNEF había presentado como ale-

gación, eran diversos: la posibilidad de que la compensación de los excedentes se pudiera diferir hasta un máximo de un año; y el reparto dinámico. A pesar de que se ha incluido una disposición en la cual se abre la posibilidad de que la ministra, por Orden Ministerial, establezca un sistema de reparto dinámico, en los artículos del RD, los coeficientes para el autoconsumo colectivo siguen siendo fijos, es decir, un consumidor va a consumir como mucho un determinado porcentaje de energía, sin poder trasladarle a otro consumidor la energía que no esté consumiendo.

**¿Qué expectativas se presentan ahora para el sector fotovoltaico? Es decir, hablando en datos de megavatios instalados, capacidad de generación o superficie solar, ¿disponen de cálculos que puedan revelar el alcance de esta normativa para los próximos años?**

Este año creemos que el sector fotovoltaico va a vivir un importante crecimiento, impulsado, por un lado, por el crecimiento del autoconsumo, que estimamos en 400 MW al año, y por otro, por la instalación de nuevos proyectos fotovoltaicos a gran escala, que están yendo directamente al mercado o que se están financiando a través de contratos de compra-venta de energía (PPAs). Además, los proyectos de 3.9 GW de fotovoltaica que salieron adjudicatarios de la última subasta se tendrán que conectar antes de finales de diciembre de 2019, por lo que este año veremos un importante aumento de potencia fotovoltaica instalada.

**¿Cómo se traducen esas previsiones en términos de facturación y de crecimiento del empleo dentro del sector fotovoltaico dedicado a las instalaciones de autoconsumo? ¿Y en términos de ahorro energético y de emisiones de CO<sub>2</sub>?**

En término de inversiones y empleo, no tenemos datos de previsiones de crecimiento de empleo a nivel nacional, aunque consideramos que será muy importante. Estamos elaborando el informe para este año en el que pretendemos incluir este tipo de información.

El dato que tenemos se refiere a la Comunidad Autónoma de Asturias, donde nuestra delegación ha elaborado un análisis llegando a la conclusión de que, para los próximos dos años, el desarrollo del autoconsumo supondría la creación de hasta 1.500 puestos de trabajo en el sector fotovoltaico, en empresas que fabrican componentes de las instalaciones solares y las que trabajan a lo largo de la cadena de valor de la materia prima, como acero o aluminio.

En término de ahorro de emisiones, estimamos que la instalación de alrededor de 400 MW de autoconsumo al año evitará la emisión de 4.000.000 de toneladas anuales de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

**Una vez que el Real Decreto ya ha sido aprobado, dando con ello respuesta a la Directiva de Energías Renovables, el autoconsumo se convierte en un factor clave para la transición energética de España. Desde el punto de vista de UNEF, qué medidas habría que adoptar a corto y/o medio plazo para garantizar el buen cumplimiento de la normativa y, por tanto, garantizar el cumplimiento de los objetivos climáticos?**

No cabe duda de que el desarrollo del autoconsumo contribuye a la consecución de los objetivos del Acuerdo de París. Es por esta razón que pedimos que, como mínimo, el 20% de la nueva potencia renovable instalada sea de autoconsumo.

No obstante, creemos que para conseguir los objetivos climáticos del Acuerdo de París es necesaria la coordinación de un proyecto en el país que contemple algunos elementos clave. Entre ellos, destaca la definición de una planificación y regulación adecuada de las redes, para evitar cuellos de botella no deseados que ralenticen la consecución de los objetivos planteados; la simplificación administrativa para la tramitación de los proyectos renovables; la definición de una normativa adecuada para la concesión de los puntos de conexión; y la planificación a medio y largo plazo de la convocatoria de subastas de energías renovables, para dar una señal de continuidad y estabilidad, con-

diciones necesarias para atraer inversiones industriales. Además, es fundamental reformar el sistema de tarifa, aumentando el peso del término variable, frente al fijo, para favorecer la eficiencia energética.

**Una de las reivindicaciones más reiteradas durante los últimos años por el sector fotovoltaico ha sido la necesidad de simplificar los trámites administrativos de las instalaciones de autoconsumo. ¿El nuevo RD cumple las expectativas del sector en este sentido?**

Sí, el RD de autoconsumo ha simplificado de forma considerable la tramitación administrativa, sobre todo para las siguientes categorías de instalaciones: de autoconsumo sin excedentes, independientemente de la potencia instalada, y para las instalaciones de autoconsumo con excedentes con potencia instalada inferior a 15 kW en suelo urbanizado; e instalaciones de autoconsumo con excedentes con potencia instalada inferior a 100 kW, que ahora cuentan con procedimientos administrativos abreviados.

**¿Qué medidas aconseja su asociación para garantizar el buen funcionamiento de las instalaciones, así como su eficiencia (correcto dimensionamiento, calendario de inspecciones técnicas, tareas de mantenimiento, etc.)?**

Para el correcto dimensionamiento de las instalaciones, es fundamental conocer, por un lado, el consumo eléctrico real, así como la situación geográfica de la insta-

lación, la cantidad de radiación (vatios por mt<sup>2</sup>), y la disponibilidad de superficie. Una vez se tengan esos factores, se puede elegir la modalidad de autoconsumo y considerar si la edificación tiene alguna condición especial de cara a la instalación de contadores.

Para todo el tema relacionado con las inspecciones, depende de las CCAA. En este sentido, la guía de tramitación del IDAE establece el esquema de tramitaciones que hay que realizar en función del tipo de instalación. Las instalaciones de autoconsumo fotovoltaico no necesitan tareas de mantenimiento especiales, solamente la limpieza de los módulos y el mantenimiento del sistema eléctrico.

**No cabe duda de que dichas tareas deben ser llevadas a cabo por profesionales de diferentes ramas, entre los que se halla el colectivo de ingenieros técnicos industriales y graduados en Ingeniería de la rama industrial. ¿Qué oportunidades se abren ante ellos con la actual normativa en el campo del autoconsumo fotovoltaico?**

Es necesario que se forme al personal, para tener un personal cualificado que realice las instalaciones de autoconsumo, y las empresas tienen que tener criterios de calidad. No es recomendable la instalación de kit de autoconsumo sin un personal cualificado que lo certifique y garantice su seguridad. En este sentido, es muy importante la labor de cada una de las diputaciones y CCAA para que realicen cursos de formación.

**Además de la barrera administrativa, los consumidores también deben superar las barreras económicas. ¿Qué medida propone UNEF para salvar el escollo financiero?**

La principal barrera para los consumidores que quieran instalar autoconsumo es la financiación de estos proyectos. Desde UNEF, estamos intentando trabajar con los bancos para dar a instaladores una herramienta de financiación. A continuación, os presentamos los datos sobre costes y tiempos de amortización de la inversión en función del tipo de instalación:

**PAY-BACK & TIR DE INSTALACIONES AUTOCONSUMO**

Tipo de Instal.	Año recuperación de la inversión	TIR a 30 años	Inversión	Potencia (KWp)
Doméstico	11	8,89%	5.613,28	2,40
Comercial	7	13,68%	14.275,74	10,00
Industrial	5	19,66%	80.950,00	50,00
Industrial 2	5	17,45%	1.090.189,91	1.500,00
Industrial 3	8	11,27%	1.575.581,50	1.500,00

# José Luis López de Silanes

Presidente del Grupo CLH

## “Nuestro principal reto de futuro es adaptarnos al proceso de transición energética”

**Mónica Ramírez**

El Grupo CLH es una compañía internacional líder en el transporte y almacenamiento de productos petrolíferos en Europa, y una de las principales de este sector en el mundo. José Luis López de Silanes (Haro, La Rioja, 1946) preside la compañía desde 2005. Desde su nombramiento como presidente de la compañía, ha impulsado el desarrollo del plan de inversiones más ambicioso de la historia del Grupo CLH y su expansión internacional, para consolidar el sistema logístico de la compañía como uno de los más eficientes, sostenibles y seguros a nivel mundial.

### ¿En qué momento se encuentra la expansión internacional que inició hace unos años la compañía CLH?

El Grupo CLH cuenta desde 2015 con una importante red de oleoductos y terminales de almacenamiento en Reino Unido donde ofrecemos una amplia gama de servicios logísticos de almacenamiento y transporte de diferentes productos petrolíferos, especialmente de combustible de aviación.

También estamos presentes en Irlanda, donde CLH Aviation Ireland inauguró recientemente dos nuevos tanques de almacenamiento y el primer tramo de la nueva red de hidrante del aeropuerto de Dublín, dentro del proyecto de remodelación que estamos llevando a cabo en este aeropuerto.

Además, durante 2018 iniciamos las operaciones comerciales en los principales aeropuertos de Panamá, después de haber resultado adjudicatarios del concurso internacional convocado por el Gobierno de este país, al que concurren otras prestigiosas compañías, y la adjudicación de otro aeropuerto adicional a finales del año pasado.

Asimismo, durante 2018 pusimos en servicio la totalidad de la nueva red logística que el Grupo CLH ha construido y opera en Omán, en colaboración con Orpic.



José Luis López de Silanes

### “Desde el sector de los hidrocarburos tenemos el reto de continuar colaborando en la lucha contra el cambio climático”

También tenemos previsto entrar en México, donde hemos firmado un acuerdo con la empresa mexicana HST para desarrollar un proyecto de construcción y operación de una nueva instalación de almacenamiento de productos petrolíferos, situada en la zona metropolitana del Valle de México.

Por tanto, podemos decir que nuestro plan de expansión internacional continúa avanzando de forma muy positiva, de manera que el 14% de los ingresos totales del Grupo CLH durante 2018 procedían ya de nuestros negocios internacionales.

### Y dentro de nuestras fronteras, ¿cuáles son los principales proyectos previstos?

En España nuestro principal objetivo es mantener la excelencia de nuestras operaciones, reforzando el foco en la satisfacción de las nuevas necesidades de los clientes y la prestación de nuevos servicios.

Para ello, durante 2018, invertimos cerca de 80 millones de euros, de los que 40 millones de euros se dedicaron a actuaciones en España, relacionadas con el crecimiento del negocio, la modernización de equipos y sistemas, así como la seguridad y el medio ambiente; y en 2019 tenemos previsto invertir cerca de 60 millones de euros más en España, para continuar trabajando en esta misma línea. Además, continuaremos avanzando en el despliegue de una estrategia digital para los próximos años.

### ¿Cuáles son los pilares fundamentales que ha de tener toda gran compañía?

Desde mi punto de vista, una empresa que quiera ser líder en su sector y mantenerse en primera línea debe contar con los mejores profesionales y basar su es-

trategia en la mejora continua, como es el caso de CLH que cuenta con un equipo de más de 1.700 personas con un elevado nivel profesional.

Para ello, en CLH tratamos de ofrecer un empleo de calidad, con el fin de poder contar en todo momento con los mejores profesionales y seguimos un modelo que persigue la eficiencia, la calidad, la seguridad y la sostenibilidad, cuatro pilares imprescindibles en cualquier organización que quiera ser un referente en su campo.

### ¿Cómo divisa el futuro del sector dentro de diez o quince años?

El sector de la energía se encuentra ante un importante proceso de transformación, con el objetivo de afrontar el triple reto que supone conciliar la seguridad de suministro, con la sostenibilidad y la competitividad.

Dentro de este proceso, un aspecto en el que coinciden la mayoría de los expertos es que el petróleo y los productos petrolíferos van a continuar desempeñando un papel muy relevante, si bien su evolución será muy dispar en las diferentes regiones del mundo.

Mientras que en países desarrollados como el nuestro es posible que la demanda alcance antes su punto culminante, en los países en desarrollo el crecimiento de la demanda continúa, y ellos son los responsables de todo el incremento de la demanda previsto hasta 2040.

En este contexto, nadie es capaz de anticipar la tecnología que habrá dentro de 10 o 15 años, por lo que el proceso de transición energética debería realizarse de manera que se tengan en cuenta a todas las fuentes de energía disponibles, y se respete la neutralidad tecnológica para que sea lo más eficiente posible.

Al mismo tiempo, las empresas que operamos en el sector de la energía deberemos ser capaces de seguir adaptándonos para continuar siendo sostenibles también en un futuro, en el que una parte de los productos petrolíferos que actualmente almacenamos y transportamos puedan reducir su participación en nuestro panorama energético.

En este sentido, desde el sector de los hidrocarburos tenemos el reto de continuar colaborando en la reducción de emisiones y en la lucha contra el cambio climático, ya que el petróleo y los productos petrolíferos continuarán desempeñando un papel fundamental, particularmente en el sector petroquímico y

en el del transporte pesado, incluyendo el marítimo, donde aún no pueden ser sustituido por otras energías.

### La seguridad de las instalaciones es una de las principales preocupaciones. ¿Cómo es el modelo de CLH en este sentido?

Efectivamente. En CLH consideramos que la seguridad debe ser nuestra principal prioridad y por ello contamos con diferentes sistemas y planes de acción para gestionar la integridad de nuestras instalaciones y la seguridad de las personas, además de planes de autoprotección que nos permiten identificar posibles situaciones de riesgo, y en caso de que se materialicen establecen cómo actuar, de acuerdo con los medios humanos y materiales disponibles.

Además, aunque actualmente estamos en unos niveles de accidentabilidad comparables con las mejores empresas de nuestro sector, recientemente hemos puesto en marcha un nuevo programa para fomentar la prevención, con el objetivo de eliminar completamente los accidentes de una manera sostenible.

### “El año pasado pusimos en marcha un nuevo plan de mejora ambiental que incluye iniciativas para reducir 500 toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub>”

### ¿Y en lo que respecta a la sostenibilidad y la preservación del medio ambiente?

Uno de nuestros principales compromisos es realizar todas nuestras actividades minimizando su impacto ambiental y optimizando el uso de recursos, tal como se establece en los principios recogidos en nuestra política medioambiental.

Para lograr este objetivo contamos con un sistema de gestión ambiental que nos permite garantizar la aplicación de unos criterios muy estrictos en todas nuestras actividades, y realizamos importantes inversiones cada año destinadas a reforzar la sostenibilidad de nuestras operaciones.

Además, durante el año pasado pusimos en marcha un nuevo plan de mejora ambiental que incluye una docena de iniciativas en las que estamos trabajan-

do actualmente, y que permitirán reducir en conjunto cerca de 500 toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> y minimizar también el consumo de agua. Asimismo, estamos evaluando distintas opciones para reducir nuestro impacto medioambiental, cubriendo el 100% de nuestras necesidades energéticas con energía de origen renovable, bien mediante autogeneración o a través de contratos de suministro ligados a plantas de generación renovable.

### Desde que inició su carrera profesional como ingeniero en 1971, en la antigua CAMPSA, prácticamente toda su vida profesional se ha desarrollado en el sector energético. ¿Cómo ha vivido la transformación de dicho sector? ¿Qué piensa de la situación actual?

Efectivamente, el inicio de mi carrera profesional fue en la antigua CAMPSA, que en aquel momento era un monopolio y presentaba por tanto algunas ineficiencias. Sin embargo, ya durante esa primera etapa profesional tuve la oportunidad de desempeñar diversos puestos de responsabilidad, y de participar en la modernización y transformación de la compañía para adaptarnos al nuevo entorno de competencia que surgió tras la entrada de España en el Mercado Común, y poner los pilares de la actual CLH.

Posteriormente, se me encomendó la creación y dirección de la Central de Ingeniería del Grupo Repsol, y también allí tuve la oportunidad de participar en diversos proyectos de gran calado. Después me incorporé a Gas Natural, primero como Director General de Aprovisionamiento y Transporte, y Director General de Enagás, y desde julio de 1999, como Consejero Delegado de la compañía, donde colaboré en la transformación de la compañía en un gran grupo energético y de servicios, de ámbito multinacional, en pleno proceso de liberalización del sector energético.

Finalmente, en abril de 2005 volví a CLH, que fue donde inicié mi carrera profesional, y que tiene por delante un nuevo reto, que es adaptarnos a un nuevo entorno caracterizado por el proceso de transición energética y la digitalización de la economía.

Como conclusión, yo diría que las empresas españolas que forman parte de nuestro sector energético han vivido una transformación sin precedentes, y han sido capaces de adaptarse con éxito y alcanzar un nivel de calidad y servicio

comparable al de las mejores empresas del mundo.

**Como ingeniero, ¿qué valores añadidos piensa que aportan los ingenieros de la rama industrial a las empresas? ¿Cómo ve la profesión de ingeniero en la actualidad?**

Aunque es indudable que la calidad de vida alcanzada hoy en nuestro país se debe, sin duda, a una labor colectiva de la sociedad en su conjunto, creo que el papel que hemos desarrollado los ingenieros industriales ha sido muy relevante. Hemos desarrollado desde los orígenes de nuestra profesión una labor muy importante en áreas tan diversas como la provisión de agua, la generación y distribución de electricidad y gas, refinado y almacenamiento y transporte de productos petrolíferos, el transporte público y privado y telecomunicaciones, o la fabricación de múltiples productos. Pero también en otras áreas aparentemente alejadas de nuestra profesión.

Sin desmerecer a otras profesiones igualmente valiosas e importantes, considero que algunos de los valores que aportamos los ingenieros tienen que ver con aquellos que nos inculcaban en las escuelas de industriales, relacionadas con el trabajo, el esfuerzo y el mérito, así como nuestra capacidad de adaptación, gracias a la amplia formación que se adquiere en la escuela.

En la actualidad la profesión de ingeniero, sigue siendo muy relevante en todos los sectores de la economía, si bien el perfil que demandan actualmente las empresas requiere que además de una sólida formación técnica se cuente también con otras competencias, como el conocimiento de idiomas, especialmente el inglés, o la disponibilidad para viajar y la capacidad de liderar equipos, pero sobre todo la flexibilidad y la capacidad para seguir aprendiendo a lo largo de toda la vida profesional para adaptarse a la rapidez con que se están produciendo los cambios tecnológicos.

**El pasado año fue distinguido con la Encomienda de la Orden del Mérito Civil, concedida por el Ministro de Asuntos Exteriores y de Cooperación, a propuesta de la Delegación del Gobierno de La Rioja, ¿cómo recuerda ese momento?**

Lo recuerdo con emoción y una enorme gratitud, ya que este reconocimiento tiene un valor muy especial para mí, porque

a lo largo de toda mi carrera profesional siempre he intentado continuar vinculado a La Rioja y colaborar, en la medida de lo posible, a su desarrollo económico y social. Por eso, me siento especialmente agradecido de que hayan sido mis propios "paisanos", representados en esta ocasión por la Delegación del Gobierno, los que me han considerado merecedor de esta prestigiosa distinción, que concede el Ministerio de Asuntos Exteriores, al que también estoy profundamente agradecido.

**En mayo, ha recibido otra distinción, muy especial para nuestro colectivo, la de Colegiado de Honor, por parte del Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de La Rioja. ¿Qué supone esta distinción para usted?**

También me produce una gran emoción. Aún mayor, si cabe, que en otros reconocimientos que haya podido recibir, porque en este caso procede no solo de mis "paisanos", sino también de mis "colegas de profesión", lo que tiene aún más valor y me hace ser muy consciente la gran responsabilidad que va a suponer para mí llevar a partir de ahora este título de "Colegiado de Honor"

Por ello, quiero aprovechar para transmitir desde aquí mi agradecimiento a Jesús Vellilla, y a todos los miembros del Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de la Rioja que me han considerado merecedor de este importante reconocimiento.

**Además de presidente del Grupo CLH, también es presidente del Consejo Social de la Universidad de La Rioja, ¿cuáles son las principales actuaciones que lleva a cabo dicho Consejo?**

El Consejo Social se creó en 1997 con el objetivo de promover una mayor colaboración entre la universidad y desde el año 2000 he tenido el honor de ser su presidente. A lo largo de estas dos décadas largas ha desempeñado una importante actividad para que la universidad esté cada vez más integrada en el tejido económico y productivo de la comunidad.

Un ejemplo de estas acciones fue la implantación del sistema de Complementos Retributivos al Personal Docente e Investigador de la Universidad de La Rioja, así como la creación de los premios del Consejo Social, de los que este año 2019 se celebrará su duodécima edición.

**En numerosas ocasiones se habla de que es necesario mejorar la colaboración entre las universidades y las empresas, para adaptarse a las necesidades del mercado laboral, ¿qué se podría hacer para lograr este objetivo?**

La universidad debe buscar fomentar su relación estratégica con la empresa para responder de forma óptima a las demandas del mercado, y aprovechar el conocimiento científico y tecnológico que genera a través de distintas fórmulas de colaboración con las empresas.

Por otra parte, no hay que olvidar que la universidad también puede ser el origen de empresas que a su vez son generadoras de I+D+i, a través de distintos medios como los parques científicos y centros de investigación, como es el caso de Silicon Valley, que inició su andadura a partir de la creación del Parque Industrial de Standford en los años 50, y que es una dimensión que también debemos fomentar en nuestro país.

**Como presidente de CLH, ¿cuáles son sus objetivos más inmediatos?**

Nuestro principal objetivo es seguir haciendo crecer la compañía de una manera sostenible y afrontar con éxito el proceso de transición energética y la digitalización de la economía, que podrían afectar a nuestro modelo de negocio y al de nuestros clientes.

Para ello, actualmente estamos desarrollando el Plan Estratégico que aprobamos en 2017, con el fin de garantizar la sostenibilidad de la compañía a largo plazo a través de los principales ejes que nos hemos marcado: trabajar de una manera más eficiente y mejor; mantener la excelencia de las operaciones, reforzando el foco en la satisfacción de las nuevas necesidades de nuestros clientes; desarrollar nuevos servicios; y continuar impulsando nuestra expansión internacional.

Además, estamos empezando a estudiar otras posibles áreas de negocio en el ámbito de las infraestructuras, donde podamos aportar nuestra experiencia, y seguimos avanzando también en el desarrollo de nuevos proyectos de automatización y digitalización, con el objetivo de utilizar las nuevas tecnologías como una palanca para impulsar nuestro proceso de transformación y como fuente de nuevas oportunidades de negocio, ante los nuevos retos que deberá afrontar el sector energético durante las dos próximas décadas.

Tribuna

# Ingenieras

Ana M<sup>a</sup> Jáuregui Ramírez

Ciencia, tecnología, innovación, términos que se conjugan en femenino. La mujer construye el futuro desde siempre, desde que no había más futuro que el del día siguiente, impuesto por las leyes de la naturaleza.

En la memoria colectiva tenemos mujeres que emprendieron la aventura de imaginar un futuro de prosperidad: Marie Curie, Amelia Earhart, Hypatia de Alejandría..., se trata de ciencia en femenino.

Hoy día sumar las palabras "Ingeniera" y "Mujer" no es una excepción, nos encontramos en un momento de cambios, venciendo barreras que hace mucho que debían estar superadas: "techo de cristal", "igualdad laboral". Me refiero a los roles sociales que conllevan las profesiones en general y la ingeniería en particular. Estamos en un momento donde la mujer está más presente que nunca en nuestra sociedad, pero aunque el número de mujeres ingenieras está aumentado, su evolución sigue siendo a cámara lenta. Somos más sí, pero aún no somos las suficientes.

Esta situación no es exclusiva de nuestra profesión, afecta de lleno a las carreras científicas y, con especial ímpetu, a las tecnológicas. Las chicas suponen algo más de la mitad (54%) de los universitarios españoles, pero solo son el 25% de los estudiantes de los grados de Ingeniería y Arquitectura, y un 12% en el caso de la Informática. Y es que según datos del Instituto de la Mujer, solo 3 de cada 10 investigadores de nuestro país son mujeres. Podemos llevarnos las manos a la cabeza al ver estas cifras pero debemos tener en cuenta que nos situamos por encima de la media internacional. Es evidente que a nuestro género aún le quedan retos importantes por cumplir.

Mi pregunta, y supongo que la de todo el mundo es ¿por qué?

Una posible respuesta es que a las mujeres no les guste la ciencia, así de sencillo; pero esta teoría se desmonta si entramos en cualquier aula de 1º de ESO. Yo he podido comprobar cómo estudiantes de ambos géneros se quedan embobados ante la explicación del funcio-

namiento de una impresora 3D. Los profesores de tecnología lo corroboran. Todos, niños y niñas, tienen el mismo interés en la asignatura, la diferencia llega cuando deben elegir la modalidad de bachillerato.

Hace unos meses en el Colegio Oficial de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Sevilla realizamos un video en el que le preguntábamos directamente a los estudiantes de entre 13 y 18 años por qué las mujeres no se interesan por la Ingeniería. La mayoría de ellos, tras reflexionar un rato, aseguraban que era porque lo podían ver como una "profesión de hombres". Aquí radica uno de los grandes problemas que debemos afrontar los ingenieros de hoy, debemos desmentir los roles que acompañan a nuestra profesión para hacerla más plural y accesible. La base para conseguirlo está en la formación desde edades tempranas, pero también el cambio de pautas y pensamientos sociales establecidos. Para ello es necesario que las mujeres ingenieras seamos más visibles y accesibles, que consigamos tener mayor peso en nuestra profesión y logremos convertirnos en referente.

Pero volviendo a nuestro video, otra de las respuestas que llamó mi atención fue la de un chico de unos 14 años que aseguraba que "a las mujeres les gusta más tratar con seres que con objetos". Así de claro. Es cierto que en la rama científica las profesiones vinculadas a la salud sí han logrado conquistar al género femenino. Ya es habitual tratar con una médica, una fisioterapeuta, una bióloga o una veterinaria, por no hablar de farmacéuticas o enfermeras, pero sigue siendo extraño encontrarse a una ingeniera. No podemos tirar balones fuera y decir sin más que a las mujeres no les gusta nuestra profesión porque su formación es exigente y compleja, no lo es más que muchas otras.

A todo esto, hicimos a los alumnos entrevistados una segunda pregunta: ¿Qué hace un ingeniero? La mayoría de los estudiantes, tras agachar la cabeza, confesaba con voz baja que no tenía ni idea. Y creo que aquí está la clave de todo.

Tenemos la suerte de ejercer la profes-

sión más bonita del mundo, pero no sabemos comunicárselo al resto del planeta. El desconocimiento de nuestra labor hace que la opinión que los estudiantes tienen sobre nosotros esté anticuada y anquilosada en el pasado, en una época en la que las mujeres no pisaban las Escuelas Politécnicas. Si conseguimos transmitir a los alumnos de primaria que en nuestro día a día desarrollamos soluciones ingeniosas a los problemas que tiene cualquier persona, si les hacemos "jugar" con un robot, si les damos la oportunidad de crear objetos con una impresora 3D o si le explicamos cómo funciona un coche eléctrico, no solo estaremos despertando vocaciones, también estaremos dando a conocer cómo es nuestro trabajo y la importancia que tiene en el desarrollo de la sociedad.

Vivimos momentos de cambios tecnológicos y de digitalización de procesos muy importantes, tanto que van a cambiar muchas, de las profesiones futuras.

Según estudios recientes, se prevé que para 2020 se dupliquen los empleos tecnológicos con respecto al resto de profesiones, donde habrá profesiones que tienden a desaparecer, o incluso habrán desaparecido por la transformación digital.

La ingeniería no será una de ellas, os lo aseguro. La Sociedad necesita conocimiento y nuevos talentos, y desde el papel de la mujer ingeniera se puede fomentar la igualdad. Porque, por cierto... "ingeniería" también es femenino.

Quizás así, haciendo nuestra profesión cercana y accesible, consigamos que las mujeres conquistemos, de una vez por todas, la ingeniería.

**Ana M<sup>a</sup> Jáuregui Ramírez** es ingeniera técnica industrial (especialidad en Electricidad, Sec. Reg. y Automatismos). Máster oficial en Tecnología Ambiental, grado en Ingeniería en Electrónica y Automática Industrial. Máster en Prevención de Riesgos Laborales y postgrado en Auditorías de Prevención. Postgrado en Medición de la Contaminación Acústica. Actualmente, desde el año 2007, trabaja como técnica inspectora medioambiental en el Ayuntamiento de Sevilla. Vicepresidenta de Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) y decana del Colegio de Graduados, Ingenieros Técnicos Industriales y Peritos Industriales de Sevilla (COGITISE).



# Estado del arte de modelos y metodologías de indicadores utilizados para evaluar la sostenibilidad energética de las naciones

*State of the art models and methodologies of indicators used to assess the energy sustainability of nations*

Alberto Martínez<sup>1</sup>, Sergio Valero<sup>2</sup>, Carolina Senabre

## Resumen

Los responsables políticos, empresarios y legisladores, así como otros agentes del sector energético necesitan fuentes de información fiables, certeras y ágiles que les permitan tomar decisiones en el corto y medio plazo en una materia tan dinámica como es el sector de la energía; por tanto, el tratamiento de la información, así como su puesta a disposición de los agentes, garantizando la inviolabilidad de la identidad de los usuarios, que les permita definir estrategias empresariales, políticas de crecimiento y regulaciones adecuadas, debe ser enfocada a las necesidades reales de información en el sector. Pero, ¿qué variables son las más proporcionadas?, ¿cuál es la definición más cercana al concepto de sostenibilidad energética que podemos utilizar para definir esas variables? No es tarea sencilla debido a la cantidad de interconexiones del sector energético con otras áreas: políticas, sociales, medioambientales y económicas

## Palabras clave

Energía, indicadores, electricidad, productividad, eficiencia, sostenibilidad, modelo, comportamiento.

## Abstract

*Policy makers, businessmen and legislators, as well as other agents in the energy sector, need reliable, accurate and agile sources of information that allow them to make decisions in the short and medium term in such a dynamic area as the energy sector, both, the treatment of the information as well as its availability to the agents, guaranteeing the inviolability of the identity of the users, which allows them to define business strategies, growth policies and adequate regulations, must be focused on the real information needs in the sector. But, what variables are the most proportional? What is the definition closest to the concept of energy sustainability that we can use to define these variables? It is not an easy task due to the interconnections of the energy sector with other areas: political, social, environmental and economic.*

## Keywords

*Energy, indicator, electricity, productivity, efficiency, sustainable, model, behaviour.*

Recibido / received: 10/04/2019. Aceptado / accepted: 28/05/2019.

Departamento de Ingeniería Mecánica y Energía. E.P.S., Universidad Miguel Hernandez. Elche, 03202 Alicante (Spain).

<sup>2</sup> Sergio Valero. E-mail: svalero@umh.es

<sup>1</sup> Autor para correspondencia: Alberto Martínez. E-mail: alberto.martinez@coitilicante.es



La sostenibilidad hídrica está fuertemente vinculada a los tres pilares del desarrollo sostenible (sociedad, naturaleza y economía) Foto: Shutterstock.

## 1. Introducción al desarrollo sostenible: paradigmas fuerte y débil

Pero antes de abordar el concepto de sostenibilidad energética, se debe fijar la definición de economía sostenible o desarrollo sostenible. Son múltiples los significados y la bibliografía y autores que describen la gran cantidad de matices que adquiere la definición (Pezzey, 1997), (Neumayer, 2003) o (Ciegis, 2009) aunque fue un término utilizado por primera vez en el Informe Brundtland<sup>1</sup>, presentado en la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas en 1987 (The World Commission on Environment and Development, 1987) y cuya definición conceptual se establece en “satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las futuras para atender sus propias necesidades”.

Es ampliamente reconocido que el desarrollo sostenible consta de tres dimensiones íntimamente relacionadas: medioambiente, economía y sociedad (Munasinghe, 1992) y (Ghosh, 2008), donde cualquier variación en una de ellas afecta de manera significativa a las otras dos (Lior, 2010) y, además, se encuentran estrechamente interre-

lacionadas. Por tanto, una de las premisas fundamentales del desarrollo sostenible como veremos más adelante, será desvincular esa dependencia, y por consiguiente que la variación en una de las dimensiones no influya en el desarrollo y la evolución de las adyacentes.

Para la explicación idónea de estas tres dimensiones se utiliza el diagrama de Venn<sup>2</sup>, en la que mediante representación gráfica permite obtener de manera lógica algunos razonamientos.

Pero el problema se complica de manera contundente incorporando el subsistema energético y las concepciones y definiciones tradicionalistas del concepto de desarrollo sostenible, operativamente recogidas en (Romero, 2014), donde el rol del capital natural es el principal problema a resolver, según la conceptualización operativa del desarrollo sostenible basada en capitales por Neumayer<sup>3</sup>, que propone proteger los distintos tipos de capitales (monetario, humano, social y natural), que son el medio para satisfacer todas las necesidades humanas. Por tanto, el capital natural será la fuente de las dos principales corrientes de pensamiento: el paradigma fuerte de la sostenibilidad, que propone el capital natural

como límite al crecimiento; y el paradigma débil de la sostenibilidad, que propone permeabilidad entre los diferentes capitales, incluso el natural.

Una representación del desarrollo sostenible utilizando el paradigma fuerte, se muestra en la parte izquierda de la Figura 1, en la que se reconocen los límites infranqueables de la naturaleza que impide un desarrollo de la sociedad y su actividad económica y social en función de esos límites. Este paradigma, como se verá más adelante, no permite desarrollar la conceptualización planteada en este artículo.

La representación que tiene en cuenta el paradigma débil del desarrollo sostenible, servirá más adecuadamente para el desarrollo de la teoría explicada en este documento, ya que permite un crecimiento independiente de las dimensiones, sin que el capital natural suponga un límite. Su representación gráfica se muestra en la parte derecha de la Figura 1. Por tanto, en el desarrollo de la teoría, se referirá siempre a partir de este momento al paradigma débil del desarrollo sostenible.

La sociedad, que representa la equidad social, el estado del bienestar, la demanda de energía, los hábitos y las

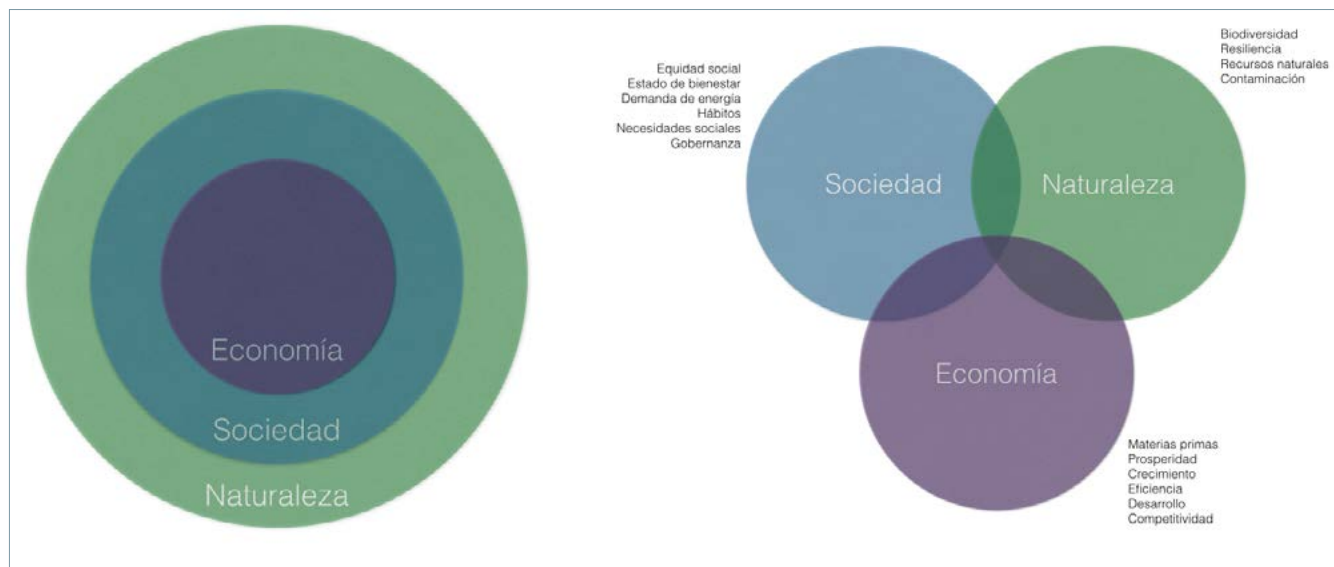


Figura 1. Dimensiones del desarrollo sostenible según el paradigma de sostenibilidad fuerte/débil. Elaboración propia

necesidades sociales, el gobierno y la regulación, y en definitiva todas las acciones encaminadas a reducir las desigualdades entre los pueblos; la naturaleza, donde se engloban las emisiones contaminantes, los residuos, la degradación del medioambiente, la resiliencia<sup>4</sup>, la biodiversidad, los recursos naturales, y todo aquello que hará peligrar el equilibrio ambiental para las generaciones futuras; y por último la economía: la producción de materias primas, la prosperidad, el crecimiento, la eficiencia y optimización de procesos, la estabilidad, el desarrollo económico que permitirá satisfacer las necesidades de la población. Son las tres dimensiones del desarrollo sostenible. Las intersecciones que se representan en el diagrama de Venn definen las áreas que contienen variables en común a dos, o incluso a las tres dimensiones del desarrollo sostenible.

Desde un punto de vista economista, haciendo uso de los avances en la tecnología y aplicando el concepto de eficiencia mediante unas políticas de gobiernos e instituciones que favorezcan su implementación, se podría conseguir una disociación de las dimensiones del desarrollo sostenible. Es decir, se logra reducir el impacto negativo sobre el conjunto, de cualquier variación en una de ellas, lo que impulsa de forma exponencial las posibilidades del desarrollo humano.

Se puede ilustrar el problema de la disociación entre las tres dimensiones mediante un ejemplo: con carácter

general, al aumento de la producción industrial (economía), utilizando un mismo nivel de tecnología y recursos, implica un aumento de las emisiones contaminantes y residuos (naturaleza). En cambio, si incorporamos una nueva tecnología que permita producir más con menos recursos y además logramos reducir las emisiones contaminantes, así como los residuos, generados durante el proceso, o incluso esa tecnología permite la recuperación y reciclado de dichos residuos, lograremos una disociación entre las dos dimensiones: economía y naturaleza; es decir, el aumento de producción para satisfacer las necesidades sociales no producirá un aumento de la degradación medioambiental: estamos obteniendo un resultado sostenible.

En el ámbito edificatorio, por ejemplo, el consumo de electricidad por parte del usuario doméstico (sociedad) implica un consumo de energía primaria necesaria para generar esa electricidad (carbón, nuclear, renovables,...), lo que produce unas emisiones contaminantes (naturaleza) que serán mayores cuanto más electricidad se demande. Por tanto, si se aplican unas políticas que impulsen medidas de ahorro y eficiencia energética en la construcción de edificios, así como si se utilizan tecnologías modernas y respetuosas con el medio ambiente en los procesos de generación de electricidad, y por último, se logra, a través de políticas de concienciación ciudadana, un cambio de hábitos en el consumo de energía

por parte de los usuarios, lograremos finalmente reducir el consumo de energía y por tanto la disociación entre los ámbitos naturaleza y sociedad.

Se podrían definir también los diferentes modelos socio-políticos de la humanidad que explicaran su nivel de compromiso con el desarrollo sostenible en función del tamaño relativo de las tres dimensiones. Así, tendríamos un modelo puramente capitalista si la dimensión de la *Economía* adquiere más relevancia que el ámbito medioambiental o social, cuyo contrapunto vendría dado con una dimensión de la *Naturaleza* elevado, mediante un modelo en el cual un pensamiento ecologista trascendería a lo social y al crecimiento económico. Por último, podría explicarse también un modelo en el que la dimensión *Social* adquiriese mayor relevancia, y la competitividad considerada aisladamente dejara paso a la competitividad desde la cooperación.

Por tanto, se debe definir un modelo teniendo en cuenta las denominadas fuerzas transversales y todos aquellos subsistemas que de manera agregada impulsan el desarrollo sostenible. El problema es complejo para abordarlo de manera global, pero es determinante para poder definir posteriormente un modelo de indicadores que permita evaluar hacia la dirección en la que dirigirse y establecer las políticas adecuadas, análisis realizado en este trabajo.

Por último, es importante destacar los conceptos de sostenibilidad global

y local (Naredo, 1996) cuando se establece el ámbito de estudio, ya que los planteamientos de las fuerzas transversales serán diferentes tomando la escala global de la Tierra o considerando una escala de referencia más local para procesos, decisiones o subsistemas más reducidos y limitados en el espacio y en el tiempo. Este razonamiento será tenido en cuenta para definir las tres premisas de la sostenibilidad energética.

En resumen, las políticas institucionales y las regulaciones (Vera, 2005), así como la ciencia y la tecnología (Robles, 2011) las consideraremos como fuerzas transversales a las tres dimensiones del desarrollo sostenible, que deberán ayudar a crear una disociación entre ellas.

## 2. Las fuerzas transversales: tecnología y política

Las investigaciones en sostenibilidad de (Mayer, 2008) nos permiten afirmar que dado un sistema con determinadas dimensiones, como regla general, será sostenible si son sostenibles todas y cada una de las dimensiones del mismo.

El conocimiento científico y, en definitiva, su aplicación práctica a través de la tecnología y la innovación puede convertirse en una herramienta valiosa para la humanidad siendo ésta la que lo impulsa y lo gestiona. Pero las marcadas desigualdades sociales, económicas y culturales entre las distintas naciones convierte en complejo cualquier análisis aplicando la tecnología como concepto global (Fernandez-Baldor, 2012), por lo que deberemos hablar del término “tecnología apropiada”, popularizado por Schumacher<sup>5</sup> cuando la referencia del estudio se establezca en según qué naciones.

La tecnología apropiada, por tanto, como fuerza transversal que puede ser fuente de disociación de las dimensiones del desarrollo sostenible, nos introduce en un nuevo paradigma. Un sistema tecnológico, es decir, un conjunto de tecnologías y sus implicaciones sociales, económicas y medioambientales, puede caracterizarse a través de su interacción con la sociedad, la naturaleza y la economía como el fundamento de toda prosperidad y evolución de la humanidad. Para entender la tecnología como una fuerza transversal a las tres dimensiones, debe obviarse el

debate sobre si condenar o ensalzar el desarrollo y utilización de la ciencia y la tecnología, ya que puede ser motivo de daño masivo al medioambiente, o de desarrollo y prosperidad para las civilizaciones pero, en sí misma, debemos entenderla como objetiva y neutral: no deben existir intereses o factores subjetivos en sus contenidos, y sus efectos y consecuencias dependen del uso que la humanidad haga de ella.

La trayectoria de un sistema sostenible, y su posición relativa con respecto a los límites multidimensionales a los que se somete según su escala temporal y espacial (Mayer, 2008), puede verse afectada también por las catástrofes como circunstancia inesperada y no previsible. Dado que la naturaleza imprevisible de las catástrofes cualquiera que sea su origen, no la podemos gestionar, descartaremos esa fuerza transversal en el análisis, aunque siempre estará presente el riesgo.

Es adecuado pensar entonces que el establecimiento de límites al desarrollo sostenible -y por tanto límites a sus tres dimensiones-, sólo pueden permanecer inmutables si la dimensión tiempo y espacio permanecieran invariables. Desde el momento que el sistema evoluciona en la dimensión espacio-tiempo es lógico pensar que se establecerán nuevos límites. Podría ser igualmente lógico que una gestión adecuada de la tecnología por parte de la humanidad, al igual que logra una disociación de las dimensiones del desarrollo sostenible, permita una sostenibilidad energética más allá de las limitaciones de la naturaleza. Esta reflexión daría una nueva visión del pensamiento establecido sobre la creación de límites al crecimiento, (Meadows, 1972).

Para finalizar, añadir que la política como fuerza transversal, que conlleva la gestión de la gobernanza de las naciones, la cooperación entre gobiernos para unificar las políticas energéticas y medioambientales, los acuerdos establecidos en las cumbres sobre energía y clima, los planes estratégicos sobre energía, las capacidades en obtener y analizar indicadores para la toma de decisiones, la adecuación de las inversiones en capacidad, educación, investigación o desarrollo; incidirá de manera contundente sobre las dimensiones social, económica y medioambiental del desarrollo sostenible (Vera,

2005), y es, por tanto, la gestión política y la gobernanza un aspecto destacable y muy relevante que debe trascender de las tres dimensiones, y asumir un protagonismo destacado en el modelo.

## 3. Subsistemas en el desarrollo sostenible. Contextualización de la sostenibilidad energética en las tres dimensiones del desarrollo sostenible.

Antes de abordar la conceptualización de la sostenibilidad energética, se debe realizar una reflexión entorno a la idoneidad de ésta como único subsistema para impulsar el desarrollo sostenible, ya que es necesario reconocer la existencia de otros subsistemas que son fuente de sostenibilidad parcial (Naredo, 1996) y que es necesario gestionar de forma eficiente para un desarrollo sostenible y, en definitiva, para una disociación completa de las tres dimensiones.

Es ampliamente reconocido que existen factores como el crecimiento poblacional y las migraciones demográficas, que inciden de manera notable en la demanda de alimentos y, por tanto, producen un importante impacto sobre los recursos hídricos, que a su vez tendrán una influencia notable sobre la producción y el crecimiento económico, la salud y la sociedad, lo que devendrá en definitiva a la afectación del medioambiente y promoverá con mayor o menor intensidad el cambio climático. En anteriores civilizaciones la gestión del agua ha sido un asunto prioritario para el desarrollo económico y social, asunto que actualmente también significa un importante problema en muchas regiones. Todo ello nos lleva a la obligación de realizar una gestión sostenible del agua y los recursos hídricos, elemento que adquiere una importante relevancia en el desarrollo sostenible, y que debe constituir un subsistema adicional en la contextualización de la sostenibilidad energética, aunque no será objeto de análisis en este trabajo.

Siguiendo la argumentación anterior, también los cambios demográficos, el éxodo rural, así como la urbanización y tercerización de las ciudades, además de la externalidades que se producen en el desarrollo territorial y urbanístico, constituyen un subsistema gestionable. Según proyecciones

de Naciones Unidas, el 54% de la población mundial actual reside en áreas urbanas y se prevé que para 2050 llegará al 66% (United Nations, 2014), por tanto, la gestión territorial y urbanística también debe concebirse como un subsistema del desarrollo sostenible.

Por último, destacar el medio atmosférico como el último subsistema contextualizado en el modelo, ya que incide de manera notable en el desarrollo humano, la economía y por tanto en la sociedad, y que la actividad de estos produce una contaminación que incide de manera notable sobre el medioambiente.

Por tanto, los cuatro subsistemas anteriores: la gestión de la energía, del territorio, la calidad del aire y la gestión de los recursos hídricos, crean, junto a las tres dimensiones del desarrollo sostenible, un modelo interrelacionado y en el que sólo será posible el desarrollo sostenible si todos y cada uno de los subsistemas son sostenibles (Figura 2).

Podría entenderse que estos subsistemas forman parte de la dimensión de la naturaleza, ya que el medio atmosférico, la energía, el agua y el territorio, se vinculan indiscutiblemente al medioambiente, pero la forma en que la sociedad y la economía se desarrollan estrechamente con estos subsistemas, así como interfiere la evolución de la humanidad en ellas, es necesario, a juicio del autor, desvincularlo por completo del capital natural y por ende, de los otras dimensiones. Además, la influencia tan notable de la política institucional, por un lado, y de la tecnología, por otro, sobre esos subsistemas hacen necesario estudiar separadamente esos cuatro subsistemas.

Es necesario añadir que las tres dimensiones están íntimamente relacionadas con el resto de subsistemas y que en algunas ocasiones habrá variables que se puedan considerar compartidas por aquellos.

Según los estudios de (Romero, 2014), basándose en la propuesta de capitales de (Neumayer, 2003), plantea que el modelo energético sostenible hacia el que enfocar los indicadores será aquel que cumpla tres condiciones fundamentales de sostenibilidad:

1. Un modelo que posibilite un nivel de bienestar no decreciente, incluyendo los cuatro tipos de capitales: económico, natural, social y humano.

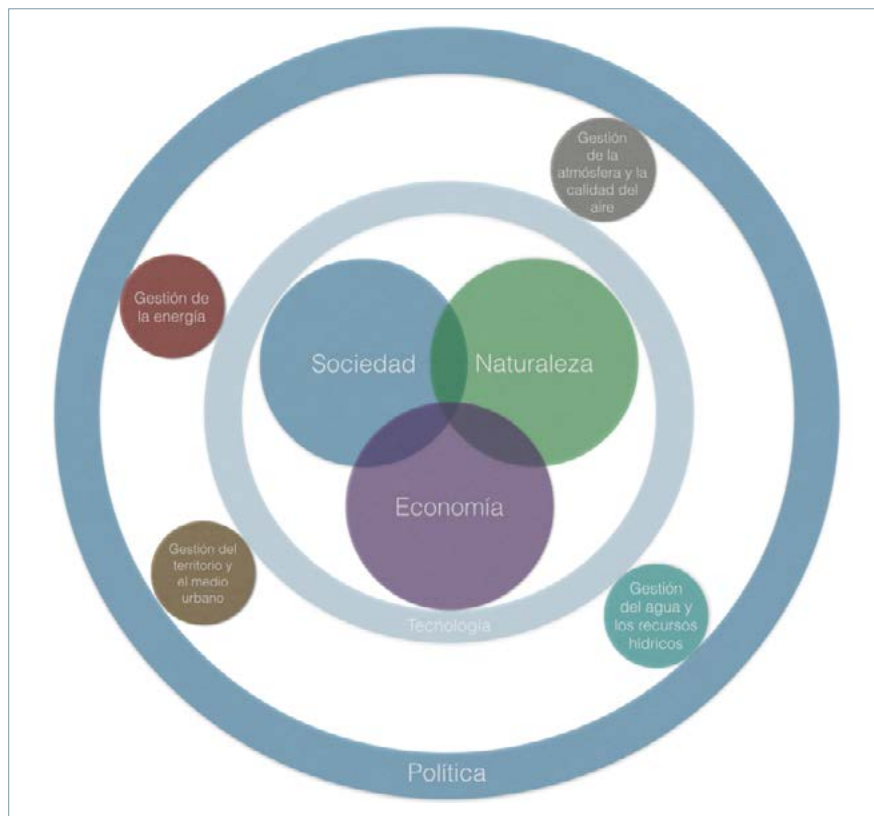


Figura 2. Contextualización de la sostenibilidad energética. Elaboración propia

2. Un modelo que garantice la equidad social entre generaciones.
3. Un modelo que en definitiva respete los límites resilientes del medio.

Pero entendiendo la sostenibilidad energética como un subsistema del desarrollo sostenible, debe localizarse en una capa diferente, adyacente a la capa donde aparecen fuerzas transversales que inciden en la disociación de las dimensiones que determinarán un desarrollo sostenible de la humanidad y que son: la evolución tecnológica y científica por un lado y las políticas regulatorias y gobernanza de las instituciones por otro, tal y como se muestra en la Figura 2.

La evolución tecnológica y científica podría entenderse dentro de la dimensión social del desarrollo sostenible, pero debe adquirir un emplazamiento diferenciado en el análisis como fuerza transversal, precisándose hacia la capa inmediatamente exterior del desarrollo sostenible, donde a partir de esa capa se explican también los cuatro subsistemas: la sostenibilidad energética, la sostenibilidad territorial y urbanística, la sostenibilidad de los recursos hídricos o la sostenibi-

lidad en la atmósfera. Para finalizar, se encuentran las políticas institucionales, regulaciones y gobernanza de las naciones, que deben conjugar todos los ámbitos mediante el fomento de la eficiencia energética, definiendo políticas impositivas y fiscales encaminadas a reducir la contaminación, estableciendo tratados y acuerdos internacionales de comercio de derechos de emisiones, todo ello, envolviendo a todos los subsistemas, que como segunda fuerza transversal incide en aquellos, permitiendo el éxito o fracaso del desarrollo sostenible.

#### 4. Idoneidad de indicadores

Por ejemplo, se puede trasladar el razonamiento al marco del subsistema de la sostenibilidad hídrica y la gestión sostenible del agua, que al igual que se plantea en la sostenibilidad energética, la sostenibilidad hídrica está fuertemente vinculada a los tres pilares del desarrollo sostenible: la sociedad, la naturaleza y la economía. La demanda global de agua está muy influenciada por el crecimiento de la población, la alimentación y patrones de comportamiento de las diferentes culturas y, por supuesto por las polí-

ticas energéticas y sectores productivos de los países. Es muy interesante comparar la situación de países como España y Reino Unido estudiando los datos hidrográficos. Mientras que el primero posee, por ejemplo en su orografía, un relieve con una altitud media peninsular de 660 metros, completamente diferente a Reino Unido, en el que la mayor parte del territorio no supera los 200 metros de altitud. Esa diferente configuración permite en España obtener unos recursos hídricos a través de embalses (cerca de 56.000 hm<sup>3</sup>) muy superior a la de Reino Unido, cuando España tiene una pluviometría media de 636 mm/año<sup>6</sup> siendo en Reino Unido de 1220 mm/año. Sin embargo, estas diferencias no se reflejan en el estrés hídrico que demuestran los dos países, que es similar [Recursos de agua renovables per capita (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - UNESCO, 2015)]. Por tanto, se puede concluir que un mismo indicador puede ser irrelevante según se realice el análisis en un país u otro.

Trasladando el razonamiento al subsistema energético, por ejemplo, una región como Europa Occidental, en la que existe una gran dependencia energética del exterior y una contribución del sector eléctrico importante en la energía final disponible, será necesario evaluar indicadores diferentes a los necesarios para la región centroafricana, cuya dependencia eléctrica es muy inferior. Somalia, país en el que la agricultura representa un 60,2% de su PIB tiene una coyuntura completamente diferente a Reino Unido cuya agricultura representa alrededor de un 1% del PIB<sup>7</sup>. Por tanto, como segunda conclusión ya no debemos hablar tanto de los indicadores de sostenibilidad energética, sino de grupos de indicadores de sostenibilidad que serán adecuados a diferentes coyunturas de los países. Desde la definición y análisis de esos indicadores, se podrán plantear las políticas más adecuadas para el desarrollo de la sostenibilidad energética en las diferentes naciones.

### 5. Premisas para un modelo de indicadores de sostenibilidad energética

Se debe partir de tres premisas fundamentales. La primera radica en la

utilización del paradigma de la sostenibilidad débil (Norton, 1992) como el único posible a través del cual desarrollar una conceptualización que tenga en cuenta la fuerza transversal de la tecnología, que permita ampliar los límites del capital natural y hacerlo ilimitado al tiempo que sustituible, sin restricción, aspecto éste último que, mediante el paradigma fuerte del desarrollo sostenible, no es posible razonarlo, ya que plantea un capital natural efímero y limitado. Por tanto, también la disociación entre las tres dimensiones del desarrollo sostenible sólo podría concebirse mediante el paradigma de la sostenibilidad débil en la conceptualización del desarrollo sostenible.

Respecto a la segunda premisa recordemos que la sostenibilidad energética subyace al desarrollo sostenible, es decir, la sostenibilidad energética se encuentra en una capa diferente al definido por las tres dimensiones del desarrollo sostenible: economía, medioambiente y equidad social. No existirá desarrollo sostenible sin una sostenibilidad energética que permita dicho desarrollo. Al mismo tiempo, para que exista desarrollo sostenible, deberá tenerse en consideración los otros subsistemas alrededor de las tres dimensiones.

La tercera premisa consiste en la idoneidad de los indicadores a las diferentes coyunturas económicas, energéticas, territoriales y sociales de los diferentes países, es decir, no todos los indicadores serán los más idóneos para realizar un análisis de la situación energética en las distintas naciones teniendo en cuenta el concepto de sostenibilidad local (Naredo, 1996); se pueden llegar a obtener conclusiones y definir políticas que no serán replicables a otros países.

### 6. Modelos de indicadores

Existen diferentes modelos planteados por diferentes organizaciones para la monitorización de datos a nivel global que subyacen a la definición de sostenibilidad energética. Muchos de ellos son complementarios y sirven de gran ayuda para la toma de decisiones en materia de energía de gobiernos, empresas y otros agentes. Seguidamente se analizan aquellos indicadores que contemplan las variables más decisivas en materia energética de los estados.

#### 6.1. El modelo WEC

El Consejo Mundial de la Energía, ha desarrollado el concepto de “Trilema energético” basándose en tres dimensiones: seguridad energética, equidad energética y sostenibilidad ambiental, que aglutinan 22 series de indicadores WEC<sup>8</sup> recopilados a nivel mundial para obtener un Índice de Sostenibilidad Energética (World Energy Council, 2014) que informa del grado de cumplimiento de los países respecto a esas tres dimensiones.

Es interesante destacar la estructura de indicadores del WEC, partiendo de esas tres grandes variables como definición del concepto de sostenibilidad energética que realiza el Consejo Mundial de la Energía:

- Seguridad de suministro como indicador de la gestión efectiva del suministro de la energía primaria, la fiabilidad de la infraestructura energética, y la capacidad de los agentes participantes en el sector para garantizar que se satisfaga la demanda de energía actual y la futura.
- Equidad energética: el grado de garantía de accesibilidad y asequibilidad del suministro de energía a toda la población del país en concreto.
- Sostenibilidad ambiental: hasta qué grado de éxito son eficientes el suministro y demanda de energía, así como el grado de desarrollo del suministro de energía de fuentes renovables y otras fuentes con bajo nivel de emisiones contaminantes.

Respecto a esta familia de indicadores WEC, cabe resaltar que existe una agregación por tipo de indicador (Figura 3) que agrupa, por un lado, el 25% del índice de sostenibilidad energética (denominado comportamiento contextualizado del país) relativo a tres variables. Dos son dimensiones del desarrollo sostenible (económico y social) y una tercera: la fuerza transversal de la política institucional, obteniendo un 8,3% cada uno de ellos como contribución al Índice de Sostenibilidad Energética total del país. Existe otra agregación de indicadores (denominado comportamiento energético del país) que participa con un 75% de contribución en el total en el índice y, en este caso, se refiere a los indicadores seguridad de suministro (25%), equidad energética (25%) y por último, la tercera dimensión del

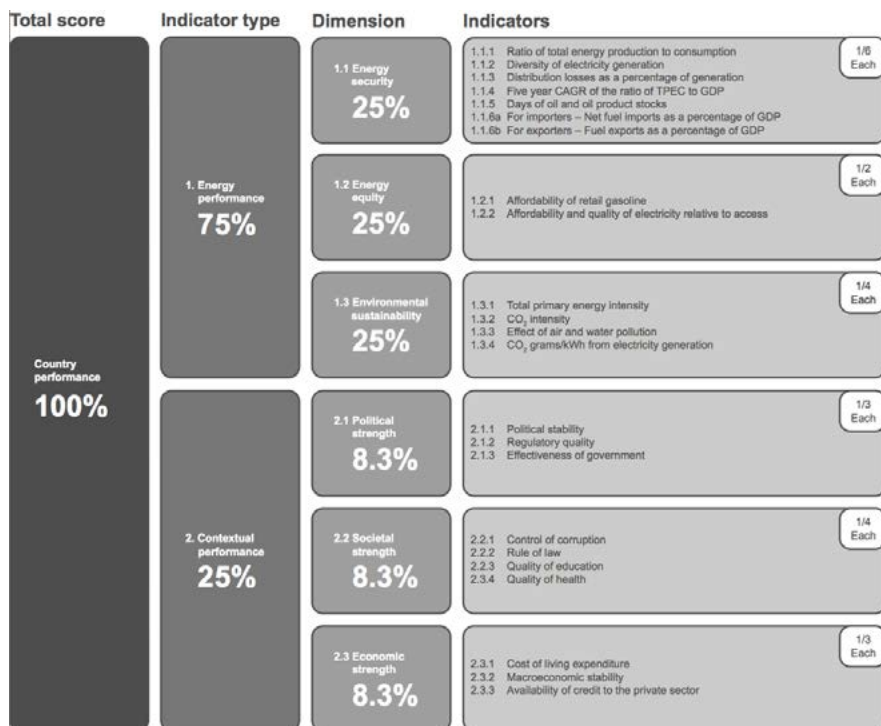


Figura 3. Indicadores de referencia del Trilema Index. Fuente: <http://www.worldenergy.org>

Economic groups (GDP per capita)	GDP per capita (PPP, US\$)	Industrial sector (% of total GDP)	TPEC/TPEC'	Population with access to electricity (%)	Energy affordability (US\$ per kWh) <sup>2</sup>	Energy intensity (koe per US\$, PPP)	Emission intensity (kCO <sub>2</sub> per US\$, PPP)	CO <sub>2</sub> emissions per capita
<b>Group I</b> (33,501+)	45,849	32.2	1.10	95.7	0.22	0.16	0.29	11.53
<b>Group II</b> (14,301–33,500)	22,417	30.3	1.04	95.9	0.18	0.17	0.39	7.83
<b>Group III</b> (6,001–14,300)	9,914	31.4	1.86	91.6	0.09	0.18	0.40	4.16
<b>Group IV</b> (0–6,000)	2,911	27.4	3.05	57.5	–	0.28	0.32	0.99
<b>Global average<sup>3</sup></b>	17,929	30.1	1.86	83.6	0.18	0.20	0.35	6.30

<sup>1</sup> Ratio of total primary energy production to total primary energy consumption, showing the extent to which a country imports or exports energy  
<sup>2</sup> “–” indicates lack of available data for this indicator for too many countries in this region  
<sup>3</sup> Average of all 129 countries included in the Index

Figura 4. Comparación de la métrica entre grupos según clasificación WEC. Fuente: (World Energy Council, 2014)

desarrollo sostenible: la sostenibilidad ambiental (25%).

Profundizando en el sistema de indicadores WEC, es destacable la posibilidad de comparar resultados por agrupaciones de países con similares características regionales, ya que en

términos absolutos, el índice de sostenibilidad energética resulta más significativo comparando países con similares recursos, infraestructuras, objetivos y políticas energéticas (Figura 9). Por tanto, se está teniendo en consideración la tercera premisa de

idoneidad de indicadores.

Los indicadores utilizados para la discriminación grupal que utiliza el sistema de indicadores WEC, son los siguientes:

- PIB (US\$)
- Sector Industrial (% del PIB)
- Producción Total de Energía Primaria/Consumo Total de Energía Primaria
- Capacidad de acceso de la población a la electricidad (%)
- Energía asequible (US\$/kWh)
- Intensidad energética de la economía (ktep/US\$)
- Intensidad de emisiones (kCO<sub>2</sub>/US\$)
- Emisiones CO<sub>2</sub> per cápita

Respecto a la consideración de los subsistemas en el grupo de indicadores (segunda premisa) es muy poco reseñable el peso que se otorga a indicadores del subsistema hídrico o de la atmósfera, y mucho menos al referido a territorio. Los indicadores se centran prácticamente en el aspecto de energía. Lo cual plantea escaso el modelo, ya que únicamente aparece el indicador de emisiones de CO<sub>2</sub> y de polución en aire y agua conjuntamente. Para finalizar, la consideración de la fuerza transversal de la tecnología es inexistente, dejando sí indicadores de gobernanza en un 8,3%, (muy ilustrativo el indicador “control de la corrupción”).

Es destacable en el modelo la ordenación que realiza de indicadores. Por un lado, establece una serie de indicadores para las tres dimensiones (naturaleza, social y económica) en un 25% y, por otro lado, el restante peso del 75% del modelo lo enfoca al subsistema de la sostenibilidad energética.

### 6.2. El modelo EISD

La Agencia Internacional de Energía Atómica<sup>9</sup> desarrolló el modelo EISD -Energy Indicators for Sustainable Development (IAEA, 2005) en cooperación con otras organizaciones internacionales, desarrollando un total de 30 indicadores, clasificados alrededor de la conceptualización de las tres dimensiones del desarrollo sostenible:

- La dimensión económica (16 indicadores): midiendo los patrones de uso, producción y suministro de energía, eficiencia de las transformaciones e intensidad energética, precios de energía, tasas e impues-

Social			
Theme	Sub-theme	Energy Indicator	Components
Equity	Accessibility	SOC1 Share of households (or population) without electricity or commercial energy, or heavily dependent on non-commercial energy	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Households (or population) without electricity or commercial energy, or heavily dependent on non-commercial energy</li> <li>– Total number of households or population</li> </ul>
	Affordability	SOC2 Share of household income spent on fuel and electricity	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Household income spent on fuel and electricity</li> <li>– Household income (total and poorest 20% of population)</li> </ul>
	Disparities	SOC3 Household energy use for each income group and corresponding fuel mix	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Energy use per household for each income group (quintiles)</li> <li>– Household income for each income group (quintiles)</li> <li>– Corresponding fuel mix for each income group (quintiles)</li> </ul>
Health	Safety	SOC4 Accident fatalities per energy produced by fuel chain	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Annual fatalities by fuel chain</li> <li>– Annual energy produced</li> </ul>

Figura 5. Indicadores de la dimensión SOCIAL en el modelo EISD. Fuente: (IAEA, 2005)

- tos, seguridad de suministro y diversidad del mix.
- La dimensión social (4 indicadores): midiendo el impacto de la energía en el bienestar social, en términos de empleo, pobreza, educación, cultura, transición demográfica, contaminación y salud ambiental. Describe también los problemas relacionados con la accesibilidad, la asequibilidad y la disparidad entre oferta y demanda de energía. Esta dimensión pone de manifiesto la dificultad de recopilar datos adecuados en países en desarrollo.
  - La dimensión medioambiental (10 indicadores): midiendo el impacto medioambiental de la producción, distribución y uso de la energía por parte de los consumidores y usuarios, sean industrias o ciudades, tanto a nivel global, nacional o regional.

El modelo EISD justifica la no inclusión de indicadores de la fuerza transversal de la gobernanza, debido a que son los más complejos de definir por dos razones principales. En primer lugar, son difíciles de cuantificar por su propia naturaleza, ya que muchos de ellos requieren previsiones a futuro ba-

sándose en proyecciones de producción de energía. En segundo lugar, las variables medidas mediante indicadores institucionales tienden a ser respuestas estructurales o políticas a las necesidades de desarrollo sostenible. Es decir, que los indicadores institucionales no sólo deben medir el grado de incidencia de las políticas energéticas de un determinado estado, la existencia y efectividad de los planes energéticos nacionales, la capacidad de análisis y recopilación de datos estadísticos, y la adecuación y efectividad de nuevas inversiones en capacidad, educación o investigación y desarrollo, sino que también deben servir para monitorizar la efectividad de las políticas regulatorias o legislaciones de los estados.

Es interesante analizar las 7 áreas y 19 subáreas en las que se sustenta la clasificación EIDS. Además, algunos indicadores pueden aparecer en más de una dimensión, lo que demuestra la gran interrelación existente entre las variables, incluso dentro de un mismo subsistema como el de la sostenibilidad energética (Figura 5, Figura 6 y Figura 7).

Por otro lado, el modelo EISD utiliza una serie de estadísticas auxiliares para medir, por ejemplo, la demografía,

la salud, el desarrollo económico, la infraestructura de transporte, el nivel de urbanización, etc. Algunas de estas variables son las siguientes: población, PIB per cápita, contribución de los sectores productivos en el PIB, distancia recorrida per cápita, actividad de transporte de mercancías, superficie de vivienda per cápita, valor añadido bruto del sector manufacturas y desigualdades en salarios. Estas variables se utilizan como componentes de la formulación de algunos de los grupos de indicadores EISD, o incluso como complemento para su análisis e interpretación. Por tanto claramente el modelo también considera, al igual que el anterior modelo WEC, la importancia de la tercera premisa sobre idoneidad de indicadores. Por ello, es concluyente que cada país tendrá sus circunstancias económicas y geográficas, su propia configuración de recursos energéticos y su propia experiencia. Como en cualquier implementación de un modelo de análisis, el proceso de implementación de los indicadores EISD dependerá de las políticas energéticas, la capacidad estadística, la disponibilidad y calidad de datos,...etc.

Respecto a la segunda premisa sobre la consideración de los otros subsistemas en los indicadores, sí que el modelo EISD deja un gran peso específico a indicadores medioambientales referidos al territorio, protección atmosférica e hídrica, por lo que se debe destacar este aspecto. No siendo así en el aspecto de las fuerzas transversales, de las que no aparecen ningún indicador, tanto de gobernanza como de tecnología.

### 6.3. El modelo IEA

La IEA en colaboración con la OCDE publica el Energy Development Index - EDI (OECD/IEA, 2012), un indicador multi-dimensional que ofrece información sobre el desarrollo energético de cada país, distinguiendo por un lado al ámbito doméstico y por otro referido a la energía consumida por el sector público y los sectores productivos. Además se focaliza en dos grandes áreas: el acceso a la electricidad en general y la utilización de tecnologías limpias (Figura 8). En este modelo, por primera vez, se abandona la estructura tradicional de datos basada en las tres dimensiones del desarrollo sostenible, para utilizar indicadores mucho más enfocados al ámbito energético y con



Environmental				
Theme	Sub-theme	Energy Indicator		Components
Atmosphere	Climate Change	ENV1	GHG emissions from energy production and use per capita and per unit of GDP	<ul style="list-style-type: none"> <li>– GHG emissions from energy production and use</li> <li>– Population and GDP</li> </ul>
	Air Quality	ENV2	Ambient concentrations of air pollutants in urban areas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Concentrations of pollutants in air</li> </ul>
		ENV3	Air pollutant emissions from energy systems	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Air pollutant emissions</li> </ul>
Water	Water Quality	ENV4	Contaminant discharges in liquid effluents from energy systems including oil discharges	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Contaminant discharges in liquid effluents</li> </ul>
Land	Soil Quality	ENV5	Soil area where acidification exceeds critical load	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Affected soil area</li> <li>– Critical load</li> </ul>
	Forest	ENV6	Rate of deforestation attributed to energy use	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Forest area at two different times</li> <li>– Biomass utilization</li> </ul>
	Solid Waste Generation and Management		ENV7	Ratio of solid waste generation to units of energy produced
ENV8			Ratio of solid waste properly disposed of to total generated solid waste	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Amount of solid waste properly disposed of</li> <li>– Total amount of solid waste</li> </ul>
ENV9			Ratio of solid radioactive waste to units of energy produced	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Amount of radioactive waste (cumulative for a selected period of time)</li> <li>– Energy produced</li> </ul>
		ENV10	Ratio of solid radioactive waste awaiting disposal to total generated solid radioactive waste	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Amount of radioactive waste awaiting disposal</li> <li>– Total volume of radioactive waste</li> </ul>

Figura 6. Indicadores de la dimensión MEDIOAMBIENTAL en el modelo EISD. Fuente: (IAEA, 2005)

otra ordenación.

Nos encontramos ante una metodología que quiere expresar, en términos cuantitativos, el progreso de un país

hacia un modelo basado en un acceso moderno a la energía mediante la utilización tecnologías limpias que ayude a mejorar el papel de la energía en el

desarrollo de la humanidad. Por tanto podríamos destacar en un primer estadio de análisis, que el modelo se centra exclusivamente en el subsistema de la energía, sin tener en cuenta los otros subsistemas.

Efectivamente, tal y como se muestra en la Figura 9, la estructura de indicadores sobre consumo de energía se ordena por sectores: residencial, servicios, industria, transporte y otros. Éste último es donde aparecen de forma testimonial conceptos sobre los subsistemas territorial e hídrico.

La IEA desarrolla un modelo de indicadores de eficiencia energética con un nivel muy elevado de agregación que se basa en la relación de la energía consumida respecto al PIB o respecto de la población, observando los dos ratios simultáneamente. Más concretamente utiliza el indicador denominado Intensidad Energética de la Economía, que adquiere un importante peso específico en el modelo. También toma un importante papel en el modelo el concepto de “acceso a la energía eléctrica”, que discrimina según patrones demográficos de población urbana y rural.

Respecto a las fuerzas transversales, el modelo no contempla indicadores institucionales o de gobernanza en el modelo, aunque sí indirectamente de tecnologías, ya que ratios como el de la Intensidad Energética en la Economía, intrínsecamente contiene el papel de la misma como facilitador y mejora del ratio.

Debido a las diferencias en las definiciones y metodología de adquisición de datos de diferentes países, el modelo toma en cuenta que la calidad de los datos puede variar de un país a otro. Por tanto, no toma en cuenta la tercera premisa en cuanto a la idoneidad de indicadores, sino a corregir las desviaciones propias de la interpretación debido a que provienen de una adquisición irregular. Para ello proponen un ajuste de esos datos a través de la correlación de datos y encuestas anteriores.

### 7. Conclusiones

Un modelo de indicadores que tenga en consideración el desarrollo sostenible como máxima, al tiempo que permita ser una herramienta eficaz de análisis y toma de decisión para los gobiernos debe estructurarse, por un lado, en los cuatro subsistemas del desarrollo sostenible: la gestión de la energía, el te-

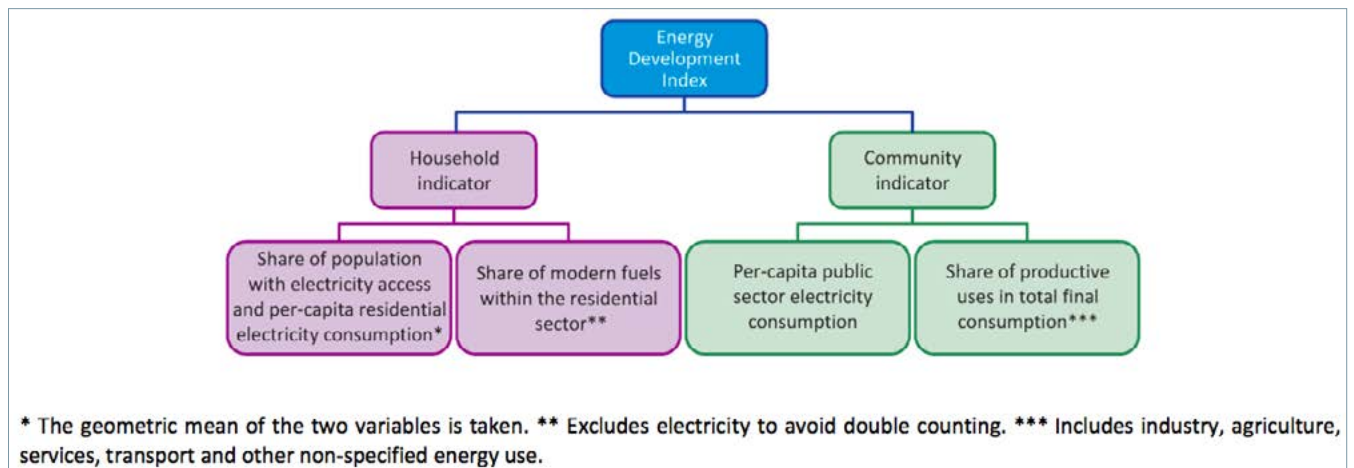


Figura 7. Componentes del Índice de Desarrollo Energético (IDE). Fuente: (OECD/IEA, 2012)

territorio, la calidad del aire y la gestión de los recursos hídricos y, por otro lado, basarse en las tres dimensiones del desarrollo sostenible (naturaleza, economía y sociedad) creando una estructura de información completa, recabando datos de esos ámbitos y configurando su interrelación.

No obstante, esa calidad y disponibilidad de datos, hacen un factor común denominador muy relevante en la interpretación de los mismos de un país a otro. Un indicador puede ser irrelevante en dos estados diferentes, debido fundamentalmente a sus características coyunturales: política, cultura, población, estructura económica, derechos sociales, acceso a la tecnología, características geográficas, etc. Por tanto, el modelo deberá reportar los resultados según familias de indicadores adecuados a la coyuntura del país, para poder establecer una estructura de toma de decisión correcta.

En general, un modelo robusto debe tener en cuenta las tres premisas de la sostenibilidad energética. Primero, asumiendo el paradigma de la sostenibilidad débil como el único posible a través del cual desarrollar una conceptualización que tenga en cuenta la fuerza transversal de la tecnología (y la gobernanza), que permita ampliar los límites del capital natural y hacerlo ilimitado al tiempo que sustituible. Segundo, un modelo que considere los cuatro subsistemas: energía, territorio, atmósfera y agua; y tercero respecto a la idoneidad de los indicadores a las diferentes coyunturas económicas, energéticas, territoriales y sociales de los países, ya que se pueden llegar a obtener

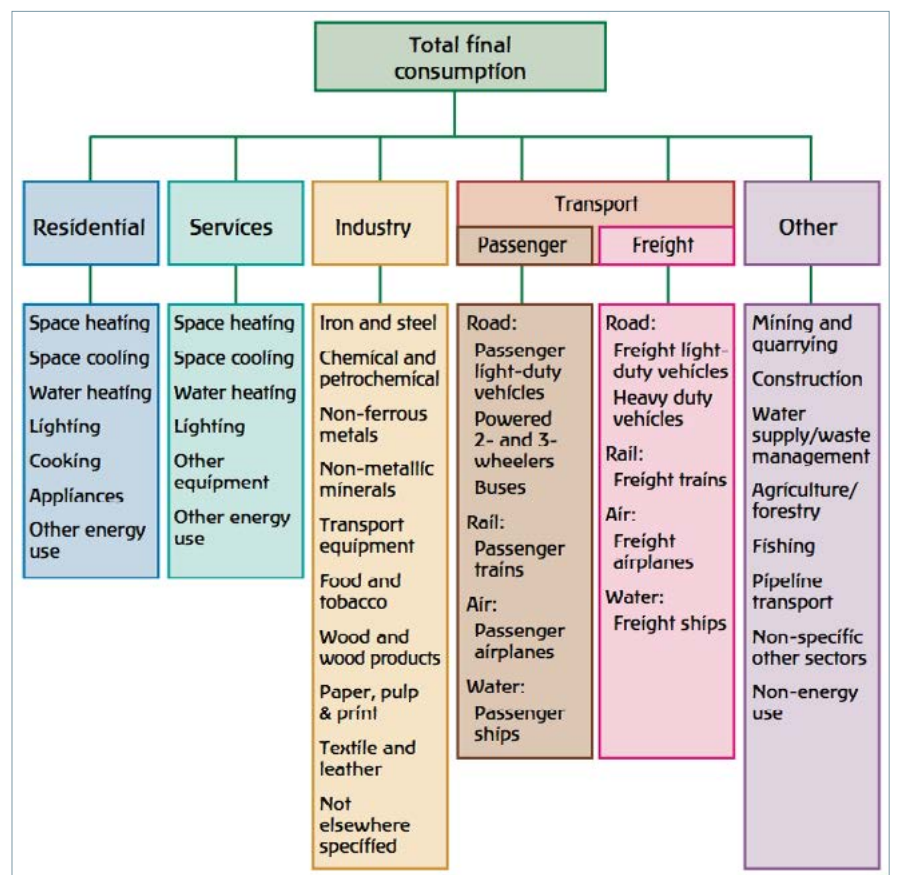


Figura 8. Nivel de desagregación de sectores y subsectores. Fuente: (OECD/IEA, 2012)

ner conclusiones y definir políticas que no serán replicables a países diferentes.

En el análisis de los modelos de referencia analizados, se establece una conclusión común: en general, las tres metodologías tienen en consideración la importancia de la tercera premisa sobre idoneidad de indicadores, y en particular la metodología AIE. No lo

explica con el concepto de idoneidad, sino que intenta establecer correlación y contraste de variables a través de encuestas o datos anteriores; pero en sí, no establece una desagregación en familias de indicadores adecuados, ya que se trata de una metodología, no ya un modelo de indicadores propiamente dicho.

Por otro lado, en relación a la se-

gunda premisa sobre la consideración de los otros subsistemas en los indicadores, sólo el modelo EISD trata con decisión indicadores que se refieren a los cuatro subsistemas, pero desde la dimensión de la naturaleza.

Es relevante destacar que ninguno de los modelos establece indicadores referidos a las fuerzas transversales: gobernanza y tecnología, a las que únicamente el modelo EISD, y de forma muy liviana, define algún indicador sobre gobernanza. Las razones fundamentales son: en primer lugar, resultan difíciles de cuantificar por su propia naturaleza, ya que muchos de ellos requieren proyecciones a futuro basándose en proyecciones de producción de energía; en segundo lugar, las variables medidas mediante indicadores institucionales tienden a ser respuestas estructurales o políticas a las necesidades de desarrollo. Los indicadores institucionales por tanto, no sólo deben medir el grado de incidencia de las políticas energéticas de un determinado estado, sino también la existencia y efectividad de los planes energéticos nacionales, la capacidad de análisis y recopilación de datos estadísticos, la adecuación y efectividad de nuevas inversiones en capacidad, educación, hábitos sociales o investigación y desarrollo, sino que también deben servir para monitorizar la efectividad de las políticas regulatorias o legislaciones de los estados.

## 8. Agradecimientos

Esta investigación ha sido apoyada a través del proyecto "Subvenciones para Grupos de Investigación Consolidables AICO/2018/102", de la Consellería de Educación, Investigación, Cultura y Deporte de la GVA (Generalitat Valenciana). Dirección general de Universidad, Investigación y Ciencia.

### Notas

- 1 Gro Harlem Brundtland, Primera Ministra de Noruega durante los años 1981, 1986-1989 y 1990-1996 perteneciente al Partido Laborista y que presidió la Comisión que elaboró el informe para la ONU en 1987 denominado "Our Common Future" – Nuestro Futuro Común.
- 2 Los diagramas de Venn adquieren el nombre de su inventor, John Venn (1834-1923), matemático y filósofo británico que desarrolló mediante representación gráfica las operaciones de teoría de conjuntos.
- 3 Eric Neumayer es Profesor de Departamento de Geografía y Medioambiente en London School of Economics and Political Science (LSE), y ha sido asistente académico en el Center for Law and Economics at the University of Saarbrücken,

- Germany. En su libro "Weak versus strong sustainability: exploring the limits of two opposing paradigms" (Neumayer, 2003) establece en la sostenibilidad dos paradigmas o corrientes de pensamiento: "weak sustainability" o sostenibilidad débil, en la que cualquier capital puede ser sustituido por otro; y "strong sustainability" o sostenibilidad fuerte, en la que el capital natural no puede sustituirse por ningún otro tipo de capital.
- 4 Resiliencia es un concepto de la ingeniería mecánica y de materiales cuyo significado es la capacidad de un material de absorber y almacenar energía, que aplicándolo a la ecología adquiere una definición que consiste en la capacidad de los ecosistemas en absorber perturbaciones o distorsiones sin alterar significativamente su estructura y funcionalidad, pudiendo regresar a su estado original una vez que la perturbación o distorsión ha cesado. Una de las instituciones más relevantes en la investigación del concepto de resiliencia y sus implicaciones medioambientales es el Stockholm Resilience Center.
  - 5 Ernst Friedrich Schumacher fue un destacado economista e intelectual que popularizó el concepto de la tecnología apropiada a través de su libro "Small is beautiful: economics as if people mattered" (Schumacher, 1973)
  - 6 Datos obtenidos a través del sistema de información global sobre el agua AQUASTAT <http://www.fao.org>
  - 7 Datos obtenidos de "The World Factbook" es una publicación anual de la Agencia Central de Inteligencia (Central Intelligence Agency – CIA) que recopila, integra y pone a disposición del público, investigadores y científicos desde 1975, información evaluada, analizada e interpretada por los servicios de inteligencia de los Estados Unidos. Además da soporte de inteligencia al Gobierno de ese país.
  - 8 El Consejo Mundial de la Energía (World Energy Council - WEC) es una Institución acreditada por la ONU y fundada en 1923 que representa a más de 3000 organizaciones en casi 100 países. Publica estudios y prospecciones sobre energía para orientar en la toma de decisiones estratégicas de gobiernos, empresarios y otros agentes. Mas información en <http://www.worldenergy.org>
  - 9 La agencia internacional de Energía Atómica (International Atomic Energy Agency – IAEA) inició en 1999 en cooperación con el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (United Nations Department of Economic and Social Affairs – UN.DESA), la Agencia Internacional de la Energía (International Energy Agency – IEA), la oficina de estadística de la Unión Europea (Eurostat) y la Agencia Europea de Medioambiente (European Environment Agency – EEA) completaron con éxito el proyecto EISD que se concibió con un triple objetivo: definir un conjunto de indicadores aplicables y comparables a nivel global, auxiliar a los países para promover la sostenibilidad energética y la darles la capacidad de análisis estadístico, y por último para suplementar el trabajo que sobre los indicadores generales había realizado la novena sesión de la Comisión de Desarrollo Sostenible (Commission on Sustainable Development - CSD9) de Naciones Unidas en 2001, denominada entonces 'Indicators for Sustainable Energy Development' – ISED

### Bibliografía

- [1] Ciegis, R. (2009). The concept of sustainable development and its use for sustainability scenarios. *Engineering Economics*, 28-37.
- [2] Fernandez-Baldor, A. (2012). Technologies for Freedom: a technological model to a human and sustainable development. *Desafíos de los Estudios del Desarrollo: Actas del I Congreso*

- Internacional de Estudios del Desarrollo.*
- [3] Ghosh, N. (2008). The road from economic growth to sustainable development: How was it traversed?
  - [4] IAEA. (2005). *Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*. IAEA-UNDESA-IEA-EUROSTAT-EEA. Vienna: IAEA.
  - [5] IUCN - The World Conservation Union. (2004). *The IUCN Programme 2005-2008: Many Voices, One Earth*. The World Conservation Congress, Bangkok.
  - [6] Lior, N. (2010). Sustainable energy development: The present (2009) situation and possible paths to the future. *Energy*, 3976-3994.
  - [7] Mayer, A. L. (2008). Strengths and weakness of common sustainability indices for multidimensional systems. *Environment International* (34), 277-291.
  - [8] Meadows, D. (1972). *The limits to growth. A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York: Universe books.
  - [9] Munasinghe, M. (1992). Environmental economics and sustainable development. *UN Earth Summit*.
  - [10] Naredo, J. M. (1996). Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible. En T. y. Ministerio de Obras Públicas, La construcción de la ciudad sostenible. Madrid.
  - [11] Neumayer, E. (2003). *Weak versus strong sustainability* (última edición en 2013 ed.). Northampton, Massachusetts, USA: Edward Elgar Publishing, Inc.
  - [12] Norton, B. G. (1992). Sustainability, Human Welfare and Ecosystem Health. (T. W. Press, Ed.) *Environmental Values*, 97-111.
  - [13] OECD/IEA. (2012). *World Energy Outlook - Methodology for Energy Access Analysis*. OECD/IEA.
  - [14] Pezzey, J. (1997). Sustainability constraints versus "optimality" versus intertemporal concern, and axioms versus data. *Land Economics*, 73 (4), 448-466.
  - [15] Robles, R. (2011). A review on existing sustainable indices on efficient energy. *International Conference on Renewable Energies and Power Quality ICREPQ'11*, (pág. 6). Las Palmas de Gran Canaria.
  - [16] Romero, J. & (julio-agosto de 2014). Hacia una conceptualización operativa de la sostenibilidad energética. *Anales de mecánica y electricidad*, 4-9.
  - [17] The World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. Brundtland, G.H.
  - [18] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - UNESCO. (2015). *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a sustainable world*. Report.
  - [19] United Nations. (2014). *World Urbanization Prospects*. UN, Department of Economic and Social Affairs. New York: UN.
  - [20] Vera, I. (2005). Indicators for sustainable energy development: an initiative by the International Atomic Energy Agency. *Natural Resources Forum*, 274-283.
  - [21] World Energy Council. (2014). *Energy Trilemma Index. Benchmarking the sustainability of national energy systems*. World Energy Council. London: World Energy Council.

# COGITI TOOLBOX

El portal de gestión de licencias de software para colegiados

[www.toolbox.cogiti.es](http://www.toolbox.cogiti.es)



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

PROMOCION  
especial

**cype**  
SOFTWARE

## PACK COMPLETO SOFTWARE CYPE

**87%**

Descuento

### ARQUÍMEDES

- + GENERADOR PRECIOS
- + MEDICIÓN AUTOMÁTICA

### CYPELEC REBT

- + IMPLANTACIÓN

### CYPECAD BASE LT30

### CYPECAD MEP CTE

### CYPECAD MEP CLIMATIZACIÓN

P.V. ~~7.812€ + IVA~~

**990€ + IVA**



Arquímedes  
Mediciones  
Presupuestos



CYPECAD BASE LT30  
Estructuras - Hormigón  
Pilares



CYPELEC REBT  
Baja tensión Rebt.



CYPECAD MEP CTE  
Cad BIM



CYPECAD Climatización  
Climatización RITE

# Programas informáticos CAD/CAM/CAE usados en la realización de procesos de fabricación y proyectos de fin de estudios

*Computer Programs CAD/CAM/CAE used in the realization of manufacturing processes and end of studies projects*

Juan Manzanares Ruiz

## Resumen

Hoy en día, en pocos proyectos de ingeniería se consigue un rendimiento elevado de los programas informáticos CAD/CAM/CAE. Normalmente el proceso de desarrollo de un proyecto se podría dividir en fases monótonas. Debido a la fuerte entrada de la industria 4.0, esto ha cambiado, puesto que ha pasado de usarse únicamente estos programas para realizar documentación (planos de fabricación, manuales de mantenimiento y montaje, informes técnicos, etc.), y es ahora cuando comienzan a destacar otros programas que usándose conjuntamente de manera precisa con los programas que hasta la fecha se venían usando, se obtiene como resultado una documentación técnica dinámica (DTD), visual y concreta, sin dar lugar a posibles errores o malas interpretaciones y logrando mejorar los tiempos en torno al 30%.

## Palabras clave

Ingeniería, CAD, CAM, CAE, industria 4.0, documentación técnica dinámica.

## Abstract

*Nowadays, in few engineering projects a high performance of the CAD/CAM/CAE computer programs is achieved. The development process of a project could normally be divided in monotonous phases. Due to the strong entry of industry 4.0, this has changed, since it has gone from using only these programs to produce documentation (manufacturing plans, maintenance and assembly manuals, technical reports, etc.). It is now that they begin to highlighting other programs that are used together in a precise manner with the programs that have been used up to now, resulting in a dynamic, technical, and visual technical documentation (DTD), not giving rise to possible errors or misinterpretations, and improving times around 30%.*

## Keywords

*Engineering, CAD, CAM, CAE, 4.0 industry, dynamic technical documentation.*

Recibido / received: 14/05/2019. Aceptado / accepted: 17/05/2019.

Salesianos Atocha de Madrid, España

Autor para correspondencia / corresponding author: Juan Manzanares Ruiz. Técnico Superior en Programación de la Producción en Fabricación Mecánica.  
E-mail: [juan.manzanares.ruiz@gmail.com](mailto:juan.manzanares.ruiz@gmail.com)



Foto: Shutterstock.

### Introducción

La formación en tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) es necesaria para garantizar el conocimiento y el desarrollo de competencias de industria conectada 4.0 en las generaciones actuales y futuras de técnicos e ingenieros (Davies, 2015).

El conocimiento y la competencia en tecnologías computacionales y simulación, entendimiento de las fases del ciclo de vida de producto, entendimiento y competencia en la planificación y gestión de proyectos y competencia en el trabajo en equipo son los atributos que destacan en su relación con la industria conectada 4.0. Diversos estudios manifiestan los aspectos formativos necesarios para que los estudiantes de ingeniería puedan desarrollarse mejor en un entorno industrial global, competitivo, multicultural, multidisciplinar, colaborativo y en el que las TIC constituyen un elemento básico y fundamental, en el desarrollo y ejecución de las funciones típicas de la ingeniería (Rajala, 2012).

Los sistemas CAX-PLM son un soporte de la industria conectada 4.0 que permiten la creación y gestión de una fuente verdadera de datos (p. ej.,

Metodologías didácticas	Realizado por	Asignaturas	Mes
Aprendizaje orientado a proyectos (AOP) a través de proyectos de aprendizaje servicio (ApS)  Flipped Classroom (FC)  Trabajo colaborativo (TC)  Uso herramientas: • Google Drive • Kahoots • Aula Virtual	Estudiante	Diseño mecánico  Mecanizado por control numérico (CNC)  Interpretación gráfica  Gestión de la calidad y protección medioambiental  Verificación de productos  Fabricación asistida por ordenador (CAM/3D printing)	De septiembre a junio

Tabla 1. Metodologías aplicadas a las competencias.

modelos digitales de producto) que alimenta diferentes procesos a lo largo del ciclo de vida de producto (Schuh et al, 2014), (Ríos et al., 2015).

Resulta de vital importancia definir una etapa previa de formación. Armonizar teoría y práctica para ga-

rantizar el conocimiento y el desarrollo de competencias con aplicaciones informáticas industriales resulta ser el soporte del paradigma de la industria conectada 4.0.

La colaboración con la industria destaca como uno de los factores más

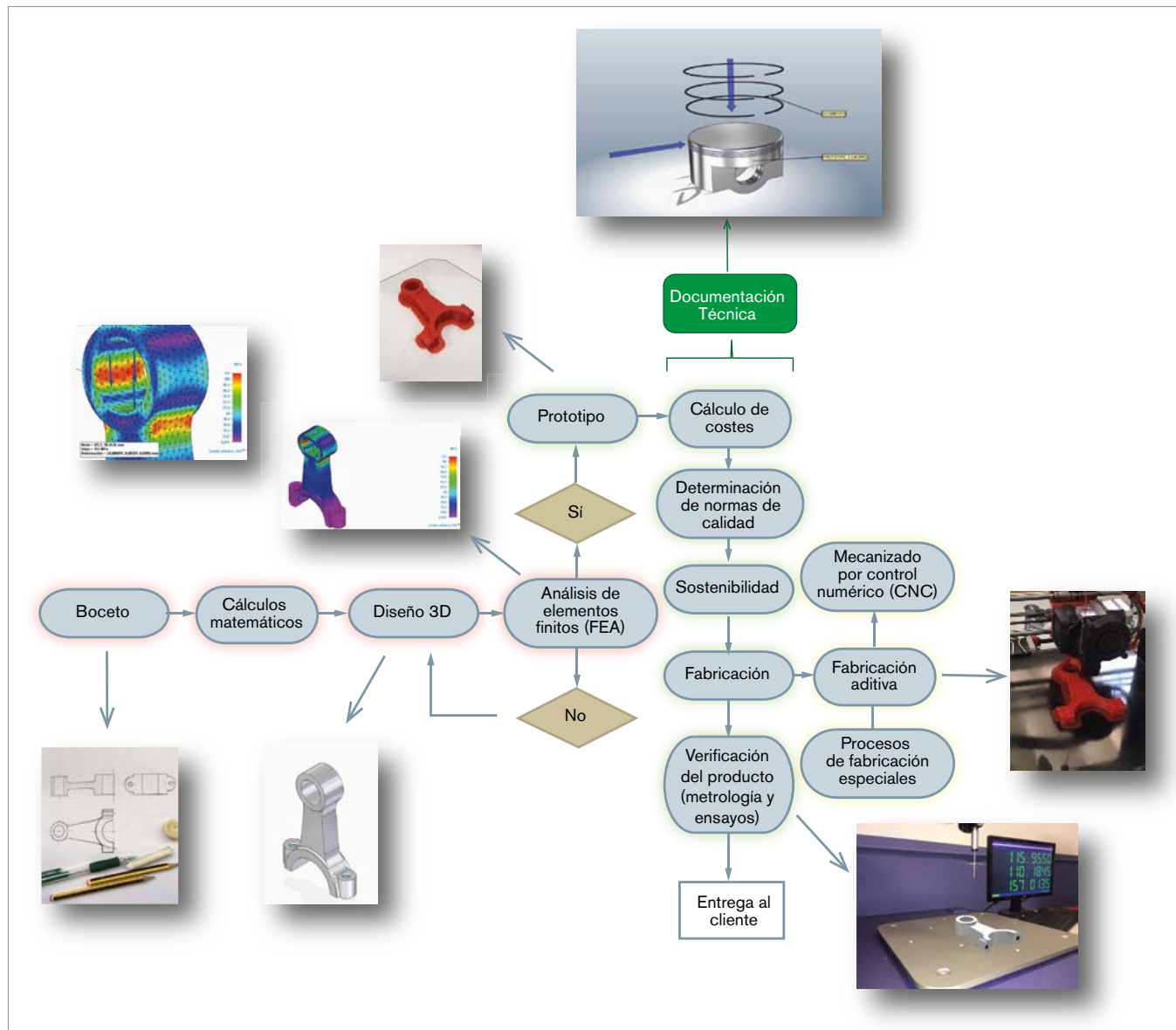


Figura 1. Desarrollo del proceso de fabricación de un pie de biela.

relevantes a la hora de definir proyectos que proporcionen un aprendizaje notable desde la perspectiva de la empleabilidad. El uso del modelo AOP (aprendizaje orientado a proyectos) implica la definición de un proyecto, a lo largo del cual el equipo de alumnos adquiere y desarrolla conocimiento y competencias (Fielding et al, 2014).

Se está trabajando en añadir nuevas metodologías didácticas, con la idea de mejorar la formación de los futuros técnicos e ingenieros. Esta nueva estrategia de metodologías se puede ver en la tabla 1 (Soriano Heras E. et al, 2017).

Las mejoras cuantificables que se experimentan en el modelo de aprendizaje basado en proyectos son:

- Las mejoras en diseño mecánico y realización de documentación técnica dinámica.
- Reducción de abandonos en las materias; estos abandonos son por motivos de salud o trabajo.
- Reducción del número de calificaciones no aptos.
- Mejora en las presentaciones realizadas.
- Mejoras en las calificaciones medias finales.
- Como aspecto novedoso, dotar los proyectos de la tecnología de realidad aumentada.

El objetivo del presente artículo es introducir a los que desconocen o son iniciados en la fabricación mecánica sobre diferentes programas y

herramientas, para obtener el máximo rendimiento y generar una documentación técnica dinámica. De igual manera, se pretende introducir estas herramientas a pequeñas empresas que desconozcan el rendimiento que pueden obtener de estas y mostrar la importancia que tiene su conocimiento y manejo para que en un futuro cercano sea posible la cooperación de proyectos con grandes empresas que hoy día poseen estos recursos.

A su vez, se pretende reflejar los conocimientos adquiridos en la realización del proyecto de fin de estudios (PFE) de grado superior de programación de la producción en fabricación mecánica (PPFM), en el Colegio Salesianos Atocha, de Madrid. El PFE

trata de un estudio técnico-económico y diseño de un motor de combustión interna de gasolina V12. Como ejemplo de los procesos de trabajo llevados a cabo, este artículo presenta los componentes fundamentales del conjunto biela-pistón, que resulta de gran importancia para determinar la potencia de un motor.

El artículo ayuda a conocer la ruta de un componente en su proceso de fabricación, así como sus fases: la realización de un boceto, modelado, análisis de elementos finitos con programas informáticos CAD/CAM/CAE verificando si el componente aguantará los esfuerzos para los cuales ha sido diseñado, optimización posterior del producto, fabricación, creación de un breve manual de montaje con documentación técnica dinámica, así como, un estudio de impacto ambiental, a través de un estudio de sostenibilidad.

### Método y resultados

La figura 1 resume el proceso de fabricación de un pie de biela.

#### Abocetado

Como cualquier idea, el primer paso es proyectarla en papel en un boceto que posteriormente se convertirá en un diseño 3D (Fig. 2).

#### Diseño en 3D

Una de las partes fundamentales en un proceso de fabricación es un correcto diseño, estudiando el comportamiento que va a tener dicho componente en su funcionamiento y, si lo requiere, realizar los cálculos necesarios previos para lograr el diseño y determinar el ma-

terial de este. Solid Edge, SolidWorks, Autodesk Inventor, CATIA V5 y NX son algunos de los programas de CAD/CAM/CAE que más demandan las empresas que solicitan profesionales técnicos para el diseño de productos mecánicos (Fig. 3).

#### Análisis de Elementos Finitos

La simulación es fundamental para obtener mediante realidad virtual (RV) el comportamiento del componente y así prevenir posibles roturas en su momento de trabajo. Para comprobar si el diseño cumple las especificaciones, lo más apropiado es realizar un análisis de elementos finitos con el objetivo de comprobar si el diseño y el material aplicado al componente soportarán los esfuerzos de trabajo. Una vez conseguido el producto, existe la posibilidad de optimizarlo logrando perfiles más estilizados, reducción de peso y abaratamiento de costes, pero manteniendo la resistencia a los esfuerzos para los cuales fue diseñado (Figs. 4 y 5).

#### Prototipado rápido y fabricación aditiva

La fabricación aditiva está abriéndose paso de manera asombrosa en el mundo de la fabricación, sobre todo resulta una notable ventaja cuando el producto no se ha empezado a fabricar y se desea obtener una primera imagen real, verificar su forma, en el caso de ser diseñada para mejorar su antecesor modelo, poder tener la posibilidad de comprobar si el nuevo diseño cumplirá con los requisitos de tamaño y forma en su lugar de trabajo e incluso enviar al cliente un prototipo con el objetivo

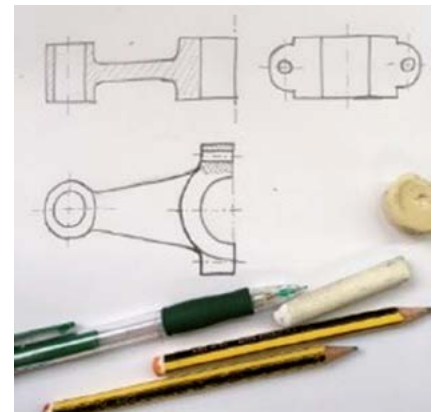


Figura 2. Primer boceto de pie de biela.



Figura 3. Diseño 3D de pie de biela en Solid Edge ST10 (Al. 1060).

de hacerle conocer cómo será su producto antes de comenzar la producción y si este decide hacer una modificación en el diseño, que no suponga una gran pérdida de dinero.



Figura 4. Tensión de Von Mises de pie de biela al aplicar 17419N de fuerza en Solid Edge ST10 (Al. 1060).

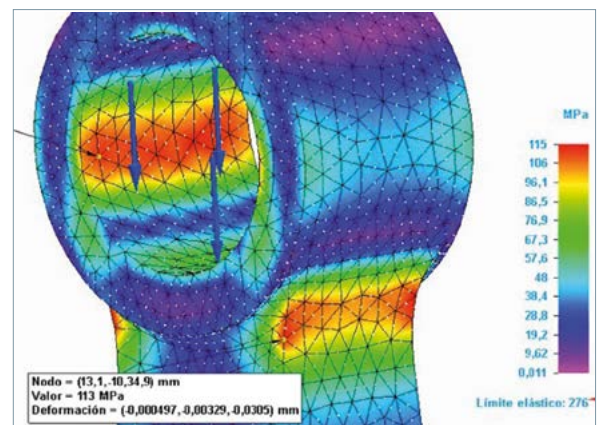
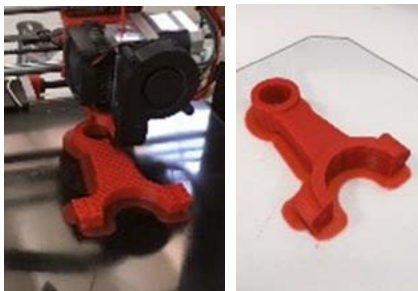


Figura 5. Deformación del nodo más afectado en el esfuerzo de pie de biela al aplicar 17419N de fuerza en Solid Edge ST10 (Al. 1060).





Figuras 6 y 7. Fabricación aditiva de pie de biela.

Construir modelos y prototipos es parte del proceso de validación, que permite al equipo de ingeniería formado por diseñadores e ingenieros obtener información y comprender diferentes aspectos de influencia del proyecto. Es un momento de aprendizaje constante. También existe la posibilidad de fabricar el recambio de un modelo en labores de mantenimiento, hasta conseguir el recambio original en el caso de no poseerlo en el acto. Es una ventaja que reduce largas paradas de máquina y sus correspondientes costes de no producción (Figs. 6 y 7).

**Mecanizado por control numérico (CNC)**

Actualmente, la fabricación aditiva está avanzando a pasos agigantados y está demostrando grandes capacidades no solo en la impresión de polímeros, sino también en la de metales. Pero cuando se habla de producción de metales, la fabricación aditiva no es capaz de hacer frente a la cadencia, precisión y polivalencia que la fabricación con máquinas de mecanizado por CNC puede conseguir y asegurar una fiabilidad en cuanto a la rigidez estructural del material. Resulta inevitable frenar la creatividad de los ingenieros y con el paso de los años los diseños son más complejos y sofisticados, por eso se emplea *software* de tecnologías CAM (tebis, hypermill, mastercam, etc.) que se encargan de gestionar todos los parámetros correspondientes al mecanizado, obteniendo el máximo rendimiento de la herramienta, así como su potencia para fabricar el componente. Esta potente tecnología es capaz de simular virtualmente todos los movimientos que se efectúan dentro de su propia máquina, para finalmente convertir las trayectorias en un programa NC de fabricación con el lenguaje y para su máquina deseada, con la opción de convertir un mismo programa en



Figura 8. Postura y mecanizado de pie de biela en lenguaje Sinumerik 840D (Siemens).



Figura 9. Código QR (enlace a video animación de montaje).

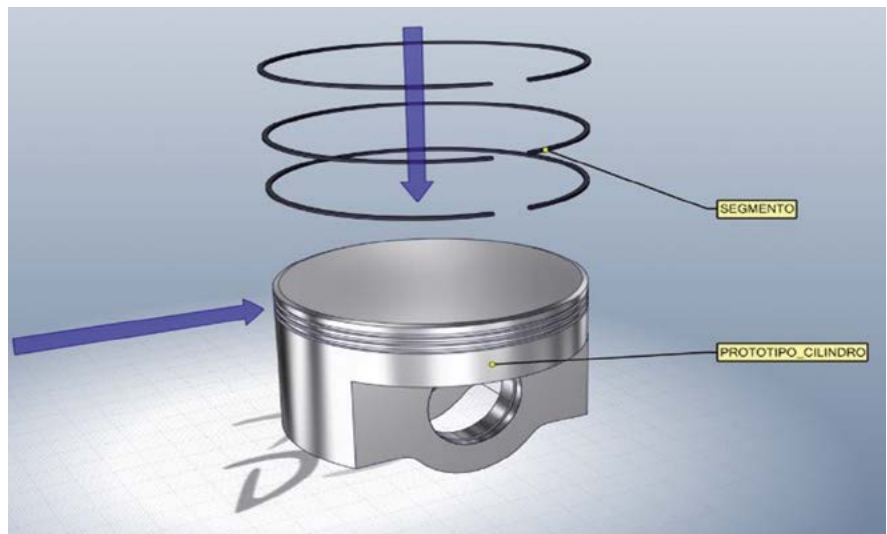


Figura 10. Primera fase de montaje.

los diferentes lenguajes de fabricación que posean sus máquinas. En lenguajes como Fanuc, Heidenhain, Siemens, Fagor, Mazak, etc., mediante una sola programación CAM el componente puede ser fabricado en diferentes máquinas garantizando las cadencias de producción (Fig. 8).

**Documentación técnica dinámica y visual**

En la actualidad existen en el mercado programas informáticos como Autodesk Inventor Publisher, Quadrispace, Cortona 3D RapidManual, 3DVIA Composer, 3DViewStation Desktop (Kisters), etc. Su manejo con la ayuda de programas anteriormente mencionados de CAD/CAM/CAE hace posible la creación de manuales de montaje, mantenimiento de máquinas, etc., en tiempos muy reducidos y fácilmente actualizables (Figs. 9-12).

En cuanto a la simulación virtual, en los últimos tiempos se viene hablando mucho de las tres realidades:

virtual, aumentada y mixta. De cara a una empresa, las más demandadas son la realidad aumentada (RA) y la realidad mixta. Aplicaciones informáticas como Visuarteck, Unity, Vuforia, Layar, Aumentaty Creator, Sketchfab, HP Reveal y Kinemaster sirven para que los operarios de mantenimiento puedan realizar su trabajo de una manera más eficiente y productiva.

**Impacto ambiental y sostenibilidad**

El ecodiseño en ingeniería es actualmente de exigente cumplimiento para con las leyes que reglan el impacto ambiental. Estudiar en qué continente obtendrá la materia prima y en cuál se llevará a cabo la fabricación, el medio de transporte de este, el consumo de la máquina que lo fabricará y los porcentajes de reciclado y desecho del material del componente son parámetros fundamentales para un futuro sostenible (Fig. 13).

Se tiene en cuenta fundamentalmente:

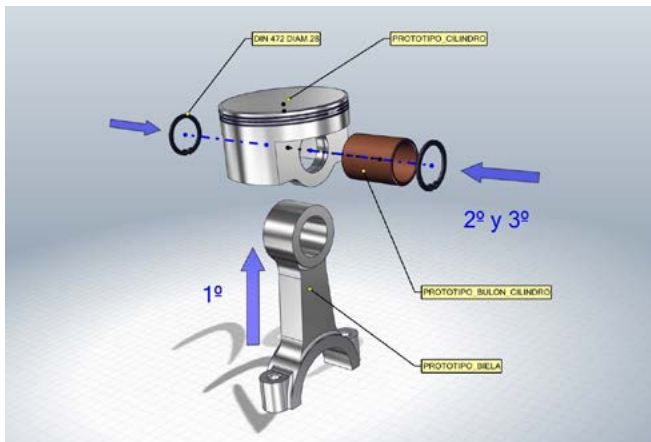


Figura 11. Segunda fase de montaje.

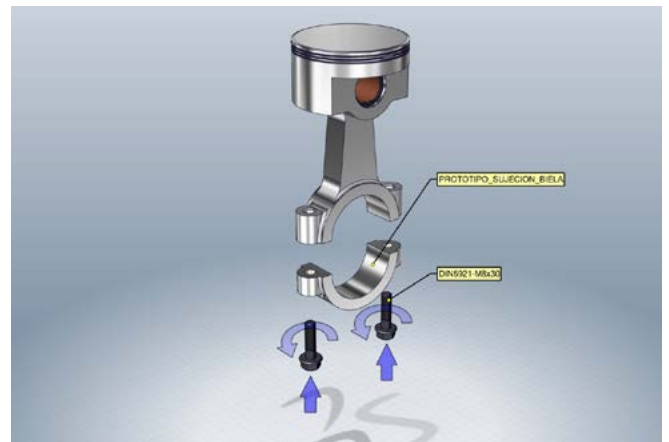


Figura 12. Tercera fase de montaje.

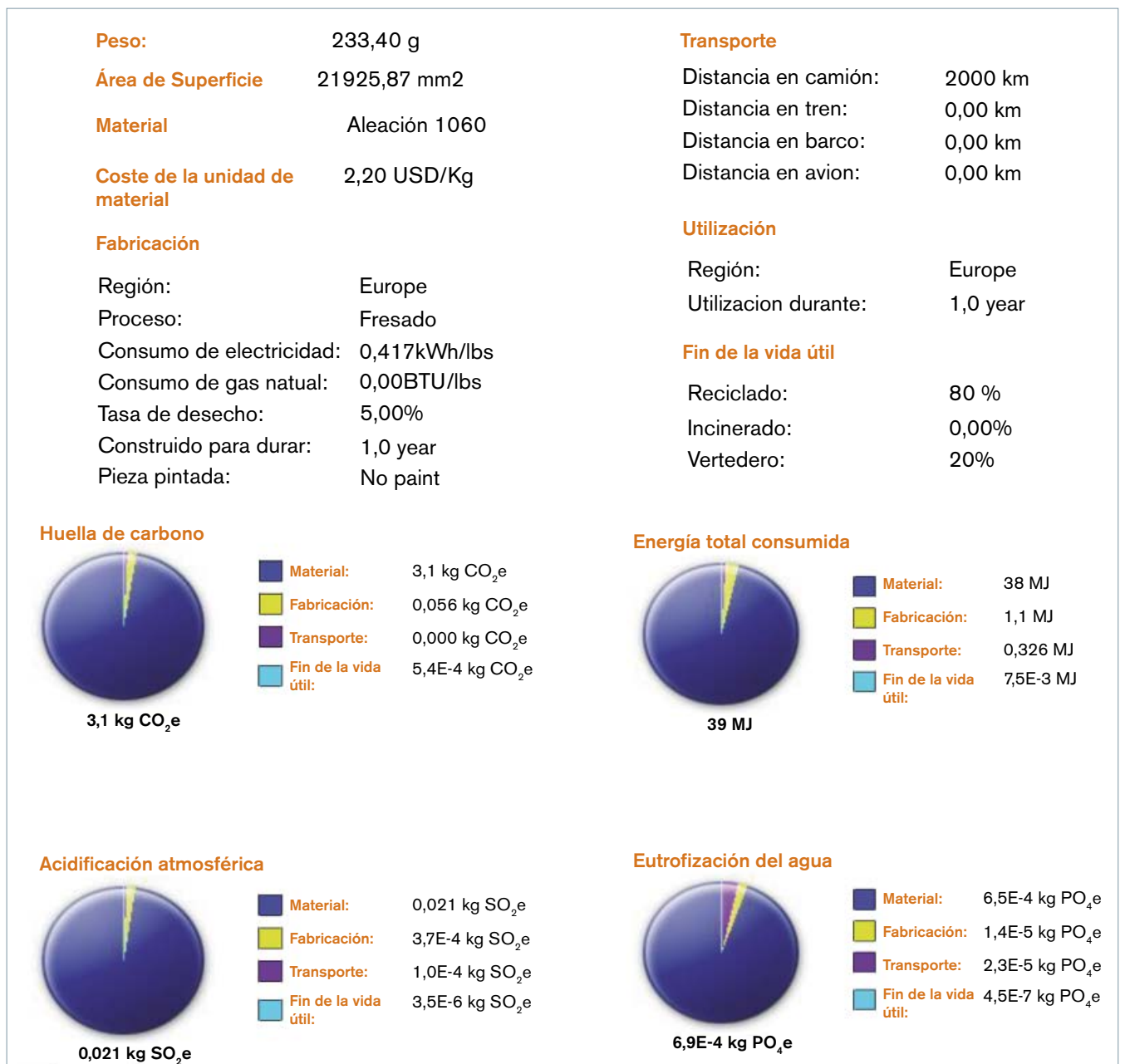


Figura 13. Análisis de impacto ambiental en la fabricación (SolidWorks).



Figura 14. Renderizado de pie de biela con Keyshot en MMC.

- Región de fabricación: determina los recursos energéticos y las tecnologías utilizadas en la creación de materiales y las etapas de fabricación del ciclo de vida del producto.
- Región de utilización: determina los recursos energéticos consumidos durante la fase de utilización del producto, si procede, y el destino del producto al alcanzar el final de su vida útil. Junto con la región de fabricación, esta región también se utiliza para calcular los impactos medioambientales asociados con el transporte del producto desde su lugar de fabricación al de utilización.

**Verificación del producto terminado**

El control de calidad del producto terminado es la fase final y en algunas ocasiones la más crítica del proceso de fabricación, ya que resulta el proceso con más minuciosidad y atención a los detalles. El resultado de su visto bueno es la entrega del producto al cliente confirmando que su producto reúne todas las características para las que ha sido planificado.

En control dimensional y geométrico las tecnologías más potentes y que más abundan en la industria para una verificación de gran calidad son:

- Máquinas de medición por coordenadas (MMC) (Fig. 14).
- Ingeniería inversa.

**Conclusiones**

Las tecnologías de fabricación están viviendo una transformación sin precedentes con sofisticados sistemas de *software*, sensores por todas partes, potentes procesadores, novedosas tecnologías de telecomunicación, etc. Nuestra forma de vivir ha dado un

Competencias técnicas antes del curso y el AOP	Competencias técnicas después del curso y el AOP
Diseño CAD en 2D	Diseño CAD en 2D y 3D
Documentación técnica básica	Documentación técnica dinámica
Programación CNC básica	Programación CNC avanzada
	Fabricación aditiva y CAM
	Simulación 3D
	Análisis CAE
	Realidad aumentada
	Estudio de sostenibilidad

Tabla 2. Balance del aprendizaje de competencias técnicas.

salto cualitativo, todo está conectado, personas, datos, máquinas y ahora ese salto lo ha dado la industria. Este nuevo concepto implica novedosas formas de fabricar y hacer llegar lo que fabricamos, una nueva idea de comunicación global con nuevos profesionales especializados en:

- *Big data*.
- Ciberseguridad.
- Realidad aumentada y realidad virtual.
- Simulación 3D.
- Robótica autónoma.
- *Cloud computing*.
- “El internet de las cosas”.
- Fabricación aditiva.

Después de dos años cursando PPFM, y gracias al PFE, se ha conseguido una notable mejora en competencias técnicas, pero sobre todo destaca el aprendizaje y la aplicación de nuevas especialidades anteriormente mencionadas que, sin duda, marcarán el futuro de la industria conectada 4.0. (Tabla 2).

Al comparar el presente proyecto con otro similar (motor de gasolina v8) realizado en el mismo periodo en una universidad de Madrid, utilizando todas las metodologías didácticas activas, en cuanto a planificación, evalua-

ciones por parte del equipo de trabajo, tutor, la mejora de tiempos conseguida ha sido aproximadamente del 30%, y ha dado tiempo a escribir el presente artículo, realizar animaciones y llevar el proyecto a la realidad aumentada.

**Referencias**

Davies, R. (2015). Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth. Briefing September 2015. European Parliamentary Research Service, PE 568.337.

Fielding, E. A., et al. (2014). Product lifecycle management in design and engineering education: International perspectives. *Concurrent Engineering*, 22(2), p. 123-134.

Heras, E. S., Alonso, J. M. G., Blaya, F., D'Amato, R., & Islán, M. E. Metodologías Didácticas utilizadas en Diseño Industrial para la consecución de las Competencias marcadas y su inserción profesional. 13º Congreso Ibero-americano de Engenharia Mecânica. Lisboa, Portugal, 23-26 de Octubre de 2017.

Rajala, S. A. (2012). Beyond 2020: Preparing engineers for the future. *Proceedings of the IEEE*, 100 (Special Centennial Issue), 1376-1383.

Rios, J., et al. (2015) Product avatar as digital counterpart of a physical individual product: literature review and implications in an aircraft, En: 22nd ISPE Intl. Conf. on CE, 2, 657-666.

Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, A. R., & Prote, J. P. (2014). Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0. *Procedia CIRP*, 19, 51-56.

*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.

# Estado del arte de la ingeniería en fiabilidad

## *State of the art of the engineering in reliability*

Ramiro Álvarez Santos<sup>1</sup>

### Resumen

En ingeniería de producto es necesario saber “cómo se hace y funciona”, pero no es suficiente, ya que, además, hay que resolver “cómo” (causas, mecanismos de fallo), “cuándo” (tiempo, ciclos, Km.), y “cuánto” falla (tasa de fallo) lo que se hace, es decir, su fiabilidad.

El objetivo de este artículo, destinado a las autoridades académicas, profesionales, decanos de los colegios profesionales, docentes y futuros discentes como orientación universitaria, y empresarios de los diferentes sectores industriales, es el de reflejar el “estado del arte de la ingeniería de fiabilidad”, para evidenciar el vacío formativo que actualmente existe en nuestro sistema universitario, en el que no se han incluido titulaciones de grado, máster, o doctor en esta ingeniería. Actualmente hay titulaciones obsoletas que han superado la “fase de envejecimiento del ciclo de vida” y, sin embargo, otras, como la citada, no han iniciado el “periodo infantil”, lo cual supone un desfase de más de cuarenta años respecto a otros sistemas universitarios, como el de EEUU. Para corregir este vacío se propone la implantación de un plan de estudios. Acrónimos: Tiempo Medio Entre Fallos (TME), tasa de fallos (T), Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC).

### Palabras clave

Fiabilidad, tasas de fallos, ingeniería en fiabilidad, confiabilidad.

### Abstract

*In product engineering it is necessary to know, “how it is done and it works”, but it is not enough since, in addition, it is necessary to solve “as” (causes, failure mechanisms), “when” (time, cycles, Km, ... ) and “how much” fails (failure rate) what is done, that is, its reliability.*

*The objective of this article, aimed at academic authorities, professionals, teachers and students, and future students as a university orientation, entrepreneurs of different industrial sectors, deans of the professional associations, is to reflect the “state of the art of reliability engineering” for highlighting the training gap that currently exists in our university system in which degree, master, doctor degrees have not been included in this engineering. Currently there are obsolete degrees that have passed the “wearout phase of the life cycle” and, however, others, such as the one mentioned, have not started the “early life period”, which implies a lag of more than forty years compared to other university systems, like the one in the USA. To correct this gap, the implementation of a curriculum is proposed. Acronyms: Mean Time Between Failure (MTBF), Failure rate (FR), Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS), European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC).*

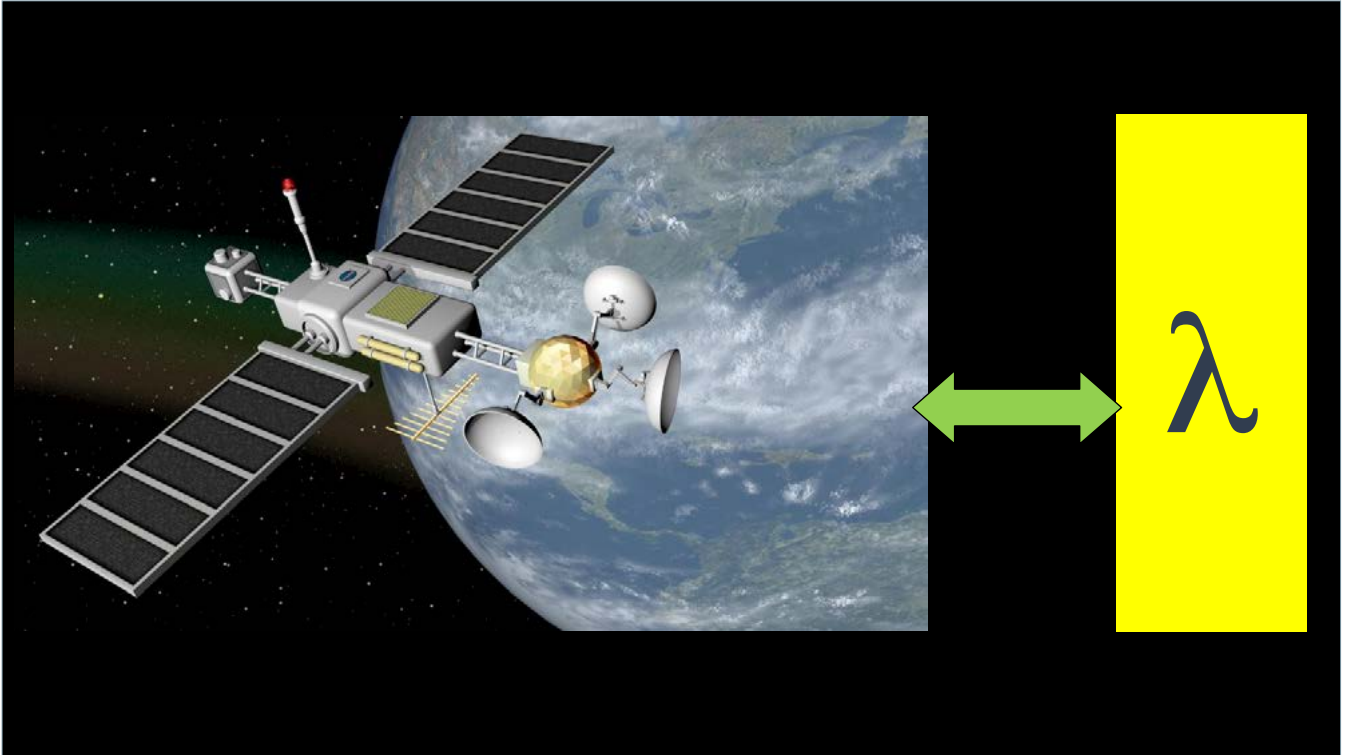
### Keywords

*Reliability, failure rate, reliability engineering, State Of the Art Reliability Engineering (SOARE).*

Recibido / received: 12/02/2019. Aceptado / accepted: 09/06/2019.

<sup>1</sup>Ph D Ramiro Álvarez Santos. Catedrático de Tecnología Electrónica de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Director y profesor de los cursos postgrado “Fiabilidad para la ingeniería electrónica” (UPM), Member of the Society of Reliability Engineers -SRE-(AZ)-USA. Académico de Ciencias, Bellas Artes y Letras de la Nacional de Francia.

Autor para correspondencia: Ramiro Álvarez Santos. E-mail: ramiro.alvarez@upm.es



### Introducción

La ingeniería de fiabilidad, muy implantada en las universidades y los sectores académicos de investigación e industriales mundiales, como el de USA, donde desde hace más de 50 años ofertan los tres niveles de formación académica, bachelor (grado), máster y doctor, y con una gran actividad en I+D+i, congresos como RAMS y jornadas, resultando una producción científica y herramientas software de aplicaciones para resolver la fiabilidad de los diversos sectores industriales. En España, su implantación es minoritaria en los sectores mencionados, aunque, a pesar de ello, existen algunos grupos de actividad en esta ingeniería, autodidactas o formados fuera, y ya se han hecho varias tesis doctorales sobre fiabilidad en algunas universidades, como la UPM \_ ETSIST. En el resto del mundo (Europa y Asia) no todas las universidades incluyen estas titulaciones, y solo ofertan algunas asignaturas transversales con la presencia de algunos grupos excelentes de trabajo e investigación. Para calificar este “vacío formativo actual”, en nuestro entorno académico e industrial, los receptores de este trabajo pueden plantear un auto-test mediante el siguiente listado de cuestiones:

¿Qué es la fiabilidad?

- ¿Qué es la confiabilidad?
- ¿Qué significa el acrónimo RAMS?
- ¿Cómo se valora y se mide?
- ¿Cómo se determina?
- ¿Cómo se especifica?
- ¿Qué tareas de confiabilidad hay que resolver?
- ¿Metodología?
- ¿Cuánto cuesta?
- ¿Resuelve las garantías y el dimensionado de los stocks de repuestos?
- ¿Dónde se investiga y enseña?
- ¿Perfil profesional e inserción laboral de la ingeniería RAMS?
- ¿Cómo se gestiona?
- ¿Futuro de la ingeniería en fiabilidad?

Las respuestas se irán desarrollando en este artículo, donde se podrán encontrar las respuestas sí/no a las cuestiones planteadas, aplicando los criterios de valoración:

- 0% respuestas: Nivel 1. Ausencia de conocimientos.
- 50% de respuestas: Nivel 2, básico, insuficiente.
- 100% de respuestas: Nivel 3, suficiente.

### Desarrollo histórico de la fiabilidad

La Fiabilidad comienza con el “Big-Bang” (Gran Explosión) hace  $13,73 \pm 0,12$  GAños de 8.000 h. Aunque des-

conocida, ya existía. Para el sistema cíclico “Universo” se puede deducir una tasa de fallos  $FR_{(t=13,73 \text{ GA})} \approx e^{-23} \text{ f/h.}$ , del ciclo de vida del universo (cvu), para  $R_{13,73 \text{ GA}} = 0,999999999$

La “fiabilidad” ya existía antes de ser utilizada, como los exoplanetas que existen pero aún no se han descubierto. El hacha de mano de sílex u “obsidiana” del Paleolítico Inferior, tenía una  $R \approx 1$ , es decir, éxito seguro, sin fallo, si se utilizaba adecuadamente (hoy decimos según especificaciones de empleo). Desde los años 20 hasta los 2.000, el desarrollo histórico de la fiabilidad se puede caracterizar por tres etapas:

- 1ª Etapa (valoración del defecto): Calidad (Quality)
- 2ª Etapa (valoración del fallo): Fiabilidad (Reliability). Las tasas de fallo FR (Failure Rate FR) en %, luego en fpmu – fallos por mil unidades)
- 3ª Etapa: Confiabilidad (Dependability) o RAMS. Las tasas de fallo en ppm o en “fits” (fallos por mil millones de unidades de tiempo, ciclos, Km.)

### Definiciones y terminología de la fiabilidad y confiabilidad (RAMS)

RAMS o Dependability (Confiabilidad) es el acrónimo de Reliability (Fia-

bilidad), Availability (Disponibilidad), Maintainability (Mantenibilidad) y Safety (Seguridad)

*Fiabilité*: Vocablo admitido por la Academia de Ciencias de Francia.

*Reliability*: Vocablo admitido por la lengua inglesa.

Saber confiabilidad permite juzgar, no sólo cómo se hace el producto, sino también cuánto, cuándo y por qué falla lo que se hace en función de una variable temporal, así como su viabilidad técnica y económica.

La fiabilidad es la R de RAMS. Definida como la probabilidad R (t) de que el producto (dispositivos, subsistemas y sistemas) cumplan las funciones para las que fueron diseñados, bajo especificaciones dadas de tipo electrónico, mecatrónico, ambiental, durante un tiempo dado o unidad equivalente (Km., millas, número de ciclos funcionales, radiación nuclear, espacio, tierra, etc.). Esta definición no se debe confundir con la de calidad, mantenimiento o conservación de la calidad, tampoco como el grado de conformidad con las especificaciones, sin la dimensión temporal. Un producto de mala calidad puede resultar fiable si cumple con la definición de fiabilidad.

La ingeniería en fiabilidad se puede considerar como una técnica que incluye desde las etapas I+D+i de un producto, todos los parámetros que “aseguren” el cumplimiento de las especificaciones RAMS demandadas. Lo anterior se puede extrapolar a todos los sectores EEE (Electrónico, Eléctrico, Electromecánico).

### Función distribución de Fiabilidad

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$$

$$R(t)_{\lambda=Cte.} = e^{-\lambda \cdot t} \quad (1)$$

$\lambda(t)$ : Función densidad de la Tasa de fallos/ch; t: tiempo (h); R (t): función distribución de fiabilidad

$$\lambda(t) = -\frac{1}{R(t)} \cdot \frac{dR(t)}{dt} = -\frac{N_0}{N_s(t)} \cdot \frac{dN_f(t)}{dt} \quad (2)$$

$\lambda(t)$ : tasa de fallos instantánea;  $N_0$ : población inicial;  $N_s(t)$ : unidades sin fallo en el instante t;  $N_f(t)$ : fallos en t.

Disponibilidad (Availability) de producto, A (t). Es la A del acrónimo RAMS definida como la capacidad del producto de estar en condiciones de

funcionamiento cuando se le requiere. Función distribución:

$$A(t) = M(t) \cdot Q(t) + R(t) \quad (3)$$

$A(t)$ : Función distribución de disponibilidad;  $M(t)$ : Función distribución de mantenibilidad;  $Q(t)$ : Defiabilidad  $1-R(t)$ ;  $R(t)$ : Función distribución de fiabilidad

En régimen estacionario ( $t \rightarrow \infty$ ):

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (4)$$

$MTTR$  (tiempo medio entre reparaciones);  $MTBF$ : Tiempo medio entre fallos

La Mantenibilidad (Maintainability) de producto, M(t), es la M de RAMS, definida como la capacidad para ser puesto en estado de funcionamiento, tras un fallo, mediante una acción de algún tipo de mantenimiento preventivo o correctivo. Función de distribución para sistemas reparables (en sistema son reparables  $\mu=0$ ):

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (5)$$

$M(t)$ : Función distribución de mantenibilidad;  $\mu$ : Tasa de reparación =  $1/MTTR$ ;  $MTTR$  (tiempo medio entre reparaciones)

La Seguridad, es la S de RAMS. Representa las condiciones que no puedan causar muerte, lesión, enfermedad profesional, o daños al equipo o propiedad, o dañar el ambiente.

El análisis de S se hace de acuerdo con las diferentes tareas de las normas como la MIL-STD-882 y otras CENELEC.

Mediante el análisis de seguridad se determina y demuestra el cumplimiento de los niveles SIL (Safety Integrity Level) vs THR Tolerable Hazard Rate) para personas e instalaciones, índice de peligros por azar tolerable (Tolerable Hazard Rate) en función de las tasas de fallo.

### Especificaciones de la fiabilidad

Especificar: Indicar con precisión y rigor técnico aspectos, características técnicas de producto.

- En general, se piden o especifican los valores de la tasas de fallos l tiempo medio entre fallos, MTBF, tiempo medio hasta el fallo MTTR, ciclo de Vida (CV),

etc.,

- Se suelen pedir unos análisis modales de fallos FMEA, FMCA, peor caso (Worst Case), etc.
- Se pueden aplicar los métodos de predicción por “parts count”, históricos, tablas de datos, normas, etc. Para análisis más completos se aplica el método “part stress”.
- Garantías, dimensionado del stock de repuestos (SR), seguridad (Safety).
- Puede fijarse la fiabilidad de cada componente y la total del sistema a contratar para periodos determinados, definiendo los fallos, con “incentivos” para esta fiabilidad.
- Una variante consiste en concretar una “fiabilidad garantizada R”, de forma que no sólo se garantiza cada producto, sino la tasa de fallos total del suministro, o de sus lotes de componentes, aplicando “penalizaciones” si se superan los fallos, o si no se cumplen los pedidos para los parámetros MTBF, MTTF, MTTR, etc., se aplican “premios” cuando se cumplen las condiciones requeridas y “penalizaciones” en caso contrario. Lo dicho para la R es aplicable a la disponibilidad A, mantenibilidad M y seguridad S., especificando el cumplimiento de los niveles SIL (Safety Integrity Level) de CENELEC o los equivalentes de otras normas y organismos nacionales e internacionales.
- Para el sector espacial se especifican valores muy exigentes de la fiabilidad del orden de 0,99999999/1, y un ciclo de vida útil de 7 años. El sector transportes, FFCC-AVE, etc., se especifica una media de kilómetros entre fallos o MKBF = 1.200.00 Km, tasa de fallos de 833 fits, disponibilidad de 0,9999999881/1, y un tiempo medio entre reparaciones de valor MTTR = 1,5 h., SIL: 3 – 4. Para cercanías: MKBF = 500.000 Km.,  $\lambda = 2.000$  fits, disponibilidad del 97%, y MTTR = 3 h. Para el sector automoción: MTBF =  $10^6$  h., A = 99%; periodo de garantía = 10 o más años, según fabricante y modelo.

### Tareas a resolver por la ingeniería en fiabilidad

1. Predicción de la tasas de fallos y fiabilidad.
2. Predicción de la Mantenibilidad (Maintainability Prediction).
3. Análisis de esfuerzos-resistencia.
4. Análisis modal de fallos.
5. Análisis de seguridad.
6. Análisis del peor caso.
7. Análisis térmico.
8. Análisis por árbol de fallos.
9. Testabilidad.
10. Garantías, dimensionado del stock de repuestos.
11. Otras.

### Metodología

- Conocer cómo se hace y cómo funciona el producto.
- Definición de los “fallos” (modos, causas y mecanismos de fallos).
- Métodos para resolver la fiabilidad:
- Cálculo asistido por SW específico, con herramientas SW a medida.
- Predicción o previsión **asistida o no asistida por SW**.
- Análisis modal de fallos (AMFE/AMFEC).
- Ensayos de larga duración o acelerados con mayores sollicitaciones con un factor de aceleración que no supere un valor estimado.
- Análisis de fallos DPAS (Destructive Physical Analysis), para determinar los modos, mecanismos y causas de fallo.
- Physical of Failure (PoF) para modelar los procesos, ambientes y estrés de los componentes y sistemas Eléctricos, Electrónicos y Electromecánicos (EEE).

### Componentes de costos de la fiabilidad

A través de todas las fases de elaboración de un producto nuevo, la fiabilidad juega un papel de primer orden. La ausencia de materiales y componentes apropiados puede cambiar un buen diseño por un fracaso.

Otra característica importante de los nuevos productos es su aptitud al mantenimiento, pues la fiabilidad con la anterior aseguran lo que se llama “optimización económica para el cumplimiento de una función dada”.

En general, para cada proyecto, se busca el mejor compromiso fiabilidad-coste. Habitualmente, los trabajos de fiabilidad representan entre el 1 y el 10% del costo total de I+D+i, y el 5% se toma como valor estándar; estas cifras aumentan con el número de componentes y la magnitud de las consecuencias derivadas de un fallo.

Con los modelos de Duane se calculan los componentes de costo de la fiabilidad en función de los del Coste del Ciclo de Vida del producto (CCV).

$$\frac{\theta_i}{\theta_0} = 1 + \left(\frac{\theta_{op}}{\theta_0} - 1\right) \cdot \left(\frac{C_i}{C_{op}}\right)^{0,5} \quad (6)$$

$\theta_i$ : MTBF con programa de fiabilidad de coste  $C_i$  en % de I+D+i;  $\theta_0$ : MTBF sin programa de fiabilidad;  $C_{op}$ : Coste del programa de fiabilidad óptimo ( $\theta_{op} = 10\theta_0 = 11\%C_{(I+D+i)}$ )

Costes sin programa de fiabilidad

Costes de investigación y desarrollo tecnológico

- (I+D+i)<sub>0</sub> = 0,076 CCV<sub>s</sub>

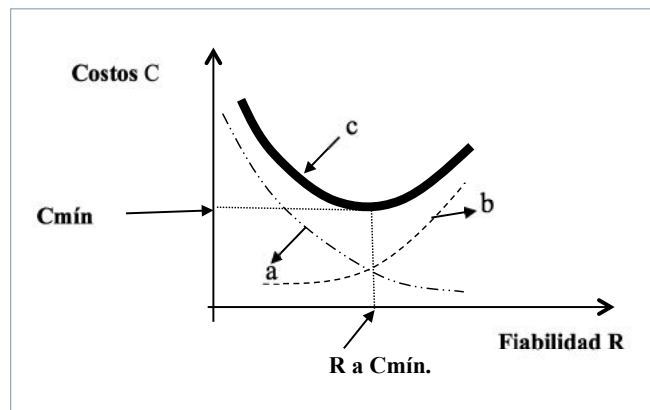


Fig. 1: Fiabilidad a mínimo coste. (a): Costo de primera inversión; (b): Costos de explotación; (c): Costo total

- Costes de producción:  $(CP)_0 = 0,306 \text{ CCV}_s$
  - Costes del Stock de repuestos:  $(SR)_0 = 0,258 \text{ CCV}_s$
  - Costes de mantenimiento:  $(CM)_s = 1,626 \text{ CCV}_s$
  - Costes no sensibles a la fiabilidad:  $(CF)_0 = 0,34 \text{ CCV}_s$
- Costes con programa de fiabilidad para el programa estándar 5% CCV<sub>s</sub>
- Costes de investigación y desarrollo  $(I+D+i)_s = 0,08 \text{ CCV}_s$
  - Costes del programa = 5% (I+D+i)
  - Costes de producción = 28% CCV<sub>s</sub>
  - Costes del stock de repuestos = 7,07% CCV<sub>s</sub>
  - Costes de elementos no sensibles a la fiabilidad:  $(CF)_s = 0,34 \text{ CCV}_s$

Costes con programa de fiabilidad con el 5% del programa estándar del CCV<sub>s</sub>

Costes de investigación y desarrollo tecnológico e innovación: (I+DT+i) + 5% del programa de fiabilidad (pF);

- $(I+DT+i)_s = 0,08 \text{ CCV}_s$
- Costes de producción:  $(CP)_s = 0,28 \text{ CCV}_s$
- Costes del Stock de repuestos:  $(SR)_s = 0,07 \text{ CCV}_s$
- Costes de mantenimiento:  $(CM)_s = 0,23 \text{ CCV}_s$
- Costes de elementos no sensibles a la fiabilidad:  $(CF)_s = 0,34 \text{ CCV}_s$
- Coste de I+D+i

$$(I + D + i)_{x=1,2,3\dots} = (I + D + i)_0 \left(1 + \frac{x}{100}\right) = 0,076 \left(1 + \frac{x}{100}\right) (CCV)_s \quad (7)$$

- Coste de producción (CP)

$$(CP)_{x=1,2,3\dots} = (CP)_s \left[1 + 0,03 \left(\frac{\theta_s}{\theta_x} - 1\right)\right] \left[\left(1 + 0,08 \left(\frac{\theta_x}{\theta_s}\right)^{1,5}\right) - 1\right]; (CP)_s = (CP)_{5\%} = 0,28 \text{ CCV}_s \quad (8)$$

- Coste del stock de repuestos (SR)

$$(SR)_x = (SR)_s \cdot \left(\frac{\theta_s}{\theta_x}\right)^{\frac{1}{1,5}}; (SR)_s = (SR)_{5\%} = 0,07 \text{ CCV}_s \quad (9)$$

- Coste del stock de mantenimiento (CM)

$$(CM)_{x=1,2,3\dots} = (CM)_s \left(\frac{\theta_s}{\theta_x}\right); (CM)_s = (CM)_{5\%} = 0,23 \text{ CCV}_s \quad (10)$$



Cálculo de los elementos de coste de la fiabilidad en función de la inversión Cx del de I+D+i para el CC V								
Inversión Cx (%) (I+D+i)	Modelos (6) a (10) de Duane de los elementos de coste en % CCVs							Calificación Resultado
	(6) $\theta_x / \theta_0$	(7) I+D+i	(8) CP	(9) SR	(10) CM	E. no s. CF	CCV en % $CCV_{s,s(6) a CF=}$	
0	1	7,6	30,6	25,8	162,6	34	260,60	Peor
1	3,71	7,7	26,5	10,7	43,8	34	122,70	
2	4,84	7,8	27,4	9,0	33,6	34	111,80	
5	7,07	8,0	28	7,0	23,0	34	100,00	Estándar
7	8,18	8,2	28,4	6,4	19,9	34	96,9	
11	10,0	8,5	29,3	5,5	16,3	34	93,6	Óptimo

Tabla 1: Cálculo de los elementos de coste de la fiabilidad en función de la inversión Cx del de I+D+i para el CC V

En la tabla 1 se incluyen los resultados de los elementos de costes para varios valores de inversión aplicados (x % de I+D+i) del programa de fiabilidad.

El análisis del CCV demuestra las ventajas de su implantación. Se pueden citar los siguientes ejemplos:

- Una fábrica de semiconductores tomó la decisión de invertir 8 M€ para mejorar la fiabilidad de 800 tipos, logrando pasar de 1 fallo/2.500 h. a 1 fallo/25.000 h.
- Una empresa aeronáutica invirtió 1,5 M€ en la mejora de la fiabilidad de un determinado modelo de avión y, como resultado, ahorró 40 M€.

Se puede concluir que la inversión en fiabilidad mejora la imagen empresarial, vende y proporciona seguridad técnica y jurídica.

### Dimensionado del stock de repuestos

El Proceso o funciones densidad y distribución de Poisson se usa para el cálculo del número de repuestos r que se han de tener en "stock" para cubrir los fallos en un periodo de tiempo determinado. La función densidad o probabilidad p(r) de j fallos en un tiempo T viene dada por la función densidad de Poisson:

$$p(r) = \frac{(\lambda T)^j}{j!} e^{-\lambda T} \tag{11}$$

Función distribución de Poisson P(r):

$$P(r) \leq \sum_{j=0}^r \frac{(\lambda T)^j}{j!} e^{-\lambda T} \tag{12}$$

*j: nº de fallos durante el tiempo acumulado T; r: nº de repuestos; T = N.t: tiempo acumulado; N: cantidad de unidades; λ: tasa de fallos en fpmh o en f/c.h.; Pr: función distribución o probabilidad de que fallen de 0 a r unidades (de tener repuestos); Stock Out Risk (SOR): probabilidad de no tener repuestos = 1-P(r)*

### Investigación/titulaciones consultadas

Titulaciones encuestadas por el autor y otros profesores (Fig. 2), ver referencias bibliográficas, sobre las actividades de docencia e I+D+i en España, como consecuencia de no incluir en los planes de estudio esta formación. Se pueden considerar como residuales en comparación con las desarrolladas en USA y otras naciones de la Comunidad Europea.

### Formación en fiabilidad recibida

Los resultados de la encuesta, sobre la formación recibida, en los tres niveles académicos de grado, máster y doctorado, se indican en la Fig. 3.

### Perfil profesional e inserción laboral

- Maestría en tecnologías EEE (electrical, electronic and electromechanical) y procesos de producto (como se hace y funciona el producto). Ejemplo: Ingeniero en Electrónica-opción fiabilidad.
- Conocimiento básico de las funciones estadísticas.
- Saber relacionarlas y aplicarlas al caso.
- Conocimiento de componentes y dispositivos, como "partes" de un equipo.

- Conocimiento para resolver los sistemas resultantes de la fiabilización (serie, paralelo, mixtos, etc.).
- Conocimientos de informática a nivel de usuario de las herramientas SW para resolver las tareas de fiabilidad.
- Saber formular la confiabilidad.
- Conocer la metodología para hacer y mejorar la fiabilidad.
- Conocer las técnicas de análisis de fallos en laboratorio.
- Buen nivel de inglés.

En la Fig. 4 se pueden ver los resultados de la encuesta sobre la demanda, a corto y medio plazo, de titulados en ingeniería en Fiabilidad.

### Calificación del perfil demandado

Cualificación requerida del perfil profesional de ingeniería en fiabilidad especificado por los diferentes sectores industriales. (Valoración de 1 a 10 /10 p.)

### Gestión de la fiabilidad

La gestión de la confiabilidad incluye las siguientes tareas:

- Contratos
- Implantar su organización
- Establecer y valorar las especificaciones
- Establecer los análisis RAMS a realizar
- Establecer un programa de fiabilidad
- Establecer su control
- Evaluar costes CCV

### El futuro en España de la ingeniería en fiabilidad

El futuro inmediato de la ingeniería en fiabilidad se puede calificar como "muy

Caso de estudio. Cálculo del stock de repuestos para el caso de 200 equipos electrónicos con 11 PBAs (Printed Board Assemblies)/equipo												
PBAs	Descripción	$\lambda_i$ (fpmh)	T(h)	R(t)	Q(t)	R	Ni	Ti(h)	$\lambda_i \times Ti$	P(r) (%)	SOR (%)	
1	Bus board	2,98	8.000	0,976441929	0,023558071	5	200	1.600.000	4,77	65,66	34,34	
2	Power display Board	1,884		0,985041014	0,014958986	3			3,01	64,40	35,60	
3	Board	7,204		0,943997275	0,056002725	12			11,53	63,00	37,00	
4	Audio transf. Mod.	1,361		0,989171106	0,01082894	3			2,18	82,37	17,63	
5	Audio Power Ampl Board	2,311		0,981681855	0,018318145	4			3,70	68,77	31,23	
6	Power Amplifier Board	2,28		0,981925342	0,018074658	4			3,65	69,72	30,28	
7	Control SMD Board	4,183		0,967089725	0,032910275	7			6,69	64,44	35,56	
8	Control Board	0,5552		0,995568249	0,004431751	1			0,89	77,68	22,32	
9	Previo Audio SMD Board	0,6015		0,995199559	0,004800441	1			0,96	74,96	25,04	
10	Control Board	11,57		0,911594514	0,088405486	18			18,51	51,44	48,56	
11	Speaker	0,2095		0,998325404	0,001674596	1			0,34	95,49	4,51	
Totales		$\sum \lambda_i = 35,1392$		$\prod R_i = 982,096412$	--	$\sum r = 59$		--	--	--		

Tabla 2: Resultados del caso de estudio

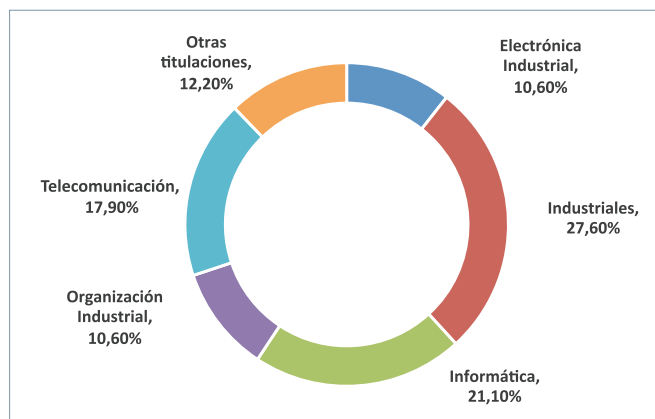


Fig. 2: Titulaciones consultadas

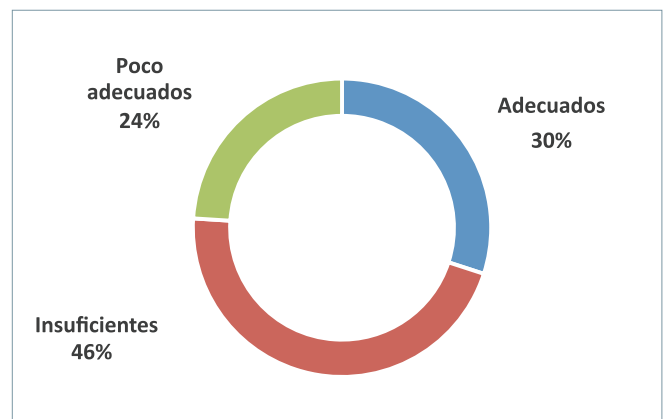


Fig. 3: Calificación por los egresados de la formación recibida

optimista”. Superadas las épocas en las que se aplicaba solo a sectores profesionales como el espacial, aeronáutico, militar y médico, la tendencia de ser aplicada a sectores “gran público” es cada vez mayor, lo que implica una demanda creciente de titulados en esta ingeniería.

**Propuesta de un plan de estudios**

Lo expuesto hasta aquí debe resultar suficiente para motivar el conocimiento de la fiabilidad y para implantar un plan de estudios. Para corregir el vacío formativo actual de nuestros futuros titulados y, en consecuencia, poder cumplir con el perfil de la Fig.5, se propone un plan para los tres niveles académicos de grado, máster habilitante,

y doctor ingeniero en fiabilidad. Para ello se deberán cursar y superar las evaluaciones de las asignaturas básicas generales, las específicas de las diferentes ramas de electrónica, electricidad, mecatrónica, telecomunicación, informática, aeronáuticos y espacio, etc., y las de especialización de la tabla 5, así como los ciclos de investigación y tesis sobre fiabilidad para el doctorado.

**Conclusiones**

- Se ha dado respuesta al listado de cuestiones planteadas y reflejado el SOARE en el mundo, y en España, en particular.
- Existe un desfase formativo importante de nuestros titulados en

ingeniería de fiabilidad, respecto a otros sistemas universitarios y, por tanto, de las habilidades y destrezas para poder resolver las tareas de fiabilidad, y viabilidad de producto.

- Como consecuencia, los sectores industriales y administrativos españoles tienen grandes dificultades para encontrar estos profesionales con perfil adecuado para poder resolver la fiabilidad y viabilidad de sus productos.
- Las figuras 3 y 4, resultantes de la explotación de datos de una encuesta realizada por el autor, entre otros, demuestran la casi nula actividad formativa de los tres ni-

Formación en ingeniería de fiabilidad en España			
Universidades/Congresos	Fechas de inicio/final	Formación ofertada	Observaciones
Politécnica de Madrid (UPM), ETSIST	1.985/2.008	Asignaturas optativas y de libre elección: Fiabilidad básica, Ampliación de fiabilidad Postgrado: Cursos de formación continua de "Fiabilidad para la ingeniería electrónica" Investigación en Fiabilidad Laboratorios de ensayos de fiabilidad.	Se han impartido cursos postgrado sobre ingeniería en fiabilidad. Se han presentado varias tesis doctorales
Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), ETSI Telecomunicación	1.980/2.010	Asignaturas optativas y de libre elección sobre Fiabilidad Cursos postgrado: Ingeniería para la fiabilidad	
Universidad de Vigo (UV), ETSII, ETSI Telecomunicación	1.998/sigue	Asignaturas optativas y de libre elección sobre Fiabilidad de Sistemas Electrónicos	
Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), ETSII	2.007/sigue	Grupo de investigación en Fiabilidad Master en Ingeniería de Confiabilidad y Riesgo	
Universidad del País Vasco (UPV) Facultad de Ciencias y tecnología	2.010/sigue	Fiabilidad de Componentes y Sistemas Electrónicos	
Congreso anual de Calidad y Fiabilidad de la AEC	1.990/sigue	Ponencias sobre Calidad y Fiabilidad	

Tabla 3: Formación en ingeniería de fiabilidad en España

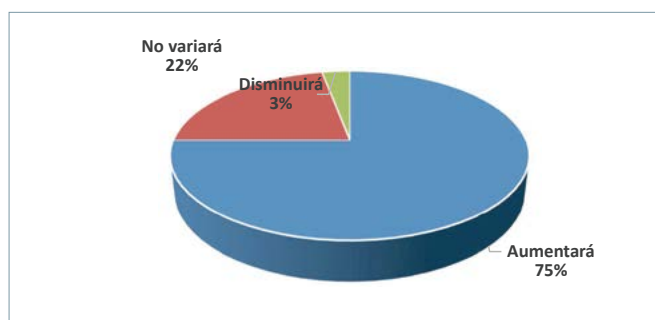


Fig. 4: Prospectiva de inserción laboral de los titulados en ingeniería en Fiabilidad en España.

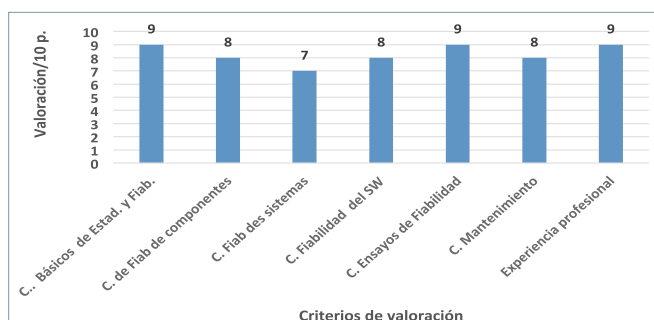


Fig. 5: Criterios de valoración del perfil profesional demandado

veles universitarios y de I+D+i en nuestro sistema universitario.

- De la comparación de las tablas 3 y 4 se deduce la urgente necesidad de implantar en los nive-

les de grado, máster y doctor, la formación en fiabilidad, si no se quiere perder el tren de esta ingeniería y, entonces, "que lo resuelvan ellos".

- Para corregir el estado actual del arte se propone un plan de estudios para obtener en los niveles de grado, máster habilitante y doctor, las respectivas titulacio-

Formación en ingeniería de fiabilidad en USA			
Algunas universidades y centros gubernamentales/Congresos	Fechas de inicio/final	Formación ofertada	Observaciones
US Air Force Institute of Technology (AFIT), Dayton, Ohio 45433 USA	1.962/sigue	Máster en ingeniería de fiabilidad	
Universito of Maryland	1.959/sigue	Niveles: Bachelor, Master, Doctor en ingeniería de fiabilidad y riesgos	
US Naval Post-Graduate School, Monterrey, California USA	1.960/sigue	Ingeniería en Fiabilidad Ingeniería en Mantenibilidad	
Red River (US Army & Texas University)	1.966/sigue	Máster en ingeniería industrial con opciones en mantenibilidad, seguridad de sistemas (Safety)	
US Army Management Engineering Training Activity (AMETA). Rock Island, Illinois	1.965/sigue	Máster en ingeniería industrial con especialización en ingeniería de fiabilidad, mantenibilidad, seguridad (Safety)	
US Army Intern Training Program & Texas University	1.960/sigue	Control de calidad, ingeniería en fiabilidad, mantenibilidad, ensayos, análisis de estrés eléctrico y mecánico	
University of Arizona. Aerospace and Mechanical Engineering Dept, Tucson, Arizona Reliability Engineering Institute	1.969/sigue	Bachelor (Grado), Master, Doctorate en ingeniería mecánica y aeroespacial (AME): opción ingeniería en fiabilidad.	
Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)	1.984/sigue	Ponencias sobre RAMS con los últimos avances de los resultados de las actividades en I+D+1i Módulos de formación	Congreso internacional de mayor nivel en RAMS

Tabla 4: Formación en ingeniería de fiabilidad en USA

nes de ingeniería en fiabilidad.

- En la tabla 5 se incluye una propuesta de bloques temáticos que, cursados y superados, proporcionarían las habilidades y destrezas necesarias, a los futuros egresados y la colación del título de Ingeniero en fiabilidad, con plena capacidad para resolver las tareas inherentes.
- Este trabajo va destinado a las autoridades académicas, docentes, discentes actuales y futuros, a modo de orientación universitaria, profesionales y empresarios de los diferentes sectores industriales y administrativos. Estos últimos deben conocer que la fiabilidad “vende y proporcio-

na seguridad técnica y jurídica”, ya que el producto que cumpla con las especificaciones de confiabilidad (RAMS) resulta fiable, disponible, mantenible y seguro.

#### Bibliografía

- Jorge Marcos Acevedo, Elisabeth Viles Díez, Blas Galván González, Sebastián Martorel Alsina, Ramiro Álvarez Santos, José Antonio Martín Martínez, Antonio José Fernández Pérez. Formación en Confiabilidad para Ingenieros. Un reto para el futuro. *Rev. Indagatio Didactica*, vol. 2(1), Julio 2010. ISSN: 1647-3582
- Kapur, K. C. (2002). The Future of Reliability Engineering as a Profession. *Proceedings of the Annual Reliability and Maintainability Symposium*, January, Seattle.
- Kececioglu, D. & Tian X. (1998). Reliability Education: A Historical Perspective. *IEEE Transactions on Reliability*, 47(3), 390-398.
- Mayers, A. W. & Kurtz S. K. (2000). Teaching Reliability Engineering to Working Engineers. 30th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. October, Kansas City.
- O'Connor, P. (1998). *Practical Reliability Engineering*. Third Edition Revised. New York: John Wiley & Sons.
- Escobar R., Luis A.; Villa D., Enrique R.; Yañez C., Sergio. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. *Confiabilidad: Historia, estado del arte y desafíos futuros*. Dyna, vol. 70, núm. 140, noviembre, 2003, pp. 5-21.
- Álvarez-Santos, R., Núñez-Mendoza, N., Jiménez-Martínez, F. J., Rubio-Cifuentes, G. y Marcos-Acevedo, J. (2003). Formación en Confiabilidad. Propuesta de un plan de estudios. *Mundo electrónico*, 346, 44-49.
- Álvarez-Santos, R., Marcos-Acevedo, J., Fernández-Gómez, S., Jiménez-Martínez, F. J. y Núñez-Mendoza, N. Formación en ingeniería de confiabilidad. Trabajo presentado en el Simposio Internacional sobre nuevos métodos y nuevos planes de estudio de ingeniería en una nueva Europa, Octubre 2004, Valladolid.

Propuesta de algunos contenidos temáticos para la formación en ingeniería de fiabilidad en los niveles de grado, máster y doctor		
Bloques temáticos	Contenidos	Descriptor
T1	Introducción a la ingeniería en Fiabilidad	Desarrollo histórico por etapas de la fiabilidad. Definiciones de fallo, fiabilidad, de fiabilidad y confiabilidad. Terminología. Metodología para resolver la fiabilidad. Definición de RAMS o confiabilidad. Perfil del ingeniero en fiabilidad.
	Estadística aplicada	Funciones estadísticas continuas y discretas aplicables a la ingeniería de fiabilidad: Normal de Gauss Laplace, Log-normal, Exponencial, Gamma, Weibull, Hipergeométrica, Binomial, Poisson, Student.
T2	Fiabilidad Técnica	Cálculo de las funciones de Tasa de fallos, Fiabilidad R, Defiabilidad Q. Parámetros característicos para especificar y cuantificar la fiabilidad. Tasa de fallos versus tiempos del ciclo de vida o curva de bañera, Tiempo Medio entre Fallos (MTBF). Especificaciones de fiabilidad y su gestión/sectores industriales. Bases, manuales de datos, históricos y normas aplicables/sectores. Predicción asistida por herramientas software. Métodos de predicción. Generación de informes de resultados.
T3	Mantenibilidad y disponibilidad	Definición de mantenibilidad M. Clases de mantenimiento. Funciones para el cálculo. Formulación Markoviana. Parámetros característicos. Tiempo medio entre reparaciones MTTR, Tasa de reparaciones $\mu$ . Tiempo medio hasta el fallo MTTF. Especificaciones/sectores. Caso de sistemas no reparables. Definición de disponibilidad A. Funciones de cálculo. Parámetros característicos. Formulación de Markoviana.
T4	Análisis modal de fallos	Bases de datos de los modos de fallo. Métodos. Normas aplicables. Análisis de modos de fallo y sus efectos (AMFE). Análisis de criticidad (AMFEC). Árbol de fallos (FTA/ETA), HAZOP. Análisis asistido por software. Valoración de resultados y acciones correctivas. Perfil del analista de fallos.
T5	Seguridad (Safety) y riesgos	Definición de la seguridad. Niveles SIL/sectores. Perfil de los analistas de seguridad y riesgos. Tareas para resolver la seguridad y riesgos de producto. Análisis PHL, PHA, OMHA, FTA, ETA, Seguridad de máquinas. Normas aplicables/sectores.
T6	Fiabilidad de sistemas	Definición de sistemas. Lenguaje simbólico. Clases de sistemas. Formulación de los sistemas de redes simples y complejas. Redes de Markov. Cálculo asistido por SW. Sistemas redundantes y su optimización. Reparto de la fiabilidad objeto. Análisis modal de fallos de los sistemas. Análisis de seguridad de los sistemas.
T7	Ensayos de fiabilidad	Objeto de los ensayos de fiabilidad. Tipos de ensayos versus ambientes de funcionamiento. Esfuerzo versus resistencia. Muestreo, estimación y confianza. Organización y gestión de los ensayos. Ensayos acelerados. Objeto. Modelos de cálculo. Factores de aceleración versus ambientes. Adquisición, explotación de datos y resultados. Laboratorio de ensayos. Instalaciones. Equipamiento.
T8	Análisis en laboratorio de los modos, mecanismos y causas de fallo	Análisis de investigación en laboratorio de los modos, causas y mecanismos de fallo de componentes y sistemas. Técnicas aplicables. Objeto y utilización de los resultados. Instalaciones necesarias. Presentación de resultados.
T9	Fiabilidad del software	Definición y terminología para la fiabilidad del software. Tareas necesarias para resolver la fiabilidad del software durante el CVSW. Fallos y errores del software. Diseño estructurado del software. Prueba del software. Fiabilidad del software versus fiabilidad del hardware. Formulación de la fiabilidad del software. Parámetros. Análisis de seguridad del software, AMFE, AMFEC, PHL, PHS, HAZOP, FTA y ETA. Niveles SIL del software.
T10	Elementos de coste de la fiabilidad	Inversión en fiabilidad, ventajas. Modelos de Duane. Aplicación a los elementos de costes de I+D+i, mantenimiento, fabricación, repuestos, no sensibles a la fiabilidad.
T11	Gestión, organización y programa de fiabilidad	Gestión y organización de la fiabilidad. Programa de fiabilidad. Contratos de fiabilidad. Gestión de activos. Normas aplicables.

Tabla 5: Propuesta de algunos contenidos temáticos para la formación en ingeniería de fiabilidad en los niveles de grado, máster y doctor.

**Sabadell**  
Professional



# PRomover:

# Te bonificamos tu cuota de colegiado.

1 / 6

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

Banco de Sabadell, S.A. se encuentra adherido al Fondo Español de Garantía de Depósitos de Entidades de Crédito. La cantidad máxima garantizada actualmente por el mencionado fondo es de 100.000 euros por depositante.

Abonarte el 10% de tu cuota de colegiado hasta un máximo de 50 euros por cuenta\*, es una manera de promover tus intereses profesionales, ¿no crees?

Si eres miembro del **COGITI- Consejo General Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos Industriales de España** y buscas promover tu trabajo, proteger tus intereses o tus valores profesionales, con **Banco Sabadell** puedes. Te beneficiarás de las soluciones financieras de un banco que trabaja en PRO de los profesionales.

**Llámanos al 900 500 170, identifícate como miembro de tu colectivo, organicemos una reunión y empecemos a trabajar.**

[sabadellprofessional.com](http://sabadellprofessional.com)

\* Abonamos el 10% de la cuota de colegiado con un máximo de 50 euros por cuenta para cuotas domiciliadas en una cuenta de la gama Expansión, para nuevos clientes de captación. La bonificación se realizará un único año para las cuotas domiciliadas durante los 12 primeros meses, contando como primer mes el de la apertura de la cuenta. El pago se realizará en cuenta el mes siguiente de los 12 primeros meses.



**Captura el código QR y  
conoce nuestra news  
'Professional Informa'**

# Aprovechamiento de las turbinas de gas para la producción de hidrógeno

## *Use of gas turbines for the production of hydrogen*

Maximino García Vigil<sup>1</sup>

### Resumen

Se pretende proponer una solución para la producción de hidrógeno de forma distribuida mediante la reutilización de los gases de escape de las turbinas de gas. La solución actual (CTCC) pasa por utilizar los gases de escape de las turbinas para calentar agua en una caldera y generar vapor para mover una turbina y producir electricidad, con lo cual en el conjunto mejora el rendimiento.

El mayor inconveniente es la falta de eficacia de este sistema para equipos de pequeño tamaño y la inercia térmica de la caldera que retrasa el funcionamiento del ciclo de vapor.

Con el sistema de generación de hidrógeno mediante termólisis, se propone un sistema que puede ser utilizado con eficacia también a pequeñas turbinas y con una inercia térmica mejor que disminuya los tiempos de arranque del conjunto del sistema.

El hidrógeno generado se reciclaría como combustible, de esta forma se mejora el rendimiento y se contribuye a la disminución de la generación de gases de efecto invernadero.

### Palabras clave

Producción distribuida, hidrógeno, turbina, termólisis.

### Abstract

*It is intended to propose a solution for the production of hydrogen in a distributed way by means of the reuse of the exhaust gases of the Gas Turbines. The current solution (CTCC) involves using the exhaust gases of the turbines to heat water in a boiler and generate steam to move a turbine and produce electricity, which in the set improves performance. The biggest drawback is the lack of efficiency of this system for small equipment and thermal inertia that delays the operation of the steam cycle.*

*With the system of generation of hydrogen through thermolysis, a system is proposed that can be used effectively also for small turbines and with a better thermal inertia that decreases the starting times of the system as a whole.*

*The hydrogen generated would be recycled as fuel, thus improving performance and contributing to the reduction of the generation of greenhouse gases.*

### Keywords

*Distributed production, hydrogen, turbine, thermolysis.*

Recibido / received: 03/03/2019. Aceptado / accepted: 09/06/2019.

<sup>1</sup> Responsable de presupuestos, Área de electricidad y control de la Empresa TSK Electrónica y Electricidad S.A.  
Maximino García Vigil. E-mail: maxi.garcia@grupotsk.com.

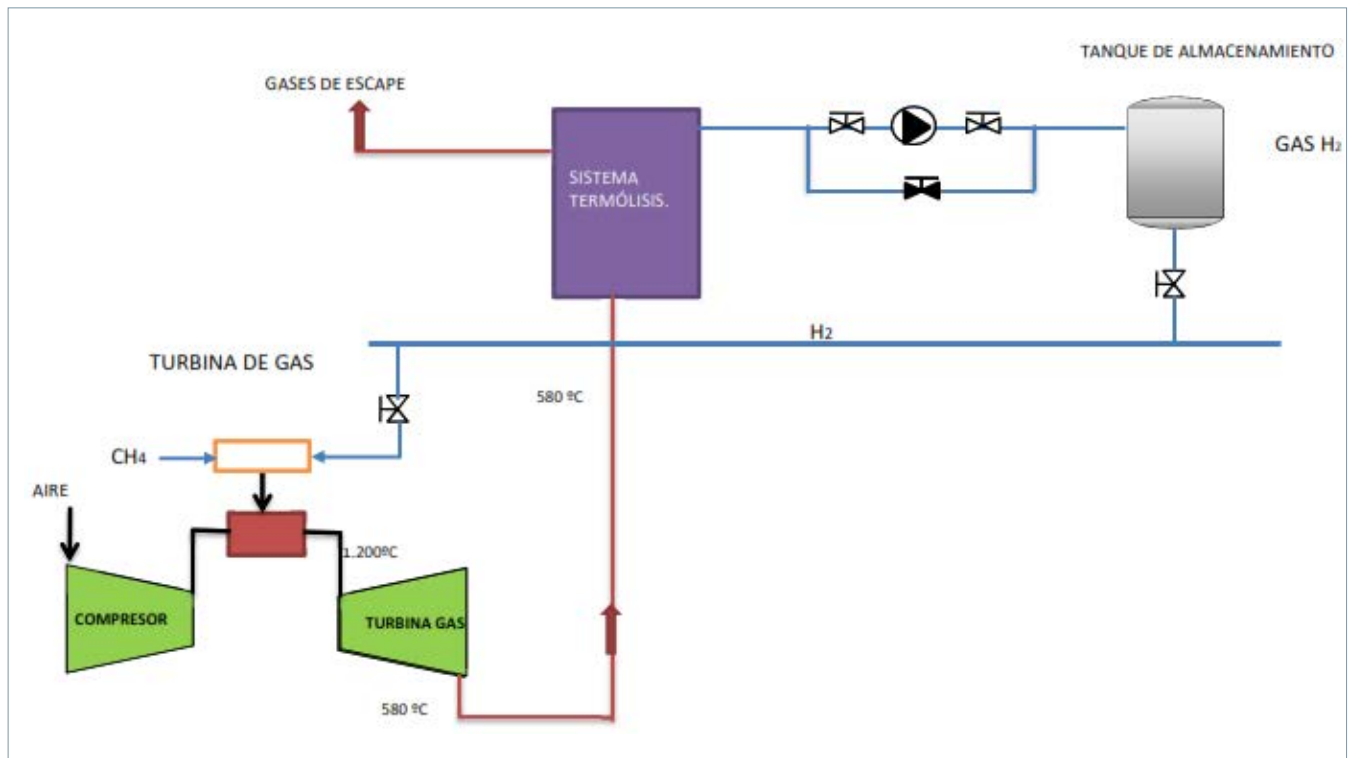


Figura I. Generación de hidrógeno mediante ciclo termoquímico de media temperatura.

### Sistemas de generación de hidrógeno mediante ciclos termoquímicos (Termólisis)

Se conocen unos 115 ciclos termoquímicos para la producción de hidrógeno; sin embargo, se tienen que tener en cuenta una serie de criterios para seleccionar el más adecuado según la necesidad económica y conocimiento del proceso etc.

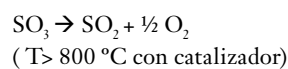
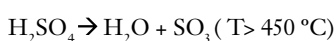
Los sistemas de producción de hidrógeno mediante sistemas termoquímicos se pueden clasificar según la temperatura. CLASE I temperaturas moderadas  $T < 1.000\text{ K}$ , CLASE II temperaturas comprendidas entre  $1.000\text{ K} \leq T \leq 2.500\text{ K}$  y los de CLASE III para temperaturas altas  $T > 2.500\text{ K}$ .

#### Ciclos termoquímicos de temperatura moderada (CLASE I)

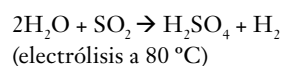
A continuación, se describen los más significativos de la CLASE I de baja temperatura.

##### Ciclo híbrido de azufre (Ciclo Westinghouse)

Consta de dos etapas, la primera es la disociación del ácido sulfúrico, y es una reacción endotérmica.



En la segunda etapa de hidrólisis es la regeneración del ácido sulfúrico, a la vez que se produce hidrógeno, y ésta es una reacción exotérmica.



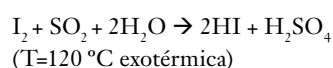
Las ventajas que presenta este ciclo es que las propiedades termodinámicas son conocidas y las reacciones secundarias son mínimas. El proceso ha sido probado a escala de laboratorio y demostrado en una planta piloto; el rendimiento es del 42%.

El inconveniente es que es un híbrido, lo cual presenta problemas asociados al proceso electroquímico y necesita un sistema eléctrico.

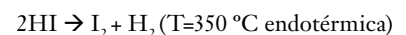
##### Ciclo yodo-azufre (General Atomic Process)

El ciclo se desarrolla en tres etapas.

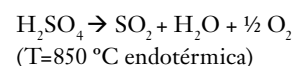
La primera etapa en fase líquida, que produce ácido sulfúrico y yoduro de hidrógeno acuoso.



La segunda etapa es la descomposición del yoduro de hidrógeno para obtener Hidrógeno.



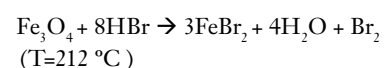
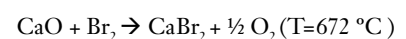
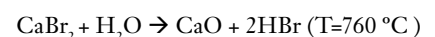
La tercera etapa consiste en la disociación del ácido sulfúrico.



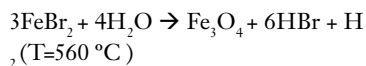
Las ventajas es que todas las etapas del proceso son en fase fluida, las propiedades termodinámicas son conocidas, es un proceso operado a escala de laboratorio y presenta un rendimiento del 38%

##### Ciclo termoquímico UT-3

Este ciclo ha sido desarrollado por Kamayama y Yoshida en la Universidad de Tokio. En este ciclo se producen las cuatro reacciones siguientes:





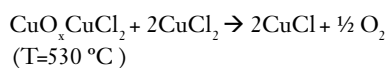
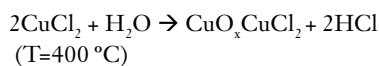
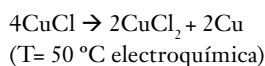


Este ciclo presenta la ventaja de estar bien estudiado y presentar un rendimiento del 43%.

**Ciclo cobre clorhídrico híbrido**

Este ciclo consta de cuatro etapas, tres reacciones térmicas en las que se genera hidrógeno, oxígeno cloruro de hidrógeno, y un paso electroquímico donde el cloruro de cobre (I) se descompone en metal y en cloruro de cobre (II); el oxígeno se produce a partir del oxicluro de cobre.

Las reacciones son las siguientes:  
 $2\text{Cu} + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{Cu} + \text{H}_2 \quad (T=450^\circ\text{C})$



La principal ventaja de este ciclo es la baja temperatura y su alta eficiencia (42%). Además, los materiales activos en el ciclo son baratos. Como desventaja, el uso de exceso de agua de hidrólisis puede ser mitigado por el funcionamiento de baja presión del reactor, lo que supone un gasto de energía. La mezcla acuosa CuCl y CuCl<sub>2</sub> debe ser procesado para separar éstas, lo cual es un problema añadido.

**Ciclos termoquímicos de temperatura media y alta (CLASE II y CLASE III)**

En este apartado se incluyen los ciclos que necesitan altas temperaturas, lo cual los hace menos atractivos. (Ver tabla I de los principales ciclos termoquímicos de temperatura media-alta)

El rendimiento de los distintos procesos de CLASE II y CLASE III se puede comparar en la tabla II: Rendimientos según proceso.

**Generación de hidrógeno de forma distribuida**

El transporte y almacenamiento del hidrógeno presenta diferentes problemas, y la energía consumida en el proceso puede llegar a ser importante. La propuesta expuesta pretende dar una opción más económica.

Clase II 1.000 K ≤ T ≤ 2.500 K			
Proceso		Reacción Endotérmica	T (K)
Ciclos termoquímicos de temperaturas "elevadas"	Reducción óxidos metálicos	Disociación del óxido metálico $\text{M}_x\text{O}_y \rightarrow x\text{M} + y/2\text{O}_2$	T≈2.500
Descarbonización de combustibles fósiles	Pirólisis (cracking)	Descomposición térmica de hidrocarburos $\text{C}_x\text{H}_y \rightarrow x\text{C}(\text{g}) + y/2\text{H}_2$	T=1.000
	Reformado	Descarbonización de hidrocarburos ligeros $\text{C}_x\text{H}_y + x\text{H}_2\text{O} \rightarrow x\text{CO} + (y/2+x)\text{H}_2$	T=1.000
	Gasificación	Descarbonización de hidrocarburos pesados o carbón $\text{C}_x\text{H}_y + x\text{H}_2\text{O} \rightarrow x\text{CO} + (y/2+x)\text{H}_2$	T=1.000
Clase III T > 2.500 K			
Proceso		Reacción Endotérmica	T (K)
Termólisis directa del agua		Disociación del agua $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$	T≈2.500

Tabla I. Procesos Clase II y Clase III. Fuente: métodos de producción de hidrógeno.

Ciclos de Óxido de Metal no Volátiles	Eficiencia LHV	T(°C)
Óxido de Hierro	42 %	2.200
Manganeso de Sodio	49 %	1.560
Ferrita de Manganeso de Níquel	43 %	1.800
Ferrita de Manganeso de Zinc	43 %	1.800

Ciclos de Ácido Sulfúrico	Eficiencia LHV	T(°C)
Sulfuro polivalente	35 %	1.570

Ciclos de Óxido de Metal Volátiles	Eficiencia LHV	T(°C)
Óxido de Zinc	45 %	2.000
Cadmio Híbrido	42 %	1.600
Carbonato de Cadmio	43 %	1.600

Ciclos de Sulfato de Metal	Eficiencia LHV	T(°C)
Sulfato de Cadmio	46 %	1.000
Sulfato de Bario	39 %	1.000
Sulfato de Manganeso	35 %	1.000

Tabla II. Rendimiento según proceso. Fuente: métodos de producción de hidrógeno.

Mediante la generación distribuida y su consumo en la misma planta, se permite evitar los costes de transporte y almacenaje a gran escala. En este documento se proponen dos formas de hacerlo, que están pensadas para el aprovechamiento de los sistemas de generación existentes en nuestro país: centrales de ciclo combinado y generación con turbinas de gas.

**Generación de hidrógeno con turbinas de gas**

Con este sistema se pretende el aprovechamiento de los gases de escape de alta entalpía de las turbinas para poder descomponer el agua por termólisis, y así obtener hidrógeno. El Hidrógeno

producido se reconduciría a la cámara de combustión. De esta manera se disminuirá el consumo de gas, aumentando el rendimiento y disminuyendo la generación de gases de efecto invernadero. En la figura I puede verse un diagrama de la propuesta para un ciclo basado en proceso de termólisis de baja temperatura.

La ventaja que se pretende con este sistema es poder realizar una instalación de complejidad inferior a las instalaciones convencionales de recuperación de calor residual de las turbinas de gas, como es el caso de los ciclos combinados que necesitan caldera de recuperación y turbina de vapor, para tamaños de equipos pequeños, turbina

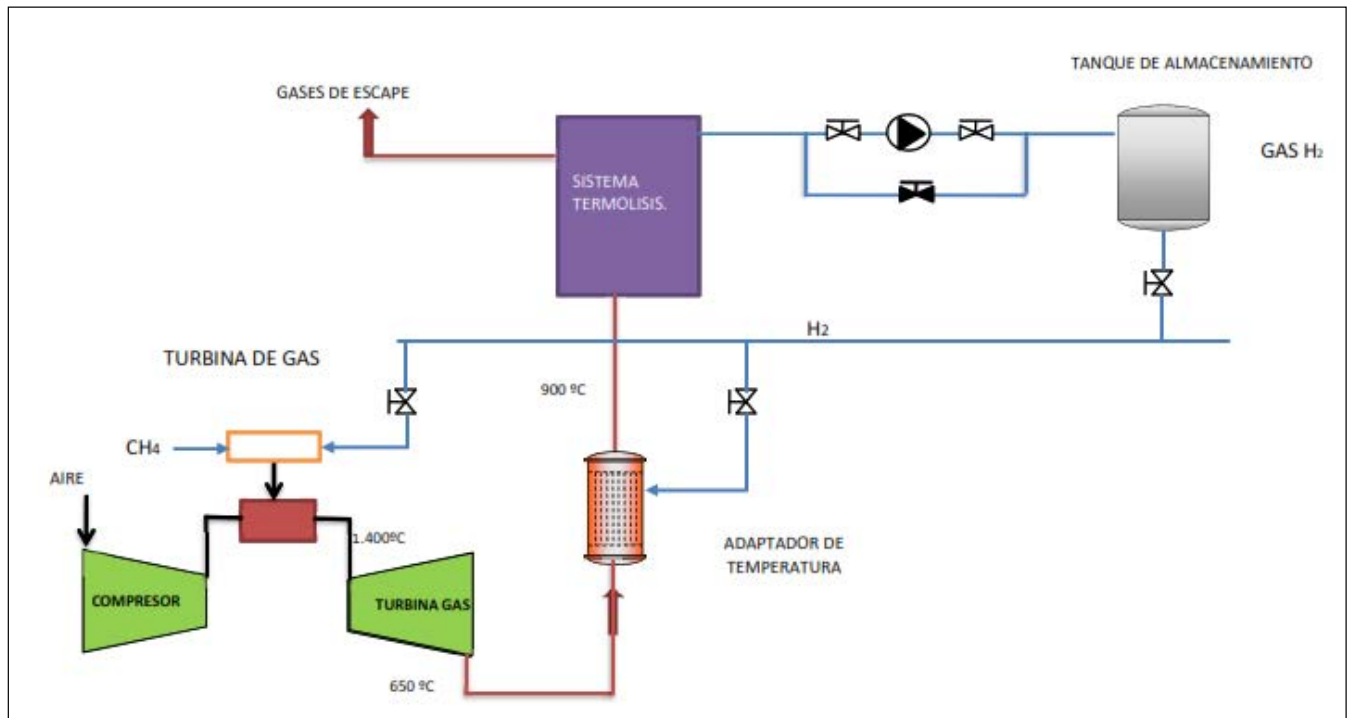


Figura II. Generación de Hidrógeno mediante ciclo termoquímico de media temperatura

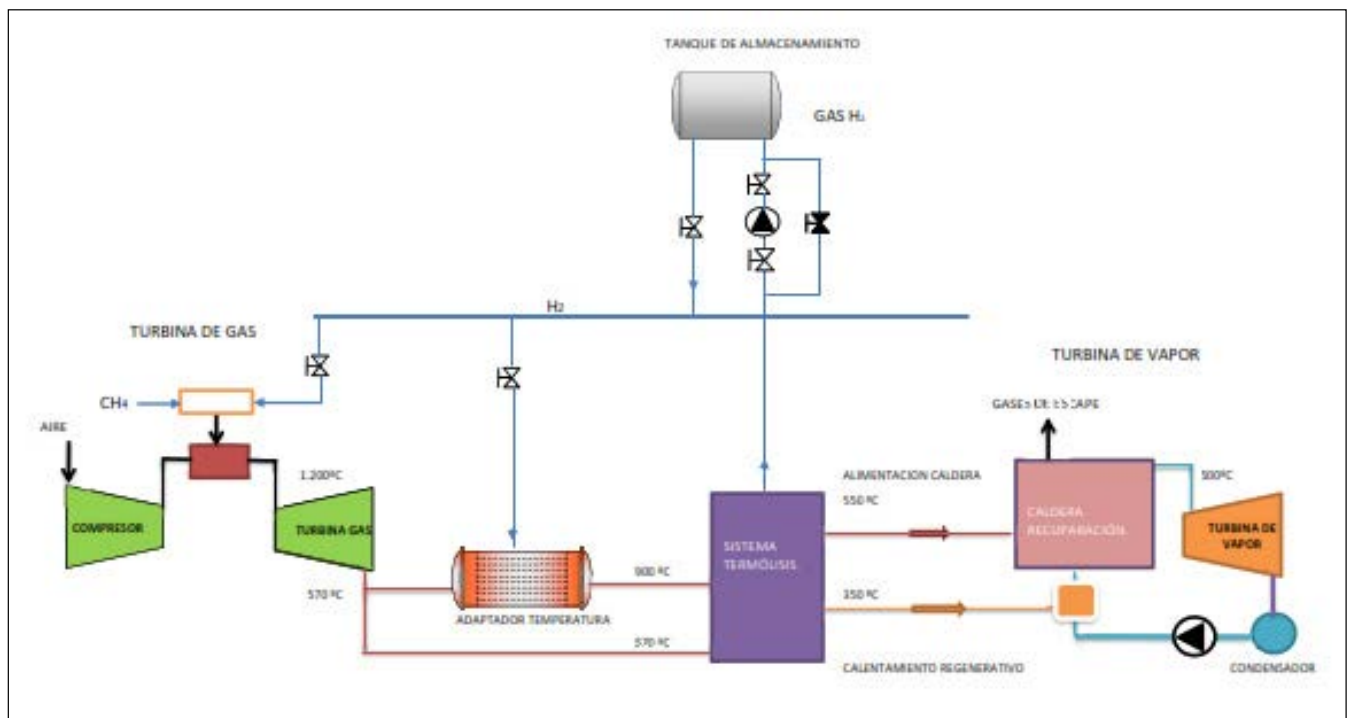


Figura III. Generación distribuida con centrales de ciclo combinado.

y caldera de recuperación; en este caso, las instalaciones pierden su atractivo.

En el planteamiento propuesto, el sistema más apropiado serían los ciclos de baja temperatura, como el cobre clorhídrico híbrido que opera con temperaturas de 530°C en el ciclo de más temperatura, y temperaturas más

inferiores en los otros ciclos. Esto permite aprovechar escalonadamente los gases de escape de la turbina.

Este proceso estará sujeto a progresivos estudios para mejorar el ciclo, así como la posibilidad de poder construirlo de forma compacta y rentable. Dado que la turbina puede presentar un ren-

dimiento próximo al 40%, y el ciclo de termólisis estaría en torno al 39%, se puede estimar un rendimiento teórico del conjunto superior al 60% y una reducción de emisiones cercanas al 50 %.

Para la utilización de ciclos termoquímicos de temperatura media, sería necesario realizar una adaptación de

los gases de salida de la turbina para aumentar su temperatura; esto sería posible mediante la combustión de parte de hidrógeno generado, aprovechando el exceso de oxígeno existente en los gases de escape de la turbina.

A diferencia del caso anterior, donde el ciclo de cobre clorhídrico híbrido está poco estudiado, los tres ciclos posibles a utilizar están más desarrollados, lo cual facilitaría su utilización. La dificultad de esta instalación está en adecuar las entalpías de los gases para adaptarlos en cada caso. En principio, parte de los gases de salida de la turbina no tendrían suficiente temperatura, lo cual obliga a utilizar parte del hidrógeno para quemarlo, aprovechando el exceso de oxígeno del gasto másico de la turbina. De esta manera se consiguen las temperaturas de 900 °C necesarias para las reacciones del proceso; el resto de niveles de temperaturas de los distintos procesos se tienen que combinar escalonadamente adecuándolos en cada caso. En la figura II se refleja la configuración para un ciclo de termólisis de temperatura media.

Para el caso de la utilización de ciclos termoquímicos de temperatura media, este rendimiento sería inferior. El atractivo que puede presentar es usar ciclos termoquímicos probados y de operación más sencillos.

Para este caso, los ciclos termólisis pueden ser varios; los posibles que se podrían utilizar serían los de temperatura media, inferior o igual a 900 °C, tales como el ciclo híbrido de azufre (Ciclo Westinghouse), ciclo yodo azufre (General Atomic Process) o el Ciclo UT-3 desarrollado en la universidad de Tokio.

La inversión necesaria en I+D+i no solo afectaría al propio ciclo de termólisis, sino a la necesidad de hacer plantas demostración que ratifiquen su viabilidad.

Este sistema tiene que ser capaz de ofrecer una solución compacta y factible para poder adaptarlo a las instalaciones existentes. El rendimiento óptimo de la instalación tendrá que determinarse en el conjunto, y puede que no coincida con el de la turbina.

#### Generación de hidrógeno con ciclos combinados

En las instalaciones de ciclo combinado se instala una caldera de recuperación para aprovechamiento de los gases de escape de la turbina y la producción

de vapor, que posteriormente aprovecharemos en una turbina para producir energía eléctrica. En esta propuesta se trata de mejorar las instalaciones de generación de energía eléctrica con el sistema de ciclo combinado.

La idea consiste en una planta de generación de hidrógeno por termólisis que se instalaría a la salida de los gases de la turbina; posteriormente el calor residual de los gases de escape se aprovecharía para el calentamiento de la caldera de recuperación y producir vapor. Por otra parte, el calor residual de baja entalpía se utilizaría para el calentamiento de los ciclos de menor temperatura, y de esta manera optimizar el proceso. Para este caso, los ciclos de termólisis empleados serían similares a los propuestos para generación con TG, con ciclos termoquímicos de temperatura media.

En este caso, el estudio resulta de bastante complejidad y exigirá modelos de simulación donde se verá implicado el balance térmico y másico de las turbinas, tanto de gas como de vapor; dada la complejidad del sistema será necesario realizar un estudio del conjunto de la instalación con el balance térmico y másico del conjunto.

Para poder determinar con más precisión, sería necesario realizar el estudio con programas de simulación, dado que el balance térmico requiere varias interacciones para poder determinar mejor su punto de funcionamiento; así como las posibilidades de aprovechamiento de las etapas térmicas necesarias en proceso de termólisis. En la figura III se propone una configuración básica de generación de hidrógeno con CTCC.

Este sistema, al igual que en el caso anterior, tiene que ser capaz de ofrecer una solución atractiva para poder adaptarlo a las plantas de ciclo combinado existentes. Esta solución afectaría considerablemente al diseño completo de las plantas de generación del tipo CTCC, lo que la hace menos atractiva y de difícil implantación en las plantas existentes.

#### Conclusiones

El reto a superar sería encontrar unas soluciones de fácil aplicación a las instalaciones existentes y que puedan mejorar su rendimiento. De esa forma, se puede contribuir a la disminución de gases de efecto invernadero y a una mayor eficiencia en la producción eléctrica.

La posibilidad de poder mejorar el rendimiento de las plantas de generación eléctrica existentes, sin tener que realizar grandes inversiones, puede ser una solución atractiva a corto y medio plazo para los problemas que plantean las energías renovables, baja densidad energética, producción no uniforme y difícil almacenar.

En principio, la solución propuesta para la recuperación térmica de los gases de escape de las turbinas de gas parece la solución más factible y viable, dado que la intervención en el diseño de plantas de tipo CTCC requiere una mayor complejidad e inversión.

#### Bibliografía

- José Antonio Carta, Roque Calero, Antonio Colmenar, Manuel-Alonso Castro, Eduardo Collado, GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE RENOVABLES U.N.E.D. Marta Muñoz, Antonio Jose Roviera. INGENIERIA TERMICA U.N.E.D.
- Consuelo Sánchez. TECNOLOGIA DE LAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS CONVENCIONALES U.N.E.D.
- Manuel Muñoz, Manuel Valdés, Marta Muñoz. TURBOMAQUINAS TÉRMICAS U.N.E.D.
- Alfonso Contreras, Mariano Molero. CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL MEDIOAMBIENTE U.N.E.D. PLAN DE ENERGÍAS RENOVABLES 2011-2020, MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO.
- LA ENERGÍA EN ESPAÑA 2016 MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO.
- EVALUACIÓN TECNOLÓGICA Y PROSPECTIVA DE COSTES DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES 2011-2020. IDAE
- E. J Neuman. PROPTIPO PARA PURIFICACIÓN DE HIDRÓGENO EN FLUJO.
- M<sup>o</sup> José Montes, A. Abánades, J.M. Martínez-Val. PRODUCCION DE HIDRÓGENO A PARTIR DE ENERGÍA SOLAR.
- PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO MEDIANTE CICLOS TERMOQUÍMICOS
- Meyer G., Blanco M.V., Borzone E.M., Baruj A., Milidoni M., Cestau D. PROCESO DE SEPARACIÓN DE HIDRÓGENO DE MEZCLAS GASEOSAS.
- APROVECHAMIENTO DE RECURSOS ENERGETICOS RENOVABLES NO INTEGRABLES EN LA RED ELÉCTRICA. EL CASO DE LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO.
- Clara Fernandez-Bolaños. SISTEMA DE ENERGÍA DEL HIDRÓGENO.
- Clara Fernandez-Bolaños. ENERGÍA DEL HIDRÓGENO, ESTADO ACTUAL Y PRESPECTIVAS DE FUTURO.
- J.L.G. Fierro, V. La Parola, S. Thomas, R. Guil-Lopez, R.M. Navarro. PRODUCCION DE HIDRÓGENO A PARTIR DEL GAS NATURAL SIN EMITIR DIOXIDO DE CARBONO.
- C.H. Aporta, P.E. Martínez, D.M. Pasquevich. ESTUDIO DE CICLOS TERMOQUÍMICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO NUCLEAR.
- PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO.
- Francisco García, TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO Y RENDIMIENTOS.
- Luis Gutiérrez Jodra. EL HIDRÓGENO, COMBUSTIBLE DEL FUTURO.



Inspection &  
Expediting  
Services

IMPARTE AHORA EN  
**ESPAÑA**  
EN ALIANZA CON



## CURSOS DE PREPARACIÓN PARA CERTIFICACIONES API



### API 510 PRESSURE VESSEL INSPECTOR

Inspección en servicio, reparación, re-clasificación y alteración de recipientes a presión

Fecha/duración: **09 al 19 sep 2019** / 72 horas (9 días)



### API 570 - PIPING INSPECTOR

Inspección en servicio, reparación, re-clasificación y alteración de sistemas de tuberías

Fecha/duración: **30 sep al 08 oct 2019** / 56 horas (7 días)



### API 653 - ABOVEGROUND STORAGE TANKS INSPECTOR

Inspección, reparación, alteración y reconstrucción de tanques atmosféricos

Fecha/duración: **14 al 22 oct 2019** / 56 horas (7 días)



### API 580 - RISK BASED INSPECTION

Seminario: introducción a la Inspección Basada en Riesgo

Fecha/duración: **19 al 21 nov 2019** / 24 horas (3 días)

<http://www.ieservices.es/index.php/training-courses/>



669 274 029  
681 011 760



jlarraz@ieservices.es  
melianlm@ieservices.es



info@ieservices.es  
www.ieservices.es

# SUSQUEDA 1968-2018. 50 años de una gran obra de la ingeniería

Francisco Javier Martínez Monseco

La presa y la central hidroeléctrica de Susqueda cumplieron en 2018 el 50 aniversario de su existencia (1968-2018). Esta gran obra de la ingeniería se desarrolló teniendo muy bien definidos los objetivos que la sociedad de la época requería, de cara al futuro desarrollo demográfico, geográfico y de gestión de recursos primarios tanto de la provincia de Girona como de Cataluña.



## Resumen

La vigencia de los objetivos de la infraestructura así como el incremento de muchas más funcionalidades hacen de esta obra una infraestructura en plena vigencia en cuanto a sus beneficios. La peculiaridad de los diferentes aspectos desarrollados por parte de su autor (Arturo Rebollo) y la actualidad de la instalación en cuanto a su estrategia de gestión también se repasan en el artículo.

Durante 2017 se constituyó una comisión (ayuntamientos, consejos comarcales, Diputación, Agencia Catalana del Agua, Consorci del Ter, Fundación Endesa, Endesa, Enel Green Power) para preparar una serie de actos multidisciplinarios durante todo el año 2018 con el principal objetivo de poner en valor lo que ha representado la construcción de esta infraestructura en el territorio:

- Actos lúdicos y deportivos.
- Difusión de visita virtual en 3D.
- Medioambiente y hábitat: fauna y piscícola.
- Actos culturales.



Figura 1. Construcción de las torres de toma de captación de agua y de los diferentes bloques de hormigón de la presa de Susqueda (Fundación Endesa).



Figura 2. Otra perspectiva de la construcción de las torres de toma de captación de agua y de los diferentes bloques de hormigón de la presa de Susqueda (Fundación Endesa).

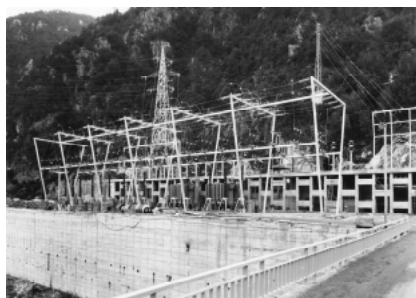


Figura 3. Construcción de la subestación eléctrica de la central hidroeléctrica de Susqueda (Fundación Endesa).

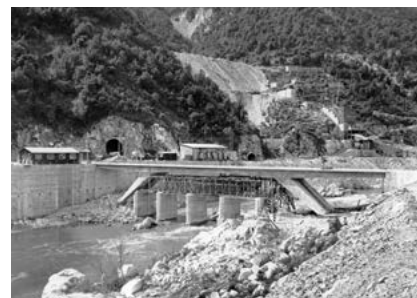
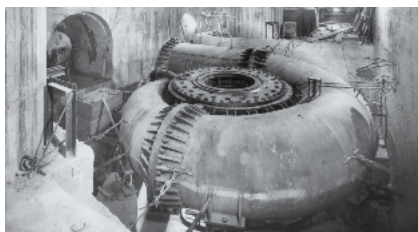
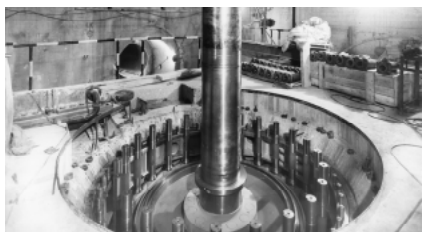
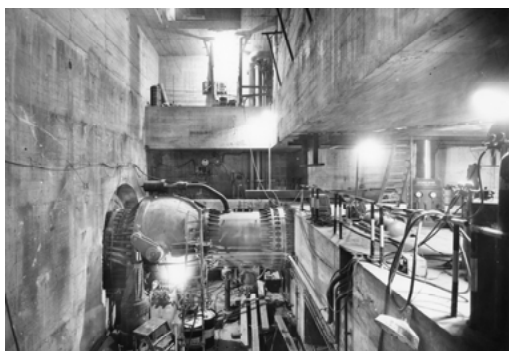


Figura 4. Construcción del puente de acceso y el túnel de la central hidroeléctrica de Susqueda (Fundación Endesa).



Figuras 5 y 6. Construcción del caracol del cono de aspiración y la obra civil del distribuidor de la turbina del grupo 1 de la central hidroeléctrica de Susqueda (Fundación Endesa).



Figuras 7-9. Construcción de la obra civil de la sala de la central, la válvula esférica del grupo 1 y el túnel de acceso a la central en caverna 1 de la central hidroeléctrica de Susqueda (Fundación Endesa).

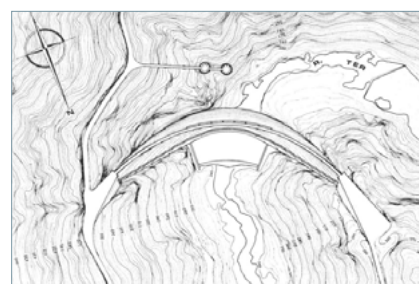
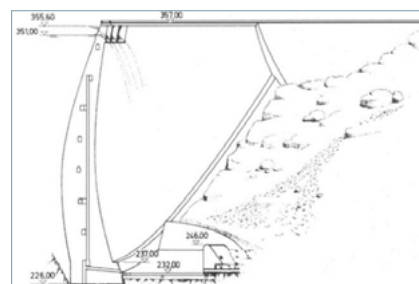
- Exposición de 50 años instalación en la sala hipóstila de la presa de Susqueda.
- Realización de documental sobre la construcción.
- Visitas de diferentes colectivos.
- Visitas con medios de comunicación (televisión, radio, prensa, etc.).

**Palabras clave**

Mantenimiento, fiabilidad, centrales eléctricas, procesos industriales.

**La construcción de la infraestructura (1963-1968)**

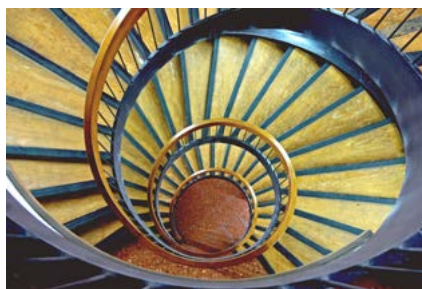
El ingeniero Arturo Rebollo recibe la orden del proyecto de la presa de Susqueda con solo 26 años. Implicado en el proyecto, viaja a Francia e Italia para conocer de primera mano los últimos tiros de doble curvatura, así como las causas de los accidentes que tuvieron lugar en Malpasset y Vajont. Como resultado de estas visitas, debe tomar conciencia de la importancia que se ha estudiado bien el terreno donde hay que colocar la decisión, algo que, aunque había considerado desde entonces, toma mucha más relevancia. Para el cálculo y diseño de la estructura se ayudan de la primera computadora de IBM de Cataluña y harán varios modelos a escala. La toma resultante es de doble curvatura, con una altura de 135 metros, una longitud de corona de 357 metros y un espesor de entre 21,5 y m. 5, este tipo de decisión



se caracteriza por un hogar más delgado que la presa de gravedad tradicional como el pantano de Sau, cuya forma lleva aguante (Figs. 1-5).

La instalación, que entró en funcionamiento el 5 de octubre de 1967, forma parte del complejo Sau-Susqueda-El Pasteral, y atiende el suministro de agua en Barcelona y en Girona, así como los regadíos de la demarcación. El pantano de Susqueda debe entenderse funcionalmente dentro del sistema Sau-Susqueda-El Pasteral, con el que se pretendía asegurar el suministro de agua potable a la creciente área metropolitana de Bar-

celona, fomentar el regadío en las planicies que se extienden de Girona hacia el mar y producir energía eléctrica de tipo renovable. El Salto de Susqueda es el intermedio y más importante de los tres que componen el complejo. Aparte de la función de generación de electricidad de origen hidráulico, el embalse de Susqueda cumple la función de regulación de los recursos hídricos del tramo inferior del río Ter antes de su desembocadura en el Mediterráneo y de satisfacer los planes de regadíos de las comarcas de Girona y como cabecera del abastecimiento de aguas en Barcelona y Girona. La gran



capacidad del embalse permite, además, laminar las avenidas de agua que se producen en el Ter, por lo que colabora de forma eficaz con la limitación de las inundaciones en la ciudad de Girona y municipios de alrededor.

### Características técnicas de la central y la presa de Susqueda

#### Presa de Susqueda

Construcción: 1963-1967

Río: Ter

Tipo: Bóveda

Altura máxima sobre cimientos: 135 m

Cota de coronación: 357,00 m

Longitud de coronación: 357 m

Volumen de hormigón: 662.000 m<sup>3</sup>

Aliviaderos: Labio fijo de 120,7

Caudal máximo de desagüe: 2.800 m<sup>3</sup>/s

#### Características del embalse

Aportación media anual: 623 hm<sup>3</sup>

Sup. de la cuenca de aportación: 1.775 km<sup>2</sup>

Capacidad total: 233,44 hm<sup>3</sup>

Capacidad útil: 215,44 hm<sup>3</sup>

Cota máxima del embalse: 351,00

Cota mínima del embalse: 287,00

Superficie: 6,58 km<sup>2</sup>

#### Característica central de Susqueda

3 grupos Francis de eje vertical

Caudal máximo total: 59 m<sup>3</sup>/s

Salto bruto máximo: 162 m

Potencia máxima: 86,3 MW

#### Descripción de la presa

La presa, de tipo bóveda, está conformada por arcos de seis centros generados a partir de una ménsula central con desplazamiento hacia aguas arriba en su parte inferior, y hacia aguas abajo en la superior. El espesor mínimo en la zona central es de 5 metros y el máximo es de 24,8 metros en el zócalo. El ángulo máximo de abertura del arco es de 97° 24'. La coronación se dispone 6 metros por encima de la cota de máximo embalse normal, con una anchura variable. La estructura está



Detalles arquitectónicos de diferentes elementos de la presa y de la central de Susqueda (escalera de caracol, monolito de la presa, arquitectura de la sala central, y sala de las columnas).

conformada por 34 ménsulas verticales con juntas alabeadas, y queda monolitizada desde el momento de la inyección de estas juntas. Conectan la presa con ambas laderas estribos de gravedad de 33 m de altura. Una red de galerías a ocho niveles que atraviesan la presa, junto con una galería perimetral, tiene como misión fundamental el control de la estructura. La pantalla de impermeabilización y la red de drenaje se han efectuado desde esta red de galerías que se prolonga hacia el interior de la roca en ambos márgenes perpendicularmente a la dirección del río. El aliviadero, de labio fijo, se sitúa en la parte central de la presa, con una longitud total de 120,7 m, repartido en siete vanos, y el vertido libre hasta el cuenco amortiguador está dispuesto al pie de la presa. La capacidad máxima de desagüe es de 2.800 m<sup>3</sup>/s y su altura de lámina es de 4,60 m. Lateralmente, se sitúan cuatro desagües de fondo con válvulas de chorro hueco de 1,50 m de diámetro. Su desagüe máximo es de 200 m<sup>3</sup>/s. La construcción se efectuó entre los años 1963 y 1967, empleándose para el desvío del río un túnel por el margen izquierdo para una capacidad de 100 m<sup>3</sup>/s. La colocación de hormigón, con árido de pórfido granítico procedente de una cantera cercana, se realizó con dos blondinas. El volumen total de hormigón de presa es de 662.000 m<sup>3</sup> con una excavación de 707.000 m<sup>3</sup>.

#### Descripción de la central

El esquema hidroeléctrico del salto se inicia con la toma en el embalse, formada por dos torres de más de 100 m de altura y 12 m de diámetro; en la primera,



con cuatro entradas a diversas cotas, se selecciona el agua que se ha de consumir en las poblaciones, y en la segunda se ubican la compuerta y ataguía de cierre. A continuación de la toma se encuentra la galería de presión, con 3.500 m de longitud y 4,60 m de diámetro y que finaliza con una chimenea de equilibrio de 100 m de altura y 8 m de diámetro y un depósito superior de expansión de 1.600 m<sup>3</sup>. La tubería forzada tiene una inclinación de 45° y una longitud de 140 m, continuando con un tramo horizontal de 60 m blindado, al final del cual se encuentra la bifurcación para las dos turbinas originales y la que se implantó en 1981. La central es subterránea con dimensiones de 50 m de longitud, 20 m de anchura y 30 m de altura. Una galería de 200 m desde el exterior permite su acceso.

Los equipos iniciales son dos grupos Francis de eje vertical acoplados a alternadores síncronos que giran a 375 r/min; con una potencia de 73 MW. Posteriormente, en 1981, se dispuso un grupo menor con mejor rendimiento para caudales pequeños, con una potencia de 13,3 MW que giraba a 600 r/min. Una galería de desagüe de 1.500 m de longitud y 5 m de diámetro restituye el agua al embalse de El Pasteral, situado aguas abajo.

### Aspectos arquitectónicos de la central y la presa de Susqueda. Los espacios ocultos

#### Susqueda, una presa singular

Susqueda, más allá de cifras y datos, es un embalse singular. La construcción, dirigida por el ingeniero Arturo Rebollo, apos-

tó por una tipología de presa muy singular, redonda con una doble curvatura. Pero también por elementos que no son específicos de ingeniería hidráulica, como dos grandes salas en los extremos de la presa donde destacan diferentes elementos arquitectónicos únicos en una instalación de este tipo.

#### **Sala de las columnas**

En el interior de los estribos laterales de la presa, quedan configuradas dos salas triangulares de grandes dimensiones. La de la margen derecha, de menor tamaño, es completamente diáfana debido a la losa nervada de cubrición que posee. La sala situada en el estribo izquierdo tiene su acceso desde coronación a través de una escalera helicoidal de gran anchura. Su cubierta se sustenta mediante dos hileras de pilares de geometría hiperbólica de revolución truncada, e incorpora la iluminación. Estas salas constituyen, en sí mismas, una exposición didáctica en materia de estructura arquitectónica.

#### **Escalera de caracol de acceso a la sala de columnas**

El acceso a la sala de columnas se realiza por una escalera helicoidal de gran anchura de hormigón sin eje central, un elemento revolucionario para la época. También hay una segunda escalera de caracol muy fotogénica en el central que conecta todos los pisos de la instalación.

#### **Una central excavada en la montaña**

La central hidroeléctrica de Susqueda está excavada en la montaña (tipo caverna) y para su acceso se construyó una espectacular galería iluminada de 200 metros de colores verde y naranja, un elemento que Rebollo diseñó con tubos fluorescentes y ahora ha sido reemplazado por luces led. La sala de la central una vez finaliza el túnel tiene 50 metros de largo, 20 de ancho y 30 de altura y también está llena de sorprendentes detalles arquitectónicos como flores metálicas, iluminación de la sala central simulando una puesta de sol y un relieve de dibujos prehistóricos simulados que explican gráficamente los trabajos realizados para la construcción de este proyecto único.

#### **Una gran infraestructura con plena vigencia de los objetivos y la funcionalidad de su construcción**

Para poner en contexto los objetivos en que se basó la construcción de Susque-

da, hay que analizar la sociedad que existía en España en la década de 1960. La clara apuesta de desarrollo del país se basaba en fomentar las industrias en los núcleos urbanos principales, provocando un gran incremento de trabajo en el sector industrial. En el caso específico de Cataluña, se produjo un incremento demográfico en la zona metropolitana de Barcelona para dar mano de obra a las industrias que se estaban implantando. Estos dos factores (apuesta por el sector industrial e incremento demográfico de población) implicaban un incremento exponencial de las necesidades energéticas, así como el abastecimiento de agua a la población y a la industria.

Susqueda constituye en esa década una solución en la regulación y abastecimiento de agua para la provincia de Barcelona y Girona (desde la presa de El Pasteral sale la tubería subterránea que va a parar a Cardedeu, y de allí distribuye las necesidades hídricas a Barcelona, también desde el azud de El Pasteral 2 sale las tuberías de agua que abastecen a Girona). A la vez, constituye una fuente de generación de energía eléctrica en un territorio con pocos recursos energéticos, pero muy cerca de núcleos urbanos de gran desarrollo a partir de entonces.

Otro de los aspectos importantes dentro de los objetivos de la creación de Susqueda fue la regulación de las periódicas avenidas del río Ter, que provocaban catástrofes en las poblaciones situadas cerca del cauce del río. Mediante el sistema Sau-Susqueda-Pasteral, se podía amortiguar y regular estas aportaciones de caudal al cauce del medio y bajo Ter.

Y 50 años después, se constata que los objetivos que dieron origen a la infraestructura siguen estando con una vigencia totalmente justificada. En 50 años se han regulado un gran número de avenidas del río Ter, minimizando las posibles catástrofes que dichas avenidas podían haber provocado en las poblaciones del entorno del río. Desde hace unas décadas, los cauces de los ríos de las cuencas internas se encuentran monitorizados en línea en cuanto a caudales y aportaciones de las diferentes zonas del río. Este hecho permite que, conjuntamente con las capacidades de embalsado de cada presa, así como las capacidades de desembalsado de los órganos de maniobra de las presas, se pueda tener una gran información al ins-

tante sobre los gradientes de crecimiento y decrecimiento de dichas cuencas.

Como claro ejemplo de estas funcionalidades está el año 2018, cuando se celebró el 50 aniversario de la infraestructura. Durante ese año, se pasó de una estrategia de gestión del agua en estado de prealerta por las pocas aportaciones y reservas de los embalses (febrero 2018), a tener que gestionar en el mes de octubre 2018 la llamada "avenida de Santa Teresa", donde se produjeron aportaciones de más de 1.600 m<sup>3</sup>/s en el embalse de Sau (record histórico de aportaciones) y estuvo semanas realizando desembalses controlados del sistema en el cauce del río Ter medio.

En el aspecto medioambiental, el sistema Sau-Susqueda-Pasteral ha contribuido durante estos años de vida a poder realizar movimientos de caudales de agua (avenidas programadas) debido a la proliferación de algunas especies acuíferas invasoras, que, por determinadas condiciones del hábitat (clima, temperaturas, etc.), han proliferado. Mediante estos movimientos de caudales se ha podido regular las condiciones del hábitat.

Por otro lado, si en la década de 1960 existía una clara necesidad para poder generar electricidad para el sector industrial, en el siglo XXI la prioridad en la generación eléctrica se ha incrementado, teniendo como objetivos estratégicos mundiales fomentar la generación de energía eléctrica de origen renovable. En este sentido, la central hidroeléctrica de Susqueda sigue constituyendo una fuente importante de generación en el perímetro próximo de los núcleos industriales de Cataluña. Incluso dentro de la generación renovable de energía eléctrica, Susqueda incrementa su importancia debido a la posibilidad de almacenamiento que el sistema Sau-Susqueda-Pasteral es capaz de realizar (Sau y Susqueda no son centrales fluyentes), ya que los embalses constituyen una "pila de energía" que utilizar en las condiciones más necesarias que solicita el mercado eléctrico.

Como se ha comentado, tener una central de energía renovable consolidada en el sistema eléctrico español, como es el caso de Susqueda, es muy importante. Si los objetivos energéticos mundiales se basan en priorizar las energías renovables, a día de hoy todavía estamos muy lejos de lo que seguramente sería recomendable. En España para el



2017 los datos de la generación eléctrica son los siguientes (fuente informe anual REE 2017):

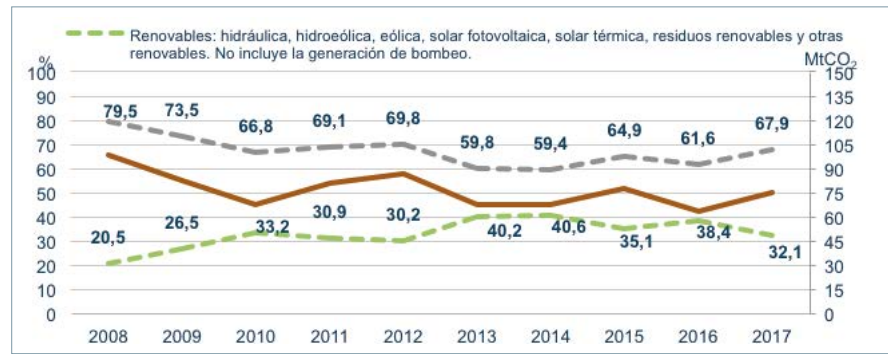
- La generación de energía renovable en el sistema eléctrico español es, aproximadamente, del 32% sobre todo el mix energético generado.
- En el caso de la energía hidroeléctrica, es el 7% del total de energía eléctrica generada.
- En el caso de Cataluña, la generación de energías renovables ha representado el 16% del total de energía generada (7.385 Gwh).

Desde el punto de vista del sistema eléctrico, Susqueda también tiene una gran importancia principalmente por 2 funcionalidades estratégicas:

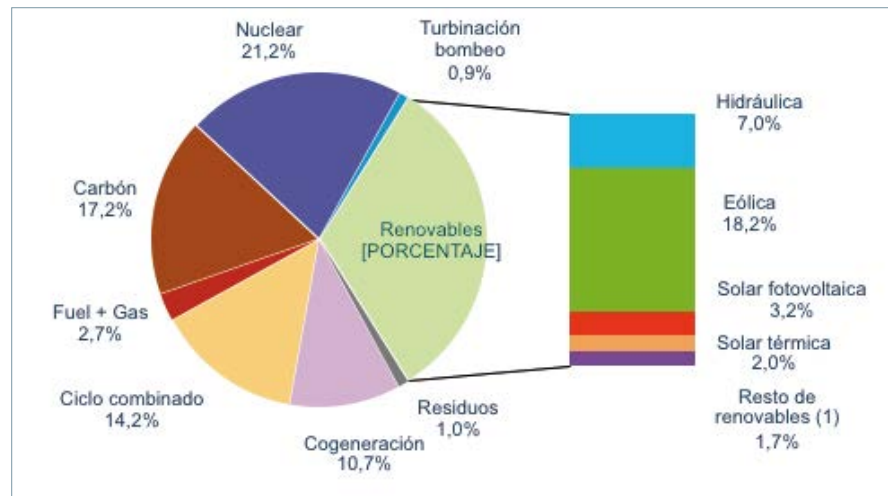
- La relativa proximidad de los núcleos de consumo de energía eléctrica (Vallès, zona metropolitana de Barcelona, Osona, Girona) hace que el transporte de la energía generada esté asociada a pérdidas de transporte relativamente bajas. En la mayoría de países con generación hidroeléctrica, las centrales de generación suelen estar ubicadas muy alejadas geográficamente de los núcleos de consumo eléctrico, con lo que el transporte de dicha energía tiene unas pérdidas que hay que considerar.

- Otro aspecto importante del sistema eléctrico es que la central de Susqueda está preparada para funcionar mediante la tipología de explotación de "red isla", lo que implica que ante un problema de caída del sistema eléctrico nacional, podría ser una central la que inicie la generación de energía eléctrica mediante acoplamiento de lastrado de cargas de consumo, y es la propia central la que realiza la regulación tanto de la tensión como de la frecuencia eléctrica del sistema. En el desarrollo de los 50 años de existencia de la central, se han producido varias situaciones en las que la central ha tenido que actuar dentro de esta tipología de explotación.

Desde el punto de vista del mercado eléctrico (necesidades de consumo-producción del sistema eléctrico nacional), la central de Susqueda tiene las ventajas



Evolución y generación renovable/no renovable y emisiones CO<sub>2</sub> asociadas a la generación eléctrica. Sistema eléctrico nacional (%)



Estructura de generación de energía eléctrica en 2017. Sistema eléctrico nacional (%)



Ratio generación renovable/generación (%) y generación renovable (GWh) en 2017

asociadas a la tecnología de energía renovable hidroeléctrica. Susqueda puede cubrir de manera casi instantánea los gradientes de incremento y decremento del consumo eléctrico intradiario. La mayoría de tecnologías de generación eléctrica tienen la "desventaja" de tener unos ciclos de acoplamiento a la red y

de parada bastante largos temporalmente (nucleares, centrales de carbón, centrales de ciclo combinado, etc.), por lo que en caso de necesitar "instantáneamente" poder consumir un incremento de energía eléctrica que no estaba dentro de la previsión del sistema, las centrales hidroeléctricas no fluyentes tienen

una secuencia de generación eléctrica muy rápida (en 3-4 minutos un grupo hidroeléctrico de Susqueda puede estar generando los gradientes que el sistema necesita). En el caso de otras fuentes de generación eléctrica renovable, la posibilidad de generación viene asociada a la posibilidad de la materia prima en cuestión (sol, viento, etc.), por lo que no pueden tener la funcionalidad indicada.

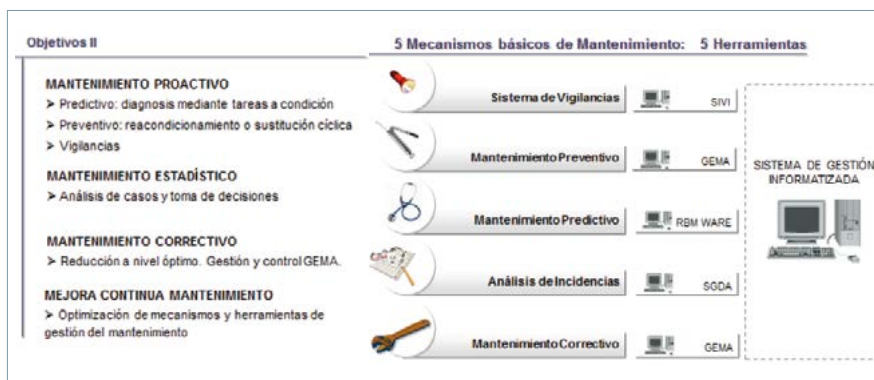
Todos estos objetivos, juntamente con la singularidad arquitectónica del diseño de esta infraestructura, hacen de Susqueda una instalación única en el mundo

### Susqueda 2018. La evolución de la instalación en la actualidad

#### Explotación de la central

La central y la presa de Susqueda tuvieron turno de mantenimiento y explotación 24 horas hasta la década de 1980, cuando después de una automatización de la instalación, su funcionamiento se realizaba de manera telemática desde un centro de control que está pendiente de todos los parámetros de control del sistema:

- Niveles de presa.
- Caudales de consigna de funcionamiento.



- Restricciones de funcionamiento de cuencas.
- Restricciones de funcionamiento del sistema eléctrico.
- Alarmas.
- Monitorización *on-line* de parámetros.
- Gestión de los procedimientos de seguridad en los trabajos en la instalación (descargos eléctricos e hidráulicos).

Este centro de control está ubicado en Lleida y desde allí se gestionan todas las instalaciones hidroeléctricas de Cataluña.

En la central hay un sistema de monitorización y control (SCADA) tanto en cada grupo hidroeléctrico como en los sistemas comunes de la central que puede funcionar de diferentes maneras:

- Arranque paso a paso desde equipos.
- Arranque secuencial desde central.
- Arranque secuencial desde el centro de control y centro de control redundante.
- Arranque secuencial desde el centro de control local de centrales hidroeléctricas de la cuenca del Ter.

1ª generación	La más larga, desde la revolución industrial hasta después de la II Guerra Mundial, aunque todavía impera en muchas industrias	Reparar en caso de avería
2ª generación	Entre la II Guerra Mundial y finales de la década de 1970 se descubre la relación entre edad de los equipos y probabilidad de fallo. Se comienza a hacer sustituciones preventivas. Es el mantenimiento preventivo	Mayor disponibilidad de la plantilla Mayor vida útil de los equipos Costes más bajos
3ª generación	Surge a principios de la década de 1980. Se empieza a realizar estudios de causa-efecto para averiguar el origen de los problemas. Es el mantenimiento predictivo o detección precoz de síntomas incipientes para actuar antes de que las consecuencias sean inadmisibles. Se comienza a hacer partícipe a producción en las tareas de detección de fallos	Mayor disponibilidad, fiabilidad Mayor coste-efectividad Mayor seguridad No deterioran el medio ambiente Mejor calidad de los productos Mayor duración de los equipos
4ª generación	Aparece a principio de la década de 1990. El Mantenimiento se contempla como una parte del concepto de calidad total. Se concibe el mantenimiento como un proceso de la empresa al que contribuyen también otros departamentos. Se identifica el mantenimiento como fuente de beneficios, frente al antiguo concepto de mantenimiento como "mal necesario". La posibilidad de que una máquina falle y las consecuencias asociadas para la empresa es un riesgo que hay que gestionar, teniendo como objetivo la disponibilidad necesaria en cada caso al mínimo coste	Se requiere un cambio de mentalidad en las personas y se utilizan herramientas como: Ingeniería del riesgo (determinar consecuencias de fallos que son aceptables o no) Análisis de fiabilidad (identificar tareas preventivas factibles y rentables) - Mejora de la mantenibilidad (reducir tiempos y costes de mantenimiento). -> Monitores de condición -> Diseño direccionado a la fiabilidad -> Estudio de riesgos -> Computadoras pequeñas -> Análisis de modos de falla y efectos -> Sistemas expertos

Tabla 1. Características de las diferentes generaciones del mantenimiento.

### Estrategia de mantenimiento de la central de Susqueda

Cualquier procedimiento de trabajo de la central se basa en los siguientes principios:

- Seguridad.
- Aspectos ambientales.
- Costes operativos.
- Costes de oportunidad en la realización de los trabajos.

Mediante un sistema informatizado de mantenimiento, se gestiona la información de la central en función de:

- Sistema de vigilancias.
- Planes de mantenimiento predictivo y preventivo.
- Análisis de incidencias.
- Averías.

Una vez que se tiene toda la información de análisis, se realiza una toma de decisiones del mantenimiento por desarrollar (estrategia de mantenimiento), según la combinación de:

- Mantenimiento proactivo:
  - Predictivo: (diagnosis mediante tareas a condición)
  - Preventivo (reacondicionamiento o sustitución cíclica)
  - Vigilancias (gammas de seguimiento de parámetros de maquina)
- Mantenimiento estadístico:
  - Análisis de incidencias y toma de decisiones.
- Mantenimiento correctivo.

Los objetivos que se persiguen son:

- Reducción a nivel óptimo en función del modo de fallo.
- Mejora continua del mantenimiento.
- Análisis de incidencias, implementación de mejoras de estrategias de mantenimiento y procedimientos.
- Optimización de la fiabilidad y mantenibilidad.

### Evolución histórica del mantenimiento de la central de Susqueda

#### Principios básicos de la estrategia de mantenimiento de la central hidroeléctrica

##### Sistema de vigilancias

- Sistema de captación y seguimiento del estado de una instalación.
- Inspección visual de los elementos de la central.
- Asegurar la presencia y supervisión en la instalación de manera periódica.

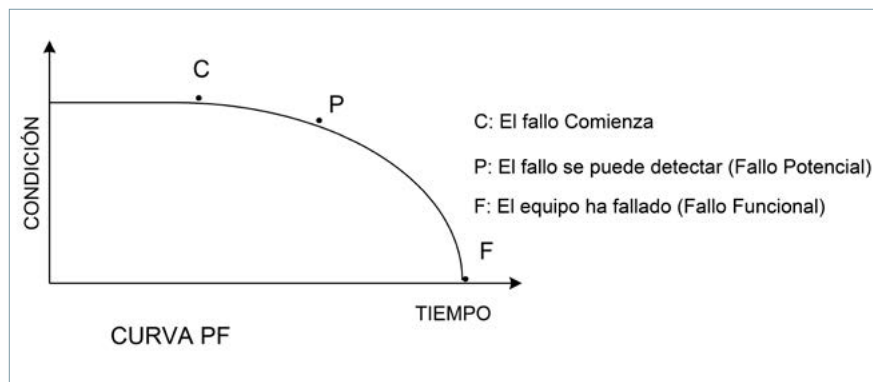


Figura 3. Curva P-F.

- Detección de anomalías y garantía de correcto estado de la instalación.
- Lectura de puntos de medida para analizar la evolución del funcionamiento dentro de parámetros correctos.
- Con los resultados obtenidos, evaluación a modo de oportunidad de los planes de mantenimiento y correctivo de equipos.

Terminal portátil, realiza la lectura de etiquetas (puntos de medida) y posterior volcado a programa de gestión de mantenimiento para su análisis y seguimiento.

##### Mantenimiento preventivo

- Basado en la experiencia acumulada (*know how*).
- Recomendación del fabricante.
- Normativa legal.
- Evaluación de la fiabilidad de cada sistema (punto óptimo de actuación).
- Planificación periódica y automatizada de las actuaciones de mantenimiento a realizar.
- Descripción de los equipos y tareas mediante hojas de ruta de mantenimiento.
- Actualización de las frecuencias de actuación en función de los equipos (sustitución de equipos, nuevas periodicidades).
- Coste real empleado (análisis).

##### Mantenimiento predictivo

Una falla potencial es un estado identificable que indica que una falla funcional está a punto de ocurrir en el proceso. Las tareas de chequeo consisten en revisar si hay fallas potenciales para que se pueda actuar previniendo la falla funcional o evitar las consecuencias de la falla funcional.

El funcionamiento de las máquinas modifica su respuesta dinámica, bien por origen mecánico, eléctrico o mecánico. El mantenimiento predictivo intenta diagnosticar la avería cuando empieza a manifestarse y aún no es de gravedad para el sistema.

La figura 6 muestra éste proceso. Se le denomina curva P-F porque muestra cómo un fallo comienza y prosigue el deterioro hasta un punto en el que puede ser detectado (el punto P de fallo potencial). A partir de allí, si no se detecta y no se toman las medidas oportunas, el deterioro continúa hasta alcanzar el punto F de fallo funcional:

El seguimiento y control de los parámetros se puede hacer mediante vigilancia periódica, en cuyo caso es importante establecer una frecuencia tal que nos permita detectar el deterioro en un momento entre P y F, y que no sea demasiado tarde para reaccionar.

Asimismo, se puede hacer mediante monitorizado en continuo lo que evita el inconveniente anterior, pero no siempre es factible y, en cualquier caso, es más costoso. De esta manera, finalmente los parámetros por controlar y la forma dependen de factores económicos:

- Importancia de la máquina en el proceso productivo.
- Instrumentación necesaria para el control.

Los equipos a los que actualmente se les puede aplicar distintas técnicas de control de estado con probada eficacia son básicamente los siguientes:

- Máquinas rotativas.
- Motores eléctricos.
- Equipos estáticos.
- Aparatación eléctrica.
- Instrumentación.

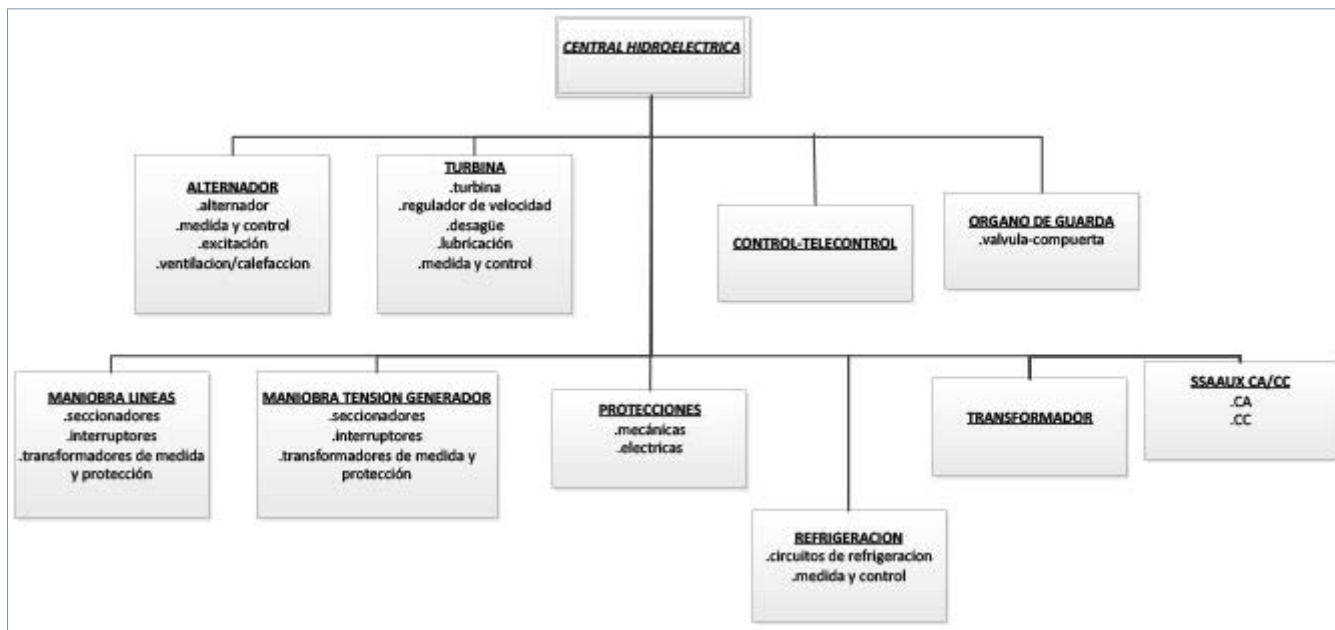


Figura 4. Sistemas y equipos que componen cada sistema de una central hidroeléctrica.

**Técnicas de mantenimiento predictivo en una central hidroeléctrica**  
**Seguimiento vibratorio**

- Detección de daños.
- Evitar condiciones de operación perjudiciales.
- Identificación y solución de problemas vibratorios (inestabilidades, desgaste en cojinetes, daños en alternador, daños en rodetes, cavitaciones, resonancia, etc.).

**Análisis de aceites**

Toma de muestras de aceites dieléctrico de transformador y aceites de lubricación y mando de grupos hidráulicos. Diagnóstico de posible degradación de los sistemas mecánicos y eléctricos.

**EDAS. Diagnóstico de alternadores**

- Pruebas de acuerdo con normativa IEEE.
- Análisis de problemas reversibles humedad superficial, etc.
- Análisis de problemas irreversibles (degradación eléctrica, envejecimiento, etc.).

**Diagnóstico de transformadores ETP**

Prueba que define el estado de los transformadores en términos de circuito eléctrico, magnético, dieléctrico o geométrico (normativa IEEE).

**Termografías**

Inspección por termovisión de elementos característicos de la instalación. El hecho

de que se detecte un punto caliente implica una degradación futura del equipo.

**Análisis de incidencias**

- Causa raíz de la incidencia
- Forma de solucionarla y evitar la repetición
- Acciones que emprender, plazos, y responsables.
- Descripción de la acción.
- Aplicación en otras instalaciones.

**Definición de sistemas, equipos, grado de criticidad y modelo de mantenimiento de una central hidroeléctrica**

Inicialmente, se define en la figura 4 los diferentes sistemas y equipos que componen cada sistema en una central hidroeléctrica.

droeléctrica.

**Modos de falla y tipos de falla standard de una central hidroeléctrica.**

Para definir los modos y tipos de falla asociados a una central hidroeléctrica se ha realizado un análisis en función de varias consideraciones:

- Datos históricos de incidencias del conjunto de centrales hidroeléctricas (universo de aproximadamente 100 centrales, en un periodo de 6 años de análisis).
- Experiencia aportada en el mantenimiento histórico de las centrales hidroeléctricas, así como de las incidencias acaecidas.
- Experiencia profesional de los

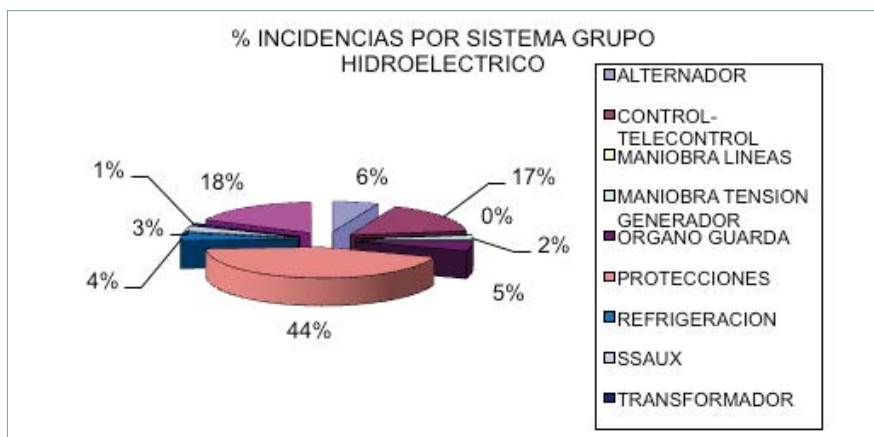


Figura 5. Diagrama de tanto por ciento de incidencias asociadas a cada uno de los sistemas de la central hidroeléctrica en relación con el histórico de incidencias analizado.

mantenedores de este tipo de sistemas.

- Análisis de las estrategias de mantenimiento y sus resultados en desarrollos quinquenales.

Por otro lado, y en función de los datos históricos de incidencias que poseamos, se confecciona la tabla de modos de falla y tipos de falla estándar a que está expuesto al grupo hidroeléctrico (tabla 3 y figura 5).

### Análisis de criticidad de los equipos de la central hidroeléctrica

Siguiendo la guía de diseño del plan de mantenimiento, en la tabla 5 se indican las características consideradas en el

análisis de cada equipo de la central hidroeléctrica, para definir el grado de criticidad propio.

En función del grado de disponibilidad necesario del sistema que analizar, se pueden definir los modos de mantenimiento a realizar (tabla 6).

En función del grado de disponibilidad necesario del sistema por analizar, podemos definir los modos de mantenimiento a realizar (tabla 6).

### Operaciones de mantenimiento según el tipo de los equipos de la central hidroeléctrica

Una vez definidos los sistemas, equipos, grados de criticidad de cada sistema así como objetivos de mantenimiento de la

central hidroeléctrica, el siguiente paso es definir las operaciones que realizar dentro de cada modo de mantenimiento a implementar en el desarrollo del plan de mantenimiento en cuestión (tabla 7). En los siguientes apartados se desarrollan las acciones que implementar en los modos de mantenimiento considerados.

### Trabajos realizados en la central Revisiones de grupo

Consecuencias de la gestión y de los resultados obtenidos con las herramientas básicas de la estrategia de mantenimiento, se acometen inversiones según coste oportunidad, recuperando las condiciones iniciales de funcionamiento del grupo y mediante automatización y modernización.

### RCM mantenimiento centrado en fiabilidad

Método de análisis procedimentado para la implantación y optimización de sistemas de mantenimiento. Estudia los fallos funcionales y las actividades que realizar para diagnosticar el fallo con anterioridad, reparar cíclicamente, rediseñar o concluir que no es posible realizar ningún mantenimiento programado. Su objetivo es optimizar recursos asociados al mantenimiento.

#### 1. Implementación SGMA:

- Control de productos primarios y residuos.
- Control de trabajos en función de parámetro de mejoras ambientales.
- Utilización de aceite biodegradable en sistemas de maniobra oleo-hidráulicos.
- Montaje de equipos de doble capa en sistemas de regulación oil.
- Control de presencia aceites en depósito de achique de centrales en cámara (primer nivel de control).
- Depósitos de confinamiento de centrales dentro del circuito de

Equipo alta fiabilidad (c)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguridad y medioambiente                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidente muy grave</li> <li>• Revisiones periódicas</li> <li>• Se han producido accidentes</li> </ul> </li> <li>- Producción                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Su parada afecta al plan de producción</li> </ul> </li> <li>- Calidad                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es clave para la calidad del producto</li> <li>• Es el causante de un alto porcentaje de incidencias</li> </ul> </li> <li>- Mantenimiento                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto coste de reparación en caso de avería</li> <li>• averías muy frecuentes</li> <li>• Consume una parte importante de los recursos de mantenimiento</li> </ul> </li> </ul>
Equipo importante (i)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguridad y medio ambiente                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesita revisiones periódicas (anuales)</li> <li>• Puede ocasionar un accidente grave</li> </ul> </li> <li>- Producción                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Afecta a la producción pero es recuperable</li> </ul> </li> <li>- Calidad                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Afecta a la calidad pero no es problemático</li> </ul> </li> <li>- Mantenimiento                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste en mantenimiento</li> </ul> </li> </ul>
Prescindible (p)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguridad y medio ambiente                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poca influencia en seguridad</li> </ul> </li> <li>- Producción                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poca influencia en producción</li> </ul> </li> <li>- Calidad                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• No afecta a la calidad</li> </ul> </li> <li>- Mantenimiento                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo coste en mantenimiento</li> </ul> </li> </ul>

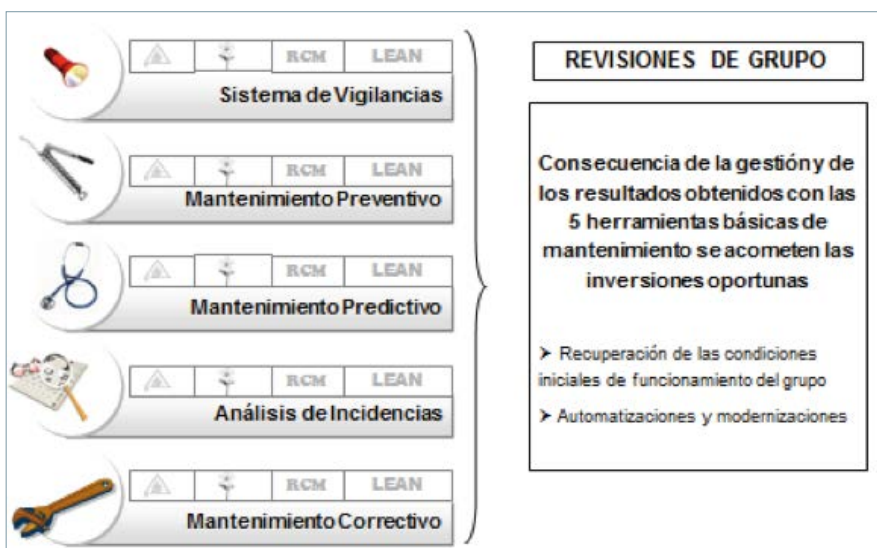
Tabla 5. Características de cada tipo de equipo en función de su criticidad en el funcionamiento.

DISPONIBILIDAD >90%	DISPONIBILIDAD ALTA	DISPONIBILIDAD BAJA
Modo mantenimiento alta fiabilidad	Modo mantenimiento sistemático	Modo mantenimiento condicional
Mantenimiento legal	mantenimiento subcontratado	
Normativa legal	Falta medios o conocimientos	
INDISPONIBILIDAD MUY BAJA		
Modo mantenimiento correctivo		

Tabla 6. Planificación del mantenimiento en función de la disponibilidad del sistema.

<p><b>1. MODO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconocimientos de inspección</li> </ul>
<p><b>2. MODO DE MANTENIMIENTO CONDICIONAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recorridos de inspección</li> <li>- Operaciones de mantenimiento condicionales (a falta de)</li> </ul>
<p><b>3. MODO DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recorridos de inspección</li> <li>- Operaciones de mantenimiento condicionales</li> <li>- Operaciones mantenimiento reacondicionamiento cíclico</li> <li>- Operaciones de mantenimiento preventivos</li> </ul>
<p><b>4. MODO DE MANTENIMIENTO DE ALTA FIABILIDAD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recorridos de inspección</li> <li>- Operaciones de mantenimiento condicionales</li> <li>- Operaciones de mantenimiento reacondicionamiento cíclico</li> <li>- Operaciones de mantenimiento preventivos</li> <li>- Operaciones de mantenimiento predictivos</li> <li>- Operaciones de rediseño</li> </ul>

Tabla 7. Listado de operaciones de mantenimiento en cada modo de mantenimiento de equipo.



sistema de refrigeración de los grupos (decantación del agua de refrigeración para el control final del agua de retorno a cauce de río).

- Sustitución de transformadores e interruptores de aceite por otro equipamiento de tecnología "seca" reduciendo el volumen de aceites en el proceso productivo.
- Circuito de respaldo (grupos eléctricos doble capa, buferos con bandejas de recogida, etc.).
- Eliminación de uralitas y de PCB en las instalaciones industriales.
- Mejora del diseño de la iluminación externa (distribución de luminan-

cia hacia el suelo) y del alumbrado leds, alumbrado de seguridad. Auditorías anuales del sistema de gestión ambiental.

**2. SGPR:**

- Implementación de sistema de gestión de la prevención de riesgos laborales en la instalación.
- Mejora de los procedimientos de trabajo e instrucciones operativas (trabajos en altura, izado de cargas, permisos de trabajo, trabajos en alta tensión, BT, trabajos en descargo hidráulico, control de trabajos en espacios confinados y de difícil acceso).
- Modernización del equipamiento

eléctrico con la correspondiente actualización de enclavamiento de seguridad en su maniobra. Actualización del procedimiento de maniobra eléctrico de equipos.

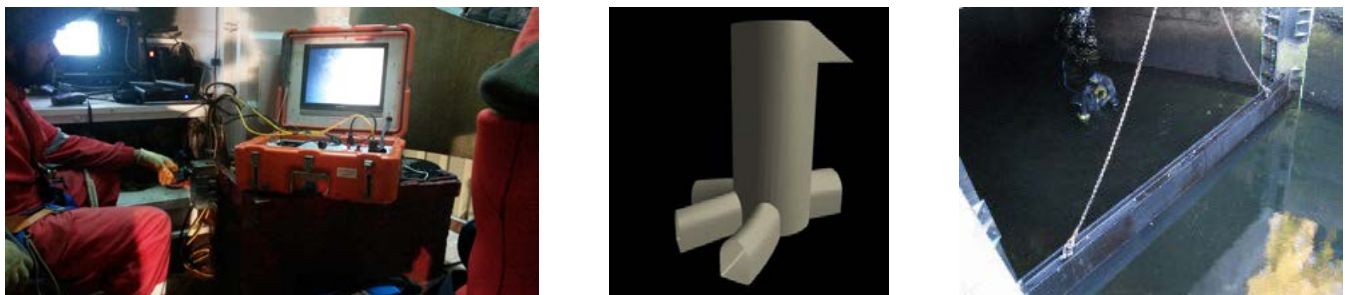
- Modernización de equipamiento mecánico con la correspondiente mejora de los sistemas de cierre y enclavamiento (cierres de revisión en descargo eléctrico, mejoras en enclavamientos).
  - Sistema de control y gestión OS-HAS 14000.
- 3. Mejoras, grandes actuaciones.**
- Adecuación de las válvulas de medio funda de la presa de Susqueda.
  - Adecuación de la maniobra de compuerta y ataguía Torre de Toma.
  - Revisiones de tubería forzada en actuaciones periódicas de vaciado de tubería forzada de la central de Susqueda (4,5 km, diámetro 4,5 m, hormigonado excepto en el último tramo de caída 160 m, que es acorazado).
  - Inspecciones según programa de los procedimientos de control de la presa de Susqueda (auscultación).
  - Grandes revisiones de los grupos 1, 2, 3 con el correspondiente desmontaje total del grupo hidroeléctrico en la central - Alternador, Turbina, refrigeración.
  - Optimización del caudal de refrigeración de los grupos mediante individualización de cada circuito.
  - Adecuación del diseño de los rodets por grupos (eficiencia).
  - Sistemas de control de funcionamiento con 2 y 3 redundancias de control, para poder tener la información y seguimiento del funcionamiento de los grupos de manera *on-line* y con alta fiabilidad.
  - Montaje de arrancadores estáticos en fetos de sistemas con motores y bombas de los sistemas de grupos y los sistemas comunes de central.
  - Sistemas de control de niveles mediante ultrasonido, radar y sistemas de enclavamiento físico (boyas) para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y protección en función de dicho parámetro de funcionamiento -> Nivel.
  - Sistemas de actuación contraincendios de equipos CO<sub>2</sub>.
  - Sistema de control de atmósfera central.



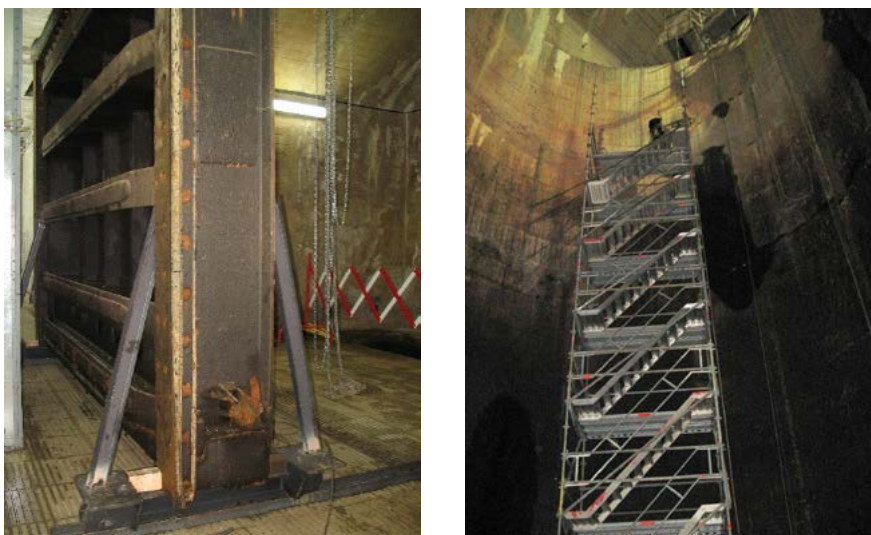
Trabajos de desmontaje grupos hidroeléctricos de Susqueda. Fuente: Base documental UPH Ebro Pirineos.



Trabajos de revisión mecánica en la zona de la turbina.



Trabajos de revisión y adecuación de las infraestructuras central y tuberías forzadas.



Revisiones y adecuaciones de elementos de maniobra hidráulica central.

### Susqueda 1968-2018. Celebración del 50 aniversario

Durante 2017 se constituyó una comisión (ayuntamientos, consejos comarcales, Diputación, Agencia Catalana del Agua, Consorci del Ter, Fundación Endesa, Endesa, Enel Green Power) para preparar una serie de actos multidisciplinarios durante todo el año 2018, con el principal objetivo de poner en valor lo que ha representado la construcción de esta infraestructura en el territorio:

- Actos lúdicos y deportivos.
- Difusión de visita virtual en 3D.

Medioambiente y hábitat: fauna y piscícola.

- Actos culturales.
- Exposición de 50 años instalación



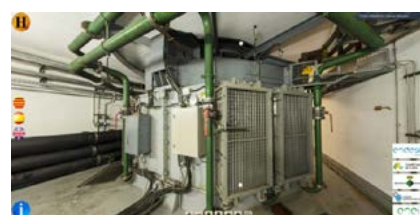
en la sala hipóstila de la presa de Susqueda.

- Realización de documental sobre la construcción.
- Visitas de diferentes colectivos.
- Visitas con medios de comunicación (televisión, radio, prensa, etc.).

Dentro de los actos de conmemoración de los 50 años de la presa y embalse de Susqueda, el viernes 16 de marzo se inauguró en la sala de columnas de la presa una exposición sobre la historia del complejo hidroeléctrico y su entorno. La muestra, albergada en la sala de columnas de la presa de Susqueda, ha tenido como objetivo compartir con el visitante las peculiaridades de esta singular infraestructura y su ubicación. La exposición estaba dividida en 5 ámbitos temáticos diferentes (el embalse de Susqueda, la construcción de la presa, los aprovechamientos hidroeléctricos, el río Ter y su patrimonio: fauna y flora) a través de paneles que aglutinan fotografías, ilustraciones, gráficos y textos y que invitan a hacer un recorrido visual, cómodo, intuitivo y agradable para los visitantes. Todo ello estaba enmarcado en un espacio con un atractivo arquitectónico único. La exposición se complementó con 23 piezas del Fondo Histórico de Endesa procedentes de varias centrales hidráulicas del territorio (algunas de las antiguas Hidro Empordà y HECSA) que representan la evolución y la trayectoria técnica de este tipo de infraestructuras y se convierten en un testimonio material de arqueología industrial.

**Visita virtual 3D de la central hidroeléctrica y la presa de Susqueda. Difusión de un ejemplo de central de energía renovable**

Uno de los actos más importantes de la celebración del 50 aniversario de Sus-



queda ha sido la realización de un visita virtual en 3 dimensiones tanto de la central hidroeléctrica como de la presa. En este recorrido, se pueden visitar ubicaciones de la instalación y en cada ubicación hay una explicación técnica sobre la funcionalidad y las especificidades. El hecho de que la central sea de tipo

caverna hace que no sea visitable cuando se desarrollan trabajos en su interior. Con esta actuación se intenta explicar la funcionalidad de la infraestructura de generación de energía renovable.

Francisco Javier Martínez Monseco es responsable de Enel Green Power Hydro. A. Ter.



## El COGITI entrega sus reconocimientos y distinciones honoríficas

Más de 80 invitados asistieron a la primera Cena de San José, celebrada de manera conjunta entre el COGITI y la UAITIE con motivo del Patrón de la profesión.

El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España homenajeó a los miembros salientes de la Junta Ejecutiva, mientras que la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial presentó a su nueva Junta Directiva, y entregó la distinción de Socia de Honor a la Alcaldesa de Gijón, Carmen Moriyón Entrialgo, por su apoyo incondicional a la profesión. En el transcurso de la Cena de San José, que tuvo lugar el pasado 29 de marzo en el Club Financiero Génova (Madrid), el Consejo General quiso homenajear a los miembros de la Junta Ejecutiva que desde el pasado mes de enero, cuando se produjeron las Elecciones, ya no forman parte de la misma: Juan Ignacio Larraz Plo (vicepresidente entre 2011-2019), Juan Ribas Cantero (vocal, 2011-2017), Aquilino de la Guerra Rubio (vocal, 2011-2018), José M<sup>º</sup> Manzanares Torné (tesorero e interventor, 2011-2019), Santiago Crivillé Andreu (vocal y vicesecretario, 2011-2019), Francisco Miguel Andrés Río (vocal, 2015-2019), y Fernando Blaya Haro (tesorero, 2015-2019). Todos ellos recibieron un



De izda. a dcha.: Juan Ignacio Larraz, presidente de UAITIE; Carmen Moriyón, alcaldesa de Gijón; Enrique Pérez, decano de COITIPA, y José Antonio Galdón, presidente de COGITI.

pequeño obsequio, de manos del presidente del Consejo General, José Antonio Galdón Ruiz, en reconocimiento a su dedicación durante los años que han permanecido en la Junta Ejecutiva.

El broche de oro a esa noche especial lo puso la entrega de la distinción de Socia de Honor a la Ilma. Sra. D<sup>a</sup>. María del Carmen Moriyón Entrialgo, Alcaldesa de Gijón, que agradeció enormemente la distinción que acababa de recibir. Además, tuvo un

recuerdo para otro nombramiento que recibió el pasado año, por parte del Colegio del Principado de Asturias, que con motivo del 60 aniversario de la organización colegial, le otorgó el título de Colegiada de Honor. A su vez, recordó que en 2016, el decano del citado Colegio, Enrique Pérez, fue "merecidamente reconocido con el título de Embajador Honorífico de Gijón", por la gran cantidad de actuaciones que ha llevado a cabo en este sentido.

## El COGITI se incorpora al Foro de la Seguridad (FSI)

El pasado 24 de abril se reunió por primera vez el Foro de la Seguridad Industrial (FSI), una vez constituido formalmente, en la sede de la Federación Española de Asociaciones de Organismos de Control (FEDAOC), en Madrid.

En el transcurso de este primer encuentro, cada representante de las entidades miembros expuso su organización y actividad. Asimismo, el acto permitió la integración de dos importantes organizaciones más, que se suman a los objetivos del foro: el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) y la Asociación de Empresas de Frío y sus Tecnologías (AEFYT). El interés despertado por este foro es muy destacable, y en breve se sumará al mismo la Plataforma Tecnológica Española de Seguridad Industrial (PESI).

Entre otros aspectos relevantes abordados, el FSI acordó revisar los objetivos iniciales del mismo, incluyendo aspectos como el diseño, proyecto y dirección facultativa, velar por la exigencia del cum-



Primera reunión del Foro de la Seguridad Industrial.

plimiento reglamentario y establecer un Plan de Comunicación que sirva para transmitir los valores de la Seguridad Industrial a usuarios y titulares finales.

Por otra parte, el pasado 11 de abril se

creó el Observatorio de la Ingeniería de España, con la constitución de su Consejo Rector, del cual forma parte también el COGITI, para analizar la realidad del sector.

# La revista Técnica Industrial entrega sus Premios a los Mejores Artículos e Informes Técnicos

La entrega de los premios tuvo lugar el pasado 29 de marzo, en el salón de actos del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid. En total, se entregaron 7.450 € en premios, repartidos en las diversas modalidades del Concurso. El jurado calificador valoró cerca de 60 artículos e informes, publicados entre septiembre de 2015 y julio de 2018.



José Antonio Galdón Ruiz, presidente del COGITI y de la FTI, entrega el Premio «Fundación Técnica Industrial» a Cristina Castejón.



Ana Mª Jáuregui, vicepresidenta de la Fundación Técnica Industrial (FTI), entrega el Áccesit de la Fundación Técnica Industrial a Luis Joaquín Lancharro.



Juan Ignacio Larraz, presidente de UAITIE entrega el Áccesit de la FTI a Alejandro García y a Pablo Zapico.



El decano de COITI Principado de Asturias, Enrique Pérez, entrega el Premio Principado de Asturias a Cecilia Guillén Arqueros, Víctor Hernández Elvira, José Herrero Rueda y Juan Francisco Trigo Escalera.



La decana de COGITI Valencia, Angélica Gómez, entrega el Premio Valencia a Higinio Rubio Alonso.



Los decanos de Las Palmas, José Antonio Marrero, y de Santa Cruz de Tenerife, Antonio Miguel Rodríguez, entregan el Premio Canarias a Rocío Millán y Pablo Pizarro.



José Luis Hernández, vocal de la Fundación Técnica Industrial (y decano de Zamora), entrega el Premio Mastia a Estefanía Pinto.



Enrique Zaro, decano de COITI Aragón, entrega el Premio Aragón a Vicente Ferrando.



Jesús E. García, secretario de la FTI, entrega el Premio Gipuzkoa a Marina Rodríguez.

La finalidad de los premios, que promueve la Fundación Técnica Industrial (editora de la revista), nace de sus propios estatutos, que señalan como objetivo primordial "la promoción, el desarrollo, la protección y el fomento de la investigación científica y técnica en el campo industrial".

El presidente de la Fundación Técnica Industrial y del COGITI, José Antonio Galdón Ruiz, tras felicitar a los premiados, destacó la reconocida trayectoria de la revista Técnica Industrial, que supone todo un referente para la profesión

y un "escaparate" de cara a la sociedad, y al mismo tiempo agradeció a los patronos su apoyo. Asimismo, animó a aquellas personas que estén preparando el doctorado a contar con la revista para publicar sus artículos de investigación, así como a los alumnos que estén realizando el Trabajo Fin de Grado.

Por su parte, la directora de la revista Técnica Industrial, Mónica Ramírez Helbling, habló sobre el origen de los premios, que datan de la década de los años 50. Además, señaló que la revista asume las directrices para la edición de

revistas científicas de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y del Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU), con el fin de facilitar la indización en las principales bases de datos, y ofrecer así la máxima visibilidad y el mayor impacto científico de los artículos y sus autores. También intervinieron el secretario del Consejo de redacción, Enrique Soriano; el gerente de la Fundación Técnica Industrial, Luis Francisco Pascual Piñero, y el tesorero de la FTI y vicedecano del Colegio de Madrid, Fernando Blaya Haro.

Colaboración del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Navarra

# Navarra exporta a EEUU su conocimiento en energías renovables

Desde hace 10 años, el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Navarra organiza un programa formativo internacional por el que han pasado ya más de 400 alumnos norteamericanos.



Estudiantes norteamericanos del curso de Energías Renovables.

## Amaia Arraras (CITI Navarra)

Navarra era en 2009 un referente mundial en la producción de energías limpias, fundamentalmente de origen eólico. La región cubría entonces más del 65% de su consumo eléctrico mediante fuentes de energía renovable y trabajaba para acercarse al 100%. Exportar ese conocimiento y formar a alumnos americanos en una región que era, y sigue siendo, pionera y puntera en energías renovables fue el objetivo principal por el que el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Navarra (CITI Navarra) puso en marcha en 2010 un programa piloto para que estudiantes estadounidenses, la mayoría de la universidad de Kentucky, completaran en Pamplona su formación en este sector.

Desde entonces, en estos 10 años, el programa se ha ampliado con más cursos, por los que han pasado en total más de 400 alumnos, que lo han consolidado como un proyecto formativo continuo y reconocido en los centros norteamericanos; también en Navarra, donde cuenta con el importante apoyo de empresas de la Comunidad que abren sus puertas para que los alumnos puedan visitar sus instalaciones.

El curso de Energías Renovables, impartido íntegramente en inglés, se desarrolla en las aulas de formación de CITI Navarra, del Centro de Referencia Na-

cional en Energías Renovables y Eficiencia Energética (CENIFER) y de la Universidad Pública de Navarra (UPNA), y consta de 100 horas de formación repartidas en cuatro semanas entre los meses de junio y julio. Además, los alumnos convalidan créditos oficiales en sus respectivas carreras universitarias tras superar el programa.

Según explica Antonio Rodríguez, gerente de CITI Navarra, "que las universidades americanas acrediten el curso ha servido para reconocer desde el principio este programa del que nos sentimos muy orgullosos". Esta iniciativa, añade, "ha podido ser realizada, y alcanzar el hito del décimo aniversario, gracias a que Navarra es un referente mundial en energías renovables. Por eso, contamos con grandes profesionales del sector y con empresas con alta tecnología que siempre nos han mostrado su apoyo". En este punto destaca la colaboración de CENIFER, "que desde el primer día ha apostado también por esta iniciativa internacional".

Además, desde 2018, el programa cuenta con el apoyo de la UPNA, que participa en la organización y reconoce también con créditos oficiales la asistencia al curso de alumnos de su centro formativo. De esta forma, CITI Navarra beca cada año a un grupo de estudiantes de la propia universidad para que

realicen también la formación junto con los alumnos estadounidenses.

## Visitas y profesores

El curso analiza las principales técnicas de producción de energía térmica y eléctrica utilizando las principales energías renovables. Los estudiantes tienen la oportunidad de aprender todos los conceptos teóricos importantes y experiencias prácticas para comprender el sector de forma global.

La programación se estructura en 100 horas lectivas, 80 de clases teórico-prácticas y 20 de visitas a empresas. De esta forma, cada viernes se realiza una visita organizada a instalaciones relacionadas con los temas tratados durante la semana. Entre las empresas que se visitan destacan depuradoras, plantas de biomasa y laboratorios, entre otras.

Los profesores del curso son seleccionados entre un amplio grupo de profesionales con amplia experiencia en la enseñanza, ingenieros en activo que trabajan en la industria navarra, y también profesores de la Universidad Pública de Navarra.

Otro de los objetivos de este programa es promocionar la imagen de Navarra en el mundo, tanto en el sector de las energías renovables, como en su parte cultural. Por eso, los alumnos, la mayoría alojados en familias, también realizan visitas a



Alumnos del programa internacional de CITI Navarra visitan una planta solar fotovoltaica.

enclaves turísticos de la Comunidad y de sus alrededores. Así, el programa incluye actividades culturales con visitas guiadas a Pamplona, a una bodega o al castillo medieval de Olite, entre otras. También ofrece la oportunidad de realizar alguna etapa navarra del Camino de Santiago.

En estos 10 años, el programa internacional de CITI Navarra se ha ampliado

con cursos dirigidos a más estudiantes americanos de otros estados. Destaca la oferta de cursos de Sostenibilidad o Ingeniería Arquitectónica, gracias a convenios con las universidades del estado de Alabama: Auburn University y University of Alabama en Tuscaloosa, respectivamente. Asimismo, se han celebrado otros de aprendizaje de cas-

tellano y Ciencias de la Alimentación y Bioética (con alumnos de Clemson University, del estado de Carolina del Sur) con una oferta que busca tanto la formación específica de los estudiantes estadounidenses, como la posibilidad de aprender el idioma en el entorno de la Comunidad Foral.

### Formación en EEUU para ingenieros españoles

Las magníficas relaciones y la red de contactos que el Colegio ha forjado en estos años con varias universidades americanas han permitido que los convenios se concreten también en la otra dirección, para que estudiantes y recién graduados navarros completen su formación en estos centros formativos estadounidenses.

En la actualidad, existe un programa para que ingenieros españoles realicen prácticas en Tuscaloosa, en la Universidad de Alabama. Los participantes tienen la oportunidad de perfeccionar

## Coworking para favorecer el desarrollo profesional y las iniciativas en materia de energías renovables

Apostar por el autoempleo y el emprendimiento ha sido siempre una de las máximas de CITI Navarra, que en 2016 ideó la puesta en marcha de un coworking con el objetivo de **favorecer el desarrollo profesional** y las iniciativas en materia de energías renovables y eficiencia energética. El proyecto se materializó gracias al Servicio Navarro de Empleo (SNE- NL), a través del Centro de Referencia Nacional en Energías Renovables y Eficiencia Energética (CENIFER), entidades con las que CITI Navarra colabora desde hace años.

**Este espacio de cotrabajo, que dirige y coordina CITI Navarra, está situado en las instalaciones de CENIFER, y ha acogido desde entonces a más de 30 profesionales que desarrollan distintos proyectos y entre los que se han generado sinergias. Todo ello ha favorecido, además, la creación de 23 puestos de trabajo.**

Este *coworking* permite especialmente buscar elementos complementarios entre CENIFER y los profesionales de las energías renovables y la eficiencia energética. Se trata, además, de un espacio físico de encuentro entre sus usuarios, los proveedores y clientes, a la vez que sirve para el desarrollo del conocimiento. Entre sus miembros hay empresas dedicadas también, además de a las energías renovables, a la informática industrial, la consultoría financiera y estratégica, la asesoría, el desarrollo de utilidades o de I+D, y la comercialización de productos y servicios.

A juicio de la directora gerente del SNE-NL, Paz Fernández, el coworking “está contribuyendo al autoempleo,

a la generación de puestos de trabajo y a la creación de empresas innovadoras en nuevos nichos de actividad”. El valor añadido de este espacio, subraya, “es favorecer los intercambios de conocimientos y generar más innovación y actividad”. “Hablamos de personas que han emprendido por necesidad o por oportunidad. Algunos estaban desempleados y han aprovechado este periodo para dar forma a ideas que ya tenían. Y otros han dejado otras actividades para apostar por nuevos nichos. Han empezado a desarrollar su idea y a los meses se han hecho autónomos”.

En la actualidad, varias de las empresas que nacieron en ese coworking han crecido y se han instalado para desarrollar su actividad en Ingenio Networking, un nuevo espacio colaborativo situado en las instalaciones de CITI Navarra que reúne ya a más de 30 proyectos, entre empresas, asociaciones y centros tecnológicos.

El coworking de CENIFER ha servido de inspiración para la puesta en marcha de este otro ‘centro de negocios’, que dispone de unas instalaciones compartidas de 1.500 metros cuadrados en distintas plantas de los edificios inteligentes de Pamplona y que sirven, asimismo, para establecer sinergias, compartir servicios y dinamizar actividades.

Desde que en 2012 entraran las primeras asociaciones en las instalaciones de CITI Navarra, se ha aumentado exponencialmente el espacio disponible y las empresas que forman parte del proyecto, bautizado como ‘Ingenio Networking’, multiplicándose así las redes de colaboración.

sus conocimientos de inglés en una situación de inmersión lingüística y cultural; durante su estancia viven en la universidad, por lo que intervienen durante todo el programa de la vida académica y disponen de acceso a todas las instalaciones universitarias (centros deportivos, biblioteca, etc.), para participar,

realizando prácticas, en grupos de investigación de la universidad.

Con todo, la conmemoración de este décimo aniversario llega en un momento clave para CITI Navarra, que sigue, y seguirá en los próximos años, apostando de forma decidida por la formación internacional en esta doble dirección.

“Continuaremos exportando nuestro conocimiento, pero queremos que nuestros ingenieros tengan también la oportunidad de completar su formación en el extranjero y retornar y atraer finalmente el talento aquí, porque es clave para nuestra economía y nuestro desarrollo”, concluye Antonio Rodríguez.

## Formar a profesionales en energías limpias, clave para el desarrollo regional, nacional e internacional

Los planes de formación que cada año pone en marcha CITI Navarra tampoco pasan por alto las energías renovables, ya que la demanda en este sector sigue al alza desde hace años. Formar a profesionales en energías limpias es clave para el desarrollo regional, nacional e internacional.

De esta forma, y en colaboración también con el Servicio Navarro de Empleo (SNE- NL) y el Centro de Referencia Nacional en Energías Renovables y Eficiencia Energética (CE-NIFER), el Colegio organiza cursos para dar respuesta a las necesidades del sector. Algunos de ellos fueron diseñados en previsión del real

decreto de desarrollo del autoconsumo, que finalmente fue aprobado el pasado mes de abril por el Consejo de Ministros, y que va a favorecer la aparición de nuevos perfiles profesionales y nuevas ocupaciones.

Asimismo, existe otra línea de formación centrada en energía, subvencionada parcialmente por la Dirección General de Industria, Energía e Innovación del Departamento de Desarrollo Económico del Gobierno de Navarra, con cursos de Gestión energética en la Industria; Gestión energética en hospitales o Auditoría energética en centros hospitalarios, entre otros.

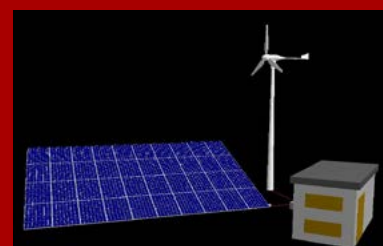
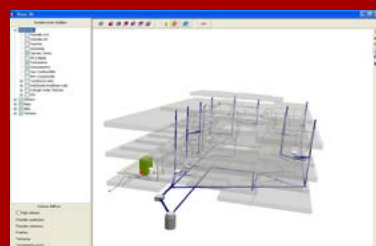
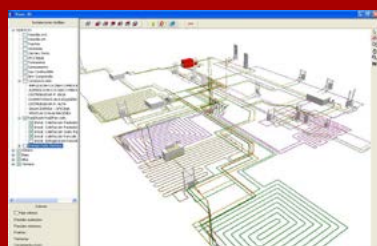


### Edificación

- CIEBT: Instalaciones Eléctricas BT
- VIVI: Instalaciones Eléctricas en Edificios de Viviendas
- IPCI: Protección contra Incendios por agua
- FONTA: Fontanería: Agua fría y agua caliente sanitaria
- SANEA: Instalaciones de Saneamiento
- GASCOMB: Instalaciones Receptoras de Gases Combustibles
- AIRECOMP: Aire Comprimido y Gases Industriales
- CATE: Cargas Térmicas de Invierno y Verano
- CONDUCTOS: Conductos de Aire para Ventilación y Climatización
- RSF: Radiadores, Suelo Radiante y Fancoils
- SOLTE: Energía Solar Térmica
- REFRI: Cálculo de tuberías y equipos de expansión directa

### Urbanización

- ALP: Redes de Alumbrado Público
- REDBT: Redes Eléctricas de Distribución BT
- CMBT: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas BT
- REDAT: Redes Eléctricas de Distribución AT
- CMAT: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas AT
- CT: Centros de Transformación de Interior e Intemperie
- ABAST: Redes de Abastecimiento de Agua y Riego
- ALCAN: Redes de Alcantarillado
- RENOVABLES: Energías Renovables: Fotovoltaica y Eólica



SENCILLEZ EN EL MANEJO, POTENCIA EN EL CÁLCULO

# Engineidea, la plataforma participativa de la UAITIE

Engineidea.es es la plataforma de innovación abierta de la UAITIE que permite a las empresas, instituciones y administraciones públicas presentar desafíos asociados a la innovación y la sostenibilidad.



Imagen de la web www.engineidea.es

Los retos son planteados a la comunidad en línea de Ingenieros, quienes plantean propuestas, ideas y soluciones creativas, motivados por incentivos económicos y/o laborales.

Esta plataforma basa su método de trabajo en el crowdsourcing, una fórmula de colaboración abierta participativa, que consiste en externalizar tareas y realizar proyectos a través de comunidades masivas profesionales. Se hace un llamamiento, más o menos abierto, a una comunidad para solucionar un problema a través de la colaboración o competición. De manera que se consiguen más y mejores soluciones, en menos tiempo y esfuerzo, tanto por parte del cliente como de los proveedores.

## Retos resueltos en la Plataforma

**Retos industriales: “Eliminación del ruido por impacto en contenedores de vidrio”.**

Este desafío industrial ha permanecido abierto hasta el pasado 21 de mayo y fue promovido por la Asociación de Cáceres, la AITICC (Asociación de Ingenieros Técnicos Industriales de Cáceres), con el objetivo de encontrar ideas innovadoras que abordasen los problemas de ruido por impacto en los contenedores de vidrio.

**Retos sociales: “Medidas tecnológicas innovadoras para favorecer el ahorro**

**de agua” y “Medidas innovadoras para reducir la contaminación”**

Los desafíos sociales se encuadran dentro de “Engineidea Social”, sección de la plataforma que recoge aquellos retos sostenibles promovidos por entidades públicas y entidades sin ánimo de lucro, que tienen como únicos beneficiarios la sociedad. Los retos sociales que fueron abiertos en Engineidea, establecían dos concursos de ideas. El primero de los retos, se enfocaba en medidas para favorecer el ahorro de agua, y el segundo, buscaba medidas innovadoras de reducir la contaminación.

## Sección Mujer Ingeniera

**Exposición de mujeres ingenieras de éxito y su impacto en el desarrollo industrial.**

El pasado 14 de junio, se reunió un gran número de ingenieras e ingenieros con el motivo de una conferencia de presentación del Manual de buenas prácticas de la UAITIE, que corrió a cargo de notables ingenieras referentes en sus campos profesionales, abriendo una vez más el debate de la diversidad de género en nuestra profesión y las medidas más adecuadas para mejorar los índices de igualdad. Asimismo, el motivo principal del evento fue la presentación de la exposición “Mujeres Ingenieras de éxito y su impacto en

el desarrollo industrial”, una exhibición de 10 paneles de ingenieras de éxito del pasado y actuales, que han tenido y tienen un gran impacto en el desarrollo tecnológico e industrial de nuestra sociedad.

La jornada estuvo dirigida por mujeres ingenieras referentes en sus campos profesionales y de nuestra Institución, pilotada por el comisario de la muestra y vocal de UAITIE, Fernando Martín. Mencionamos a Susana Carballo Cuesta, ingeniera aeronáutica de Airbus; a Elena Moral Grande, ingeniera industrial Mecánica y Electrónica de Talgo; a Victoria González, vicepresidenta de la Asociación de Ávila; a María del Mar Castellón, vocal de la Asociación de Aragón; a Angélica Gómez, presidenta de Valencia; y a Ana M<sup>a</sup> Jáuregui, decana de Sevilla, que intervinieron para fomentar la presencia de la mujer dentro de la ingeniería y el asociacionismo.

Posteriormente, se dio paso a la inauguración de la exposición de “Mujeres Ingenieras de éxito”, con un vídeo ilustrativo que mostraba a los invitados el motivo final de la jornada, la exhibición y muestra de los 10 paneles expositivos para dar valor y visibilidad al talento femenino dentro de la ingeniería.



# Luis Orús Marca

Director de CISER-CENIFER

## “Tenemos que ser capaces de preparar a los profesionales de EERR para la demanda que habrá”

### Amaitz Arraras (CITI Navarra)

Ingeniero técnico industrial por la Universidad de Zaragoza y graduado en Ingeniería Mecánica por la Universidad Alfonso X El Sabio, Luis Orús Marca lleva más de 18 años dedicado al sector de las energías renovables. Director de CISER-CENIFER, Centro Integrado Superior Energías Renovables, que forma parte del Centro de Referencia Nacional en Energías Renovables y Eficiencia Energética, y miembro de la Junta de Gobierno del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Navarra, Orús apuesta por una educación innovadora en energías renovables “orientada a valores y a las competencias profesionales del futuro”, y destaca a Navarra como referente en el sector, que ha hecho de la lucha contra el cambio climático “uno de sus grandes compromisos”.



Luis Orús Marca

**CENIFER es el centro de referencia nacional de la red que el Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE) promueve en toda España, con el objetivo de avanzar en estrategias de formación e innovación para el empleo. A rasgos generales, ¿cómo funciona el centro?**

CENIFER es una apuesta del Gobierno de Navarra, que se puso en marcha hace ya 17 años al ser esta Comunidad un referente en energías renovables y eficiencia energética a todos los niveles, en las áreas de formación, investigación y empresa.

El centro comenzó su andadura en el año 2001, con la necesidad de dotar a las empresas de personal cualificado para el desarrollo de las energías renovables, a demanda de varias compañías líderes en el sector y ubicadas en nuestra Comunidad.

CENIFER está gestionado por dos departamentos del Gobierno de Navarra, el Servicio Navarro de Empleo-Nafar Lansare (SNE-NL) y el Departamento de

Educación. Del SNE-NL dependen dos centros en CENIFER: el centro propio de formación para el empleo y el Centro de Referencia Nacional (CRN). Del Departamento de Educación depende un Centro Integrado: CISER Centro Integrado Superior Energías Renovables y la participación conjunta con el SNE en el CRN.

Básicamente, con esta estructura cubrimos todas las necesidades formativas en energías renovables y eficiencia energética, tanto para la formación inicial y reglada como para la formación continua o a lo largo de la vida.

Participamos activamente en diferentes procesos de cualificación, como la acreditación de las competencias a través de la vida laboral, analizando las nuevas cualificaciones, y con ello, los nuevos puestos de trabajo que surgen en el mercado y sus necesidades de formación.

**El espacio de cotrabajo (coworking) de CENIFER se puso en marcha en 2016, creado por el Servicio Navarro de Empleo y el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Navarra. ¿Qué balance puede realizar hasta el momento actual?**

En plena crisis económica, tanto en el sector energético (con el cambio de normativa sobre las EERR) como en la construcción, surgió la oportunidad de trabajar en el proyecto europeo ERASMUS+, con diferentes socios y con la Universidad de Mondragón como líder del proyecto, con su grado en Liderazgo Emprendedor e Innovación. Además, participaban universidades de Finlandia, Inglaterra, Turquía y por supuesto el SNE. Uno de los objetivos era la aplicación de Learning by doing, una metodología de aprendizaje en el emprendimiento, desconocida para nosotros hasta entonces.

El nombre del curso que surgió de este proyecto fue Greenpreneurs (greenpreneurs.eu), de donde salió la necesidad de crear un espacio para desarrollar los proyectos emprendedores que aparecieron. Con la disposición del CISER como gestor de las infraestructuras, y la dirección y coordinación del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Navarra (CITI Navarra), se aprovecharon unas instalaciones que permanecían cerradas, dentro del recinto de CENIFER, para poner en marcha el coworking.

**¿A qué se dedican principalmente las empresas que participan en el centro de coworking?**

La principal dedicación son las energías renovables y la eficiencia energética, pero sabemos que hay muchas otras disciplinas que nos pueden dar valor al coworking, como todo lo relacionado con el Big Data y la Industria 4.0. También proyectos transversales, como la gestión de ayudas gubernamentales o la gestión del conocimiento.

### ¿Cuál es el perfil mayoritario de los emprendedores del coworking?

De los profesionales que han pasado por este coworking, la mayoría, salvo cuatro mujeres, son hombres con una media de edad de 40 años y todos con titulación universitaria. La mayoría son empresas unipersonales, pero también hay con dos, tres y cuatro integrantes.

### ¿Cómo ve la situación actual del sector de las energías renovables?

En estos momentos, los nuevos cambios legislativos, el apoyo a las energías renovables de todos los partidos políticos con representación parlamentaria, acompañado de la obligatoriedad de las directrices europeas, tanto en control de emisiones de efecto invernadero como en la reducción de consumo de carbón, sitúa de forma privilegiada a este sector, como única alternativa posible.

En este punto, Navarra está preparada para asumir el reto. Con un crecimiento económico del 3 %, superior a otras comunidades, e incluso a Europa, los tres grandes sectores que hacen posible este incremento son la Automoción, el Agroalimentario y las Energías Renovables.

Hoy es el día que tenemos en Navarra un sector maduro, con CENIFER como centro de referencia preparado y adelantado a los acontecimientos. Además, contamos con instalaciones y profesorado altamente cualificado para el reto que nos acontece, en continua modernización, innovación y actualización; siendo CENIFER centro de referencia nacional, la transmisión del conocimiento se realiza al resto del Estado.

### ¿Y su impacto en el empleo?

Actualmente en nuestro centro tenemos una demanda de empleo superior a la oferta. Está claro que la influencia del sector en el crecimiento económico va ligada a un crecimiento en la demanda de empleo, tanto en cantidad como en calidad.

Tenemos que ser capaces de preparar nuevos profesionales para la demanda que se avecina y, a la vez, actualizar a los profesionales del sector, así como de los sectores auxiliares, en las nuevas tecnologías que vayan apareciendo.

### ¿Cuál es su percepción sobre el futuro de las renovables en España?

La Estrategia Europa 2020, desarrollada por la Comisión Europea en 2010, surge

con el fin de promover un crecimiento económico "inteligente, sostenible e integrador" y establece unos objetivos para la UE, así como el marco de actuación, en materia de innovación, empleo, educación, inclusión social y energía, destacando para su desarrollo a nivel regional el concepto de Especialización Inteligente.

Las Estrategias de Especialización Inteligente (S3 por sus siglas en inglés "Smart Specialization Strategies") son un modelo para el desarrollo económico que implica concentrar los recursos en las áreas económicas en las que cada región cuenta con ventajas competitivas significativas. En nuestro caso están las energías renovables y la eficiencia energética. Este modelo de crecimiento tiene que ser extrapolable a todo el resto de comunidades de España.

### Y en materia de eficiencia energética, ¿queda todavía mucho por hacer?

Hay muchos campos en los que se puede actuar, partiendo de la base de que "la energía más limpia es la que no se consume". Esto lo debemos aplicar a cualquiera de los ámbitos de nuestro día a día en los que trabajamos, energía consumida en la industria, vivienda, transporte, etc.

Las normativas europeas, y su transición hacia las nacionales al respecto (modificaciones, actualizaciones de estas últimas, y por último, la amenaza con las penalizaciones económicas al incumplimiento con reducción de emisiones tanto de gases con efecto invernadero, como calentamiento global), nos permiten tener un campo de actuación muy amplio donde poder mejorar.

Además, se ha demostrado la posibilidad de construir de forma eficiente a precios de mercado, con la oferta de vivienda protegida y libre tasada con criterios de consumo casi nulo y *passivhaus*. En la industria, los costes debidos al consumo energético y al aumento del precio de esa energía, solo son posibles de compensar, primero, con el ahorro, y segundo, con la producción de energía propia mediante energías renovables (solar fotovoltaica, por ejemplo) y el autoconsumo.

### ¿Qué necesidades formativas tienen los nuevos profesionales de la denominada "economía verde"?

Más que en economía verde, sería economía circular y de proximidad. Dos conceptos que unidos forman un desa-

rollo sostenible. Reducción del consumo energético fósil (combustibles) y de materias primas, a través del incremento de la producción de energías renovables; la mejora de la eficiencia energética, así como la consolidación de los sectores emergentes basados en la gestión de recursos naturales y residuos.

Es necesario apostar por una educación innovadora, orientada a valores y a las competencias profesionales de futuro. Impulsar una formación profesional superior de calidad, cercana a nuestras empresas y enfocada a los sectores estratégicos, potenciando igualmente las competencias para la empleabilidad y la formación a lo largo de la vida. Todo ello con las siguientes herramientas principales: proyectos de innovación educativa, estrategia de Formación Profesional, especializaciones y actualizaciones.

### ¿Cuáles son sus próximos proyectos?

Del documento de la Estrategia de Especialización Inteligente de Navarra obtenemos que esta Comunidad es un referente a nivel europeo en buenas prácticas, tanto en la producción de energías renovables, con una histórica apuesta tecnológica e industrial para su desarrollo, como en conservación y explotación de los recursos y la gestión medioambiental. La lucha contra el cambio climático es uno de sus grandes compromisos. La Comunidad Foral alcanzó los objetivos de 2020 europeos con varios años de antelación, llegando a generar más energía eléctrica de la que se consume internamente.

Navarra sigue avanzando para llegar a ser en 2050 una región sin consumo de energías fósiles, manteniéndose como líder a nivel internacional en el sector de las energías renovables, y apostando por la eficiencia energética, y la gestión y valorización de los recursos naturales como eje transformador del territorio.

Tenemos que seguir siendo referencia en formación y trasladar el conocimiento al resto del país y, como hemos dicho anteriormente, también en el ámbito internacional.

La formación en línea, traducida al inglés por ser una lengua vehicular dentro del sector, acompañada de la virtualización de los recursos didácticos y materiales que se disponen en CENIFER a través de su página web, nos hará llevar a cualquier parte del mundo la formación más actualizada.



# Pablo San Juan Arauzo

Presidente de la Asociación Estatal de Representantes de Alumnos de Ingenierías de Ámbito Industrial

## “Hay múltiples desafíos en la ingeniería que están esperando a ser resueltos”

**Mónica Ramírez**

En 1983, con la aprobación de la Ley de Reforma Universitaria (LRU), la representación estudiantil quedó establecida dentro del ámbito universitario. En consecuencia, a finales de la década de los 80, los estudiantes comenzaron a agruparse en función de sus titulaciones y zonas geográficas o sectores. Se creó entonces el germen de lo que posteriormente sería la Asociación Estatal de Representantes de Alumnos de Ingenierías de ámbito Industrial (AERRAATI), que desarrolla su actividad como asociación sectorial. Está integrada por representantes de estudiantes de las titulaciones que conducen al ejercicio de la profesión de ingeniero técnico industrial, impartidas en las diferentes universidades de todo el Estado, y que han ido evolucionando a lo largo de los años. Uno de los objetivos de la asociación es fomentar las relaciones con el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) y con los Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos Industriales. Desde el pasado mes de marzo, Pablo San Juan Arauzo, estudiante de Ingeniería Mecánica en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid, ostenta el cargo de presidente de la AERRAATI.

**A finales del pasado mes de marzo tuvo lugar el LXII Congreso de la AERRAATI en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz, donde se llevó a cabo la renovación de los cargos de la Junta de Gobierno de la Asociación, ¿cómo afrontas tu elección como presidente?**

Con muchas ganas de trabajar en la mejora de los estudios de ingeniería de ámbito industrial en España. Durante año y medio, como tesorero, pude conocer bien cómo funciona la AERRAATI, y ahora con esa experiencia creo que puedo conseguir ir cerrando varios de los temas que tenemos abiertos. También tengo nuevas ideas que quiero poner en mar-



Pablo San Juan Arauzo

**“Un tema que nos preocupa mucho es la realización de prácticas en empresas, y la falta de vocación para estudiar ingeniería”**

cha y un equipo muy bueno con el que podré sacar adelante todo el trabajo que tenemos pendiente.

Además, este año estamos de celebración, pues cumplimos 25 años desde nuestra constitución; es una responsabilidad a la vez que un motivo de orgullo haber llegado hasta aquí, y debemos velar por que queden muchos años de trabajo por delante.

**¿Cuáles van a ser tus principales líneas de actuación?**

La verdad es que tenemos múltiples líneas de actuación, ideas nunca nos faltan, pero debemos intentar ir cerrando

capítulos. Algunas de las ideas son, por ejemplo, sacar adelante la plataforma de la Comunidad de Ingenieros 4.0, que desarrollamos de manera conjunta con el COGITI. Esta plataforma recogerá las inquietudes de quienes quieren cursar las ingenierías a las que representamos, a los que ya están estudiando, y a aquellos que en el plazo de un año finalizan.

Otro punto importante es tener una mayor comunicación con las Delegaciones de Alumnos de cada centro, donde se lucha de primera mano para atacar los problemas que afectan a los estudiantes. AERRAATI debe saber lo que sucede en cada centro, y es necesario que las delegaciones se apoyen en nosotros para intentar solucionar los problemas con los planes de estudio, prácticas en empresa, trabajos de fin de grado...

Queremos hablar con asociaciones nacionales que agrupan empresas de sectores concretos y saber su opinión sobre los egresados, así como conocer lo que demandan estas empresas de los estudiantes de ingeniería.

**¿Cuántos representantes de alumnos participaron en el congreso celebrado en Cádiz?**

En el último congreso estuvieron presentes veinte escuelas, representadas por cincuenta estudiantes de todo el territorio nacional. Es importante que el número de participantes continúe con la tendencia positiva y el foro de debate cada vez tenga un mayor peso.

**¿Cuáles fueron los principales temas que se trataron?**

En los grupos de trabajo hablamos de planes de estudio, concretamente de las optativas. El debate se centró en el curso donde deben estar ubicadas, y en que deben ser de formación específica, nunca competencias transversales. También hablamos de la necesidad de que los docentes universitarios pasen por una formación específica en pedagogía,

ya que muchas veces tenemos grandes profesionales de la ingeniería en las aulas, pero no saben trasladar el conocimiento.

Asimismo, hablamos del Foro Intersectorial de Representantes Universitarios, lugar en el que ponemos en común diversas cuestiones con el resto de asociaciones de cada sector, para afrontar de manera conjunta problemas relativos a las tasas universitarias y las becas.

### **A nivel educativo, ¿cuáles son vuestras principales reivindicaciones e inquietudes en estos momentos?**

Un tema que nos preocupa mucho y ha sido noticia recientemente son las prácticas de empresa. Actualmente el Gobierno propone que las empresas paguen los gastos de seguridad social de los estudiantes que realizan prácticas curriculares. Esta medida hará que la oferta en prácticas disminuya. Si hablamos de prácticas, se debe vigilar la calidad de éstas, ya que en ocasiones se están realizando tareas que no están relacionadas con la ingeniería.

Nos preocupa también la falta de vocación para estudiar ingeniería, que puede ser consecuencia de la estructuración de los estudios, de la docencia o de la dificultad que entrañan nuestros estudios. Debemos llegar hasta la educación primaria e intentar que a los alumnos de esos niveles se les despierte el interés por estudiar nuestras titulaciones.

### **Actualmente está estudiando Ingeniería Mecánica, en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid. ¿Qué fue lo que te animó a estudiar ese grado?**

Pues en un principio comencé mis estudios en Ingeniería Mecánica porque el mundo de la automoción me llamaba bastante la atención; es conocido que Valladolid es una ciudad icono en este sector. Pero una vez dentro del grado he cambiado completamente de parecer y me resulta más interesante todo lo relacionado con instalaciones térmicas y energía, en general. Lo que tengo claro es que el mundo de la ingeniería me apasiona y estoy muy satisfecho de haber elegido esta titulación.

### **¿Qué percepción tienes de la profesión de ingeniero de la rama industrial en el momento actual?**

La ingeniería de la rama industrial está presente en cada minuto de nuestra vida,

y en ocasiones no somos conscientes del papel que jugamos en la sociedad y del compromiso social que tenemos. Hay múltiples desafíos como la contaminación, la energía, el vehículo autónomo y un largo etc., que están esperando a ser resueltos. La profesión debe formarse continuamente e irse adaptando a los tiempos que corren, tenemos el claro ejemplo de la industria 4.0 que avanza a pasos agigantados.

### **“En ocasiones no somos conscientes del papel que jugamos en la sociedad y del compromiso social que tenemos”**

### **“Respecto a la colaboración con el COGITI, plataformas como la Comunidad de Ingenieros 4.0 darán mayor visibilidad a su labor”**

### **¿Y de la formación que se imparte en las Escuelas?**

Es un punto que desde AERRAITI trabajamos muchísimo. El nivel teórico-técnico se encuentra a un gran nivel con respecto a los estudios de ingenierías en Europa, pero es necesario revisar los planes, hacer actualizaciones en aquellas materias que están creciendo, y buscar un equilibrio real entre práctica y teoría. Un tema que nos preocupa mucho a todos los estudiantes es la correcta aplicación de Bolonia, ya que no se ha conseguido esa adaptación al 100% de los grados, y en ocasiones el plan Bolonia brilla por su ausencia.

### **¿Qué aspectos se podrían mejorar?**

Hay que conseguir que la calidad de la docencia aumente, no tanto por el contenido, que también, sino por el docente. Muchas veces podemos observar que los estudiantes no asisten a clase y los resultados no son nada buenos. Hay que crear carrera de profesor, que quedarse en la universidad no sea una salida de estabilidad sin más. Exigimos mucho a las personas que van a formar al futuro de nuestro país, pero ese futuro también

lo tenemos en las Escuelas. Una vez se consiga que los docentes sepan comunicar y enseñar, podremos iniciar la actualización de los planes de estudio a las necesidades del sector.

La comunicación entre las empresas y las Escuelas debe ser muy fluida, y en algunos centros, como el mío, se puede observar, pero falta dar ese paso que mencionaba anteriormente.

### **Desde el COGITI y los colegios profesionales siempre se intenta transmitir a los alumnos que cuando finalicéis vuestros estudios no estaréis solos al iniciar vuestra carrera profesional, ya que contaréis con los Colegios de vuestra demarcación para ayudaros y asesoraros. ¿Cómo percibís los alumnos la labor que se realiza desde los colegios profesionales?**

Cuesta mucho que alguien que no haya visto funcionar un colegio profesional entienda el trabajo que realiza. Es por lo que creemos en la colaboración con el COGITI, y plataformas como la Comunidad de Ingenieros 4.0 pueden dar mayor visibilidad a la labor que realizan. En la plataforma para los estudiantes de último curso jugará un papel muy importante el portal Proempleoingenieros y la Plataforma de formación e-learning del COGITI.

En muchas ocasiones hay que comenzar por explicar qué es una atribución y una competencia. Una vez entendido esto, se entiende que el colectivo al que perteneces esté agrupado en los colegios profesionales, quienes te acompañan en tu carrera profesional y dan soporte.

Algunos colegios ofrecen visitas técnicas, y éste puede ser el punto más interesante para los estudiantes, ya que hay un colectivo que me está acercando a la industria y despierta interés; poco a poco te acercas al colegio, asistes a las jornadas técnicas, y vas formando parte del colegio.

### **¿Cuáles son tus aspiraciones profesionales cuando finalices tus estudios?**

Me gustaría comenzar a trabajar en alguna empresa relacionada con las instalaciones térmicas y la gestión de servicios energéticos. Sí que he pensado en muchas ocasiones, una vez adquiera experiencia profesional, embarcarme en la aventura de montar mi propia empresa y hacerme un hueco en el sector.

# Ingeniería en las palabras

Pedro Cea Muñoyerro

Todos sabemos que Santiago Ramón y Cajal era un prestigioso doctor, y también recordamos a Stephen Hawking, doctor en Física. En Argentina se suele llamar doctor a un abogado, a un farmacéutico o a un bioquímico, y en algunos lugares de Hispanoamérica llaman doctor a un traficante de drogas.

Es lo que tiene el español, su riqueza se traduce en que las palabras adquieren distintos sentidos, que vienen dados por el uso y que nos permiten expresarnos y entendernos. Todos ellos son doctores. No lo sería un curandero que pasara consulta como doctor, haciéndose pasar por médico. Se trataría de un caso de intrusismo profesional tipificado en el Código Penal.

Si todos ellos son doctores, ¿sería razonable que el colectivo de los médicos le negara a Vargas Llosa el derecho a presentarse como doctor en Filosofía y Letras o que conminaran al Vaticano a que dejara de denominar como doctora de la Iglesia a Santa Teresa?

Afortunadamente, más allá de lo estrictamente penal, nadie patrimonializa el uso del término “doctor”, que tiene varias acepciones, y que todas ellas se usan de manera muy amplia.

Sin embargo, esta extraña pretensión está realmente pasando con el término “ingeniero”. Es un término relacionado con varias acepciones: profesión, profesión regulada, título académico, actividad profesional, persona que se dedica a la ingeniería, persona que se dedica a otra disciplina aplicando conocimientos científicos y tecnológicos, etc. Por ejemplo:

La ingeniería como actividad: “Es un congreso para físicos e ingenieros”, “Trabajé como ingeniero de producción”, “Imhotep, hijo del arquitecto real de Menfis, está considerado como el primer ingeniero conocido”.

Como título académico: “Mi hija quiere estudiar para ingeniera química”.

Como profesión regulada: “Es ingeniero naval colegiado”.

Hay otros ingenieros: “Es nuestro

mejor ingeniero financiero”, “Esa oveja es obra de ingenieros genéticos”, “Los ingenieros de sistemas tienen muchas salidas profesionales”, “Esa campaña de marketing lleva mucha ingeniería social”.

Antiguamente se llamaba ingeniero al soldado que servía en el Cuerpo de Ingenieros.

Pues bien, a pesar de ello hay quienes solo aceptan el uso del término ingeniero bajo una única acepción: ingeniero como alguien con determinada titulación universitaria de segundo ciclo, que le capacita para ejercer alguna de las diferentes profesiones reguladas.

¿A qué nos llevaría este pretendido rigorismo lingüístico si nos dejáramos llevar por él? A que:

- Un graduado en Física sea un físico, pero un graduado en Ingeniería no sea un ingeniero.
- Un ingeniero de otro país, en España no pueda llamarse ingeniero.
- Un graduado con un determinado máster en Ingeniería pueda llamarse ingeniero, pero con otro máster en Ingeniería distinto no pueda llamarse ingeniero.
- Un ingeniero técnico no sea un ingeniero (como si “Juan Pérez” no formara parte de los “Juanes” del mundo).
- Si estudias un grado en Ingeniería, estás “haciendo una ingeniería”, pero cuando ya eres graduado no puedas decir que eres ingeniero.

¿Quiénes son estos censores del idioma, estos que dicen “ingenieros solo somos nosotros”? Aquellos que cada vez que un ingeniero técnico o un graduado se refiere a sí mismo como ingeniero, saltan con diatribas iracundas en cartas, artículos y recursos.

Se trata fundamentalmente, y con diferente vehemencia, de los representantes colegiales de ciertas profesiones: Ingenieros Aeronáuticos; Agrónomos; de Caminos, Canales y Puertos; Industriales; de Minas; de Montes; Navales y Oceánicos y de Telecomunicación.

¿Son estos todos los ingenieros? Ni

de lejos, solo son los correspondientes a 8 titulaciones (o a 8 másteres). En la web del Ministerio de Educación aparecen cientos de títulos relacionados con la ingeniería. ¿Algún “ingenierizador del reino” les puede decir a estos miles de titulados que no son ingenieros?

Pero reflexionemos, ¿por qué algunos pocos desean de manera absurda quedarse en exclusiva el término “ingeniero”?

Es cierto que hay diferencias entre unos y otros ingenieros, pero eso no justifica que solo unos pocos puedan ser llamados ingenieros. La confusión viene facilitada por el hecho de que en España esto es un lío: hay profesiones reguladas y no reguladas (o con atribuciones profesionales). Y en el caso de la ingeniería es más complicado: hay actividades propias de la ingeniería que están reservadas y otras que no, y hay títulos de ingeniería que dan atribuciones y otros que no (incluso de segundo ciclo).

La adaptación al sistema de Bolonia lo ha complicado aún más, al ser más difícil asociar títulos con profesiones. Las profesiones ya no se llaman como los títulos, y no ayuda a aclararlo el hecho de que la Ley de Colegios Profesionales esté sin adaptar a la nueva realidad de los estudios universitarios.

este contexto tan complicado, los que desean introducir confusión lo tienen más fácil. Pero, ¿por qué lo hacen? ¿Se trata de un debate lingüístico? Evidentemente no se trata de limpiar, pulir y dar esplendor al idioma. Hay otra intencionalidad.

En este contexto de la “ingeniería patrimonialista” interesa ver de dónde se parte: de un colectivo que durante décadas se ha auto otorgado el atributo de “superior” (“Soy Ingeniero Superior”); palabra que no aparece en su título universitario aunque se la busque, de hecho se han puesto el “superior” como se podrían haber puesto “egregio” o “insigne”: “Soy Ingeniero Eximio”.

Cualquiera de estos ingenieros “superiores” lo es ante un ingeniero técnico,

aunque éste tenga mucha más experiencia profesional o formación o incluso sea su jefe. Que nadie se confunda, que todavía hay categorías. Están acostumbrados a un marchamo elitista que ahora, con las nuevas titulaciones, queda desdibujado. Desdibujarse supone dejar de distinguirse y con ello perder caché y oportunidades.

¿En qué situación está ahora cada uno de estos colectivos? Se encuentran con una titulación desaparecida y una profesión a la que acceden unos pocos graduados a través de un máster generalista entre cientos, que no aporta especialización (la razón de ser de los másteres) y tan sólo añade unas pequeñas atribuciones profesionales a las que ya tiene un graduado. Un panorama poco atractivo para los estudiantes y una situación desesperada para dichos colectivos.

### La cruda realidad de los datos: veamos un ejemplo

En la Escuela de Ingenierías Industriales de la UVA, desde el curso 2008/09 se titularon 894 ingenieros industriales (los últimos en el curso 2016/17), a razón de 99 titulados por curso hasta que esta titulación desapareció.

Ya con el sistema de Bolonia, desde su primera edición en el curso 2013/14, ha realizado el máster en Ingeniería Industrial un total de 116 titulados hasta el curso 2017/18, a razón de 23 titulados por curso. Durante ese mismo tiempo (2013/14 a 2017/18) 444 alumnos realizaron otro máster distinto al de Ingeniería Industrial.

Pasar de 99 titulados por curso a 23 supone una reducción del 77%. Parece que la tasa de reposición de esta profesión implica que está abocada a languidear sin remedio.

Desde el curso 2008/09 se titularon 1.267 ingenieros técnicos industriales (los últimos en el curso 2015/16). Ya con Bolonia, los graduados en ingeniería desde el curso 2013/14 hasta el 2017/18 han sido 1.135. A razón de 227 por curso.

¿Tiene algún sentido que en la rama industrial solo sean ingenieros los 23 que hacen un determinado máster y que los 227 graduados en ingeniería, que representan la fuerza de la nueva ingeniería, no puedan llamarse ingenieros?

Si diéramos por bueno este absurdo, en unos años España sería un país con miles de profesionales ejerciendo la ingeniería, con formación y experiencia en

ingeniería, pero que no serían ingenieros.

Visto este ejemplo, para el reducto de los "patrimonialistas" la situación es desesperada, apenas hay alumnos que cursen el máster en Ingeniería Industrial y el grueso de los ingenieros (graduados) para colegiarse solo tienen los Colegios de Ingenieros Técnicos.

En definitiva, el nuevo escenario de estudios universitarios les desdibuja y el bajo número de incorporaciones les aboca al declive.

¿Cuál es su reacción? Una estrategia enfocada en varios frentes:

- El patrimonialismo del término "ingeniero".
- Dirigir a los graduados en ingeniería (esos "pretendidos ingenieros") mediante la desvalorización de su título, a que realicen alguno de "sus" másteres.
- Generar confusión haciendo creer que las atribuciones profesionales sólo están asociadas al máster.
- Impedir el acceso a los graduados al nivel de la función pública que les corresponde.
- Intentar romper la estructura de las enseñanzas universitarias oficiales para que se pueda acceder a su máster sin estar aún en posesión de un título universitario oficial que lo permita. "Máster acelerado" lo llaman. La astucia de cambiar todo para que nada cambie.
- Incorporar en sus colegios profesionales a otros titulados. De hecho tienen una batalla interna que enfrenta a los que no quieren mezclarse con los de menor rango frente a los pragmáticos. La guerra la tienen perdida los renovadores, porque son menos y porque su aspiración es probablemente ilegal.
- Generar confusión con los nombres de los colegios profesionales y con sus marcas registradas (ya que los graduados no pueden colegiarse en sus colegios, mejor que no sepan dónde deben hacerlo).

En este último frente están siendo especialmente combativos y han conseguido, vía judicial, que se anule el cambio de denominación del Consejo General de Ingenieros Técnicos Industriales, cambio aprobado en 2016 por el Ministerio de Industria, para adecuarla a la titulación poseída por todos sus integrantes.

Resulta que para el TS es confuso que los graduados sepan que su colegio se llama Colegio de Graduados o cabe que los profesionales confundan un título genérico de grado con una profesión

regulada. No aclara el Tribunal cuál sería el perjuicio y quiénes los perjudicados o si la denominación de partida no es más confusa que la anulada.

Esta anulación ha tenido un efecto cascada sobre las denominaciones de colegios provinciales y sobre marcas registradas. El Tribunal, al aplicar la Ley de Colegios en su literalidad y con el argumento de evitar la confusión, paradójicamente contribuye precisamente a confundir, a que la denominación no guarde relación con las nuevas titulaciones.

Es cierto que los colegios lo son de profesiones, no de títulos académicos, pero parece bueno que a un graduado el nombre le ayude a saber que hay un colegio de graduados asociado a su carrera. En su huida hacia adelante, contradicen al Ministerio quienes ni son perjudicados ni representan a los posibles confundidos.

¿A dónde lleva esto? Revertir los nombres de los colegios o intentar apropiarse una palabra no ayuda a nadie, es solo un perjuicio y una pérdida de tiempo para todos. Para los profesionales, las administraciones, los colegios, los estudiantes y la sociedad. Un paso atrás.

¿Es grave? No. El lenguaje común no se regula en el BOE ni se constriñe mediante sentencias, muy al contrario se impone y evoluciona siguiendo otras leyes de economía, claridad y precisión. Todo el mundo tiene claro qué es un ingeniero y cuándo puede usar el término, y los graduados ya saben que su colegio profesional es el Colegio de Graduados. Las empresas y la sociedad en general ya están asociando al grado como la titulación de referencia de la ingeniería, como en todo el mundo. Todo intento en sentido contrario es una inútil pérdida de energía y está abocado a la melancolía.

¿Qué hay que hacer? En realidad nada, la realidad y la lógica caminan en una única dirección, y el presente y el futuro de la ingeniería está en manos de todos los titulados que hacen ingeniería. Todos ellos son ingenieros, y no solo unos poquitos aturdidos por el vértigo que les inspiran los aires de futuro.

La ingeniería tiene otros retos más importantes y reales que berrinches pueriles y decadentes. Mientras tanto, los ingenieros, seguiremos haciendo ingeniería. Esa profesión tan bella y tan necesaria.

Pedro Cea Muñoyerro es secretario técnico de ingenierosVA. (Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Valladolid)

## La Revolución Industrial y su patrimonio



Antigua fábrica de acero en Suecia. Foto: Shutterstock.

### Luis Francisco Pascual Piñeiro

En una época no tan lejana en el tiempo, hace solo casi 170 años, se inició nuestra historia en la industria. Fue en mitad del siglo XIX de nuestra era cuando, en 1850, la entonces reina Isabel II sancionó el Decreto del Conde de Romanones por el que se crearon las escuelas industriales, consolidando así en España la Revolución Industrial que se había iniciado en la segunda mitad del siglo XVIII en el entonces Reino de Gran Bretaña, con el liberalismo moderno, filosófico y económico que dio lugar al capitalismo.

Aquel movimiento revolucionario industrial tuvo su desarrollo en tres fases: la primera fue hacia finales del siglo XVIII en la industria textil; los telares para el hilado de lana, a fin de competir con los de algodón de India, la extracción de carbón y el invento de la máquina de vapor, de utilidad en todas las industrias, fueron los motores del desarrollo industrial en la fase; en la segunda, en la primera mitad del siglo XIX, los barcos y ferrocarriles a vapor fueron sus motores, y en la tercera fase, la segunda mitad del siglo XIX aportó a la sociedad el motor de combustión, la electricidad y otros inventos y descubrimientos científico-tecnológicos de esta Revolución Industrial.

La primera Revolución Industrial no solo trajo el gran, o mejor dicho, el ma-

yor desarrollo industrial habido, sino que también un incremento demográfico espectacular nunca antes visto en Inglaterra y Gales, que duplicaron su población en la primera mitad del XIX y la cuadruplicaron a final de siglo, y también en el resto de Europa, que más que duplicó su población.

Pero como es sabido, dicha Revolución Industrial también trajo otras ideas socioeconómicas con pensamientos, posiciones y propuestas distintas, el proletariado de las clases trabajadoras y obreras y la burguesía del capital. Todo esto dio lugar a la consiguiente división de la sociedad y los movimientos sociopolíticos conocidos: anarquismo, comunismo, marxismo, sindicalismo, socialismo y un desarrollo mucho más afianzado del liberalismo.

Esta es la historia que, en unos años no muy distintos de los relatados, pues en España esta llamada primera Revolución Industrial tiene lugar desde mediados del siglo XVIII hasta la segunda mitad del XIX, hizo florecer la industria, los servicios, el comercio, la educación y los transportes: con el amparo, apoyo, ayuda y protección de benefactores y magnates de la alta burguesía y logrando los cambios esenciales de esta primera revolución industrial: de los oficios y gremios, a la industria; de la falta, a los

servicios al ciudadano; de los mercados, al comercio; de los carros y carretas, a los transportes de vapor, buques y ferrocarriles, y con todo lo que implicó respecto a cambios en nuestra sociedad de comienzos del siglo XIX.

Las particularidades de España en gran parte del siglo XVIII, hasta más allá de su mitad, con una sociedad mayoritariamente rural disgregada, una renta en su mayoría agraria mínima muy reducida, sin vínculos de mercado arraigados, con una baja población, con industria solo artesanal prácticamente, un elevado índice de analfabetismo que llegaba en grandes áreas hasta el 75% y, en consecuencia unos muy bajos niveles educativos y por supuesto técnicos, hicieron que la revolución industrial se retrasara con relación a otros países de Europa en prácticamente 75 años.

Fue el inicio de la transformación de una sociedad agrícola-ganadera radicada mayoritariamente en el campo, a la sociedad ya industrializada de la segunda mitad del siglo XX, que se radicó en las ciudades. Esta transición, por llamarla de alguna manera, consideran varios autores que tuvo en España cuatro etapas: en la primera, entre finales del XVIII y el primer cuarto del siglo XIX, tiene un mayor y fuerte desarrollo la industria textil, el cultivo y la manufactura del tabaco

y continúan las fábricas creadas por la monarquía en el siglo XVIII en la llamada ilustración: porcelanas, tapices, etc., así como la fabricación de armamento.

La segunda etapa, en el segundo cuarto del XIX, destaca por la mecanización del algodón en la industria textil y el inicio de la industria siderúrgica, etapa que viene inexorablemente ligada al reinado de Isabel II. Lo mismo ocurre en la tercera etapa, durante el tercer cuarto del siglo XIX, en la que se desarrolla la red ferroviaria como transporte potenciador de la incipiente industria, que acabaría su gran desarrollo en la segunda mitad del siglo XX.

Y, finalmente, la cuarta etapa de la transformación industrial de España tiene lugar en el último cuarto del siglo XIX. Sus principales exponentes son la consolidación de la industria textil en el nordeste mediterráneo, así como la industria siderometalúrgica y las extractivas de carbón y hierro en la Cornisa cantábrica, además de las de minerales por compañías inglesas en el oeste andaluz, como el relanzamiento de antiguas minas romanas de pirita, con alto contenido de hierro, cobre y azufre, blenda y sulfuro de zinc, junto con otros diversos minerales al oeste de Sierra Morena.

La que se ha dado en llamar segunda revolución industrial española sucede entre finales del siglo XIX y la mitad del siglo XX. Sus factores motores principales son la consolidación de la industria minera de extracción, principalmente de hierro, dominada mayoritariamente por capital inglés, que además desarrolla las infraestructuras viarias, ferroviarias y de navegación en el norte peninsular, Vizcaya y Santander básicamente. Esto convierte a España, a finales del siglo XIX y principios del XX, en un gran exportador europeo y al desarrollo de las infraestructuras antes citadas.

Aquella que se ha dado en denominar tercera revolución industrial española se inició con el despegue económico e industrial de la década de 1960 y se ha dado por finalizada en los comienzos del presente siglo XXI. Y empezó a inicios de dicho siglo XXI la que ahora se ha venido en denominar industria 4.0, como la cuarta revolución industrial.

Conocer la historia, sobre todo esta historia industrial que nos atañe preferentemente a nosotros, es necesario para saber de dónde venimos y cuáles son nuestros logros y los objetivos que debemos marcarnos para el próximo

futuro inmediato. Nos ayuda a conocer cómo se vivía en aquella época, qué hicieron nuestros antecesores como profesionales para mejorar la sociedad y la vida social y el esfuerzo que tuvieron que hacer para ello.

¿A qué nos lleva todo esto? Sencillamente a que el patrimonio que heredamos de la sociedad que nos precedió tenemos el deber y la obligación de mantenerlo para conocimiento y disfrute de las generaciones que nos sigan. Nada nos vamos a llevar, pero eso no significa que lo vivido y poseído haya de ser destruido; muy al contrario, es obligación del receptor transmitirlo en condiciones para su conocimiento y reconocimiento de la labor realizada.

## “Estas líneas pretenden recordar nuestro pasado industrial reciente y transmitir la importancia de nuestra profesión”

Observando nuestro exterior, tanto el entorno próximo como el más lejano en distancia pero cercano en cultura, educación y pensamiento, me ha embelesado siempre ese mantenimiento y recuperación del patrimonio industrial del que hablamos en los entornos anglófonos y centroeuropeos, al preservar y propiciar el respeto y la conservación de ese patrimonio industrial del que no entraré en la consideración si más o menos rico que el nuestro, que por supuesto también tenemos.

Lo vemos en multitud de películas, no tan recientes pero actuales y de calidad, en las que aparecen aquellos edificios industriales, sobre todo de principios del siglo XX, recuperados en otros usos comerciales, mercantiles, de oficinas e incluso para viviendas y que los ha mantenido en pie y con una utilidad añadida a aquella inicial de la producción industrial. Realmente, nos queda mucho por aprender de ellos para proteger hoy lo que queda de aquel rico patrimonio industrial heredado de quienes nos precedieron.

De las dos primeras revoluciones industriales españolas e incluso de buena parte de la tercera revolución industrial, hasta 1960 más o menos, poco patrimonio industrial nos queda, salvo maquinaria en algunos museos y pocos o casi

ningún edificio o construcción. El desarrollo industrial de la mitad central del siglo XX se los llevó por delante; pero de la parte restante de dicha tercera revolución aún quedan algunas construcciones conservadas y otras rehabilitadas y utilizadas para distintos usos. Esta, precisamente esta, es la parte del patrimonio industrial español que tenemos el deber y la obligación de conservar y mantener como parte de nuestra historia reciente y hasta la actual cuarta revolución industrial, la industria 4.0.

Estas líneas pretenden recordar a unos y hacer ver a otros cuál es nuestro pasado industrial reciente y transmitir a todos la importancia que nuestra profesión desde antaño, técnicos industriales, peritos industriales, ingenieros técnicos industriales (a esta se accede actualmente siendo graduado en ingeniería de la rama industrial), ha tenido y continúa teniendo, así como la labor que siempre hemos desarrollado por la sociedad y la ciudadanía en estos casi 170 años de nuestra historia reciente.

Pero aún nos queda mucho por recuperar. Entre otras cosas nos queda recuperar esa cultura que hace respetar a nuestros antecesores y lo que, con sus medios, hicieron por nosotros, que ha hecho que estemos donde estamos y seamos lo que somos hoy. Cuánto tenemos que asimilar de las culturas asiáticas en este aspecto, como de la japonesa, en que se cultiva transmitir por los mayores lo que sus padres y abuelos les enseñaron, para así perpetuar su cultura y lo que hicieron.

Y, espero que esta sección pueda recoger mucho de esa historia reciente de nuestra industria, patrimonio de la sociedad como parte de ella, no solo la conservada como patrimonio industrial, sino también de aquellas que sucumbieron a la vorágine expansiva y constructora de la segunda mitad del siglo XX, años del gran desarrollo en España. Doy por finalizada esta recopilación de datos, ideas, reflexiones, sensaciones y vivencias confiando que os haya entretenido y haya despertado en vosotros el gusanillo del mantenimiento de nuestro patrimonio industrial.

---

**Luis Francisco Pascual Piñeiro** es perito industrial e ingeniero técnico industrial. Promoción PN 1964 ETPI Valencia. El autor se ha basado en textos sobre la Revolución Francesa, la Revolución de 1848, la Revolución Industrial y la Revolución Industrial en España.

# José Luis Ginés Porcar

Presidente del Consejo de Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales de la Comunidad Valenciana y Decano del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Castellón.

## Campaña: Sí, Seguridad Industrial, siempre

### ¿Por qué una campaña de Seguridad Industrial?

El objetivo principal es difundir y ayudar a los empresarios y empresas de actividades industriales de la Comunitat Valenciana a cumplir los requisitos y prescripciones de la reglamentación sobre seguridad industrial. En esta segunda fase queremos llegar también a profesionales de la restauración y hostelería, así como a comercios y pymes.

### ¿De qué estaríamos hablando cuando hablamos de Seguridad Industrial, porque podemos imaginar que se trata de seguridad laboral, pero es mucho más que eso, hablamos de seguridad en diferentes aspectos?

La Seguridad Industrial es el sistema de disposiciones que tienen por objeto la prevención y limitación de riesgos, así como la protección contra accidentes capaces de producir daños a las personas, a los bienes o al medio ambiente, derivados de la actividad industrial, de la utilización, funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones y equipos, así como de la producción, uso o consumo de los productos industriales. Además de contar con un adecuado diseño, tanto desde el punto de vista funcional como de seguridad, las instalaciones industriales se deben legalizar siguiendo diversos procedimientos administrativos.

También es necesario garantizar, a través de la realización de los correspondientes mantenimientos e inspecciones periódicas, que las condiciones de funcionamiento y las medidas de seguridad establecidas siguen siendo adecuadas.

### Seguridad industrial y sociedad del bienestar. Estos dos conceptos no pare-



José Luis Ginés Porcar

### cen tener relación, pero cuando uno escarba un poquito la relación se ve clara.

Así pues, con esta definición podríamos afirmar que la seguridad industrial está directamente vinculada a la actividad dentro de la industria. Pero esta afirmación no es del todo correcta, puesto que nos vamos a encontrar con instalaciones, equipos y productos industriales en todas y cada una de las facetas de nuestra vida cotidiana y, en consecuencia, podemos afirmar que la seguridad industrial está tanto o más presente en los ámbitos no industriales, como son edificios residenciales, locales comerciales, centros docentes, hospitales, hoteles, restaurantes, y una base fundamental de la sociedad del bienestar, y también siempre cuidando el medioambiente.

### La Comunidad Valenciana tiene una buena representación de sectores industriales en la que la seguridad es fundamental.

La seguridad industrial es un área multidisciplinaria consistente en minimizar los

riesgos derivados del uso de productos, equipos e instalaciones. Esta labor reguladora se despliega controlando los elementos que permiten desarrollar la propia actividad industrial, como son los locales, las instalaciones, máquinas, equipos, actividades, procesos y productos industriales, siendo todo el conjunto objeto de la seguridad industrial.

Una vez ha entrado en funcionamiento la actividad, se debe asegurar que las condiciones de funcionamiento de cada instalación siguen siendo adecuadas, y que las medidas de protección y seguridad establecidas para cada sistema están activas.

En la prevención y protección de un establecimiento industrial, se debe tener en cuenta que es tan importante la elección de los equipos e instalaciones más adecuadas, como disponer de un buen programa de mantenimiento con las revisiones necesarias.

Por lo que será necesario un adecuado plan de mantenimientos periódicos a realizar, que contemple tanto los mantenimientos establecidos por los fabricantes de las instalaciones, aparatos y equipos, como los mantenimientos periódicos establecidos por la reglamentación vigente. Y disponer de los contratos de mantenimiento con empresas mantenedoras especializadas y habilitadas reglamentariamente.

### Es interesante contemplar la seguridad industrial como un derecho para los ciudadanos.

Es así, con esta campaña, impulsada por la Conselleria de Economía Sostenible y Sectores Productivos de la Comunidad Valenciana, lo que se pretende es una constante mejora y mantenimiento de todo lo que tenga que ver en materia de seguridad industrial.



Sí, cuando te duchas.  
Sí, cuando coges el ascensor.  
Sí, cuando repostas combustible.  
Sí, cuando cocinas.

Muchos profesionales y empresas trabajan para que todo esté y funcione según las normas de seguridad industrial. Sí, la seguridad industrial es como el aire, no se ve pero está en todas partes.

**Sí, Seguretats Industrial. Sempre.**



# Nuevas oportunidades profesionales para los ingenieros técnicos industriales

*José Luis Ayestarán*

Hoy en día que todo está en crisis, que el trabajo parece escasear y que se anuncian nuevas profesiones con más competencias tecnológicas, es conveniente volver la mirada a una profesión que ha destacado especialmente en el desarrollo técnico industrial de la sociedad, que no es otra que la de los ingenieros técnicos industriales.

En este pequeño espacio quiero centrar la atención en algo que, además de las nuevas tecnologías, está cada vez más de moda y que son los derechos de los consumidores, entre los cuales, de una u otra forma, o en distintos momentos, todos estamos incluidos.

Quizá podemos centrar estos aspectos dentro de lo que podríamos denominar las actuaciones del perito judicial. No obstante, la labor o los campos de actuación profesional van mucho más lejos de lo que el campo judicial permite adivinar.

Los trabajos más demandados hoy día podríamos enumerarlos de la siguiente manera:

## Informes sobre defectos de productos tras una compraventa

Si la compraventa se ha realizado entre un particular, es decir, un consumidor y una empresa, el perito tendría que remitirse al Real Decreto Legislativo 1/2007, de Consumidores y Usuarios. Tendrá que analizar no sólo si existe una avería ocasionada dentro del plazo previsto en la ley (2 años para productos nuevos y 1 año para productos de segunda mano), sino también si existe alguna falta de conformidad que lo hagan impropio para el uso y destino que era previsible esperar de él.

Si la compraventa se ha realizado entre dos particulares, el perito tendrá que basar su informe en ver si existen daños ocultos, y si éstos se han producido dentro de los 6 primeros meses, y tendrá que remitirse a la Ley de Enjuiciamiento Civil.

Si la compraventa se ha realizado entre dos empresas, el perito tendrá que analizar las condiciones del contrato de compraventa y se remitirá, si procede, a lo que al respecto establece el Código de Comercio.

## Informes sobre responsabilidad civil de productos

Con independencia de la garantía de bienes de consumo anteriormente indicadas, establecidos en dos años por ley, y en cuya existencia del cumplimiento los peritos tenemos mucho que decir, existen otros aspectos que también requieren de la experiencia y el conocimiento de un ingeniero técnico industrial. Se trata de la responsabilidad civil de productos, que es un aspecto muy desconocido. La Ley establece que la responsabilidad civil de productos caduca a los 10 años, y una vez producido el hecho hay 3 años para reclamar.

Es decir, si una maquinaria o producto causa un daño dentro de los 10 años desde su adquisición, dichos daños podrán ser reclamados al vendedor o al fabricante. Sin duda, en estos casos serán precisos los informes de los técnicos que dictaminen las causas del daño, posibles manipulaciones y/o modificaciones y la cuantificación de los daños. Dichos técnicos suelen ser requeridos por ambas partes, por quien reclama o pretende reclamar, y por quien tiene que hacer frente a esa reclamación.

## Informes sobre accidentes de tráfico

Los accidentes de tráfico presentan múltiples aspectos, y tanto los abogados como las compañías de seguros y los particulares necesitan de la ayuda e intervención de un perito experto en el tema.

Analizar e investigar un accidente es muy importante para ayudar a entender las posibles responsabilidades. En este sentido, el ingeniero debe diferenciar entre la o las causas que pudieron haber provocado el accidente, lo cual afecta a la posible indemnización de los daños materiales ocasionados en el siniestro, y el análisis de la existencia o no de culpa exclusiva de la víctima, cuando se trata de daños personales.

En este último sentido, es muy importante la preparación técnica para efectuar una reconstrucción del accidente, que intente determinar si la víctima del accidente fue la única causante del mismo.

Es decir, si el conductor del vehículo que causó las lesiones tuvo alguna posibilidad de evitar el accidente.

En estos estudios técnicos, que habitualmente se denominan reconstrucción de accidentes de tráfico, en los que el cliente suele ser la víctima o el abogado de las víctimas, se trata de analizar dos aspectos importantes: primero, ver si el conductor del vehículo adverso cometió o no alguna infracción y, segundo, analizar si hizo todo lo posible para evitar el accidente. En el caso de que el conductor hubiese cometido alguna infracción o no hubiese hecho todo lo posible por evitar el accidente, la víctima tendrá derecho a una indemnización.

## Informes sobre accidentes laborales

Son muchos los compañeros que se dedican a la prevención de riesgos laborales, pero cuando se produce un accidente son pocos los que se dedican a asesorar tanto al empresario como al operario.

Una vez producido un accidente, la empresa se suele encontrar frente a una sanción económica propuesta por la Inspección de Trabajo, una reclamación de cantidad en concepto de responsabilidad civil, a instancias del operario lesionado o sus familiares, una reclamación del recargo de prestaciones, a instancias de la Seguridad Social, y a una condena penal a solicitud del ministerio fiscal o de la acusación particular.

Frente a este cúmulo de situaciones, con las graves consecuencias que de ellas se pueden derivar, tanto económicas como personales (por condena penal), muchos abogados suelen acudir solos, sin ser asistidos por auténticos profesionales de la pericia como los ingenieros técnicos industriales que, además, suelen ser expertos en prevención.

Es un campo de trabajo que es importante explotar, y en el que podemos aportar muchísimo, reproduciendo en 3D o reconstruyendo el accidente de forma dinámica.

---

**José Luis Ayestarán** es Ingeniero técnico industrial y perito forense.



## La nave voladora de Bartolomeu de Gusmão

Bartolomeu Lourenço de Gusmão, sacerdote jesuita gran conocedor de las leyes físicas, observó cómo una pompa de jabón ascendía rápidamente al situarse sobre el aire calentado por una vela, y en ese preciso instante imaginó su máquina voladora: La Passarola, “una nave para andar por los cielos”

**Rosa Lerma y Laura Álvaro**

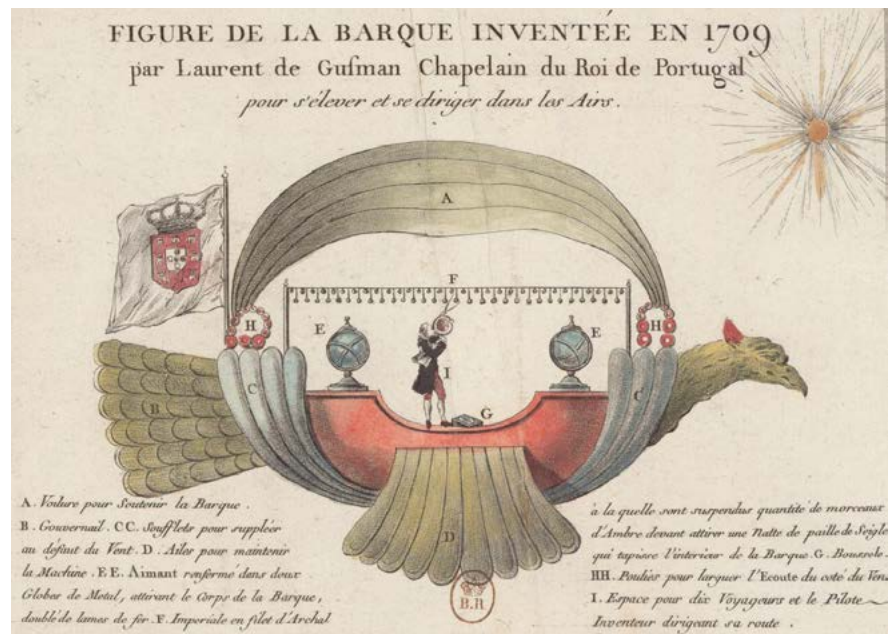
En el año 2018 más de 3.000 millones de pasajeros se subieron a lomos de un avión con la intención de trasladarse de un lado al otro del mundo. Más de 30 millones de vuelos comerciales circularon a lo largo del globo terráqueo durante doce meses. Aunque las cifras puedan impactarnos, cuesta pensar que hubo un día en el que el surcar el cielo era considerado una obra de brujería.

La idea de volar ha obsesionado a la humanidad desde tiempos inmemorables. Lo que sí se recuerda es quiénes fueron las primeras personas que descubrieron cómo podía hacerse realidad ese sueño. La historia nos cuenta que fueron los hermanos Montgolfier quienes lograron volar un globo aerostático por primera vez. Hijos de un fabricante de papel, los hermanos franceses observaron este curioso fenómeno provocado en bolsas de papel llenas de aire caliente.

En 1782 probaron esta técnica al aire libre con una bolsa de seda de 18 metros cúbicos, que alcanzó una altitud de 2.502 metros. Apenas seis meses después, realizaron la primera demostración pública del descubrimiento. Calentaron el aire quemando lana, paja y madera en un hornillo situado debajo de la abertura inferior del globo, el cual alcanzó los mil metros de altura y duró 10 minutos en el aire.

Pero, ¿fueron realmente ellos los primeros en desafiar a la ley de la gravedad? En ciertas ocasiones la historia se ha encargado de borrar de su memoria, o de restarle importancia, a algunos hechos o personas que han marcado el posterior devenir de los acontecimientos. Es el caso de Bartolomeu Lourenço de Gusmão, un monje brasileño cortesano de Juan V de Portugal, que había merecido los favores del monarca por sus proyectos e inventos.

Lourenço de Gusmão nació en la localidad de Santos, en la provincia de Sao Paulo, Brasil, en el año 1685, en el



Recreación de la “nave voladora”, presentada al rey de Portugal, Juan V, en 1709. Fuente: Biblioteca Nacional de Francia.

seno de una familia tradicional. Siendo el cuarto de doce hermanos, desde muy joven destacó por su habilidad para las ciencias y las matemáticas, por lo que fue admitido en el seminario de Bahía, donde construyó una bomba capaz de elevar el agua unos 100 metros.

Con tan solo 15 años regresaría a Portugal, tierra de sus ancestros, e ingresaría en la Universidad de Coímbra, donde no tardaría en conseguir diversos cargos y se convertiría en sacerdote Jesuita. Allí Gusmão concibió su nave, la Passarola, la cual marcaría el resto de su vida.

### La Passarola, una nave para andar por los cielos

Lourenço de Gusmão, gran conocedor de las leyes físicas, observó cómo una pompa de jabón ascendía rápidamente al situarse sobre el aire calentado por una vela y, en ese preciso instante, imaginó su máquina voladora o *instrumento para andar por los cielos*, como él lo llamó.

La Passarola, cuyo diseño no es bien conocido, fue, al parecer, un sencillo globo de aire caliente, aunque en la mente del religioso ya estaban tomando forma modelos perfeccionados para ser aplicados en diversos terrenos, desde lo militar al transporte de pasajeros.

En el año 1709, Gusmão presentó su diseño en la corte del rey de Portugal, Juan V, lugar en el cual contaba con apoyos, ya que uno de sus hermanos era diplomático y oficial del monarca. El rey lusitano, que en aquel momento tenía 20 años y una gran curiosidad por las ciencias y las artes, le ofreció un privilegio de invención, así como un puesto como profesor en la Universidad de Coímbra y apoyo económico para llevar a cabo su obra.

Comenzó a experimentar con globos pequeños de papel que, poco a poco fueron aumentando de tamaño y cambiando de material. Su primer ingenio, como ocurre en muchas ocasiones, no funcionó como él esperaba y, después

de muchas pruebas y cambios radicales en su modelo, el 8 de agosto de ese mismo año se hizo la presentación oficial de su invento. Ante los ojos del rey, de su esposa Ana María y del Cardenal Conti, que posteriormente se convertiría en el Papa Inocencio XIII, así como del resto de la corte allí presente, Gusmão presentó su nave en el salón de las Indias del Palacio Real, en Lisboa.

Según cuenta el padre Ferreira en su *Ephemeride historica chronologica*, el aerostato logró elevarse casi unos cuatro metros de altura, y recorrió parte de la sala, gracias al aire calentado por las ascuas recogidas en una pequeña cesta metálica que se encontraba bajo la abertura del balón, un sistema muy similar al de los quemadores que se usan hoy en día.

Esta mítica ascensión de la Casa de las Indias no solo quedó reflejada en diferentes libros y revistas de la época, sino que también sirvió como mérito para que Bartolomeu Lourenço de Gusmão fuese apodado como el “padre volador”. Sin embargo, la Passarola no volvió a ser vista en público nunca más.

El hecho de que el “padre volador” fuese jesuita jugaba en su contra, ya que el Papa Inocencio XIII no tenía en buena estima a dicha comunidad. El Papa, que nunca confió en la nave de Gusmão, advirtió a toda la comunidad eclesiástica de los riesgos que conllevaba que un artefacto de papel volase impulsado por fuego. La Santa Inquisición también jugó un papel fundamental, ya que en las enigmáticas ascensiones de los globos de Gusmão vieron desde el principio la mano oscura del diablo.

Bartolomeu Lourenço de Gusmão tuvo que huir de Portugal, a pesar del apoyo inicial del monarca. Se refugió en España, donde murió en el año 1724 a los 39 años de edad, en el Hospital de la Misericordia de Toledo, sin llegar a cumplir su sueño de surcar los cielos con su Passarola.

A lo largo de la historia diversos autores han intentado dar forma a la nave de Bartolomeu con mucha imaginación. Entre ellos destaca el escritor portugués José Saramago, quien en su obra *Memorial del convento*, narra cómo Gusmão describiría su nave:

*“Esto que aquí ves son las velas que sirven para cortar el viento y se mueven según las necesidades, y aquí está el timón con que se dirigirá la barca, no al azar sino por medio de la ciencia del pi-*



Presentación de “La Passarola” de Bartolomeu Lourenço de Gusmão en el salón de las Indias del Palacio Real de Lisboa. Pintura de Bernardino de Souza Pereira (1940), Museo Paulista.

*loto, y éste es el cuerpo del navío de los aires a proa y popa en forma de concha marina, donde se disponen los tubos del fuelle para el caso de que falte el viento [...]. Se calló un momento, y añadió: Y cuando todo esté armado y concordante entre sí, volaré”.*

### Las cuatro maneras de volar de Francisco Lana de Terzi

Gusmão tampoco fue el primero en ansiar el poder surcar el cielo, ya que tuvo muchos antecesores. Uno de ellos fue Francisco Lana de Terzi, jesuita italiano, matemático y naturalista, conocido como el Padre de la Aeronáutica por su empeño en convertir la aeronáutica en una ciencia creando una teoría de la navegación aérea verificada por la precisión matemática.

Terzi contrastó el conocimiento tradicional con la experimentación práctica y moderna de la época. Escribió tres libros, siendo el último, *Prodromo overo Saggio i alcune inventioni nuove premesso all'arte maestra*, publicado tras su muerte, aquel en el que expuso sus conocimientos y nuevos conceptos sobre aeronáutica. En los capítulos quinto y sexto de dicho volumen, Terzi analizó los inventos e ingenios de máquinas voladoras de los que él tenía constancia de su existencia hasta aquel momento para, al final, idear cuatro posibles maneras de alcanzar el cielo.

Desde la paloma de Arquitas de Tarento, filósofo y matemático griego del siglo V a.C, que logró copiar artificialmente el vuelo de estas aves; hasta los pájaros voladores que Juanelo Turriano, a quien dedicamos un extenso reportaje

en el anterior número de nuestra revista, creó para el Emperador Carlos V durante su estancia en Yuste.

De las cuatro técnicas que finalmente ofrece Terzi, dos de ellas utilizaban dispositivos ornitópteros que obtienen la energía de mecanismos de relojería; otra estaba basada en el uso de aire a presión, y una cuarta que bebía de la experimentación que demostraba que las cáscaras ligeras y cerradas, llenas de vapor caliente, se elevan. El jesuita se decanta por esta última para diseñar su propia máquina voladora.

Su nave, inspirada en la ingeniería naval de la época, estaba compuesta por una barca de madera sujeta por cuatro globos de plancha de cobre fina de unos 6 metros de diámetro cada uno. Además, añadió al diseño una vela y dos remos para que el piloto pudiese desplazarse por el aire como si estuviese en el agua.

Sin embargo, Terzi pensó que su invento nunca debería ser fabricado por dos razones: la primera es que había hecho voto de pobreza y la construcción de dicho ingenio supondría unos costes que no podía asumir y que, según su criterio, debían dedicarse a otros fines benéficos. La segunda razón que dejó por escrito fue que, para él, Dios no debía permitir la construcción de semejante arma de destrucción, capaz de volar sobre una fortaleza y lanzar a sus indefensos ocupantes explosivos mortales.

Volar, ya sea para estar cerca de Dios, transportarnos o bombardear al enemigo, pero volar. Uno de los grandes sueños de la humanidad que, gracias a todas aquellas personas que un día lo imaginaron, hoy es más que posible.

## Hidrogeología. Principios y aplicaciones

**Coordinador: Pedro Martínez Santos**  
**Pedro Martínez Santos, Pedro E. Martínez Alfaro, Esperanza Montero González, Fermín Villarroya Gil, Miguel Martín-Loeches Garrido, Silvia Díaz Alcaide y Silvino Castaño-Castaño**  
Editorial Mc Graw Hill. 360 págs.  
ISBN 9788448614423

La hidrogeología es la parte de la geología que estudia el ciclo de las aguas superficiales y subterráneas, así como su prospección, captación y protección. Es, por tanto, una disciplina compleja y muy relevante, pues el agua es un elemento clave para la supervivencia y el desarrollo de la humanidad.

*Hidrogeología: principios y aplicaciones* es un texto de iniciación dirigido fundamentalmente a estudiantes de Grado y de Máster universitarios, así como a profesionales y a cualquier colectivo relacionado con el mundo del



agua, incluyendo ingenieros geólogos, de minas, civiles, agrónomos, forestales, etc., que necesiten introducirse en el campo de la hidrogeología y deseen hacerlo a través de una exposición clara y concisa.

La obra se organiza en ocho capítulos. Estos cubren desde la cuantificación de los elementos del ciclo hidrológico, hasta los principales métodos de prospección hidrogeológica, pasando por la hidráulica subterránea y de captaciones, la química del agua y la elaboración e interpretación de mapas hidrogeológicos.

El libro tiene un enfoque muy práctico y de aplicación a la vida real, incorporando al texto decenas de ejemplos resueltos paso a paso y problemas con soluciones numéricas, así como un extenso glosario de definiciones.

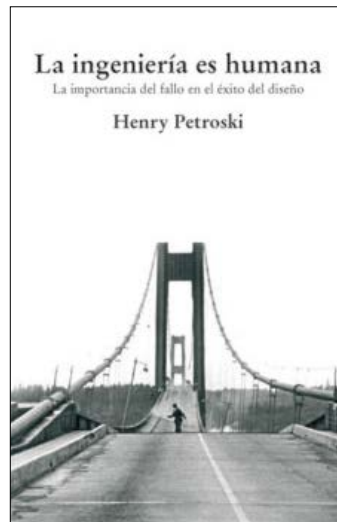
La tabla de contenidos es la siguiente que se expone:

1. Hidrogeología
2. El ciclo hidrológico y su cuantificación
3. El agua en el subsuelo
4. Perfiles y mapas hidrogeológicos
5. Hidráulica de captaciones
6. Química de las aguas naturales
7. Contaminación de acuíferos
8. Prospección hidrogeológica

## La ingeniería es humana: la importancia del fallo en el éxito del diseño

**Henry Petroski**

Editorial Cinter Divulgación Técnica. 320 págs.  
ISBN 9788493227029



*La ingeniería es humana*, nos reconcilia con el error. En sus páginas, Henry Petroski analiza la ingeniería como tentativa humana y, por consiguiente, sujeta a error. Sin embargo, el enfoque de Petroski presenta al fallo desde un prisma novedoso, demostrando que construir más allá de los límites de lo conocido y emplear materiales nunca utilizados antes, no tiene por qué conducir necesariamente al fracaso. Proyectar es, en definitiva, evitar el fallo; y conocer la forma en que otras estructuras similares han fallado nos previene de repetirlos.

A lo largo del libro se analizan algunos de los fallos más relevantes en la historia de la ingeniería, como el del derrumbe de las pasarelas del hotel Hyatt de Kansas City, el Puente de Tacoma Narrows, los accidentes del DC 10 o el Comet, de los que podemos extraer lecciones fundamentales para el desempeño de la ingeniería. Nadie quiere aprender a base de errores, pero de los éxitos no

podemos extraer conclusiones que nos permitan ir más allá. Como sostiene Petroski, el éxito puede ser grandioso, pero sin duda la decepción puede enseñarnos más.

## Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 10.ª edición

**Budynas, Richard G. y Nisbett, J.Keith**

Editorial Mc Graw Hill. 1.006 págs.  
ISBN 9781456267568

Incontables estudiantes alrededor del mundo han tenido su primer encuentro con el diseño de máquinas a través del libro de Shigley, el cual es ya un clásico y una obra de referencia en el ámbito de la ingeniería mecánica.

La obra está dirigida a los estudiantes que comienzan el estudio del diseño en ingeniería mecánica, pero también es un texto indispensable como referencia para los ingenieros en activo. Los autores han puesto especial cuidado en combinar el desarrollo de conceptos fundamentales con la especificación práctica de componentes, de manera que se busca que el lector se familiarice tanto con las bases para tomar decisiones, como con las normas para componentes industriales.

Diseño en ingeniería mecánica de Shigley cubre los aspectos básicos del diseño de máquinas, incluidos el proceso de diseño, la ingeniería mecánica y de materiales, la prevención de fallas bajo carga estática y variable, así como también las características de los principales tipos de elementos mecánicos.

Ofrece un enfoque práctico del tema a través de una amplia gama de aplicaciones y ejemplos del mundo real, vinculando el diseño y el análisis.



Incluye un acceso durante un año a **CISS Prevención de Riesgos Laborales**, Base de Datos especializada en PRL valorada en 462€.

Formación

# Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

**PLAZAS LIMITADAS**

La Prevención de Riesgos Laborales continúa siendo una materia imprescindible en todas las empresas. Por este motivo la demanda de profesionales orientados y formados en PRL es cada vez mayor en el mercado.

**Consigue el título máster y obtén tu gran ventaja competitiva.**

## Metodología

Una metodología didáctica online cuyo objetivo es que dispongas de tu propio ritmo de estudio, decidiendo cuándo y cómo estudiar y, por tanto, totalmente compatible con tu actividad profesional. Podrás acceder desde cualquier lugar al aula virtual, donde encontrarás el temario del máster y la documentación de soporte.

Contarás con un seguimiento y atención personalizados proporcionados por los tutores en la misma plataforma y también por correo electrónico y vía telefónica.

Tendrás un aprendizaje activo y colectivo, a través del intercambio de conocimiento y experiencias en los foros.

Contarás además, con el apoyo de sesiones síncronas.

La evaluación será continua y formativa y se adaptará al carácter de las asignaturas y las competencias a evaluar. La nota final será la media, según la ponderación establecida de la calificación de las distintas actividades de cada asignatura: test de evaluación, casos prácticos, cuestionarios de preguntas cortas, test de seguimiento y participación en las diferentes actividades del aula virtual.

## Programa

Permite cursar el **Título de Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales**, adaptado al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), nivel 3 del MECES y nivel 7 del EQF.

Incluye las 3 especialidades:

- Seguridad
- Higiene
- Ergonomía

**Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales** por la Universidad Francisco de Victoria con **3 especialidades**: Seguridad, Higiene y Ergonomía.

Precio del Máster Completo

**2.950€**

Descuento por inscripción anticipada del 10% sobre honorarios de matrícula

**2.704€**

Antes del 5 de septiembre

**Condiciones especiales para colegiados que ya poseen el título de Técnico Superior en PRL\***

Alumnos que ya poseen el título de TSPRL con 1 especialidad

Alumnos que ya poseen el título de TSPRL con 2 especialidades

Alumnos que ya poseen el título de TSPRL con 3 especialidades

Beca **36,60%**

Beca **57,90%**

Precio total Máster **1.870€**

Precio total Máster **1.240€**

🕒 Créditos: 60 ECTS

💻 Modalidad: e-learning

📅 Fecha inicio: 24/10/2019  
(Fecha admisión: 25/09/2019)  
Fecha fin: Mayo de 2020

🌟 Con el apoyo docente de reconocidos **expertos en la materia**

💰 Precio total del Máster: 2.950€ (Posibilidad de pago fraccionado) Antes del 5 de septiembre **precio por inscripción anticipada: 2.704€**

★ Programa **bonificable** en los seguros sociales (Fundación Estatal para la Formación en el Empleo- FUNDAE).

✅ Condiciones económicas especiales para colegiados que ya poseen el título no universitario 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).

📁 Acceso a la base de datos **CISS Prevención Riesgos Laborales**

👤 Potencia tu Networking

🏛️ Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales por la **Universidad Francisco de Victoria**. Verificado por la ANECA.

📌 Descuentos a reconocidas obras en PRL de Wolters Kluwer: 50% descuento Base de datos CISS Prevención, 35% descuento Revista Gestión Práctica Riesgos Laborales, 15% descuento en Anuarios TODO PRL y Pronuario 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).

**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**