



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CEPADE

INDUSTRIALES  
ESCUELA DE NEGOCIOS

Universidad Politécnica de Madrid

## PROGRAMAS MBA y MASTER ESPECIALIZADOS\* [ Profesional y Executive ]

Español o Inglés

• Presencial • Semi Presencial • On Line

\* Títulos y Diplomas Propios de la UPM

Matrícula Abierta



On Line

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

Tel.: +34 91 456.27.95

infocepade@cepade.es

C/Dr. Federico Rubio y Gali, 11 28039 Madrid



Presencial y Semipresencial

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

Tel +34 91 336.41.58

info@ienpolitecnica.es

C/ José Gutierrez Abascal, 2 28006 Madrid

Instituciones colaboradoras:

- POLIMI, Politecnico di Milano (Italy)
- KTH - Royal Institute of Technology (Sweden)
- ESCP Europe Ecole Supérieure de Commerce de Paris (France)

REVISTA BIMESTRAL DE INGENIERÍA, INDUSTRIA E INNOVACIÓN

AGOSTO 2011 / 6€

# Técnica Industrial 294

Técnica Industrial 294 Agosto 2011



## REDES INDUSTRIALES DE COMUNICACIÓN

Ethernet como soporte de sistemas distribuidos de control

LA AERONÁUTICA, UNA INDUSTRIA DE ALTOS VUELOS  
ENTREVISTA: MANUEL HITA, PRESIDENTE DE LA SOCIEDAD AERONÁUTICA ESPAÑOLA  
LAS NUEVAS POSIBILIDADES DE LA REALIDAD AUMENTADA

TECNICAINDUSTRIALES

ISSN 0040-1838



9 770040 183001

00294

- > DISEÑO DE UN PÓRTICO NIVELADOR PARA COLOCACIÓN DE VÍAS EN PLACA
- > REDUCCIÓN DEL COSTE HUMANO Y ECONÓMICO DE LA SINIESTRALIDAD LABORAL
- > APLICACIONES DEL CONTROL PROPORCIONAL INALÁMBRICO

tecnicaindustrial.es



**ASEGURE  
SU PLAZA**  
Inicio: 26/10/2011  
matrícula hasta  
el 15/10/2011

**Cursos  
totalmente  
On-line**

Cursos y Máster Oficial Universitario en

# Prevención de Riesgos Laborales

Si ya posee el título oficial en PRL,  
consulte las becas para nuestros alumnos

Más de 4.000 alumnos  
ya han obtenido la  
titulación como Técnico  
Superior en PRL a través  
de Wolters Kluwer



**MASTER OFICIAL  
UNIVERSITARIO  
HOMOLOGADO  
POR LA UCJC**

Duración: **2 cuatrimestres. 60 créditos ECTS.**  
Prácticas: **150 horas. Examen final presencial**

COORDINADOR:

**Genaro Gómez Etxebarria**

- Inspector de Trabajo y Seguridad Social.
- Ex director de Trabajo del Gobierno Vasco y ex gerente de Serpinsa (Servicios Públicos Industriales y de Seguridad).
- Técnico en Prevención con las tres especialidades.
- Autor de múltiples Manuales para la Prevención de Riesgos Laborales, de la Base de Datos de Prevención de Riesgos Laborales, del programa de Evaluación y Planificación de la Actividad Preventiva y de la obra Todo Prevención de Riesgos Laborales, Medioambientales y Seguridad Industrial.
- Presidente de Técnicos Prevencionistas Asociados TPA.
- Vicepresidente de la Federación de Asociaciones de Prevencionistas.
- Auditor de los sistemas de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales.

## TEMARIO PRIMER CUATRIMESTRE

**Ámbito Jurídico de la Prevención, fundamentos de las Técnicas de Mejora de las Condiciones de Trabajo y Promoción de la Prevención**

- MEJORA DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO
- ÁMBITO JURÍDICO DE LA PREVENCIÓN

**Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales: Seguridad en el Trabajo, Higiene Industrial, Ergonomía y Psicología Aplicada y Medicina del trabajo**

- SEGURIDAD EN EL TRABAJO
- HIGIENE INDUSTRIAL
- MEDICINA DEL TRABAJO
- ERGONOMÍA Y PSICOSOCIOLOGÍA APLICADA

**Gestión de la Prevención, Técnicas afines y otras actuaciones en materia de Prevención**

- OTRAS ACTUACIONES EN PREVENCIÓN
- GESTIÓN DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS
- TÉCNICAS AFINES

## TEMARIO SEGUNDO CUATRIMESTRE

**Especialidad en Seguridad en el Trabajo**

**Especialidad en Higiene Industrial**

**Especialidad en Ergonomía y Psicología Aplicada**

**Trabajo Fin de Máster**

**Prácticas en Empresa**

## AUDITORÍA EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Duración: **120 horas.**  
Teoría: **120 horas.**

Trabajo final.

- La auditoría de prevención de riesgos laborales como instrumento de gestión empresarial.
- Componentes organizativos del sistema de gestión preventiva.
- Principales requisitos legales del sistema de prevención de la empresa.
- Sistemas integrados.
- Procedimiento de auditoría. Supuestos y ensayos.

## COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD

Duración: **200 horas.**  
Teoría: **170 horas.**  
Prácticas: **30 horas.**

Certificación habilitante para ejercer las funciones de Coordinador de obras.

- Seguridad y salud en el trabajo. Marco normativo.
- Gestión de la prevención.
- Prevención en las obras de construcción.
- Riesgos y medidas preventivas.
- Otras técnicas preventivas. Riesgos y medidas preventivas.
- Promoción de la prevención.
- La subcontratación.
- Prácticas en obras de construcción.

MÁS INFORMACIÓN: 902 250 500 tel • 902 250 502 fax  
C/ Collado Mediano, 9. 28230 Las Rozas (Madrid) • masterprl@wke.es • www.wkempresas.es

# Instalaciones del edificio

Diseño y cálculo del edificio con un solo programa  
cumpliendo las exigencias básicas del CTE



## RAPIDEZ

Importa la geometría y los elementos constructivos del edificio de ficheros en formato IFC generados por programas CAD/BIM como Allplan®, Archicad® y Revit®. El usuario también puede introducir estos datos de modo gráfico.

La geometría del edificio es común para todas las instalaciones. Esta conectividad permite que la modificación de datos en una instalación afecte automáticamente al resto de instalaciones que los comparten.

## EXPORTACIÓN

La medición y el presupuesto pueden exportarse a **BC3, Arquímedes, Arquímedes y Control de obra y Arquímedes Edición ASEMAS.**

Aislamiento puede exportar a **LIDER** la geometría, características de los materiales, zona climática, etc. de todo el edificio; y Climatización exportar a **CALENER-VYP** la instalación térmica (calefacción, refrigeración y producción de ACS considerando la contribución mínima de energía solar térmica) y la instalación de iluminación.

### EnergyPlus™

El módulo Exportación a EnergyPlus™ de Climatización y Aislamiento puede utilizarse como herramienta al uso para obtener un listado justificativo de la opción general del DB-HE 1.

## EFICACIA

Los programas confeccionan las mediciones y presupuestos, los planos y la salida de resultados de cálculo. La conexión con el **Generador de precios de la construcción** permite utilizar elementos reales proporcionados por los propios fabricantes.

Los datos y resultados obtenidos también se utilizan para generar automáticamente la memoria del proyecto de edificación con el programa Memorias CTE de CYPE Ingenieros.

Más información en [www.cype.es](http://www.cype.es)



**CYPE Ingenieros, S.A.** • Avda. Eusebio Sempere, 5 • 03003 ALICANTE  
Tel. 965 922 550 • Fax 965 124 950 • [cype@cype.com](mailto:cype@cype.com)  
**CYPE Madrid** • Tel. 915 229 310 • **CYPE Catalunya** • Tel. 934 851 102

Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción



# Técnica Industrial

La revista de la Ingeniería Técnica Industrial

## ACTUALIDAD

### Noticias y novedades

#### 04 La realidad aumentada, un mundo de posibilidades tecnológicas

*Pura C. Roy*

#### 05 Economía de bajas emisiones para ayudar a salir de la crisis

#### 06 Proyectos españoles para replicar en robots la conducta humana

Precisión, autonomía y destreza robótica son los objetivos las investigaciones.

*Pura C. Roy*

#### 07 Magerit, el superordenador más potente de España

#### 08 BepiColombo: la dificultad de diseñar un satélite para viajar a Mercurio

La Agencia Espacial Europea prepara una misión al planeta más cercano al Sol.

*Patricia Luna*

10 Ciencia

12 Medio ambiente

15 I + D

### Reportaje

#### 18 La aeronáutica, una industria de altos vuelos

Superada la crisis, el sector anuncia una etapa de crecimiento aupada por la renovación de flotas y el empuje asiático.

*Manuel C. Rubio*



### Entrevista

#### 22 Manuel Hita Romero

El presidente de la Sociedad Aeronáutica Española analiza el pasado y el porvenir de la industria aeronáutica española.

*Ana P. Fraile*

#### 24 Ferias y congresos

**En portada:** Cables de red con fondo de fibra óptica. Foto: Shutterstock

## ARTÍCULOS

#### 26 DOSSIER Ethernet como soporte de sistemas de control en red

Ethernet as a support of online control systems

En este dossier se revisan los requisitos exigidos a cualquier red que deba servir de soporte en sistemas distribuidos de control y la conducta temporal de Ethernet para este propósito.

*Juan Ángel Gámiz Caro y Javier Gámiz Caro*

#### 36 ORIGINAL Propuesta de un modelo para explicar y minimizar el coste humano y económico de la siniestralidad laboral

Proposal for a model to explain and minimize human and economic costs of workplace accidents

*Miguel Ángel Cuervo Blanco, Miguel Ángel Manzanedo del Campo y Adolfo López Paredes*

#### 44 ORIGINAL Diseño de un pórtico nivelador para colocación de vías en placa

Design of a levelling gantry for the laying of slab track

*José Antonio Cárdenas Cárdenas*

#### 50 REVISIÓN La propiedad industrial como estrategia competitiva: estudio de un caso

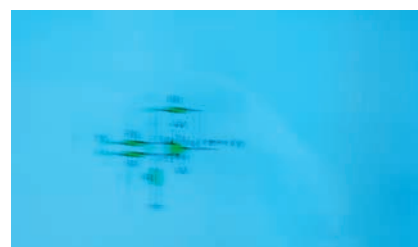
Industrial property rights as a competitive strategy: a case study

*Francisco Javier Moledo Froján*

#### 58 REVISIÓN Aplicaciones del control proporcional inalámbrico

Applications of proportional remote control

*Juan Manuel Oliveras Sevilla*



## INGENIERÍA Y HUMANIDADES

#### 68 La industria azucarera granadina

Análisis de los sistemas constructivos y de los materiales usados en las principales edificaciones en los siglos XIX y XX.

*Agustín Castillo Martínez*



#### 76 Anatomía de la cultura

Definiciones y redefiniciones de la cultura

*Cristóbal Pera*

#### 78 Publicaciones

## PROFESIÓN

#### 03 Editorial

La experiencia es un grado

*José Antonio Galdón*

#### 64 Colegios y Fundación

#### 65 Cogiti

#### 66 Web Técnica Industrial

#### 67 Ingeniería y sociedad

## COLUMNISTAS

#### 17 Bit Bang

Cambalache. *Pura C. Roy*

#### 25 Ecologismos

Feísmo. *Joaquín Fernández*

#### 79 Contraseñas

El declive de lo público.

*Gabriel Rodríguez*

#### 80 Con Ciencia

Cultivos orgánicos pero mortales.

*Ignacio F. Bayo*

**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 Técnica Industrial (Cogiti), y su Patronato está formado por los siguientes cargos y patronos:

#### Comisión Ejecutiva

**Presidente:** José Antonio Galdón Ruiz  
**Vicepresidente:** Juan Ignacio Larraz Pló  
**Secretario:** Avelino García García  
**Vicesecretario:** Luis Francisco Pascual Piñeiro  
**Vocales:** Aquilino de la Guerra Rubio, Domingo Villero Carro, Juan José Cruz García, Juan Ribas Cantero, Santiago Crivillé Andreu  
**Interventor:** Gerardo Arroyo Gutiérrez  
**Tesorero:** José María Manzanares Torné  
**Gerente:** Juan Santana Alemán

#### Patronos

Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales (UATIE), Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial (Cogiti) y Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales, representados por sus respectivos decanos:

**A Coruña:** Edmundo Varela Lema  
**Álava:** Alberto Martínez Martínez  
**Albacete:** Francisco Avellaneda Carril  
**Alicante:** Antonio Martínez-Canales Murcia  
**Almería:** Juan Luis Viedma Muñoz  
**Aragón:** Juan Ignacio Larraz Pló  
**Ávila:** Fernando Espi Zarza  
**Badajoz:** Vicenta Gómez Garrido  
**Illes Balears:** Juan Ribas Cantero  
**Barcelona:** Joan Ribó Casaus  
**Bizkaia:** Mario Ruiz de Aguirre Bereciartua  
**Burgos:** Jesús de Garay Mañueco  
**Cáceres:** José Manuel Cebriá Álvarez  
**Cádiz:** Domingo Villero Carro  
**Cantabria:** Aquilino de la Guerra Rubio  
**Castellón:** José Luis Ginés Porcar  
**Ciudad Real:** José Carlos Pardo García  
**Córdoba:** Francisco López Castillo  
**Cuenca:** Pedro Langreo Cuenca  
**Gipuzkoa:** Jorge Arévalo Turillas  
**Girona:** Narcís Bartina Boxa  
**Granada:** Isidro Román López  
**Guadalajara:** Juan José Cruz García  
**Huelva:** José Antonio Melo Mezcuza  
**Jaén:** Miguel Angel Puebla Hernanz  
**La Rioja:** Juan Manuel Navas Gordo  
**Las Palmas:** José Antonio Marrero Nieto  
**León:** Francisco Miguel Andrés Río  
**Lleida:** Joan Monyarch Callizo  
**Lugo:** Jorge Rivera Gómez  
**Madrid:** Juan de Dios Alfárez Cantos  
**Málaga:** Antonio Serrano Fernández  
**Manresa:** Francesc J. Archs Lozano  
**Región de Murcia:** José Antonio Galdón Ruiz  
**Navarra:** Gaspar Domench Arrese  
**Ourense:** Santiago Gómez-Randulfe Álvarez  
**Palencia:** Jesús de la Fuente Valtierra  
**Principado de Asturias:** Enrique Pérez Rodríguez  
**Salamanca:** Eduardo González Sánchez  
**S. C. Tenerife:** Antonio M. Rodríguez Hernández  
**Segovia:** Rodrigo Gómez Parra  
**Sevilla:** Francisco José Reyna Martín  
**Soria:** Levy Garjo Tarancón  
**Tarragona:** Santiago Crivillé i Andreu  
**Toledo:** Joaquín de los Reyes García  
**Valencia:** José Luis Jorján Casas  
**Valladolid:** Ricardo de la Cal Santamarina  
**Vigo:** Jorge Cerqueiro Pequeño  
**Vilanova i la Geltrú:** Luis S. Sánchez Gamarra  
**Zamora:** Pedro San Martín Ramos

# NORMAS DE PUBLICACIÓN

**Técnica Industrial**, fundada en 1952 y editada por la Fundación Técnica Industrial, se define como una publicación técnica de periodicidad bimestral en el ámbito de la ingeniería industrial. Publica seis números al año (febrero, abril, mayo, agosto, octubre y diciembre) 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 ingeniería y la industria), 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-e) de presentación que contenga lo siguiente: 1.1 Título del artículo; 1.2 Tipo de artículo (original, revisión, innovación o 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 estructura: 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 el apartado introductorio 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 en total). 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, etcétera) y acompañadas de un título explicativo. Las figuras deben ser de alta resolución (preferentemente de 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 ir, además, en un fichero aparte (jpg).

**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 espacio (letra Times de 12 puntos; unas 5.500 palabras, 32.000 caracteres con espacios).

**Entrega** Los autores remitirán sus artículos preferentemente a través del enlace Envío de artículos de la página web de la revista, donde 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 que se publiquen. **Técnica Industrial** no asume necesariamente las opiniones de los textos firmados.



# La experiencia es un grado

Todos hemos escuchado las expresiones que dicen “la experiencia es un grado” o “sabe más el demonio por viejo que por demonio”, y ninguna de las dos es fruto de la casualidad, sino que forman parte de la gran sabiduría popular que, a lo largo del tiempo, ha formulado dichas sentencias a partir del funcionamiento de nuestra sociedad.

Pero el valor de la experiencia no solo es sabiduría popular, sino que está presente en numerosos aspectos de nuestra vida cotidiana y laboral. Así, durante el primer año tras haber obtenido el permiso de circulación, hay que llevar la “L” de conductor novel y cumplir determinadas restricciones; en las ofertas de empleo se valora la experiencia profesional, a veces de forma excluyente; en los diferentes trabajos se incrementa el salario en función de los trienios o quinquenios, y así un largo etcétera de ejemplos en los que se valora la experiencia. Y esta experiencia no solo es reconocida en el ámbito profesional, sino que confiere además valores de índole social, por cuanto aporta de conocimientos y sabiduría a quienes la poseen.

El título de este artículo también puede trasladarse a la situación actual que estamos viviendo los ingenieros técnicos industriales, y para ello es preciso introducir de forma muy breve el proceso de adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior y su implantación en nuestro país. El Real Decreto 1393/2007 es el resultado de todo el proceso de armonización de estudios universitarios en Europa, iniciado en 1999 con la Declaración de Bolonia y que trae consigo una nueva estructura de títulos universitarios, en la cual se establecen tres nuevos niveles, que son grado, máster y doctorado.

Al mismo tiempo, establece de forma muy clara que los grados han de ser titulaciones de 4 años y 240 créditos ECTS y formación generalista; los máster, una duración entre 60 y 120 créditos ECTS y muy especializados en una o varias materias, y los doctorados similares a los actuales con pequeños matices.

Una vez estructurado el sistema universitario, y sin realizar la correspondiente reforma en el sistema profesional, se liga el título académico de graduado a la profesión de ingeniero técnico y el de máster a la de ingeniero. Queda también muy claro que la titulación de referencia para el ejercicio profesional es la de graduado, y que, por supuesto, coincide con el resto de profesiones de nuestro país y de toda Europa.

A partir de aquí, el Gobierno pensaba que tenía resuelto el problema, por lo menos de forma provisional, pero no contaba con el inconformismo y la visión de futuro de nuestro colectivo, que con buen criterio y quizás también obligado por las diferentes disposiciones legales que limitan el acceso a determinados puestos de trabajo a los titulados de grado, quiere obtener la nueva titulación académica. Y es

que, para acceder al grupo A1 de la función pública es imprescindible la titulación de graduado, para poder acceder al cuerpo de educación secundaria en materias diferentes a las tecnologías se exige el título de graduado, para moverse libremente por Europa sin problemas es casi imprescindible el título de graduado, y así un largo etcétera de ventajas. Todo ello, por supuesto, nos hace pensar que la nueva titulación nos incorpora al mercado de trabajo de referencia y de futuro, y no debemos perder este tren.

## “LA NUEVA TITULACIÓN DE GRADO NOS INCORPORA AL MERCADO LABORAL DE REFERENCIA Y DE FUTURO, Y NO DEBEMOS PERDER ESTE TREN”

Ahora bien, para subimos a este tren y obtener la titulación de Graduado en Ingeniería, estamos encontrando numerosas dificultades, propiciadas por la falta de plazas en las universidades públicas y por la gran disparidad de criterios, tanto en los contenidos académicos (desde 24 ECTS+TFG a 78 ECTS+TFG) como en el reconocimiento de la experiencia profesional (de 0 a 36 créditos ECTS), lo cual nos lleva a un total desconcierto.

He aquí el momento de buscar solución al problema y sobre todo de aplicar la lógica de la experiencia y los criterios que a su vez nos vienen impuestos desde la propia Europa a través de la directiva 2005/36. Y es que, la experiencia adquirida en nuestros respectivos campos profesionales ha de tener el adecuado reconocimiento académico, y máxime en este momento de transición en el que se hace más necesario, si cabe, el facilitar la incorporación de los titulados actuales al futuro, y evitar de esta forma el elevado coste social que ello conlleva. Pero es más, desde la responsabilidad y la coherencia, hemos de facilitar que nuestros compañeros puedan dedicar sus recursos a la realización de aquellos máster o cursos de formación que realmente les sean útiles para su desarrollo profesional o para satisfacer sus inquietudes académicas, y contribuir de esta forma a tener una sociedad más eficiente y funcional que, entre otras cosas, es lo que nuestro país necesita.

Con el deseo y la convicción de que nuestra experiencia se convierta en un grado, os animo a seguir trabajando con la profesionalidad y el ingenio que define nuestra profesión y que hace fuerte a nuestro colectivo. Que la experiencia os guíe.


**José Antonio Galdón** Presidente del Cogiti

**Director:** Gonzalo Casino

**Secretario de redacción:** Francesc Estrany Coda (Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona) **Consejo de redacción:** Francisco Aguayo González (Universidad de Sevilla), Miguel Ferrero Fernández (Universidad de León), Antonio Luis Galiano Pérez (Alicante), Ramón González Drigo (Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona), José Ignacio Nogueira Goriba (Universidad Carlos III, Madrid), Ramón Oliver Pujol (Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona).

**Redactora jefe:** Pura C. Roy **Colaboradores:** Joan Carles Ambrojo, Manuel C. Rubio, Hugo Cerdà, Ignacio F. Bayo, Joaquín Fernández, Beatriz Hernández Cembellin, Patricia Luna, Cristóbal Pera, Ana Pérez Fraile, Helena Pol, Gabriel Rodríguez, M. Mar Rosell, Fátima Santana, Mauricio Wiesenthal **Diseño gráfico:** Mariona García **Fotografía:** Ignacio Adeva, Consuelo Bautista, Santi Burgos, Vicens Giménez, Beatriz Morales, Vera Salatino, Alonso Serrano, Mónica Torres, Shutterstock, Pictelia **Ilustración:** Alabama, Cardiel, Margot, Viridis.

**Secretaría:** Mary Aranda **Redacción y administración:** Avda. Pablo Iglesias, 2, 2º. 28003 Madrid. Tel: 915 541 806 / 915 541 809 Fax: 915 537 566 Correo-e: revista@tecnicaindustrial.es **Publicidad:** Labayru y Anciones. Andorra, 69. 28043 Madrid. Tel: 913 886 642 / 492. Fax: 913 886 518

**Impresión:** Gráficas Monterreina, S.A. **Depósito legal:** M. 167-1958 **ISSN:** 0040-1838. **ISSN (internet):** 2172-6957. Difusión controlada por 





## La realidad, mejor virtual y aumentada

Las aplicaciones de la realidad aumentada sólo están limitadas por la imaginación. Disponer de nuevas dimensiones para completar la información del mundo será muy útil en diversas facetas de la vida

### Pura C. Roy

La realidad aumentada es el conjunto de tecnologías que permiten la superposición, en tiempo real, de imágenes, marcadores o información generados virtualmente, sobre imágenes del mundo real. Los adelantos en dispositivos móviles, fundamentalmente en los llamados teléfonos inteligentes, pero también otras tecnologías cada vez más portátiles, que combinan el mundo real con la información virtual enriquecerán nuestra percepción según los especialistas. En la próxima década accederemos al mundo físico a través de la realidad aumentada, proceso que se generalizará masivamente en 2021, según el informe *Realidad aumentada, una nueva lente para ver el mundo* que ha editado la Fundación Telefónica.

En él se recogen opiniones como el de la consultora Gartner, que apunta que la realidad aumentada tardará entre 5 y 10 años en llegar al gran público, de manera paulatina, pero generalizada. Estas expectativas tienen su reflejo en su futuro negocio, que experimentará un gran crecimiento en los próximos años. De una facturación de seis millones de dólares en 2008 se pasará a una de 350 millones en 2014, lo que supone una tasa de crecimiento anual del 97%.

La realidad aumentada se trata de una disciplina bastante nueva. La primera interfaz que introducía sus conceptos fue des-

arrollada en los años sesenta, aunque la expresión en sí de realidad aumentada hay que atribuírsela al investigador de Boeing Tom Caudel, quien acuñó el término en 1990. Aunque en la actualidad gran parte de sus iniciativas se han centrado en el ámbito del ocio y la mercadotecnia, esta se extenderá, sin lugar a dudas, a otras áreas a medida que la tecnología se simplifique.

### Del turismo a la salud

Sectores como el turismo, la educación y la salud también comienzan a tener un grupo considerable de aplicaciones, a los que hay que añadir los que tradicionalmente han venido utilizando estas tecnologías –incluso en su acepción más amplia de realidad aumentada inmersiva– como el militar, la manufactura, el mantenimiento automovilístico y aeronáutico, así como el entrenamiento de habilidades y destrezas.

La posibilidad de sobrescribir información digital sobre la realidad puede servir tanto para formar a operarios como para reducir los errores en las tareas de mantenimiento o el tiempo de realización de las mismas. De hecho, la primera aplicación de realidad aumentada fue precisamente en el proceso de cableado eléctrico de las aeronaves de Boeing.

Los operarios que reparan vehículos, o cualquier otra estructura, podrán disponer de guías que les indican en todo momento las operaciones que deben realizar.

Los mecánicos en el ejército ya usan gafas de realidad aumentada cuando trabajan en vehículos; las gafas muestran cada paso de la reparación, identifican las herramientas necesarias y también incluyen instrucciones textuales tanto en 3D y 2D. Esta aplicación, que también se usa en la industria, está dispuesta para llegar al gran público, por ejemplo, en manuales de dispositivos o como guías para realizar pequeñas reparaciones, explicando cómo instalar dispositivos electrónicos en un hogar, también en los pasos para hacer una receta o para montar un mueble.

Actualmente ya existe un conjunto de herramientas puestas a disposición de los usuarios para que sean ellos mismos los que creen los contenidos de realidad aumentada. Es el caso de Sketchup, un programa creado por Google para el diseño de modelos en 3D. Su objetivo inicial era crear los modelos 3D para su conocido Google Earth. Posteriormente, esos modelos pueden ser referenciados y colocados en su lugar en los mapas de Google y también tiene la posibilidad de buscar y descargar modelos creados por otras personas. Su relación con la realidad aumentada se la da un *plugin* llamado ARMedia creado por la empresa Inglobe Technologies. Este plugin de fácil instalación, permite ver, mediante realidad aumentada, los modelos creados con Sketchup. Otro ejemplo es el de Zooburst, aplicación que

Esquema de la interacción del usuario con el mundo a través de la realidad aumentada y posibles aplicaciones en dos dispositivos. Fuente: Fundación Telefónica





permite crear libros en los que los personajes aparecen en 3D y está especialmente enfocado a la creación de cuentos para niños. Además, la aplicación permite visualizar las obras creadas por el autor o por otros y se puede visualizar como si se leyera un *e-book* o con realidad aumentada, dando la impresión de tener el libro entre las manos con objetos en 3D encima.

### Multiherramienta

Otra de sus aplicaciones, que resalta este informe, se dará en áreas como educación, ingeniería y arquitectura para el modelado de objetos. Los estudiantes tendrán herramientas para crear un objeto y "colocarlo" en diferentes lugares y ver así cómo se vería en diferentes escenarios y situaciones. Gracias a estas técnicas es posible manipularlos y hacerlos girar, por lo que se pueden detectar posibles anomalías o problemas.

Investigadores del Human Interface Technology Laboratory de la Universidad de Canterbury, en Nueva Zelanda, han creado una herramienta que traduce esbozos en objetos 3D y utilizan la realidad aumentada para permitir a los estudiantes explorar las propiedades físicas y las interacciones entre objetos. Se utilizan controles simples, dibujados en un papel, para alterar las propiedades de los objetos esbozados. En el Colegio Mauricio De Nassau de Brasil, los estudiantes de arquitectura exploran las posibilidades de utilizar realidad aumentada para proyectar, entre otras estructuras, modelos de escaleras en edificios, lo que permite recortar el tiempo necesario para construir y presentar propuestas arquitectónicas.

El área de la medicina también es muy susceptible para el uso de realidad aumentada, para muchas de sus actividades. Así, para un cirujano, puede ser muy importante disponer de tres dimensiones de los órganos y huesos, alrededor de la zona en la que está llevando a cabo una intervención, o también información complementaria como datos del paciente o sobre la operación.

Recientemente el Hospital Virgen del Rocío de Sevilla ha incorporado un sofisticado *software* de reconstrucción virtual que permite "viajar" en tres dimensiones a través del corazón, sin necesidad de acceder a él mediante técnicas quirúrgicas. Gracias a esta tecnología es posible ganar precisión y seguridad al diagnosticar, así como eliminar los tiempos de espera clínica, al conseguir en tiempo real los resultados de la exploración.

## Economía de bajas emisiones para ayudar a salir de la crisis

**Crear una red de transporte de energía más rápida en Europa, además de abaratar el precio de las renovables, junto con una economía baja en emisiones, son algunas de las propuestas**

Nicholas Stern, Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento 2011, por liderar el primer estudio que cuantifica los impactos y costes derivados de la alteración del clima del planeta, piensa que la lucha contra el cambio climático representa una oportunidad. Stern aseguró en Madrid, al recoger su premio, que las aplicaciones de las tecnologías que contribuyen a frenar las emisiones "ya se están viendo en la agricultura, en el transporte, en la búsqueda de una mayor eficiencia energética", y ha insistido en que esta tecnología supondrá una "nueva revolución industrial". "Tendremos 10 años de crecimiento lento en Europa por la crisis, pero para salir de ella uno de los impulsos será el paso a una economía de bajas emisiones", afirmó.

Su informe pionero publicado en 2006 en Reino Unido concluye que no combatir el cambio climático ocasionaría gastos económicos muy superiores a los de reducir la emisión de gases de efecto invernadero. "Actuando ahora evitamos daños mucho más graves después", añadió Stern.

Para el presidente del Grantham Research Institute on Climate Change and Environment, es necesaria una inversión equivalente al 1% del PIB mundial para mitigar los efectos del cambio climático. En él se advierte que de no actuar de forma inmediata, se podría producir una fuerte recesión económica, y como mínimo, se alcanzarían pérdidas del 20% del PIB global.

### Estrategias

El informe Stern propone la posibilidad de reducir las emisiones mediante una mejora de la eficiencia en el uso de la energía, la introducción de cambios en la demanda de productos, generando una mayor conciencia de la necesidad de consumir productos de baja emisión de carbono y la adopción de tecnologías más limpias en los sectores de la energía, calefacción y transporte. Asimismo, hace especial hincapié en la necesidad de estrategias políticas firmes que motiven



Nicholas Stern. Foto: Gunnar Seijbold

estas medidas y destaca la importancia de generar una respuesta internacional basada en una visión compartida respecto a los objetivos y el marco en el que actuar. "El cambio climático es el mayor fracaso del mercado jamás visto en el mundo, fracaso que entra en interacción con otras imperfecciones del mercado. Toda respuesta global eficaz requerirá tres elementos de política: el precio del carbono, aplicado por medio de impuestos, comercio o reglamentación; una política de apoyo a la innovación y a la aplicación de tecnologías bajas en carbono, y, finalmente, la adopción de medidas para eliminar cualquier barrera a la eficiencia energética e informar, educar y persuadir a los individuos sobre lo que pueden hacer, a nivel individual, para responder al cambio climático".

Stern recalcó en Madrid que el cambio climático es más preocupante de lo que se pensaba hace seis años porque la capacidad del planeta para recuperarse se ha ido deteriorando más rápidamente de lo que se estimaba. Y ha advertido: "no se está actuando con rapidez". Aboga por fomentar la economía real. Por ejemplo, crear una red de transporte de energía en Europa más rápida y eficiente, que cohesione el continente y sirva para impulsar la construcción de infraestructuras, además de abaratar el precio de las renovables.



# Replicar en robots la conducta humana

Precisión, autonomía y destreza en los robots son los objetivos de algunas de las líneas de investigación en las que varios equipos españoles trabajan para dotarlos de complejidad

## Pura C. Roy

Distintos proyectos financiados por la Unión Europea persiguen una robótica más humanoide. Algunas universidades españolas se suman a ellos con buenos resultados. Investigadores del Roboticslab, de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M), participan en el proyecto internacional Handle con el objetivo de conseguir que una mano robótica reproduzca las habilidades y movimientos de una mano humana.

### Manipulación óptima

“Además de los avances tecnológicos perseguidos, se trabaja con aspectos fundamentales de la investigación multidisciplinar con el fin de dotar al sistema de mano robótica de capacidad de percepción avanzada, control de alto nivel de información y elementos de inteligencia que permitan el reconocimiento de objetos y el contexto de las acciones”, explica el investigador principal del proyecto, Mohamed

Abderrahim, del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la universidad madrileña.

La búsqueda de una mano robotizada autónoma es una constante de la robótica. Una mano de este tipo que es capaz de hacer esta tarea aparentemente sencilla de forma autónoma –afirma Abderrahim– solo existe en películas de ciencia-ficción. “Mi estimación personal es que se necesitarán unos 15 años investigando en estos temas para alcanzar una mano robótica capaz de realizar ciertas tareas complejas con un grado de precisión, autonomía y destreza similares a la mano humana”.

La mano robótica con la que trabajan los investigadores de la UC3M se compone en su mayoría de piezas de aluminio y plástico mecanizado de alta precisión, además de sistemas de sensorización y actuación. En total, dispone de 20 actuadores y puede realizar 24 movimientos, los mismos que la mano humana. Su tamaño también es igual que la extremidad media

de un varón adulto y tiene un peso de aproximadamente cuatro kilos.

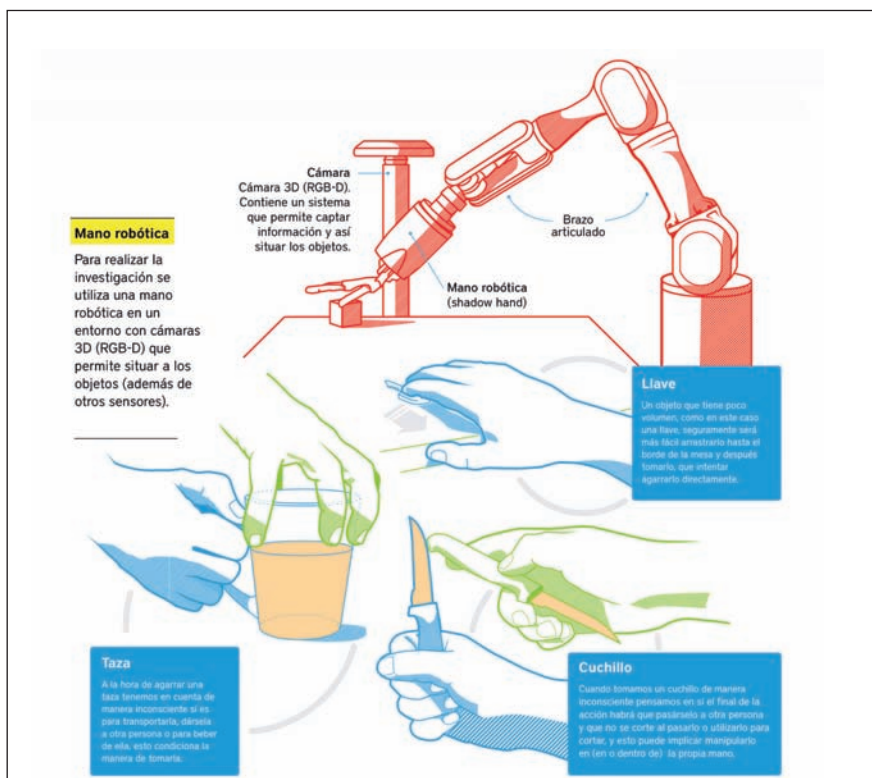
### Movimiento y visión

Por otra parte, para conseguir que la ciencia-ficción sea realidad, la Universidad Jaume I de Castellón está inmersa en el proyecto EYESHOTS, que tiene como meta controlar la interacción entre el movimiento y la visión con el fin de replicar en robots el comportamiento humano. Según Ángel Pasqual del Pobil, jefe del Laboratorio de Inteligencia Robótica de la universidad, su equipo validó los hallazgos del consorcio europeo que participa en el proyecto empleando un sistema oculomotor desarrollado por su universidad. Dicho sistema consta de un torso con brazos articulados y una cabeza robótica con ojos móviles.

La primera característica del sistema visual humano que se propusieron reproducir artificialmente fue el movimiento ocular sacádico, que está relacionado con el cambio dinámico de la atención. “Constantemente cambiamos el punto de vista en unos movimientos de los ojos muy rápidos. Tanto que nosotros casi no somos conscientes”, apunta Pobil. “Cuando los ojos están en movimiento, la imagen es borrosa y no somos capaces de percibirla nítidamente. De modo que el cerebro integra los fragmentos como si se tratase de un puzzle para darnos la impresión de una imagen continua y perfecta del entorno”.

A partir de los registros neuronales, el equipo ha desarrollado modelos informáticos de la sección del encéfalo que integra las imágenes con los movimientos de ojos y brazos. Según sus responsables, se trata de un modelo excepcional. “No es que a partir de los ojos el cerebro calcule una posición y entonces el brazo se mueva a esa posición, sino que es mucho más directo: al mirar los ojos a un punto, los ojos le dicen al brazo dónde tiene que ir”, explica Pobil. “Todo esto se va aprendiendo durante las etapas de desarrollo: los bebés no conocen esa relación pero se aprende a base de conectar neuronas. Nuestros hallazgos se pueden aplicar a cualquier robot humanoide del futuro con capacidad para mover los ojos y enfocarlos a un punto”, asegura el investigador español.

Esquema de funcionamiento de la mano robótica desarrollada en el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad Carlos III de Madrid. Fuente: RoboticsLab de la UC3M.





# Magerit, el superordenador más potente

Con tecnología de IBM, ahora multiplica por cinco su potencia de cálculo y asciende en la clasificación TOP500, la exclusiva lista de los ordenadores más rápidos del mundo

La Universidad Politécnica de Madrid (UPM) aloja el supercomputador más potente de España. Magerit es su nombre y está basado en la arquitectura Power7 de IBM, que puede proporcionar una potencia pico de cálculo de 103,4 teraflops (103.400.000.000.000 operaciones por segundo), sin necesidad de tecnologías aceleradoras específicas, lo que le confiere una gran facilidad de programación y lo sitúa en la vanguardia de los centros de supercomputación del mundo. El sistema es capaz de proporcionar una potencia sostenida de cálculo en el test Linpack (patrón de referencia usado en TOP500) de 72,03 teraflops, lo que le convierte en el superordenador más potente de España.

Javier Uceda, rector de la Universidad Politécnica de Madrid, indica que "la supercomputación es un área estratégica para el desarrollo técnico y científico. Es un ins-

trumento fundamental para el avance del conocimiento y tiene un papel equiparable a lo que fueron en su día el microscopio y el telescopio. Amplía las fronteras del conocimiento y se convierte en una herramienta clave para mejorar la competitividad del tejido industrial del país".

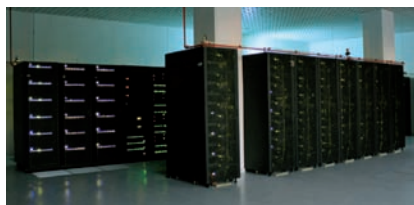
## Múltiples aplicaciones

Su potencia de cálculo se utiliza para proyectos de todo tipo, desde ciencia básica hasta simulaciones financieras. Nuevos pro-

yectos sobre ciencias de la vida, genómica, computación y criptografía cuántica, minería de datos, simulación social, estudios de enfermedades y un cerebro virtual que simulará el comportamiento del cerebro humano ante nuevos fármacos se unen a los ya tradicionales campos de dinámica de fluidos, predicción climática o diseño avanzado en ingeniería. Asimismo, Magerit estará disponible para participar en proyectos conjuntos universidad-empresa enfocados a mejorar la competitividad industrial.

"Los principales desarrollos en el ámbito de la ciencia están vinculados a la modelación y la simulación, áreas que precisan de una considerable capacidad de cálculo", afirma Juan Antonio Zufiria, presidente de IBM España, Portugal, Grecia e Israel. "Por ello, el progreso científico de un país está estrechamente relacionado con su capacidad de invertir en supercomputación".

Foto: IBM



## PREPARACIÓN A DISTANCIA Y PRESENCIAL

### CATEDRÁTICOS Y PROFESORES DE ENSEÑANZA SECUNDARIA

- ~ FILOSOFÍA
- ~ LATÍN Y CULTURA CLÁSICA
- ~ GRIEGO Y CULTURA CLÁSICA
- ~ LENGUA CASTELLANA Y LITERATURA
- ~ GEOGRAFÍA E HISTORIA
- ~ MATEMÁTICAS
- ~ FÍSICA Y QUÍMICA
- ~ BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA
- ~ DIBUJO
- ~ INGLÉS
- ~ FRANCÉS
- ~ ALEMÁN

- ~ MÚSICA
- ~ EDUCACIÓN FÍSICA
- ~ PSICOLOGÍA Y PEDAGOGÍA
- ~ TECNOLOGÍA
- ~ ECONOMÍA
- ~ FORMACIÓN Y ORIENTACIÓN LABORAL
- ~ ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS
- ~ ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN COMERCIAL
- ~ INFORMÁTICA
- ~ ORGANIZAC. Y PROYECTOS

- DE FABRICACIÓN MECÁNICA
- ~ ORGANIZAC. Y PROCESOS DE VEHÍCULOS
- ~ ORGANIZAC. Y PROYECTOS DE SISTEMAS ENERGÉTICOS
- ~ SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS Y AUTOMÁTICOS
- ~ SISTEMAS ELECTRÓNICOS
- ~ CONSTRUCCIONES CIVILES Y EDIFICACIÓN
- ~ PROCESOS DIAGNÓSTICOS CLÍNICOS Y ORTOPROTÉSICOS
- ~ PROCESOS SANITARIOS

- ~ PROCESOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA
- ~ INTERVENCIÓN SOCIOCOMUNITARIA
- ~ HOSTELERÍA Y TURISMO
- ~ PROCESOS Y MEDIOS DE COMUNICACIÓN
- ~ ASESORIA Y PROCESOS DE IMAGEN PERSONAL
- ~ ANÁLISIS Y QUÍMICA INDUSTRIAL
- ~ PROCESOS DE PRODUCCIÓN AGRARIA

### PROFESORES TÉCNICOS DE FORMACIÓN PROFESIONAL

- ~ PROCESOS DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA
- ~ PROCESOS COMERCIALES
- ~ SISTEMAS Y APLICACIONES INFORMÁTICAS
- ~ MECANIZADO Y MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS
- ~ SOLDADURA
- ~ INSTALAC. Y MANTENIM. DE EQUIPOS TÉRMICOS Y DE FLUIDOS
- ~ MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS
- ~ INSTALACIONES ELECTROTÉCNICAS
- ~ EQUIPOS ELECTRÓNICOS

- ~ OFICINA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN
- ~ PROCEDIMIENTOS SANITARIOS Y ASISTENCIALES
- ~ PROCEDIMIENTOS DIAGNÓSTICO CLÍNICO Y ORTOPROTÉSICO
- ~ OPERACIONES Y EQUIPOS DE PRODUCTOS ALIMENTARIOS
- ~ SERVICIOS A LA COMUNIDAD
- ~ COCINA Y PASTELERÍA
- ~ SERVICIOS DE RESTAURACIÓN
- ~ TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE IMAGEN Y SONIDO
- ~ OPERACIONES DE PRODUCCIÓN AGRARIA

### CATEDRÁTICOS Y PROFESORES DE ESCUELA OFICIAL DE IDIOMAS

~ INGLÉS

~ ESPAÑOL

~ FRANCÉS

~ ALEMÁN

### MAESTROS DE ENSEÑANZA PRIMARIA

~ EDUCACIÓN PRIMARIA  
~ EDUCACIÓN INFANTIL

~ INGLÉS  
~ FRANCÉS

~ EDUCACIÓN FÍSICA  
~ AUDICIÓN Y LENGUAJE

~ EDUCACIÓN MUSICAL  
~ PEDAGOGÍA TERAPEÚTICA



C/ CARTAGENA, 129 - 28002 MADRID  
TELS.: 91 564 42 94 - FAX: 91 563 60 54  
www.cede.es - E-mail: oposiciones@cede.es



# BepiColombo: la dificultad de diseñar un satélite para viajar a Mercurio

Construir un instrumento que pueda sobrevivir a las inhóspitas condiciones del espacio no es tarea fácil. Pero la dificultad aumenta si este tiene que soportar temperaturas capaces de fundir el plomo

**Patricia Luna** Londres

Una aplicación de Google Earth estimó en 13.000 los satélites, o restos de los mismos, que se encuentran dando vueltas alrededor de nosotros en el espacio. A pesar de la cifra, diseñar, construir, poner y mantener en órbita un satélite de forma exitosa es una de las hazañas tecnológicas más difíciles y una de las obras de ingeniería más complicadas que existen.

"Más que el tipo de satélite o la altura a la que se va a encontrar, a la hora de medir la complejidad, importa el tipo de perfil del empuje de las operaciones y del lugar al que irá el satélite", explica a la revista *Técnica Industrial* José González del Amo, jefe del departamento de propulsión eléctrica de la Agencia Espacial Europea (ESA).

Por eso hay pocas misiones que batan el récord de dificultad planteado por *BepiColombo*, la misión de la ESA cuyo destino es Mercurio, el planeta más cercano al Sol y donde las temperaturas pueden alcanzar 10 veces las que se registran en la órbita de la Tierra.

*BepiColombo* pondrá dos satélites orbitando en torno a Mercurio, para lograr el conocimiento más profundo de su super-

ficie, su estructura geológica y la composición de sus cráteres. Pero también para conocer su plano magnético, los mapas de su polos, y estudiar su exosfera (una de las capas de su atmósfera), así como experimentar sobre aspectos de la teoría de la relatividad de Einstein.

## Por encima de los 450 grados

Esta será la tercera misión que se realice a Mercurio, tras la *Mariner 10*, en 1975, y el *Messenger* que aterrizó el pasado marzo, ambas de la NASA. Mientras que *Mariner 10* solo pasó cerca del planeta, el *Messenger* ha entrado en una órbita muy alta. *BepiColombo* —que se lanzará en 2014 y está previsto que alcance su destino en 2020— situará uno de los satélites en esa misma órbita, pero el otro se acercará mucho más, hasta 400 x 1.500 km de su superficie radiante y bochornosa.

"Mercurio es un destino complicado porque las temperaturas que puede alcanzar rondan los 450 grados cuando estás cerca del Sol, pero también, cuando estás en el otro lado del planeta pueden bajar a 0. Esta rápida transición entre temperaturas extremas resulta fatal para los materia-

les del satélite", afirma González del Amo.

Encontrar los materiales adecuados ha sido solo uno de los muchos retos que ha tenido que afrontar esta misión. Lo más complicado —llevó hasta una década— fue encontrar con qué construir, sobre todo, el exterior de los instrumentos, en particular las antenas, los paneles solares y los sensores asociados con el Sol, así como las múltiples capas asociadas con el aislamiento, y todos los que tendrán que soportar temperaturas capaces de fundir el plomo.

## Misión cálida

Esta es la primera vez que la ESA se aventura en territorios tan cálidos después de hacer misiones orientadas a lugares más bien fríos.

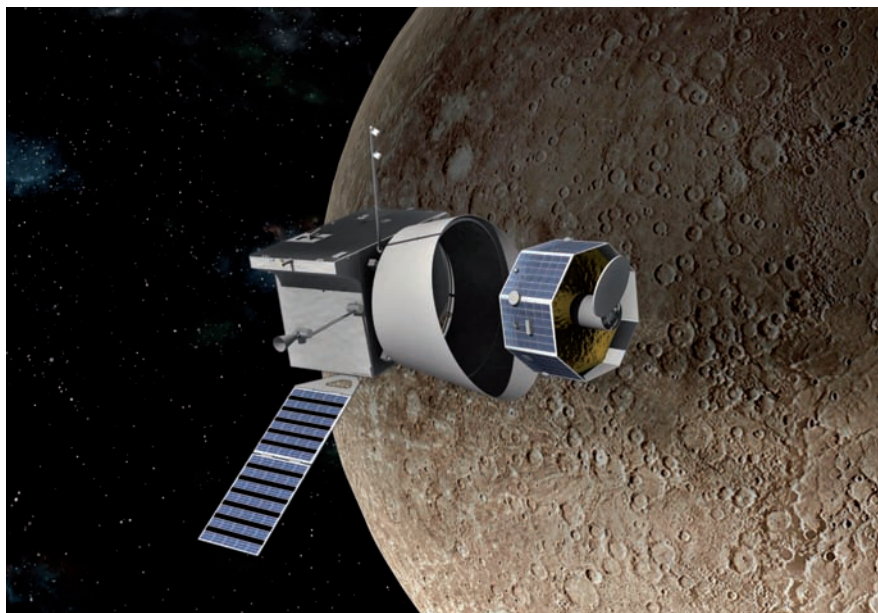
"Ha sido un gran desafío porque no teníamos experiencia de entornos tan duros. Lo más cerca que habíamos estado de algo parecido fue el *Venus Express*, lo que supone manejar dos y no 10 veces las temperaturas solares", explica Christopher Semprinoschnig, jefe de evaluación de materiales espaciales de la ESA.

Además de estas dificultades, el equipo de la ESA ha debido desarrollar un nuevo sistema de propulsión eléctrica mucho más potente, capaz de generar las miles de horas de potencia necesarias para llevar los satélites a su destino. No obstante, también se aprovechará la gravedad de la Tierra, Venus y Mercurio y la energía del mismo Sol.

"Es impresionante ver que esta misión esté tomando forma. Cuando se planteó por primera vez hace 22 años, era algo conceptual, uno hacía cálculos con su calculadora, y llegará a convertirse en una realidad", afirma González del Amo.

Se espera que esta misión proporcione un conocimiento que podría superar a lo que sabemos del resto de astros del Sistema Solar, incluso, de la misma Tierra. Mercurio podría guardar pistas acerca de cómo se formaron los planetas, lo que sería clave para saber cómo se originó la vida y responder a preguntas de si el modelo de la Tierra se repite en otros sistemas planetarios.

La misión espacial *BepiColombo* en las proximidades de Mercury. Foto: ESA







## Venga y participe en el Año internacional de la Química. I+D+I en acción.

- **Haga oír su voz participando en:** JORNADAS DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL, CONGRESO DE INGENIERÍA QUÍMICA DEL MEDITERRÁNEO, CONGRESO IBEROAMERICANO DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, entre otros muchos. Dé a conocer sus novedades, sus iniciativas y sus inquietudes en el mayor foro científico del sur de Europa.
- **Conviértase en protagonista** y contacte con toda la industria: proveedores, distribuidores, empresas e instituciones estarán presentes en el salón.
- **Descubra zonas personalizadas** que dan respuesta a mercados emergentes: LAB&BIO, PHARMAPROCESS, COSMETIC DATE y FOOD INNOVATION.
- **Establezca su agenda de contactos** a través de la web del salón utilizando BUSINESS MATCH: un programa interactivo pensado en usted que le permitirá confeccionar su agenda personalizada optimizando su tiempo ferial.

**Acredítese gratuitamente en  
[www.expoquimia.com](http://www.expoquimia.com) utilizando este código:  
**ENUTYKKZ****

  
**Fira Barcelona**

**Recinto Gran Via  
14-18 Noviembre 2011**

 **EXPOQUIMIA**  
Salón Internacional de la Química

**Lab & Bio**  
**PHARMA**process  
**COSMETIC**DATE  
**FOOD**INNOVATION

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

**TODA LA ACTUALIDAD EN  
[www.expoquimia.com](http://www.expoquimia.com)**

Síguenos en:



Aerolínea Oficial:

 **Spanair**

A STAR ALLIANCE MEMBER



## CIENCIA

### Observan la perturbación que sufre un fluido cuántico cuando se cruza con un obstáculo

Investigadores europeos han observado, por primera vez, las perturbaciones que sufre un fluido cuántico cuando se cruza con un obstáculo y cómo se disipa su energía. El estudio, dirigido desde el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNRS, en sus siglas en francés) de Francia, proporciona nuevos sistemas con los que estudiar la mecánica cuántica a escala macroscópica. También, cómo se produce la transición de su estado superfluido a un estado en el que la energía se disipa mediante la formación de vórtices –movimientos similares a un remolino– y solitones –ondas aisladas cuya forma se mantiene intacta según se propagan–.

Estos resultados, que se han publicado en la revista *Science*, son importantes porque "proporcionan nuevos sistemas con los que estudiar la mecánica cuántica a escala macroscópica". Normalmente, los efectos de la mecánica cuántica se observan en sistemas muy pequeños, pero "en los fluidos de polaritones podemos crear estados cuánticos de tamaño macroscópico, de varios milímetros", explica Alberto Amo, uno de los autores del estudio e investigador del CNRS.

### Logran medir un electrón de forma más precisa y comprobar su forma esférica

Investigadores del Imperial College de Londres han presentado en la revista *Nature* los resultados de una investigación que pone de manifiesto que el electrón es una esfera casi perfecta. El equipo de físicos llevó a cabo el trabajo mediante el estudio de electrones en el interior de una molécula denominada fluoruro de iterbio. Utilizaron un láser de alta precisión para medir el movimiento de estos electrones. El Dr. Jony Hudson, uno de los autores del estudio del departamento de Física del Imperial College, ha declarado: "Están muy satisfechos por haber logrado ampliar el conocimiento de una de las piezas básicas de la materia. Ha sido una medición muy complicada de lograr, pero este conocimiento nos permitirá mejorar nuestras teorías sobre física fundamental".

### Investigadores españoles idean un método para convertir el metano en propionato de etilo

Investigadores de la Universidad de Huelva y de la Universidad de Valencia, con la colaboración de científicos franceses, han logrado convertir el metano en propionato de etilo en condiciones relativamente normales. El avance supone un punto de partida en el empleo del metano como materia prima para la industria química. Para ello, han usado una sustancia (que contiene plata) como catalizador, que hace reaccionar al metano y a otro reactivo (díaz compuesto) para dar lugar al producto final, el propionato de etilo. La importancia de la investigación radica en la necesidad de emplear el metano como materia prima en la industria química. La disponibilidad de esta sustancia en el planeta la hace accesible desde un punto de vista económico. En la actualidad su uso industrial se reduce a un proceso en el que se convierte en monóxido de carbono e hidrógeno (gas de síntesis). El sistema empleado en este estudio opera a 40 °C y solo produce nitrógeno gas como subproducto.

### >> Panel PC sin ventilador para múltiples entornos y con pantalla táctil

Macroservice, empresa especializada en la fabricación y distribución de puntos de información, monitores y pantallas táctiles, ha ampliado la oferta de su catálogo de Panel PC de Quaytech con la incorporación de los modelos QYT-7915F, QYT-7917F y QYT-7919F con pantalla táctil de 15, 17 y 19", respectivamente. Estos Panel PC se distinguen por incluir un procesador Intel Atom N270 y chipset Intel 945GME + ICH7R, interface IDE on-board, slot Compact Flash Tipo II y drive CD-ROM SATA (opcional) para convertirse en una solución eficiente y económica en numerosos entornos. La gama QYT-791XF, diseñada sin ventilador para ofrecer una operación silenciosa, cuenta con un chasis de acero electrogalvanizado y un radiador posterior de aluminio que ayudan a disipar el calor generado por la CPU y el monitor. Para responder a los requerimientos de aplicaciones en entornos industriales, las unidades QYT incluyen pantalla táctil ELO AccuTouch con tecnología resistiva de cinco hilos, acabado antirreflejo y protección frontal IP65 entre el marco frontal de acero inoxidable y la propia pantalla táctil.



Estos nuevos Panel PC también se caracterizan por una memoria de sistema de hasta 2 Gb, disco duro SATA II de 2.5", tensión de alimentación de 24 VDC con adaptador opcional para energía AC, slot para tarjeta Compact Flash en placa base, códec HD, anclajes posteriores VESA, rango de temperatura operativa de 0 a +40 °C con disco duro y dos años de garantía.

La conectividad, uno de los aspectos esenciales de cada Panel PC, queda garantizada a través de cuatro puertos USB 2.0, dos puertos LAN 10/100/1000, cuatro puertos serie (seleccionables a +5 V o +12 V), un puerto paralelo, entrada / salida de audio, entrada de micrófono, salida para monitor externo y dos puertos PS/2 para teclado y ratón.

Por lo tanto, estos Panel PC, que cumplen con la normativa RoHS y poseen las certificaciones CE y FCC, se convierten en una magnífica solución para centros de control, domótica, kioscos de fotografía digital, puntos de información multimedia y cajeros automáticos, por citar algunas aplicaciones.

**Macroservice.** Tel. 91 571 52 00

Correo-e: [informacion@macroservice.es](mailto:informacion@macroservice.es)

Internet: [www.macroservice.es](http://www.macroservice.es)

### >> Renovada solución para diseño y plegado de piezas en tres dimensiones

Lantek, especialista en el desarrollo y comercialización de soluciones integrales de CAD/CAM y ERP para el sector de la máquina-herramienta, ha renovado su gama de soluciones para el diseño y plegado de piezas de chapa en 3D y corte de tubos y perfiles, Lantek Flex3d, coincidiendo con el anuncio de las nuevas versiones para 2011.



Las novedades incorporadas a las soluciones Lantek Flex3d suponen un importante avance para la industria del metal, que cuenta con una solución más ágil, completa en funcionalidad y capaz de ajustarse a las necesidades de los usuarios. Lantek Flex3d dispone de total capacidad para gestionar trabajos de gran envergadura. En su arquitectura, Lantek ha empleado las más avanzadas tecnologías de diseño en 3D y, al mismo tiempo, ha optimizado de forma notable la capacidad de importación de piezas, cuya velocidad se ha visto incrementada en un 300%.

Lantek Flex3d V2011, al igual que venía ocurriendo con las versiones anteriores, mantiene su integración con el resto de aplicaciones de la compañía, lo que facilita enormemente la gestión, coordinación y control de todos los procesos. De este modo, Lantek ofrece una respuesta eficaz a las demandas de las empresas de este sector, permitiéndoles incrementar su productividad y estar un paso por delante en el mercado.

Compuesta por un total de ocho módulos específicos, este *software* permite realizar tareas de plegado y desplegado, trabajar con tubos o perfiles, llevar a cabo actividades de diseño integradas con los programas SolidWorks, Autodesk Inventor, Solid Edge, Catia, Elements Pro, Siemens NX para automatizar la programación de máquinas de corte de chapa con cabezales de cinco ejes, ya sea por láser como por chorro de agua, así como diseñar y cortar perfiles estándares gracias al módulo Lantek Flex3d Steelwork.

En su versión 2011 todos los módulos incorporan nuevas características y opciones que convierten en más fácil e intuitivo el trabajo de creación de diseños en 3D para el usuario. No obstante, dentro de las soluciones que componen la familia Lantek Flex3d, la compañía ha hecho especial hincapié en optimizar la aplicación específica para el diseño y corte de tubos, Lantek Flex3d Tubes, que dispone de nuevas macros de geometría; ofrece la función de asignar diferente tecnología de corte a cada contorno, de manera automática; incluye simulación mejorada para máquinas 5X y ofrece capacidades de anidado automático mucho más eficientes. Todo esto, junto con el resto de funcionalidades de la solución, hace posible al usuario la visualización del resultado real que se obtendrá a la hora de cortar dicho tubo en la máquina. Por su parte, otra de las aplicaciones de la gama Lantek Flex3d que también ha experimentado mejoras sustanciales es Lantek Flex3d Steelwork, el sistema para el diseño y corte de perfiles. Más fácil de manejar y personalizable, cuenta con gestión automática de roscados y avellanados siguiendo los estándares ISO, o los personalizables por el usuario. Igualmente, la solución permite verificar el mecanizado de forma más rápida y eficaz.

Otra de las aplicaciones que más novedades concentra es Lantek Flex3d 5x, sistema para programación de máquinas de corte de piezas de chapa tridimensionales con cabezales de cinco ejes. Totalmente compatible con los principales sistemas de diseño en 3D que se utilizan en el ámbito de la chapa, esta herramienta permite importar piezas en la práctica totalidad de los formatos para poder mecanizarlas y generar posteriormente el corte. Además, cuenta con una nueva interfaz de usuario intuitiva y sencilla, lo que permite que este solo tenga que seguir los pasos que el propio *software* le va indicando. Otras de las mejoras que destacan de Lantek Flex3d 5x son los novedosos métodos de posi-

cionamiento en la mesa de trabajo, los renovados algoritmos de mecanizado automático y los más rápidos y ágiles procesos de verificación y simulación.

**Lantek.** Tel. 945 29 87 05

Correo-e: [marketing@lantek.es](mailto:marketing@lantek.es)

Internet: [www.lanteksms.com](http://www.lanteksms.com)

## >> Sensor de presión para trabajar en altas temperaturas, fiable y robusto

Ellison Sensors International anuncia el sensor HI2200 para trabajar en condiciones de alta temperatura. Se ha diseñado con componentes de alta calidad para funcionar a temperaturas elevadas con total fiabilidad, y su encapsulado de acero inoxidable y titanio le confiere robustez. Lo excepcional de este producto es que no solo puede medir fluidos a 200 °C, sino que puede usarse en aplicaciones en las que la temperatura ambiente es también de 200 °C tales como interiores de hornos y cámaras de alta temperatura.



Conseguir medidas de presión en entornos de alta temperatura con buena precisión es crítico en muchas aplicaciones y puede, a menudo, suponer un reto difícil de resolver. ESI lo consigue utilizando componentes seleccionados cuidadosamente. Está equipado con tecnología silicio-sobre-zafiro para el elemento sensor, uniones soldadas de aleación de titanio y encapsulado de acero inoxidable que ofrece un rendimiento, durabilidad y estabilidad a largo plazo jamás conseguido a un precio tan competitivo. El sustrato de zafiro protege el circuito extensométrico de la radiación electromagnética, presenta una histéresis inapreciable y su elasticidad le confiere una respuesta muy buena en rangos amplios de temperatura.

Está disponible en rangos de presión desde 0-1 bar a 0-1.500 bares con salida no amplificada de 10 mV/V de excitación y opción de compensación en temperatura. Caracterizado por una no linealidad e histéresis mejor de  $\pm 0,25\%$  F.E. y estabilidad mejor de  $\pm 0,1\%$  F.E./año. Está disponible con salidas amplificadas de 0-5 V, 0-10 V o 4-20 mA, pero con limitación en la temperatura ambiente y de medio de 125°C.

ESI diseña y fabrica sensores de presión de altas prestaciones, ofreciendo la última tecnología a un precio razonable sin comprometer la calidad del producto. El resultado es uno de los productos más avanzados para mercados exigentes como defensa, aerospacio, petroquímico (oil & gas), industria, automoción.

**Ellison Sensors**

Internet: [www.esi-tec.com](http://www.esi-tec.com)

## >> El sistema TwinSolar acaba con el mal olor en edificios y viviendas cerrados

Grammer Solar, compañía alemana, presenta su solución TwinSolar, para terminar con el mal olor de las viviendas y edificios por el cierre continuado de los mismos y la acumulación de la



## MEDIO AMBIENTE

### Bioplásticos, una de las alternativas para reducir la dependencia del petróleo

Científicos españoles adscritos al Proyecto Consolider Ingenio 2010 han desarrollado un nuevo sistema de producción de bioplásticos bacterianos que podría reducir hasta el 30% el coste de producción a escala industrial. La investigación ha sido dirigida por la doctora María Auxiliadora Prieto del Centro de Investigaciones Biológicas, órgano dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). El equipo de la doctora Prieto en colaboración con la Estación Experimental del Zaidín del CSIC, ha generado una cepa recombinante de la bacteria *Pseudomonas putida*, capaz de autodestruirse y liberar de forma controlada el bioplástico acumulado en su interior, lo que facilita el proceso de purificación del material a escala industrial. De hecho, con este nuevo procedimiento se podría abaratar hasta el 30% el coste de extracción del plástico al reducir el uso de grandes cantidades de disolventes orgánicos contaminantes, cócteles enzimáticos o detergentes, ya que son las propias bacterias las que facilitan la extracción del bioplástico.

### Desigual reducción de gases de efecto invernadero en la industria

Las emisiones verificadas de gases de efecto invernadero (GEI) en España disminuyeron el 11,3% en 2010 con respecto al año anterior. La secretaria de Estado de Cambio Climático, Teresa Ribera, ha señalado que el dato de reducción de emisiones demuestra "que se está produciendo un cambio estructural en buena dirección". La mayor caída se ha registrado en el sector eléctrico, responsable del 46,4% de las emisiones de los sectores afectados, que ha registrado una disminución del 22,6%. Las tecnologías térmicas han experimentado las mayores disminuciones, en concreto, la generación con carbón en el 33,4% y de ciclo combinado en el 19,2%. Respecto a los sectores industriales, se ha producido un ligero aumento de las emisiones, del 1%, con diferente comportamiento entre los subsectores, de modo que el cemento, refino, ladrillo y tejas reducen sus emisiones, mientras que el sector siderúrgico aumenta en el 17,3%.

### Un modelo matemático permite observar los ecosistemas a lo largo del tiempo

Un ecosistema es como un gran organismo en el que las especies se comportan de una manera similar a las células del cuerpo humano: el conjunto forma una entidad permanente aunque las entidades que lo forman estén en constante sustitución. Eso es lo que se desprende de un estudio teórico llevado a cabo por investigadores de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M). Los científicos han desarrollado un modelo matemático que recrea el comportamiento de un ecosistema para observar la dinámica del mismo y sus reacciones ante diferentes situaciones. Y lo que han comprobado es que el ecosistema alcanza un estado en el que permanece más o menos invariable, a pesar de que las especies que lo conforman pueden estar constantemente siendo sustituidas unas por otras hasta llegar incluso a renovarse por completo.

humedad. El funcionamiento del colector solar es sencillo. Un módulo FV proporciona electricidad a un ventilador mediante energía solar. Al mismo tiempo, esta misma energía calienta el aire que el ventilador absorbe desde el exterior y lo introduce caliente al interior de la vivienda mediante un conducto aislado. De esta forma, el sol caldea la estancia y deshace la molesta humedad y el mal olor aun cuando la casa se encuentra desocupada.

La firma alemana comercializa TwinSolar en paquetes y los pueden instalar los propios usuarios. El paquete contiene todos los componentes técnicos premontados para conectarlos e instalarlos de manera muy sencilla. La fijación del montaje puede realizarse sobre el lugar donde sea más efectiva la llegada de radiación solar. El aire exterior previamente filtrado, ya caldeado, pasa a través de un sencillo conducto al interior de la casa. El cambio de filtro es el único mantenimiento que tiene la instalación. Los colectores solares de aire como el TwinSolar compacto no son óptimos para viviendas, garajes ni lugares de trabajo. El TwinSolar compacto se encuentra disponible para superficies de 1,3 a 6 m<sup>2</sup>. Grammer Solar suministra, adicionalmente, sistemas de mayor dimensión para las aplicaciones que así lo requieran.

**Grammer Solar.** Tel. 96 336 66 08

Internet: [www.grammer-solar.es](http://www.grammer-solar.es)

### >> Sistema portaherramientas QS ahora con refrigerante de alta presión

La capacidad de cambio rápido de cabezales del sistema portaherramientas QS de Sandvik Coromant para máquinas de torneado de cabezal deslizante puede combinarse ahora con refrigerante de alta presión. El mecanizado de piezas pequeñas de materiales difíciles de viruta larga siempre crea problemas con la rotura de virutas. Con la introducción de boquillas orientadas, se garantiza el suministro preciso de refrigerante y mejora significativamente el problema de rotura de virutas y el rendimiento. También aumenta la vida de la herramienta.

Dado que el sistema se puede implementar utilizando presiones de tan solo 10 bares (disponibles en casi todas las máquinas modernas de cabezal deslizante), esta nueva función refrigerante es fácil de aplicar y proporciona un mecanizado sin problemas y una mejor calidad de la pieza cuando se realizan operaciones de torneado, tronzado o ranurado. Igualmente, se puede implementar un sencillo procedimiento de modificación para usuarios de cabezales deslizantes que ya tengan un sistema portaherramientas QS.

El refrigerante de alta presión puede proporcionar grandes ventajas en el mecanizado de materiales difíciles como el titanio, cobalto, cromo, acero inoxidable quirúrgico y superaleaciones termorresistentes (HRSA). El sistema es compatible con máquinas de cabezal deslizante Citizen, Star and Nexturn.

**Sandvik Coromant**

Internet: [www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com)





# UNIVERSIDAD DE SEVILLA

**15 AÑOS IMPARTIENDO FORMACIÓN  
EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

Los títulos de **Master Propio en Mantenimiento Industrial y Técnicas de Diagnóstico** y **Master Propio en Ingeniería y Gestión del Mantenimiento** de la Universidad de Sevilla, se presentan como una de las ofertas de formación más completa en este sector industrial, como así lo confirma el hecho de que en su pasada edición lo cursaran más de 120 alumnos de forma presencial y a distancia. Al curso acceden alumnos que son responsables y operadores de mantenimiento, tanto en líneas de proceso de producción como de instalaciones subsidiarias y que forman parte de empresas de servicio o de producción. También tienen presencia los gestores de mantenimiento, personal de ingeniería de planta y no podemos olvidar aquellos alumnos en últimos cursos de carrera que quieren iniciar su labor profesional en este área.

Los Master dan **una respuesta dinámica y ágil a la demanda del sector industrial**, de profesionales con formación específica en mantenimiento, cubriendo la escasa o nula formación en esta disciplina de las enseñanzas de grado.



## **ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

C/ Virgen de África nº7  
41011 - SEVILLA

Tlf: 954 55 28 42

Tlf: 629 92 91 57

Fax: 954 28 27 77

E-mail: aordonez@us.es

## **Máster Propio en Mantenimiento Industrial y Técnicas de Diagnóstico**

## **Máster Propio en Ingeniería y Gestión del Mantenimiento**

### **Experto Universitario en Mantenimiento de Medios e Instalaciones Industriales**

**MÓDULO I:** Gestión y técnicas de mantenimiento. **MÓDULO II:** Mantenimiento de instalaciones electromecánicas. **MÓDULO III:** Mantenimiento de Instalaciones de acondicionamiento de aire, frío, ACS y contra incendios. **MÓDULO IV:** Mantenimiento de instalaciones de abastecimiento y distribución de aguas.

### **Experto Universitario en Mantenimiento Predictivo y Diagnosis de Fallos**

**MÓDULO V:** Introducción al mantenimiento predictivo. **MÓDULO VI:** Análisis de vibraciones. **MÓDULO VII:** Termografía. **MÓDULO VIII:** Tribología. **MÓDULO IX:** Ensayos no destructivos. **MÓDULO X:** Ensayos de máquinas eléctricas. **MÓDULO XI:** Máquinas alternativas. **MÓDULO XII:** Parámetros de monitorización de una cadena cinemática. **MÓDULO XIII:** Causas de fallos e identificación de los mismos. **MÓDULO XIV:** Correcciones "in situ". **MÓDULO XV:** Integración de tecnologías predictivas.

### **Experto Universitario en Gestión del Mantenimiento**

**PARTE 1:** Gestión y organización del mantenimiento. **PARTE 2:** Matemáticas de la fiabilidad. **PARTE 3:** Ingeniería de fiabilidad. **PARTE 4:** Mantenimiento centrado en fiabilidad (RCM). **PARTE 5:** Mantenimiento productivo total (TPM). **PARTE 6:** Ingeniería del riesgo. **PARTE 7:** Fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad integral (RAMS). **PARTE 8:** Terotecnología, economía y mantenimiento.

**PREINSCRIPCIÓN:** Septiembre-Octubre de 2011.

**MATRÍCULA:** Noviembre/Diciembre de 2011.

**DESARROLLO DEL CURSO:** Diciembre de 2011 a Junio de 2012.

**DIRECTOR DE LOS ESTUDIOS:** Antonio Ordóñez Guerrero.

(Departamento de Ingeniería Mecánica y de los Materiales).

[www.master.us.es/mmindustrial](http://www.master.us.es/mmindustrial)



## >> SourceMeter optimizado para test de semiconductores de alta potencia

Keithley Instruments, especialista en instrumentos y sistemas de test y medida avanzados, ha presentado el SourceMeter de alta potencia 2651A, la última incorporación a la familia de sistemas SourceMeter Serie 2600A. Diseñado especialmente para caracterizar electrónica de alta potencia, el modelo 2651A proporciona uno de los rangos de corriente más amplio disponible hoy en la industria, desde 1 pA hasta 100 A. Este rango es crítico para una variedad de aplicaciones en I+D, fiabilidad y producción, tales como ensayos de leds de alta luminosidad, semiconductores de potencia, convertidores DC-DC, baterías y otros componentes, materiales o dispositivos de alta potencia.



Como los demás integrantes de la Serie 2600A, el modelo 2651A ofrece una fuente/carga electrónica de voltaje y corriente en los 4 cuadrantes I-V, junto con un medidor de voltaje y corriente de precisión. Combina la funcionalidad de múltiples instrumentos en un único equipo de rack completo: instrumento caracterizador de semiconductores, fuente de alimentación de precisión, fuente de corriente ideal, multímetro digital, generador de forma de onda arbitraria, generador de pulsos de V ó I, carga electrónica, y controlador de trigger. Es ampliable gracias a la tecnología TSP-Link de Keithley, la cual permite crear sistemas multicanal con varias unidades sincronizadas. El 2651A puede suministrar o absorber hasta 2000 W de potencia en modo pulsado o 200 W de potencia DC en continuo. Puede hacer medidas de precisión de señales tan bajas como 1 pA y 1  $\mu$ V.

Conectando dos unidades en paralelo a través del TSP-Link, se amplía el rango de corriente de 50 a 100<sup>a</sup>. El rango de voltaje también puede duplicarse hasta 80 V conectando dos equipos en serie. El procesador de Scripts embebido TSP incluido en todos los instrumentos de la serie simplifica los ensayos permitiendo a los usuarios combinar varias unidades para que trabajen como un solo instrumento. El controlador de *trigger* interno permite sincronizar todos los canales en 500 ns. El 2651A tiene dos modos de medida: digitalizador o integrador para caracterización a alta velocidad o de alta precisión.

**Instrumentos de Medida.** Tel. 91 300 0191

Internet: [www.idm-instrumentos.es](http://www.idm-instrumentos.es)

## >> Guantes cómodos diseñados para proteger la piel de agentes químicos

El proveedor de productos de seguridad Kimberly-Clark amplía su gama de guantes Kleenguard con los nuevos G20 de Nitrilo Verde Atlántico, cuyos 0,06 mm de espesor les otorgan una óptima sensibilidad táctil, flexibilidad y facilidad de colocación. Además, las puntas de los dedos disponen de una textura

especial para proporcionar un agarre excelente. Ofrecen la misma comodidad y sensibilidad que los de látex evitando las posibles alergias que genera este material sobre la piel. Tiene la catalogación de producto EPI de Protección Química Cat III. Su capa ultrafina les permite ser igualmente fuertes y resistentes dada la innovación y fiabilidad de su tejido. Estos guantes están fabricados con nitrilo, elemento permite minimizar reacciones alérgicas que materiales como el caucho natural de látex pueden llegar a provocar.

Los tejidos que utilizan no secan la piel y están diseñados para reducir al máximo la presencia de polvo. Son recomendables para cualquier industria en la que se requiera la mayor precisión en el trabajo manual, como puede ser la química y la farmacéutica, y protección frente agentes químicos. Son también una alternativa ecológica frente a otros modelos, ya que se comercializan en cajas de hasta 250 unidades, con lo que se reduce sensiblemente la generación de desperdicios procedentes del embalaje, así como el espacio necesario para su almacenamiento. Disponibles en cinco tallas diferentes, son todos ambidiestros.

**Kimberly-Clark**

Internet: [www.kimberly-clark.com](http://www.kimberly-clark.com)

## >> Secador eficiente al contar con una buena proporción compresor/caudal nominal

El secador Ingersoll Rand cuenta con un intercambiador único de tres capas para los modelos de D42ec a D950ec, diseñado completamente en aluminio. Tiene una de las menores caídas de presión de la industria (promedio de 0,17 bares), con un mayor periodo de parada del compresor y un punto de rocío constante de clase 4.

En modelos hasta 600 m<sup>3</sup>/h dispone de un ventilador de velocidad variable patentado para alcanzar prestaciones máximas y de drenaje electrónico sin pérdidas a partir del modelo D600ec, 0% de pérdida de aire comprimido y con menos ciclos de funcionamiento. El compresor se para sin retraso, y es más rápido con temperatura ambiente baja. La masa térmica circula constantemente gracias a la bomba.

La gama DEC cuenta con paneles de control digitales que muestran ahorros energéticos desde D42EC a D950EC. Valores instantáneos del último ciclo e histórico de valores (últimas 100 h de funcionamiento). Además, el control de velocidad del ventilador alcanza las máximas prestaciones desde D42EC a D600EC.

Los componentes del equipo son de gran calidad, cuidadosamente seleccionados de suministradores contrastados y probados con los más altos estándares de calidad: intercambiadores patentados de aluminio; control completo de producción y procedimientos de prueba con certificación/resistentes a la corrosión; drenaje sin pérdidas electrónico; reducción de fugas en tuberías: menos conexiones de tubería y más pruebas de transporte, y vida de los repuestos ampliada gracias a los periodos en *stand-by*.

Se caracteriza, además, por su simplicidad de diseño. Posee un tamaño compacto, partes comunes y un suministro más

rápido (compresor, ventilador, tanque, drenaje). Regulación propia de las máquinas para asegurar el mínimo consumo de energía y sigue el Concepto *plug and play* con una única conexión eléctrica.

El compresor se para a baja carga, lo que consigue que se reduzca el consumo de energía drásticamente. Además, los secadores usan refrigerantes R134a y R407c, ecológicos y con el menor impacto ambiental. Los componentes de calidad hacen que los equipos duren más y con menos piezas que reemplazar. La masa térmica líquida (glicol y agua) no necesita ser reemplazada. Los equipos vienen avalados por más de 20 años de experiencia en el mercado con más de 15.000 unidades instaladas.

**Ingersoll Rand.** Tel. 647 452 085

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

## >> Filtros para inversores que permiten alargar la vida útil de los paneles solares

Premo, empresa representada en España por Anatron, ha anunciado una nueva serie FEDC de filtros para inversores fotovoltaicos que, cumpliendo con las normativas EMC, contribuye a alargar la vida útil de los paneles solares y disminuir el volumen de la instalación. Estos nuevos filtros FEDC, que se instalan entre los paneles solares y el inversor, también han sido diseñados para reducir las emisiones conducidas y las radiaciones EMI. La inclusión de los filtros en instalaciones solares dota de numerosas ventajas, destacando mejora del rendimiento de los paneles solares y aumento de la inmunidad de la etapa de control del inversor, ya que se evita que el control quede suspendido por interferencias electromagnéticas.

Al ser más compacta, la nueva serie de filtros FEDC permite reducir el volumen general de la instalación en comparación con otros componentes sustitutivos que se han venido utilizando hasta ahora, como las reactancias.

Estos nuevos filtros se caracterizan por un rango de 25 a 1.500 Acd con bornas de hasta 150 Acd y pletinas de hasta 1.500 Acd, una máxima tensión de operación de 1.200 Vdc, y ausencia de condensadores de tierra. Además, la representada de Anatron diseña y fabrica bajo pedido modelos especiales según los requerimientos del cliente. La serie FEDC, que cumple con las normas EMC de EN60939, UL1283 y con la directiva RoHS, también se puede utilizar en cualquier instalación donde la fuente de energía primaria trabaje en modo DC, tales como pilas de combustible y baterías. Con esta nueva gama de filtros FEDC, PREMO complementa otras familias dirigidas a aplicaciones en instalaciones de energías renovables (fotovoltaicas y eólicas), como las series HCWMGF y FVDT.

**Premo**

Internet: [www.grupopremo.com](http://www.grupopremo.com)



## I+D

### Las nanopartículas, aunque caras, pueden mejorar las propiedades de los plásticos

La industria del plástico no para de buscar materiales mejorados. El Instituto Tecnológico del Juguete (Aiju) de Alicante ha comparado las propiedades mecánicas en tracción de materiales plásticos procesados a escala laboratorio e industrial. En el estudio se ha obtenido la conclusión de que el moldeo por inyección de materiales termoplásticos a escala de laboratorio reproduce los resultados que se obtienen a escala industrial, y es una alternativa válida en el caso de disponer de pequeñas cantidades de materias primas o de que éstas tengan un coste elevado como sería el caso de los nanoaditivos o nanocargas. Las nanopartículas han cobrado una gran importancia, ya que proporcionan un sinfín de posibilidades a la hora de aditivar los termoplásticos convencionales, mejorando las propiedades características del material original. No obstante, estas nanopartículas pueden resultar caras.

### Método para disminuir las emisiones a la atmósfera de compuestos ácidos

El Instituto de Tecnología Cerámica (ITC) ha trabajado junto con varias empresas en el proyecto *Eliminación de compuestos ácidos mediante el empleo de recubrimientos*, financiado por el Instituto de la Pequeña y Mediana Industria Valenciana (Impiva) y los fondos europeos FEDER de desarrollo regional. Gracias a esta investigación será posible implantar en las industrias cerámicas un procedimiento para disminuir las emisiones de los denominados compuestos ácidos (principalmente de flúor) que se producen durante la cocción de las baldosas cerámicas, y que constituirán un sistema alternativo a los actuales sistemas de depuración basados en filtros de los gases. El procedimiento, cuya eficacia depende del producto fabricado y del ciclo de cocción empleado, consiste en la aplicación de un recubrimiento sobre la superficie inferior de las baldosas. Esta capa está diseñada de modo que sus componentes reaccionan con los compuestos ácidos, teniendo la capacidad de retenerlos a elevada temperatura.

### Diseñan un primer prototipo de motocicleta eléctrica con sistema de recarga de baterías

Un grupo de ingenieros de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M) ha desarrollado un prototipo de moto eléctrica de altas prestaciones que ha participado recientemente en el primer campeonato del mundo de motos eléctricas. Este proyecto, conocido como e-Moto, ha sido creado y desarrollado por LGN Tech Design, una empresa spin-off que ha surgido de una línea de investigación emprendida en el Laboratorio de Máquinas (MAQLAB) de la UC3M y que cuenta con el apoyo del vicerrectorado de Investigación de la Universidad a través del Vivero de Empresas del Parque Científico UC3M. "La tecnología que hemos desarrollado ha sido la consecuencia del diseño de una plataforma para el modelado, análisis y evolución de motos de competición que se ha aplicado para el desarrollo de la eMoto", comenta el responsable del MAQLAB, el catedrático Juan Carlos García Prada, del departamento de Ingeniería Mecánica de la UC3M.



## >> Ahorro energético con un nuevo convertidor de frecuencia

El ahorro energético aplicado a las instalaciones industriales contribuye a reducir la demanda de energía eléctrica. Esta reducción en la demanda presenta beneficios a nivel económico (reducción de la factura eléctrica) y a nivel medioambiental (menos emisiones de CO<sub>2</sub>).

La nueva serie de convertidores Agile de la firma Tecnotrans Bonfiglioli incorpora en su diseño un sistema integral con funciones de ahorro energético. El consumo del motor es reducido al mínimo gracias al algoritmo inteligente de control del motor que posee el convertidor. Esta función está especialmente diseñada para aplicaciones de control de motores de inducción con carga parcial constante.

Este tipo de control regula el ratio entre la corriente formadora de par y la corriente magnetizante, cuya suma vectorial es el consumo del motor. El control minimiza la corriente magnetizante e inyecta la corriente formadora de par requerida por la aplicación. En caso de habilitar la optimización del control se reduce el consumo debido a la reducción de la corriente. Esta reducción no conlleva variaciones en la velocidad ni en el par del motor. Así, con la función de optimización de control de motores es posible reducir el consumo en más de un 50% según la carga de la aplicación.

**Tecnotrans Bonfiglioli**

Internet: [www.tecnotrans.com](http://www.tecnotrans.com)

## >> Placa de fresado que se mantiene afilada al cortar acero inoxidable dúplex y austenítico

GC1040 es una nueva calidad de plaqueta de Sandvik Coromant, especialista en sistemas de herramientas y herramientas de corte, para asegurar un buen rendimiento y filos que permanecen afilados durante el mecanizado de acero inoxidable. Aunque está diseñado como una calidad de gama amplia para aceros inoxidables (ISO M), se puede garantizar un rendimiento seguro y óptimo incluso en situaciones extremas como el mecanizado de material dúplex y austenítico con fresas de filo largo con extensiones.

El éxito de la nueva calidad se debe a un sustrato de carburo cementado de grano fino extremadamente tenaz que ofrece una resistencia excelente a fracturas y fisuras tipo panal, junto con un recubrimiento de PVC de diseño especial resistente al desgaste.

Apto por igual tanto para operaciones de acabado como para operaciones de desbaste de ligero a medio, la calidad GC1040 es idónea para utilizar en condiciones sin refrigerante (aunque también se puede utilizar con refrigerante) a velocidades de corte medias. Sus filos agudos generan fuerzas de corte bajas, lo que ralentiza el desgaste.

En su área de aplicación (fresas pequeñas, fresado en escuadra, acero inoxidable austenítico), la calidad GC1040 ofrece un alto rendimiento. En el fresado en escuadra de un componente rascador hecho de AISI304 en un centro de mecanizado vertical



ISO 40, las plaquitas (montadas en una fresa CM390) consiguieron una vida de herramienta de 12 min tras completar tres partes (un importante avance en comparación con los 4 minutos y un solo componente completado conseguido con un producto de la competencia). En condiciones sin refrigerante, la profundidad axial del corte fue de 1,5 mm, y la profundidad radial del corte de 14 mm. Se utilizó una velocidad de corte de 150 m/min junto con una velocidad de avance de 0,15 mm/rev.

En pruebas en un componente intercambiador de calor mecanizado con una fresa CM245 en un centro de mecanizado horizontal ISO 50 sin refrigerante, la calidad GC1040 ofreció una vida de la herramienta de 18 min para completar tres piezas de trabajo hechas de acero inoxidable austenítico DIN1.4571. En comparación, utilizando una calidad de la competencia, se obtuvo una vida de la herramienta de 12 min y se completaron dos componentes. La profundidad axial del corte fue de 4 mm, mientras que la profundidad radial del corte fue de 30 mm. Se utilizó una velocidad de corte de 200 m/min, junto con una velocidad de avance de 0,25 mm/rev. La calidad GC1040 está disponible en diferentes gamas de CoroMill entre las que se incluyen CM490, CM390, CM245, CM300, CM200, CM331 y CM210.

**Sandvik Coromant**

Internet: [www.coromant.sandvik.com](http://www.coromant.sandvik.com)

## >> Impresora de etiquetas para entornos adversos tanto eléctricos e industriales

Cmatic, empresa dedicada a la distribución de soluciones para redes LAN, anuncia la disponibilidad de la impresora de etiquetas BMP21, que, gracias a su facilidad de uso y rapidez, se convierte en la solución ideal para equipos de trabajo en los sectores de comunicaciones de voz y datos, eléctrico e industrial. Esta impresora de transferencia térmica permite crear fácilmente etiquetas industriales que serán legibles durante muchos años en los entornos más adversos.

El modelo BMP21 se caracteriza por un gran display con iluminación *backlight* para mejorar la lectura, automatización (código de barras y 80 símbolos integrados) para múltiples aplicaciones, funciones de bloqueo y diferentes complementos y consumibles para responder a cualquier requerimiento. Esta impresora para entornos industriales dota de etiquetas de diferentes tipos y tamaños que resisten temperaturas extremas, superficies irregulares y el contacto con sustancias químicas. Por ejemplo, los materiales de vinilo duran hasta cinco años en condiciones extremas al aire libre.

Preparada para la impresión de etiquetas de cables y paneles de parcheo en numerosos sectores, la gama BMP21 es una solución versátil y fácil de usar que se adecua a las necesidades de cada momento.

**cmatic.** Tel. 916 726 508

Internet: [www.cmatic.net](http://www.cmatic.net)



# Cambalache

Es difícil, como se suele decir, con la que está cayendo, no estar completamente de acuerdo con Fernando Broncano cuando en su blog afirma: "En 1935 Enrique Santos Discépolo escribió una de las letras de tango más lúcidas de la filosofía contemporánea: *Cambalache*.

*Que el mundo fue y será una porquería,  
ya lo sé...*

*¡En el quinientos seis  
y en el dos mil también!  
Que siempre ha habido chorros,  
maquiavelos y estafas,  
contentos y amargaos, ...*

La letra continúa, como continúa el discurrir del tiempo y los avatares de la humanidad. Con sus diferencias y peculiaridades, en este siglo no hemos llegado a guerras mundiales, si se puede apuntar que su comienzo no deja de ser un cambalache más. Pesimistas y optimistas, con relación al progreso de la especie humana, confrontan sus opiniones más que nunca en las plazas tomadas. Las visiones de futuro nunca han estado más borrosas. Nadie se atreve a vaticinar nada. Ahora todo puede cambiar al dictado de un twitter y de una nueva especulación contra las deudas públicas.

Si una de las claves del progreso humano reside en el intercambio de ideas y bienes, no parece que vayamos desencaminados a pesar de los profundos desajustes. La revolución informática no hace más que intensificar ese contacto.

"El mundo está volviendo a formarse de abajo arriba", dice Matt Ridley en su libro *El optimista racional*. Este será, para el autor de *Genoma*, el gran tema de este siglo. "El paso a un mundo global traerá sin duda muchas pesadillas pero también individuos libres para asociarse temporalmente con objeto de colaborar, compartir e innovar".

*¡Siglo veintiuno cambalache  
problemático y febril!...*

Pero ¿qué es el concepto de abajo arriba para Ridley?, ¿qué traerá un mundo conectado en red? Él pone algunos ejemplos demasiado obvios. Los médicos se tendrán que acostumbrar a pacientes bien informados, los medios de comunicación, a dejar que su público elija el talento que los entreteña, los ingenieros compartirán los problemas para buscar soluciones, los políticos se tendrán que someter cada vez más a la opinión pública, los dictadores están aprendiendo que sus ciudadanos pueden organizar disturbios a través de mensajes de texto. Las masas en red tienen una oportunidad increíble para compartir, dice Kevin Kelly.

*Vivimos revolcaos en un merengue  
y en el mismo lodo  
todos manoseaos...*

*¡Hoy resulta que es lo mismo  
ser derecho que traidor!...*

El optimismo de Ridley no le lleva a olvidar otras posibilidades. "Hay incluso una razón para caer en el pesimismo: la naturaleza integrada del mundo implica que probablemente pronto



CARDIEL

"HAY QUE ATREVERSE A SER OPTIMISTAS, DICE MATT RIDLEY, QUE HA INTENTADO, CON TODOS LOS DATOS POSIBLES, ARGUMENTAR QUE EL MUNDO NO HA IDO A PEOR"

será posible capturar el planeta entero en nombre de una idea insensata, mientras que antes solo era posible capturar un país o con suerte un imperio". Confiamos que no sea así.

*¡Todo es igual! ¡Nada es mejor!*

*¡Lo mismo un burro  
que un gran profesor! ...*

Hay que atreverse a ser optimistas, dice el autor, que ha intentado, con todos los datos posibles, argumentar en su libro que el mundo no ha ido a peor. Para él, en el futuro será difícil sofocar la llama de la innovación, simplemente porque es un fenómeno que emerge desde abajo en un mundo interconectado.

El ser humano pondrá siempre en juego sus dramas, sus ilusiones, lo bueno y lo malo de su naturaleza. Discriminar el grano de la paja informativa seguro que nos dará algún quebradero de cabeza. Y si no sucede, siempre habrá agoreros que nos recuerden lo mal que nos va todo, a pesar de que posiblemente no sea así.

Por ello, el pensamiento alentador de Matt Ridley no deja de ser atractivo y hasta cómico: "No teman al futuro, un futuro lleno de artilugios tecnológicos, no teman por cosas como la superpoblación o los alimentos transgénicos, ese futuro será mejor y lo será para todos". En estos momentos cuesta asumir fácilmente este axioma. Demasiado cambalache, demasiada fiebre y demasiados problemas. Así que vamos a seguir ayudándonos con las palabras del autor de *Qué nos hace humanos*: "El género humano seguirá expandiendo y enriqueciendo su cultura a pesar de los obstáculos... El siglo XXI será una época maravillosa para estar vivos. Atrévase a ser optimistas".



## La aeronáutica, una industria de altos vuelos

**Nadie se imagina el futuro sin aviones. Superada la crisis, la industria aeronáutica anuncia una etapa de crecimiento aupada por la renovación de flotas y el empuje de los países asiáticos y de Oriente Próximo. Pero satisfacer a los más de 13 millones de personas que, en un día como hoy, se desplazan en avión en todo el mundo, exige afrontar no pocos retos. Se trata de volar más y contaminar menos, un objetivo para el que el sector aeronáutico español cuenta con las suficientes potencialidades.**

**Manuel C. Rubio**

Nadie sabe a ciencia cierta cómo será el avión del futuro, pero sí que el futuro es del avión. Así ha quedado patente en el reciente salón de la aeronáutica de Le Bourget, a las afueras de París, la feria más importante del sector en todo el mundo en la que junto a prototipos y proyectos de ensueño se han podido ver y tocar algunas realidades. Entre unos y otras, esta industria acostumbrada a manejar cifras mareantes ha presentado aviones transparentes para poder contemplar las estrellas, 100% reciclables y no contaminantes, de velocidades hipersónicas capaces de surcar el Atlántico en poco más de una hora, propulsados por algas o por aceites de freír, ligeros como un coche, con formas de pájaro o de insectos, con o sin piloto, pequeños y exclusivos para jeques y multimillonarios o gigantes de 80 metros con capacidad para 1.000 personas...

Todo un mundo de ingenio y fantasía para deleite de los pasajeros de 2050 que, si se cumplen los anuncios hechos ahora por los principales constructores aeronáuticos, podrán disfrutar de una conferencia interactiva o de un torneo virtual de golf, a la vez que recargan energías en asientos revitalizantes mientras ven el cielo.

Pero no va hacer falta esperar tanto para comprobar el creciente empuje de este sector innovador por excelencia que parece haber dejado definitivamente atrás los duros años vividos, primero por culpa de los atentados terroristas del 11 de septiembre de 2001, y después por una crisis global que ha traído consigo una reducción del tráfico aéreo y, en consecuencia, una menor demanda de aviones e incluso la cancelación de algunos pedidos y la reducción de las cadencias de producción.

Ahora, sin embargo, las cosas se ven diferentes. Sea por la renovación de flotas, sea por el nuevo brío mostrado por los países de Asia y Oriente Próximo, lo cierto es que la industria aeronáutica ha sabido

remontar el vuelo y alcanzar una velocidad de crucero que le augura una etapa de crecimiento sostenido.

Según las previsiones de Boeing, el gigante aeronáutico norteamericano que desde hace más de cuatro décadas domina, junto con el consorcio europeo Airbus, el sector de la aviación comercial, en los próximos 20 años se venderán en el mundo 33.500 aviones, de los que casi el 35% corresponderán a países de la zona de Asia y el Pacífico. De este modo, desbancarán a Estados Unidos y Europa como el mayor mercado de la aviación en el mundo.

EN LOS PRÓXIMOS 20 AÑOS SE VENDERÁN EN EL MUNDO 33.500 AVIONES, DE LOS QUE CASI EL 35% CORRESPONDERÁN A PAÍSES DE LA ZONA DE ASIA Y EL PACÍFICO

Este floreciente mercado está llamado a satisfacer las exigencias de los más de 13 millones de personas que, en un día normal, se desplazan en avión en todo el mundo, y de ellas cerca de cuatro millones en la UE, pero que serán muchas más en los próximos años si, como anticipan las previsiones, el tráfico de pasajeros crece a tasas anuales por encima del 5% hasta 2030. En total, más de 200.000 aterrizajes y despegues que plantean no pocos retos, entre los que se encuentra la optimización de las operaciones logísticas, la disminución del impacto ambiental, el ahorro energético y el desarrollo de energías cada vez más seguras y eficientes.

### Potencia europea

Y en eso está España, un país que comenzó a surcar el aire en la segunda década del

siglo XX, cuando el ingeniero aeronáutico y piloto Juan de la Cierva inventó el autogiro, un tipo de aeronave, y que en la actualidad pasa por ser la quinta industria europea aeronáutica y una de las pocas capaces de realizar toda la cadena de valor de un avión completo, desde su fase de diseño hasta la fabricación, pasando por la certificación, comercialización y mantenimiento.

Con una facturación que en 2009, último ejercicio disponible, sobrepasó los 6.150 millones de euros, según datos de la Asociación Española de Tecnologías de Defensa, Aeronáutica y espacio (Teda), de los que el 90% correspondieron al sector aeronáutico y el resto al espacial, las empresas españolas no pueden, ni quieren, conformarse con ser meras consumidoras de tecnología aeronáutica, sino que han decidido apostar fuerte por participar y protagonizar la innovación tecnológica que revolucionará este sector en los próximos años. Este objetivo no parece muy descabellado para un sector como el aeronáutico, capaz de crear empleo durante 2009, en el periodo más duro de la crisis, y al que la mayoría de expertos apuntan como la necesaria palanca de recuperación por su impacto directo en la economía y por su capacidad para transferir con éxito tecnología a otras industrias.

Tanto es así, que en la actualidad todos los especialistas aluden al papel estratégico de este sector para España, por su actividad en el desarrollo de productos de alto valor añadido y por su capacidad de crear empleo muy cualificado (da empleo directo a 40.000 personas y a otras 100.000 de modo inducido).

Es una industria diversificada que destina alrededor del 71% de su producción a la fabricación de aeronaves y sistemas; el 14%, a equipos; el 7%, a motores, y el 8% restante a actividades del espacio, y que tiene fundamentalmente en Madrid (aquí se concentra cerca del 60% de la producción nacional y el 3,3% del negocio aeroespacial europeo), pero también en Andalucía y el





País Vasco, sus tres principales polos de atracción, sin despreciar la creciente vitalidad demostrada por otras comunidades como Castilla-La Mancha y Cataluña.

### Creciente internacionalización

Pero los dos principales factores que definitivamente han consolidado el sector español como uno de los más pujantes de Europa y con mejores perspectivas de futuro han sido sin duda su creciente internacionalización –las empresas españolas exportan el 75% de su facturación, fundamentalmente a países de la Unión Europea– y su decidida apuesta por la innovación –a falta de datos oficiales de 2010, la inversión en I+D de la industria aeronáutica en 2009 ascendió a 784 millones de euros–.

Así lo entiende también el clúster aeroespacial de Madrid, creado en 2006 y que junto con la Fundación Hélice de Andalucía y las asociaciones aeroespaciales Hegan en el País Vasco y Baie en Cataluña, aglutinan, representan y estimulan el desarrollo del sector en nuestro país. La industria española experimentará el crecimiento más importante de toda Europa, triplicando su actual producción antes de 2020.

Por eso, a nadie extraña la creciente altura y peso específico adquirido por las empresas aeronáuticas y espaciales españolas en los diferentes proyectos internacionales, de los que hoy es, en la mayoría de los casos, socio preferente. En la actualidad, España es líder en la fabricación de aviones medios y ligeros, en sistemas de gestión de tráfico aéreo y goza de un gran prestigio en la fabricación de aeroestructuras de materiales compuestos y turbinas de baja presión para motores, además de ser clave en la construcción de algunos de los motores más limpios y silenciosos del mercado y aportar tecnología punta en programas como el del avión de transporte militar A400M y el futuro avión comercial A350, ambos de Airbus.

Esta capacidad tecnológica y de investigación empujó, en su momento, a los gigantes Boeing y Airbus a establecer sus centros de I+D+i en Madrid, y esta decisión, en el caso de la compañía norteamericana, obedeció a su condición de punto de referencia con América Latina y supuso el primer centro de estas características que crea fuera de sus fronteras, y que, por su parte, llevó al ministro de Industria, Miguel Sebastián, a anunciar hace unos meses que la inversión del Estado en el sector aeronáutico será de 3.724 millones de euros en el periodo 2010-2014.

El montante en cuestión obedece a la decisión del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, adoptada a finales de 2009, de reformular el plan concebido dos años antes y concretado en el nuevo Plan Estratégico del Sector Aeronáutico (PESA) 2010-2014, un documento con el que el Ejecutivo pretende dar respuesta a la coyuntura presente y, al mismo tiempo, fortalecer toda la cadena de suministro y la consolidación de los subcontratistas de primer nivel, capaces de acceder al mercado global y, por tanto, de atraer carga de trabajo de cualquier lugar del mundo, así como mejorar la competitividad de la industria auxiliar.

Según las cifras actualizadas de este plan para el quinquenio 2010-2014, este año Industria destinará a este sector 727 millones de euros, los mismos que en el pasado ejercicio. La cifra subirá a 741 millones de euros en 2012, a 764 millones en 2013 y a 765 millones en 2014.

### Volar más y contaminar menos

Las inversiones millonarias previstas deben servir para hacer frente a uno de los objetivos prioritarios de la industria aeronáutica mundial, que no es otro que incrementar la eficiencia y reducir el consumo de carburantes y, con ello, minorar sustancialmente la factura por este concepto y los efectos sobre el calentamiento global. O, dicho de otro modo, el sector aeronáutico internacional tiene muy claro que su futuro pasa por volar más y contaminar menos. Es decir, evolucionar hacia una aviación sostenible capaz de reducir el gran impacto ambiental que causará el creciente tráfico aéreo.

Y es que reducir las emisiones contaminantes, ahorrar energía y buscar biocombustibles alternativos al petróleo, así como reducir el ruido generado por los aviones y construir aeropuertos más eficientes interesa a todos: a los Gobiernos y a los ciudadanos, a las empresas que desarrollan la tecnología necesaria para lograrlo y a las compañías aéreas.

Una estrategia para conseguirlo pasa por aligerar el peso de las aeronaves. Y aquí el método cada vez más común para lograrlo es utilizar materiales compuestos, en especial plásticos reforzados con fibra de carbono, en lugar de los metales que han sido la norma a lo largo de la historia de la aviación y que, aunque sea de momento, aún seguirán centrando la mayor parte de la actividad de las aeronáuticas españolas.

Con todo, las previsiones apuntan a que los nuevos modelos de aviones van estar fabricados en más del 68% con materiales compuestos, un negocio que se espera que crezca en torno al 8% anual en los próximos 25 años, frente al estancamiento o ligero crecimiento del mercado de piezas de aluminio o titanio.

En España, en este asunto, parece claro que el apoyo sostenido a la investigación ha dado sus frutos. Hoy en día en nuestro país se produce casi el 10% mundial de todos los componentes de aviación fabricados con fibra de carbono. Más duro y flexible que el aluminio, más resistente que el acero y tan ligero como la madera o el plástico, este material compuesto está llamado a convertirse en uno de los segmentos con más futuro la industria aeronáutica. El Airbus 400, el mayor

Maqueta del Airbus 380 en la Feria de la Aeronáutica de Singapur. Foto: Shutterstock



avión militar de Europa, será el primer modelo que se construirá con alas de fibras de carbono y, aproximadamente, la tercera parte del avión comercial A380, en su centro de Illescas (Toledo).

Pero estos compuestos, integrados por plásticos impregnados con filamentos de fibra de carbono que forman finas láminas, serán también la base constructiva de los aviones de un único pasillo, el modelo llamado a copar el 70% de la cuota de mercado dentro de 20 años. Entre este tipo de aeronaves de corto y medio radio, de nombres más bien feos, generalmente batiburrillo de letras y números, los superventas serán con toda probabilidad el A320neo, de Airbus, cuya primera unidad está prevista que se entregue en 2016, y el Boeing 737, sin olvidar algunos de los que están construyendo los nuevos competidores de los dos gigantes, como el C-919 chino, con capacidad para 190 personas.

En cualquier caso, la importancia del reto no parece un asunto menor. Al menos si se hace caso a quienes defienden que el futuro de las empresas aeronáuticas dependerá, en gran medida, de la capacidad que tengan para adaptarse a las nuevas tecnologías de producción en materiales compuestos, las llamadas *auto-mated tape layaout* (ATL, moldeado de fibra de carbono automático) para piezas planas, y *fiber placement* (FP) para curvas.

Un reciente estudio de The Boston Consulting Group encargado por la compañía andaluza Alestis Aerospace, una de las tres constructoras de estructuras aeronáuticas más importante de España, junto con la castellanoleonesa Aciturri Aeronáutica y la vasca Aernnova, concluye que el mercado mundial de *composites* pasará en 15 años de los 9.000 millones de euros que representa en la actualidad a unos 29.000 millones en 2026.

Los expertos apuntan a que Boeing y Airbus absorberán el 90% de esta demanda. Por ello, sostienen que la compañía que tenga capacidad de producción en estas tecnologías se hallará en inmejorable situación para crecer a ritmos anuales cercanos a los dos dígitos. Y eso en el sector aeronáutico de las estructuras es casi un sueño para el que se necesita decisión, financiación y tamaño.

### Cielo Único Europeo

La industria europea, no obstante, también debe ser capaz de superar otros retos derivados de un tráfico aéreo que en 2020 será casi el doble que el actual. Evitar que unos 60 grandes aeropuertos europeos estén

### Aterrizajes verdes

La navegación aérea también intenta contribuir a la mitigación del calentamiento. Ahorrar combustible y evitar emisiones de gases invernadero se ha convertido en una nueva consigna para el sector aeronáutico. La red de aeropuertos españoles inició en agosto de 2010 los aterrizajes de aproximación continua o *aterrizajes verdes*, una técnica con la se consigue una disminución media del 25% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en cada maniobra de aproximación y un ahorro del 25% del combustible utilizado (queroseno).

En este tipo de operaciones, implantado por primera vez en el aeropuerto de Madrid-Barajas y que, posteriormente, se ha ido extendiendo a otros de la red, la aproximación aérea se hace en un descenso continuo desde que se inicia la operación (altura de crucero) hasta llegar a la pista de aterrizaje. Y, para ello, los motores se ponen al ralentí, como si el avión estuviera planeando, lo que evita tener que dar continuamente potencia al motor. En la fase de aproximación, en los últimos 10 minutos de vuelo, AENA estima que este procedimiento, además de hacer menos ruido, permite ahorrar unos 160 kg de queroseno por vuelo y hasta 480 de CO<sub>2</sub>.

Este tipo de maniobra, de la que es pionera la aerolínea escandinava SAS, únicamente se aplicaba en principio en horario nocturno, cuando la densidad de tráfico es menor, ya que las aeronaves tienen que separarse más entre ellas para hacer la aproximación. Desde el pasado mes de abril, los aeropuertos de Asturias y Santander han extendido estos *aterrizajes verdes* al horario diurno. Cuando finalice la segunda fase de este proceso, prevista para noviembre, este tipo de aterrizajes también se podrán ver a la luz del día en los aeropuertos de Almería, Jerez, Granada-Jaén, Vigo, A Coruña, La Palma, Zaragoza, San Sebastián y Pamplona.

congestionados y 20 saturados al menos nueve horas al día dentro de 20 años, como así señalan los expertos, hace necesario reformar la estructura de la gestión del tránsito aéreo en Europa para satisfacer las necesidades futuras de seguridad y capacidad. La solución a este futuro colapso es, precisamente, el objetivo del programa Cielo Único Europeo, una idea que se empezó a gestar en la década de 1960, cuando se creó Eurocontrol, con el propósito de lograr un espacio aéreo superior único, y que pretende organizar el espacio aéreo y la navegación aérea en toda Europa, estableciendo los fundamentos de un sistema unificado que sea capaz de atender el crecimiento anticipado.

Con esta iniciativa, además de la potenciación del sistema Sesar (Single European Sky ATM Research), un proyecto conjunto de la comunidad de transporte aéreo europea cuyo objetivo es la implantación en 2020 de una red de gestión de tráfico aéreo (ATM) europea de alta prestaciones, se quiere evitar el incremento en los retrasos de las aeronaves. Estos, además de las lógicas repercusiones en los usuarios, conllevan unas pérdidas para las compañías aéreas de entre 1,3 y 1,9 billones de euros al año.

Junto a este, otro de los principales desafíos tecnológicos de la industria se centra en reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y encontrar sustitutos a los combustibles fósiles antes de su previsible y cada vez más cercano agotamiento. El uso de nuevos biocombustibles aparece, en este sentido, como una de las mejores alternativas para conseguir alcanzar estos objetivos. El presidente de Iberia, Antonio Vázquez, ya ha señalado que la búsqueda de combustibles alternativos sostenibles es una de las prioridades del sector, pero que estos no serán rentables para las aerolíneas hasta 2020, y solo si se invierten 50.000 millones de euros. Esta opinión también es compartida por el presidente de Airbus, Thomas Enders, quien no hace mucho pedía a los Gobiernos "mucho inversión" para atajar los desperdicios millonarios de queroseno que emiten las líneas aéreas debido a la actual gestión del tráfico aéreo.

Son objetivos y retos ambiciosos sobre los que mucho tendrá que decir un sector aeronáutico español glorioso por su historia y espectacular en su presente, como así lo definía no hace mucho el presidente de la recién creada Sociedad Aeronáutica Española (SAE).



# Manuel Hita Romero

Presidente de la Sociedad Aeronáutica Española

## “Aunque se ignore, España ha sido puntera en aviación, aeronáutica y astronáutica”

Ana P. Fraile

La industria aeronáutica española tiene un pasado glorioso. Hace tan solo un siglo comenzaba a despegar y, hoy en día, las empresas y los profesionales que trabajan en ellas han logrado situarse en los niveles más altos y consolidar un sector que compite con éxito en el ámbito mundial. Nuestro país ha sido puntero en aviación, aeronáutica y astronáutica y, quizá sea esta herencia la que está permitiendo que las empresas tengan un buen comportamiento ante la crisis. Sin embargo, los grandes avances realizados y quienes los protagonizaron apenas son conocidos, como reconoce Manuel Hita Romero, exdirector general de Airbus España, recientemente nombrado miembro de la Real Academia de Ingeniería y presidente de la Sociedad Aeronáutica Española (SAE), una organización que nace con el propósito de dar a conocer a la sociedad la historia del apasionante y desconocido mundo de la aviación.

**Tras un siglo de historia de la aviación en nuestro país ¿por qué se crea la Sociedad Aeronáutica Española precisamente cuando el sector y la economía no pasan por sus mejores momentos?**

La organización nace a finales del pasado año con el objetivo de transmitir a la sociedad civil los logros de la aeronáutica nacional. El aeronáutico y astronáutico en España es un colectivo glorioso en su historia y su cultura, en sus profesionales y en sus empresas. Este país ha sido puntero en aviación, aeronáutica y astronáutica y eso es un hecho desconocido en nuestra cultura que muchos e ignorado en nuestra vida cotidiana. Hemos construido infraestructuras de primer nivel mundial, hemos creado sistemas de transporte, hemos inventado autogiros, hemos construido aviones, hemos diseñado cohetes, hemos lanzado satélites y hemos situado hombres en el espacio... y creo que muy poca gente lo sabe. La Sociedad Aeronáutica Española quiere llevar a la

sociedad civil española todo lo mejor del pasado de la historia, de la cultura y de la ciencia aeronáutica, recoger su presente y proyectarlo a las generaciones futuras.

**¿Quiénes integran la SAE?**

La asociación está integrada por profesionales de toda índole. Ingenieros, pilotos, médicos, periodistas, tripulantes, empresarios, historiadores... en definitiva, por todas aquellas personas amantes de la aeronáutica. Es una organización que pretende darlo todo a cambio de nada, una asociación sin ánimo de lucro, totalmente alejada de visiones localistas y partidistas. Esta vocación de difusión de nuestra cultura aeronáutica se traduce en una organización abierta en la que caben todos aquellos cuyo denominador común sea el interés por la actividad aeroespacial en España.

**¿Cómo desarrollan su trabajo?**

Estamos creando equipos de trabajo especializados en diferentes temas. Tenemos un grupo de juristas, otro de historiadores, otro dedicado a la difusión aeronáutica, otro las relaciones con la sociedad y uno más centrado en la industria y la tecnología. Las personas que integran cada uno de estos equipos aportan su saber y deciden las actividades que podemos organizar para acercar la aeronáutica al público en general, de una forma clara y sencilla.

**Su larga trayectoria profesional, primero en Construcciones Aeronáuticas (CASA) y más tarde en Airbus España le permite conocer como nadie esta industria. ¿Cómo cree que está siendo el comportamiento de las empresas aeronáuticas y aeroespaciales españolas ante la crisis?**

España está teniendo un buen comportamiento, producto de buenas carteras de pedidos y una gran capacidad, gracias a años de innovación anticipada en el tiempo. La industria aeronáutica española, afortunadamente,

“ESPAÑA NECESITA UN CAMPEÓN NACIONAL EN EL SECTOR AERONÁUTICO, QUE SUPERE LOS MIL MILLONES DE FACTURACIÓN Y QUE SEA CAPAZ DE ASUMIR GRANDES CARGAS DE TRABAJO”

es una de las que menos ha notado la crisis. El año pasado, a pesar de ser un año terrible, seguimos vendiendo aviones, proyectando aviones... y la previsión de tráfico aéreo continúa con un incremento anual del 4%, lo cual implica que en 2020-2025 el tráfico aéreo mundial va a ser el doble de lo que tenemos ahora y en 2050 el doble otra vez. Esto supone multiplicar por cuatro lo que tenemos ahora. Por ello, todos los profesionales de la aeronáutica estamos obligados a dar respuesta a esta demanda de la sociedad. Recientemente, Airbus ha realizado una encuesta mundial, focalizada en el público joven para conocer su opinión y su percepción acerca del tráfico aéreo. La conclusión es que toda la población consultada piensa volar más, volar más barato y de forma más cómoda. Con ese aumento de tráfico que se prevé, los constructores de aviones, las aerolíneas, los aeropuertos, los sistemas de control tienen que saber dar respuesta a esta demanda de la sociedad. Ahí tenemos un reto terrible en todos los campos.

**La estructura y el tamaño de las empresas que operan en este sector ¿supone un lastre al generar competitividad entre las zonas productivas españolas? ¿Sería más conveniente unirse para competir en el exterior?**



Manuel Hita Romero. Foto: Santi Burgos

España necesita un campeón nacional en el sector aeronáutico, que supere los 1.000 millones de euros de facturación y que sea capaz de asumir grandes cargas de trabajo, tal como reclama el fabricante europeo EADS. La SAE ve con buenos ojos la posible fusión de los tres mayores proveedores españoles, Aernnova, Alestis y Aciturri, para dar respuesta a la demanda de EADS y su filial Airbus de contar, en cada país, con un potente suministrador de primer nivel (*tier one*) en lugar de tener que entablar negocios con varias compañías (menores) a la vez. España debe caminar hacia el modelo que triunfa en otros países como Alemania y Reino Unido. En ellos hay un solo proveedor de primer nivel, mientras que en España hay tres; son demasiados.

**En relación con este entorno al que usted hace referencia, ¿cómo calificaría la industria aeronáutica?**

De primer nivel y ¡lojo! en todo el mundo. Evidentemente, no en todas las tecnologías, pero en las tecnologías en las que nos hemos especializado somos de primer nivel. Construcciones Aeronáuticas y luego Airbus España, gracias al apoyo de todas las instituciones (locales, regionales, estatales) y gracias al apoyo y entusiasmo de los profesionales que hemos tenido la suerte de disfrutar de esta época, le hemos dado un avance tecnológico a la industria aeronáutica española. Concreta-

mente, entrando en el tema de Airbus España, en una tecnología, la de fibra de carbono para proyectar y diseñar componentes estructurales de alta resistencia, tanto estática como en fatiga y poco peso. Es la fibra de carbono, ahí somos los líderes mundiales. Hemos innovado, hemos desarrollado máquinas para el tratamiento de la fibra de carbono que se venden por todo el mundo, que las compran los otros fabricantes de aviones, y hemos creado en Illescas el mayor centro mundial de producción de grandes componentes por medios automatizados. Y pienso que todo esto es algo que la gente desconoce.

**¿Logrará la innovación tecnológica minimizar el impacto ambiental que genera el sector aeronáutico y encontrar nuevos biocombustibles que reduzcan la dependencia del petróleo?**

Sí, de hecho, España en una alianza de Repsol, el Ministerio de Fomento, Senasa e Iberia ha formalizado un acuerdo de investigación para el uso futuro de biocombustibles. Por cierto, también esto se ha exportado a Italia. La SAE se congratula por ello.

**¿Qué avances y desarrollos tecnológicos de la industria aeronáutica española de los últimos años destacaría?**

La gran participación en el programa Airbus y el liderazgo en fibra de carbono, la gran innovación en el sector de las pymes

aeronáuticas, y las empresas punteras en sistemas de control aéreo, en transporte aéreo e ingeniería. Pero no nos podemos ni debemos olvidar de nadie, pues los clústeres, la Universidad y todos profesionales de la Aeronáutica y la Astronáutica son el pilar de nuestra industria.

**¿Cómo pretenden difundir la Sociedad Aeronáutica entre la población?**

La SAE quiere transmitir el conocimiento y cultura aeronáutica a la sociedad. A modo de ejemplo, quiere que el colectivo de estudiantes conozca cuestiones como ¿por qué vuela un avión? ¿Cómo se vuela un avión? ¿Cómo se hace un aeropuerto? Y que el mayor colectivo estudiantil posible acceda a estos conocimientos en su etapa de infantes. La SAE quiere estar en los medios de comunicación proyectando el saber de sus miembros y, repito, sin partidismos ni ideología, pero dando valor a una sociedad que, sin duda, merece la mejor opinión profesional y técnica ante un acontecimiento de tipo colectivo.

**Por último, deje volar un momento su imaginación ¿cómo imagina el transporte aéreo del futuro?**

Ah, eso es parte de la próxima conferencia organizada por la de SAE bajo el título *Volar entre cenizas, ¿pudo hacerse mejor?* Es un acto al que invitamos a todos los lectores de revista *Técnica Industrial*.



## HANNOVER

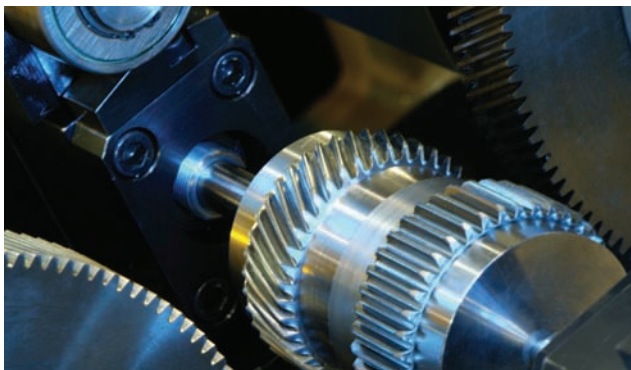
### >> La eficiencia de máquinas y procesos, servicios y sustentabilidad, ejes de EMO 2011

La feria de metalurgia EMO Hannover volverá a reunir del 19 al 24 de septiembre, en el recinto ferial de esta ciudad alemana, a los principales fabricantes internacionales de tecnologías de producción, que exhibirán las últimas novedades y las soluciones más eficientes en el tratamiento de metales. Precisamente, la eficiencia de máquinas y procesos, los servicios que acompañan al producto y la sustentabilidad en la producción industrial serán los tres grandes temas de la presente edición de este salón, considerado uno de los más importantes del sector en todo el mundo. El énfasis de la EMO estará en máquinas-herramienta con arranque de viruta y prensas, sistemas de producción, herramientas de precisión, flujo automatizado de metales, tecnología computacional, electrónica industrial y accesorios, entre otros productos y servicios. En su anterior edición, celebrada en 2007, este evento reunió a cerca de 167.000 profesionales de más de 80 países.

## MADRID

### >> La industria metalúrgica y la subcontratación industrial se citan en MetalMadrid

Todos los sectores que conforman la industria metalúrgica se darán cita los días 5 y 6 de octubre en MetalMadrid, que, en su cuarta edición se celebrará por primera vez en el recinto de Ifema. Enfocada por y para la empresa española, esta feria, la única del sector que se celebra en la zona centro del país, tiene como objetivo potenciar e incrementar el mercado de la subcontratación industrial en el territorio nacional. Maquinaria, suministros, ingenierías y materiales serán algunos de los subsectores con mayor protagonismo en este salón que un año más combinará su parte expositiva con su parte congresual para, según destacan sus promotores, no perder su carácter formativo y ofrecer a todas las empresas asistentes la posibilidad de encontrar las mayores y mejores novedades que ofrece el sector. Como principal novedad, dedicará un espacio monográfico al sector aeronáutico por su papel determinante en el cambio de modelo productivo y su capacidad estratégica para generar riqueza y empleo.



## NUREMBERG

### >> Powtech 2011 presenta los últimos avances en tecnologías de procesos e instrumentación



La feria Powtech, que se celebrará en el recinto ferial de Nuremberg (Alemania), del 11 al 13 de octubre, presentará las innovaciones y avances más importantes en la producción de tecnologías de tratamiento mecánico e instrumentación. Este evento aspira a reunir a instaladores de equipos y gestores de sectores clave de la industria transformadora de materiales, química, farmacéutica, cosmética, de alimentación, fabricación y procesamiento de plásticos, pinturas, esmaltes, vidrio, cerámica, materiales de construcción, molienda y mezclados, madera, papel, protección ambiental, así como de construcción de equipos y contratación. Además de procesos básicos mecánicos como troceado, mezclado, separación, tamizado o filtrado, los visitantes podrán encontrar las últimas tendencias en aparatos y componentes de procesos; análisis y caracterización de partículas; tecnología de nanopartículas; medición, control y regulación, y de protección antideflagrante y técnicas de seguridad y medio ambiente, entre otros servicios.

## BARCELONA

### >> Eurosurf, plataforma para las empresas de tratamiento de superficies, pinturas y barnices

La Fira de Barcelona acogerá del 14 al 18 de noviembre la 24 edición de Eurosurf, el salón internacional de la pintura y el tratamiento de superficies, que se celebrará conjuntamente con Expoquimia y Equiplast. Con vocación de abrirse al mundo, esta feria de carácter trienal se desarrollará en torno a los sectores industrial, grandes infraestructuras y de transporte, los tres grandes grupos en los que, según resaltan sus organizadores, el tratamiento de superficies aparece como un factor crítico y de alto valor real para su óptimo funcionamiento. Eurosurf 2011 persigue acoger todas las iniciativas y ofrecer la mejor plataforma para las empresas de tratamiento de superficies, pinturas y barnices; equipos para el control, ensayo, análisis y medición; medio ambiente y seguridad laboral e industrial; investigación, desarrollo e innovación, y de *hardware* y *software*, entre otras. Es un sector muy atomizado que tiene en la autorregulación, la internacionalización y el asociacionismo sus principales y más inmediatos retos.

# Feísmo

Dice una amiga mía que los indignados que empezaron la revolución en el kilómetro cero de la Puerta del Sol de Madrid y de otros tantos lugares de España, a pesar de la pinta, son burguesitos, o sea, nuestros hijos. A pesar de la pinta, digo, porque el campamento de Sol era impresentable, un monumento al mal gusto, a la cutrez más descastada, a ese feísmo histórico en el que llevamos militando desde hace siglos, incluso cuando fuimos ricos unos meses atrás. En mis discretos paseos sociológicos por Sol, en vez de pararme en los corrillos de los jóvenes o de esos jubilados felices de haber encontrado un ágora tan mediática (¡cuánto arreglamundo, Dios mío!), observaba impactado la superposición de toldos como de rafia sucia y deshinchada que cobijaban del calor o de la lluvia las cabezas pensantes de los revolucionarios y de otros muchos allegados que Lenin habría situado sin contemplación en los márgenes del lumpemproletariado. Como reyes estaban allí, sentados en unos sofás a juego con los toldos que, supongo, habrían reciclado de la basura la noche anterior. ¡Qué atrezo para una revolución!, me decía a mí mismo para que nadie me tachara de indigno.

Bien es cierto que algunos arquitectos han alabado la capacidad de los acampados para crear arquitecturas efímeras reñidas en todo caso con la estética y por el uso ingenioso de materiales heterodoxos en un sinfín de instalaciones superpuestas que fueron capaces de responder a la actividad creciente de los campamentos. Pero bueno, un poco de rigor, porque la arquitectura efímera y la arquitectura del reciclaje tienen ya largas trayectorias para que situemos el listón de las exigencias un poco más alto.

Cuál no sería mi sorpresa cuando, a punto del desmantelamiento, leo en la prensa una entrevista con un indignado de 21 años, Alberto Araico de Brito, estudiante de Ciencias Ambientales y miembro de una asociación neorrural dedicada a reconstruir y revivir pueblos abandonados que, tras el preceptivo proceso de la aprobación en asamblea, implantó en la Puerta del Sol una construcción abovedada con madera de palés (*Arquitectura de guerrilla en el 15-M*, titulaba un periódico) disimulada con toldos de plástico para acatar la prohibición de instalar cualquier estructura fija. Va y dice Araico de Brito: "Lo que estaba pasando en Sol nos pareció mazo de chulo... pero pensamos que el campamento, estéticamente, no estaba a la altura de las ideas. Queríamos mejorar la estética de las acampadas siendo fieles al espíritu de las asambleas". Menos mal.

A estas alturas debíamos aceptar que la revolución también es una cuestión de buen gusto. Quién sabe si el fracaso del socialismo real ha tenido algo que ver con aquellas ciudades de la Unión Soviética y de los países satélites tan horrorosas e infer-

nales (algunas han mejorado mucho desde la caída del muro en 1989), tan tétricas e invivibles, que alejaban a cualquiera de la tentación socialista. Hasta Praga y Budapest parecían feas en aquellos años de grisuras, que ya es decir.

En realidad, el feísmo militante que tanto le debe a aquel paranoico del Kremlin llamado José Stalin fue el resultado final de un

proceso totalmente alejado de los planteamientos iniciales, tal como puede comprobarse en esa magnífica exposición organizada por los Caixaforum de Barcelona y de Madrid y titulada *Construir la revolución. Arte y arquitectura en Rusia 1915-1935*. Desde el mismo comienzo de la revolución hasta mediados los años treinta, por toda Rusia se desplegó un movimiento de artistas entusiasta que puso patas arriba los criterios estéticos vigentes hasta la fecha en la pintura, en el cine y en el teatro, en la literatura y en la música y, por supuesto, en la arquitectura. De sus rentas vivimos en parte. "Siguiendo el ejemplo de la arquitectura moderna europea —cuenta el folleto de la exposición—, la función dictaba la forma externa, que se manifestaba mediante formas geométricas puras a menudo sostenidas por pilares o *pilotis* sin ornamentación, con fenestración horizontal continua y cubiertas planas. Para satisfacer las necesidades del nuevo orden social, los arquitectos desarrollaron nuevas tipologías de edificios, como la casa comuna y el club de trabajadores y redefinieron las formas de las fábricas y edificios de oficinas".

En efecto, la nueva arquitectura se extendió a todos los ámbitos (edificios oficiales, industria, vivienda, educación, salud, ocio, etcétera) y aun siendo cierto que estos nuevos movimientos estéticos no fueron inicialmente bien comprendidos por la mayoría de campesinos y trabajadores su influencia tuvo alcance universal. Pero aunque no hubiera sido así y se considerasen fracasados (así lo pensó Stalin), lo que finalmente interesa es ese esfuerzo por aunar revolución y estética en el llamado gran arte y en los aspectos más rutinarios de la vida.

Paseando el otro día por las afueras de una ciudad española donde acababan de inaugurar varios edificios culturales, algunos de arquitectura espectacular, me preguntaba cómo era posible tanto desatino en esos barrios populares de casas feas y desalmadas donde vive la gente más humilde y casi el 100% de los inmigrantes. Dicen los expertos que en España tenemos algunos de los mejores ejemplos del mundo de nueva arquitectura. También hemos heredado un riquísimo patrimonio de arquitectura popular que no debíamos dilapidar. Ahora que las arcas de los Ayuntamientos están vacías podemos dedicarnos a la política paliativa de bajo coste arreglando hasta donde sea posible algunos descabros.



VIRIDIS

“A ESTAS ALTURAS  
DEBIÉRAMOS ACEPTAR QUE  
LA REVOLUCIÓN TAMBIÉN  
ES UNA CUESTIÓN DE  
BUEN GUSTO”

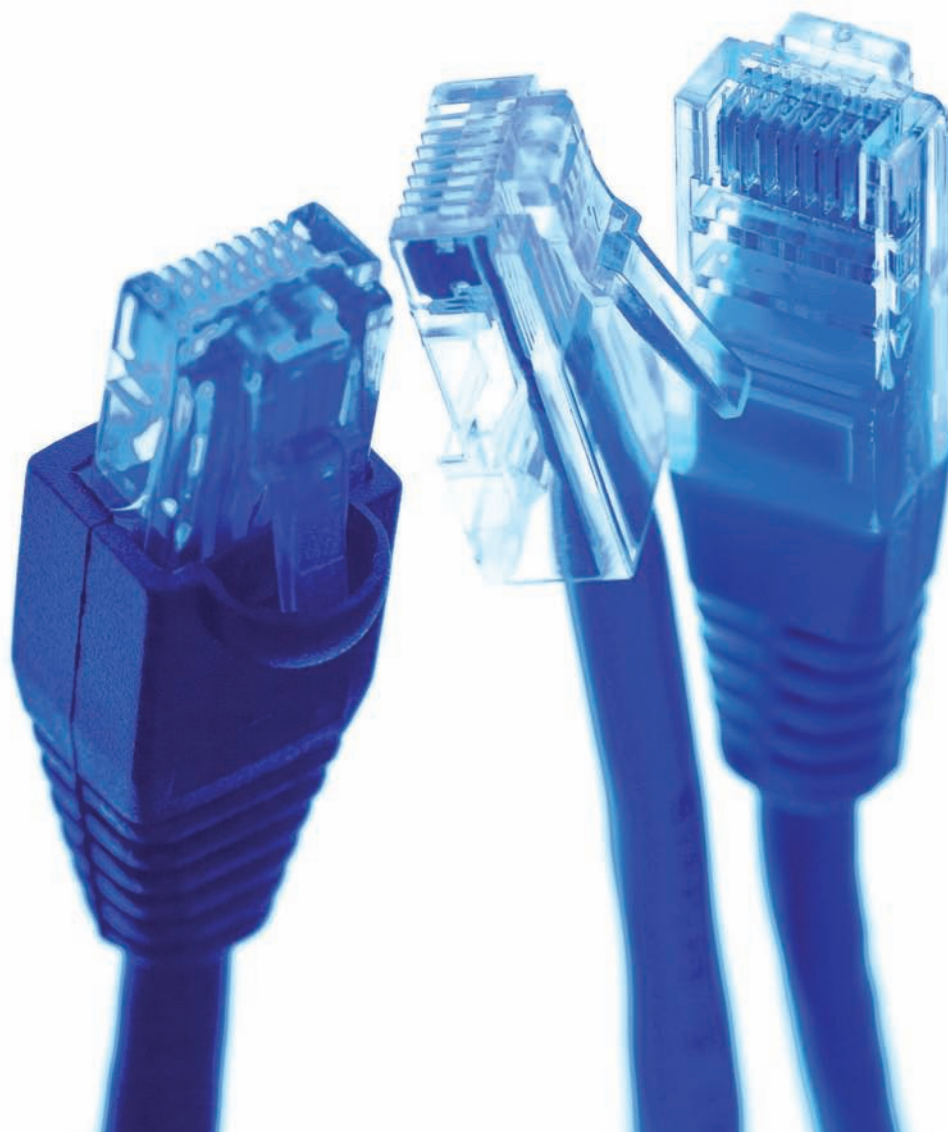


# Ethernet como soporte de sistemas de control en red

Juan Ángel Gámiz Caro y Javier Gámiz Caro

*Ethernet as a support of online control systems*

Foto: Pictelia



## RESUMEN

En el área de la automatización de procesos es frecuente encontrar lazos de control que se cierran a través de redes de comunicaciones. Estas arquitecturas de control dan lugar a lo que se conoce con el nombre de *sistemas distribuidos de control*. Cuando, además, los valores de las variables de control y de medida son actualizados, en el peor caso, dentro de un intervalo de tiempo conocido y asumible, se puede añadir a la frase anterior el calificativo de *tiempo real*.

Ethernet es una red de comunicaciones de enorme popularidad debida, entre otras causas, al esquema abierto de su interconexión, su eficiencia en el intercambio de grandes volúmenes de información y al bajo coste de las interfaces requeridas en su implementación. No obstante, su posible elección para soportar el tráfico requerido en aplicaciones de control de procesos no está exenta de riesgos.

En este artículo se exponen los requisitos exigidos a cualquier red que deba servir de soporte en sistemas distribuidos de control y, en particular, se evalúa la conducta temporal de Ethernet para este propósito.

Encargado: 1 de marzo de 2011

Recibido: 5 de junio de 2011

Aceptado: 25 de junio de 2011

## Palabras clave

Redes de comunicaciones, buses de campo, Ethernet, telecomunicaciones, sistemas de control

## ABSTRACT

*In the area of process automation is common to find control loops are closed over communication networks. These control architectures give rise to what is known as distributed control systems. When, moreover, the values of the control variables and measurement are updated, in the worst case, within an interval of time known and manageable, you can add to the preceding sentence the adjective real time.*

*Ethernet communications network is a hugely popular due to, among other things, to open their interconnection scheme, its efficiency in the exchange of large volumes of information and low cost of the required interfaces in its implementation. However, a possible choice to support the required traffic control applications process is not without risks.*

*This article sets out the requirements for any system should provide support for distributed control systems and, in particular, we evaluate the temporal behavior of Ethernet for this purpose.*

Commissioned: March 1, 2011

Received: June 5, 2011

Accepted: June 25, 2011

## Keywords

Communication networks, fieldbus, Ethernet, telecommunications, control systems

Con toda probabilidad el siglo XX pasará a la historia como el *siglo de la información*. Aunque relativamente joven, la ciencia electrónica ha propiciado el imprescindible soporte tecnológico al conjunto de actividades relacionadas con las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), en particular, y a la mejora del bienestar en general.

De manera similar a lo acontecido en el ámbito de la comunicación humana, la electrónica ha propiciado un desarrollo espectacular de las redes de comunicación industrial en las que dispositivos y equipos intercambian información relevante en las plantas de fabricación con objeto de controlar las variables del proceso tendientes a establecer y homogeneizar las características del producto.

Las actuales redes de comunicación industrial como, por ejemplo, la red Ethernet, pueden considerarse las herederas de aquellas otras más primitivas del pasado. De acuerdo con la tecnología empleada en su diseño, construcción y explotación, es posible clasificar las redes de comunicaciones en dos grupos claramente diferenciados: al primero pertenecerían las más antiguas, esto es, las redes de comunicaciones analógicas y, al

segundo, las redes de comunicaciones digitales.

## Redes de comunicaciones analógicas

El ser humano se desenvuelve en un entorno donde las variables físicas que le afectan son fundamentalmente de naturaleza analógica, esto es, variables de magnitud continua definidas en todo tiempo (figura 1a). Este hecho le lleva inicialmente a proyectar, con la tecnología de la época, métodos básicamente analógicos para captar, transmitir y procesar las señales analógicas asociadas a las variables físicas de interés.

Así, en una primitiva red de comunicación analógica la amplitud de la señal eléctrica transmitida, típicamente tensión o intensidad, está muy relacionada con la magnitud de la variable física que tratar. Es una red de comunicación para el intercambio de medidas y acciones de control entre sensores, actuadores y equipos de control usados en sistemas automáticos de poca complejidad. Presenta las siguientes limitaciones:

a) Transmisión unidireccional: la información es transmitida solo en un sentido, esto es, desde el transmisor al receptor. No es posible realizar el inter-

cambio de información en sentido inverso y este hecho merma la capacidad interactiva emisor-receptor.

b) Susceptibilidad al ruido eléctrico: la amplitud de la señal transmitida, portadora de la información, se ve adversamente afectada por las perturbaciones electromagnéticas de su entorno.

c) Excesivo volumen de cableado: habitualmente los enlaces suelen requerir tantas líneas independientes para el intercambio de información como parejas de dispositivos emisores-receptores intervienen en la comunicación. Constituyen los enlaces denominados "punto a punto". Si la señal transmitida es en tensión, solo admiten la conexión de un emisor con un único receptor. En el caso de señales en intensidad (p. ej., de 0 a 20 mA) pueden soportar la conexión de un único emisor y varios receptores.

d) Funcionalidad reducida: presentan una escasa modularidad y complican la descentralización del control, el diagnóstico integrado y el mantenimiento (Lian et al, 2001).

## Redes de comunicaciones digitales

Los avances de la tecnología electrónica, particularmente en el desarrollo y comer-



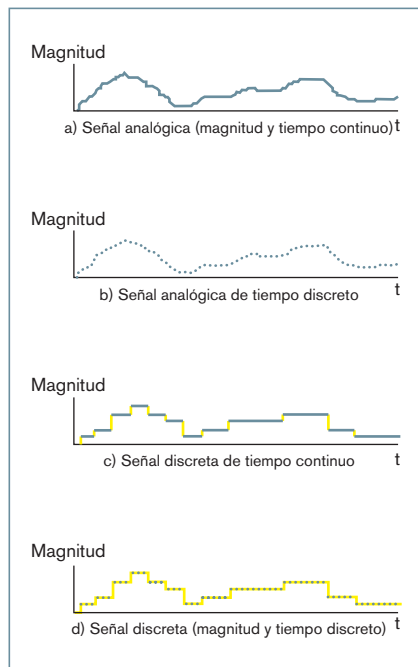


Figura 1. Tipos de señales obtenidas en un proceso de muestreo y cuantificación.

cialización del microprocesador ( $\mu P$ ), posibilitaron procesar in situ las señales analógicas y obtener su correspondiente formato digital apto para ser transmitido por una línea de comunicación. Los procesos que permiten convertir una señal analógica (dominio continuo) en discreta (dominio discreto) son básicamente dos: *el muestreo y la cuantificación*.

El proceso de muestreo consiste en tomar periódicamente muestras de la magnitud de la señal analógica de interés, dando lugar a la aparición de una nueva señal denominada *analógica de tiempo discreto* (figura 1b). Cuanto mayor sea el número de muestras tomadas a la señal analógica primitiva, mayor fidelidad de esta poseerá la nueva señal. Nótese que entre muestra y muestra hay una evidente pérdida de información. La operación de muestreo la realiza normalmente un circuito electrónico de muestra y retención denominado *sample and hold*.

Mediante el proceso de cuantificación la amplitud de una señal analógica de tiempo discreto es ahora asociada a un conjunto finito de valores permitiendo obtener, bien una señal denominada *discreta de tiempo continuo* (figura 1c) o, directamente, una señal de magnitud y tiempo discretos (figura 1d). Cuanto mayor sea el conjunto finito de valores elegido en el proceso de cuantificación, más fielmente reproducirá la nueva señal la magnitud de la señal analógica de tiempo discreto. El conjunto finito de valores asociados a la magnitud analógica de partida es el que determina la *resolución* del proceso de cuantificación. La operación de cuantificación la suele realizar un componente electrónico denominado *convertidor analógico-digital* (ADC).

Finalmente, la señal obtenida en el proceso de cuantificación será periódicamente adquirida por un dispositivo electrónico como el microprocesador. A partir de aquí, y aplicando el apropiado proceso de codificación digital, el microprocesador podrá transmitir a través del canal de comunicación el código correspondiente a la magnitud de la variable tratada (figura 2).

Por codificación debe entenderse el proceso que interpreta la información discreta obtenida y la convierte en una combinación de ceros y unos, aptos para ser enviados a través de un canal de comunicación. En la práctica se suelen emplear distintos tipos de codificación en función del medio de transmisión y de las características de los equipos que comunican la información, todos ellos tendentes a conseguir menor distorsión, menor tasa de errores, mayor relación señal/ruido y mejor sincronismo entre emisor y receptor.

La comunicación digital solventa varias de las limitaciones que presentaba la comunicación analógica, aunque aparecen algunos otros inconvenientes que serán tratados más adelante. La comunicación digital presenta las siguientes características:

a) Transmisión y recepción bidireccional: la información puede ser transmitida en ambos sentidos, esto es, desde el transmisor al receptor y viceversa.

b) Poco susceptible al ruido eléctrico: la información de interés es normalmente transmitida mediante su correspondiente código numérico formado por unos y ceros. El código en su conjunto es el portador de la información y no, como sucedía en el caso de las comunicaciones analógicas, la amplitud de la señal transmitida.

c) Mínimo volumen de cableado: a una misma red de comunicación digital se pueden conectar múltiples dispositivos participantes (nodos), permitiendo el intercambio de información entre ellos en la forma que establezca el protocolo de arbitraje de la red.

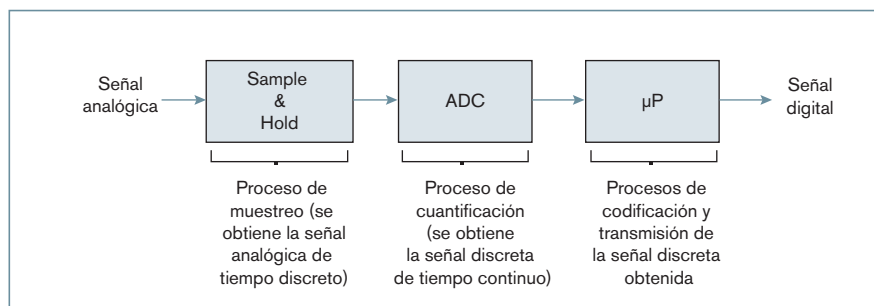
Implementando las redes de comunicación digital en sus procesos de fabricación, las industrias consiguen aplicar métodos de control más sofisticados en los que, inexorablemente, se produce un aumento significativo del número de sensores, actuadores y controladores de la planta pero que, a la vez, mejoran las ratios de producción y revierten en una mayor homogeneidad en la calidad de sus productos.

### HART: el híbrido que posibilitó el cambio

En la década de 1980 aparecieron redes de comunicaciones industriales, de naturaleza exclusivamente digital, tendentes a facilitar el intercambio de información entre dispositivos, equipos y sistemas informáticos involucrados en los diferentes niveles del proceso productivo (figura 3). Para adaptarse a los requisitos de comunicación exigidos en cada uno de estos niveles aparecieron soluciones para la comunicación entre equipos y dispositivos en zonas geográficas cercanas, como las redes de área local (*local area network* – LAN), o en zonas más extensas, como las redes de área metropolitana (*metropolitan area network* – MAN) o las redes de área amplia (*wide area network* – WAN).

Las redes de comunicación que operaban en el nivel más próximo a la planta recibieron la denominación genérica de *buses de campo*. Este fue el caso, p. ej., del bus CAN (*controller area network*), desarrollado en 1986 por la firma alemana Robert Bosch GMBH para el sector de la automoción, y del bus PROFIBUS (perfil PA) desarrollado en el año 1987 por las firmas alemanas Bosch, Klöckner Möller y Siemens. En redes LAN surgieron redes como la popular Ethernet

Figura 2. Procesos de discretización de una señal analógica.



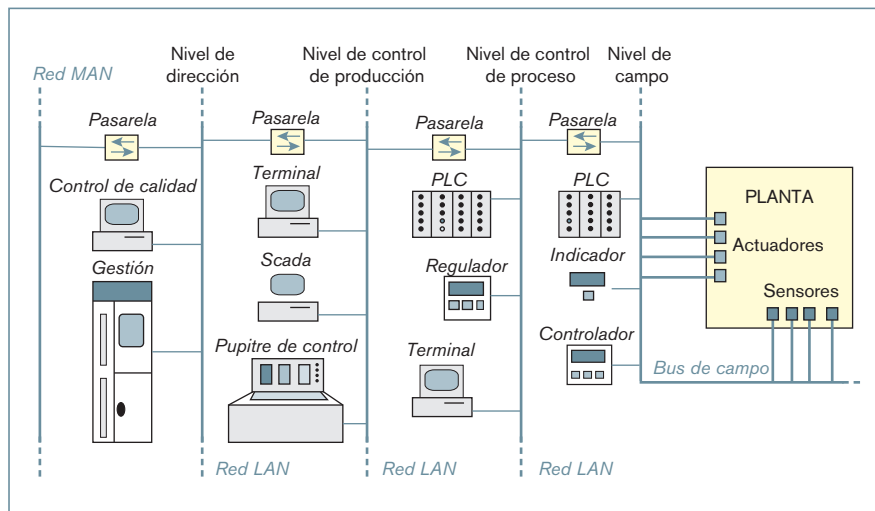


Figura 3. Arquitectura de redes de comunicaciones industriales.

en el año 1985 y PROFIBUS (perfiles DP y FMS) en el año 1987.

Convencidas de las ventajas que entrañaba el uso de las redes de comunicaciones digitales, las empresas se planteaban el cambio radical de toda la instrumentación de la planta con objeto de adaptarla a los nuevos requisitos. Sin embargo, el coste que suponía este cambio podía penalizar el rápido desarrollo de este tipo de redes. Este coste no solo venía dado por el valor de la nueva instrumentación ya que, también implicaba en muchos casos el paro forzoso de los procesos productivos durante el periodo de instalación y prueba de la nueva instrumentación.

En el año 1991 la firma Rosemount estableció una nueva filosofía de comunicación en el nivel de campo, dando lugar a la aparición de los dispositivos HART (*highway addressable remote transmitter*). La intención de Rosemount en aquellos momentos fue la de proporcionar al mercado un transmisor inteligente de campo (*smart transmitter*), compatible con los convencionales analógicos de 4 a 20 mA pero con la capacidad de intercambiar información con otros dispositivos de la planta en sistemas integrados de supervisión de control y adquisición de datos (SCADA). Rosemount trataba así de atender la demanda del mercado en relación con una conexión estándar que permitiera integrar de manera global la instrumentación propia de cualquier proceso industrial. Esta integración implicaba un comportamiento transparente de los dispositivos HART en redes analógicas convencionales, pero con la posibilidad de trabajar intercambiando información digital mediante unos mensajes de control y

operación universalmente aceptados y reconocidos por todos los dispositivos de la planta.

La comunicación digital de un dispositivo HART (Berrie et al, 1995) se establece modulando la frecuencia de una señal analógica (FSK), de amplitud constante de 1 mA ( $\pm 0,5$  mA), y superponiéndola a la señal analógica de medida (figura 4). La distorsión que genera la señal FSK de comunicación sobre la analógica de medida es mínima dado que su valor medio es igual a cero y, por tanto, transparente para cualquier otro dispositivo clásico conectado a la línea.

Por efecto de la modulación, un bit a '1' superpone una frecuencia de 1.200 Hz y un bit a '0' una frecuencia de 2.200 Hz. En el equipo receptor se separa la señal de medida de la de comunicación

y esta última es desmodulada hasta obtener la información digital asociada.

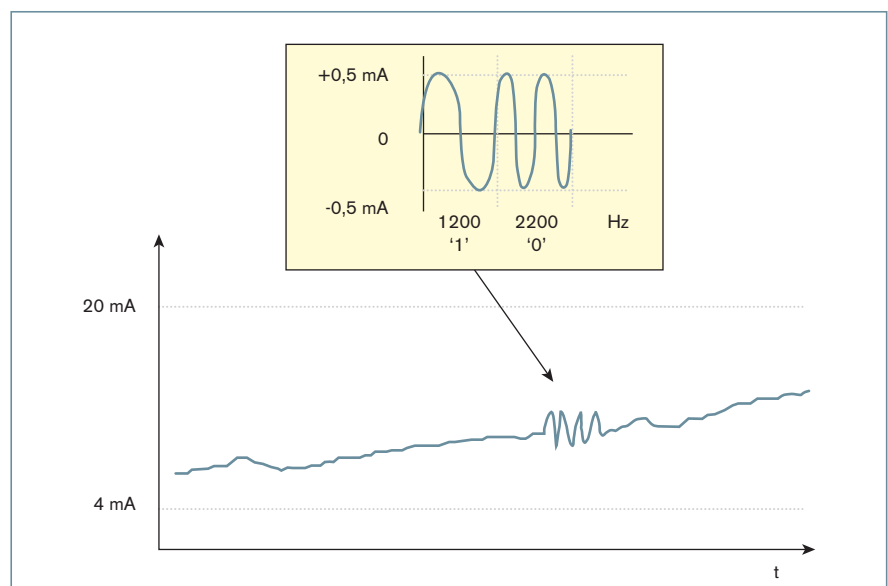
La inclusión de dispositivos HART en redes de comunicaciones analógicas hizo posible la reconversión paulatina de la instrumentación convencional de la planta y, a medio y largo plazo, posibilitó disponer del soporte necesario para establecer, finalmente, una comunicación solo digital entre todos los dispositivos instalados en la planta.

### Sistemas distribuidos de control

La proliferación de las redes de comunicaciones digitales permitió pasar de los clásicos sistemas centralizados, típicos en la década de 1970 y normalmente basados en equipos de altas prestaciones y elevado coste, a los actuales sistemas distribuidos de control, también llamados sistemas de control en red (*network control system* - NCS), basados en equipos más sencillos conectados a través de estas redes (Berrie et al, 1995).

El criterio de elección de una red de comunicación digital que satisfaga los requerimientos de control de un cierto proceso industrial debe incluir las diferentes necesidades funcionales del diseño, su eficiencia, su coste, su mantenimiento y su futura ampliación (Eccles, 1998). Un error habitual en la elección de la red es considerar determinante la velocidad de transferencia de la información entre los distintos equipos y dispositivos de la instalación. Aun siendo este un factor importante, hay que tener muy presentes otros, tales como el retraso que sufren los mensajes causados por la posible congestión de la red, el determinismo temporal del

Figura 4. Características de las señales de comunicación en un dispositivo HART.





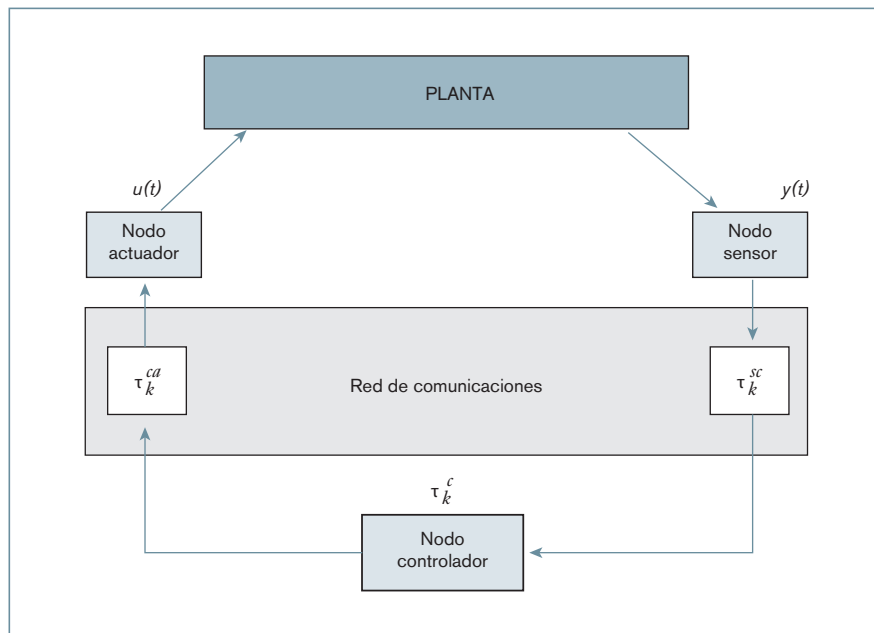


Figura 5. Retrasos de los mensajes en un sistema distribuido de control.

enlace, el número máximo de dispositivos participantes, la integridad en el intercambio de mensajes, etcétera.

#### El retraso de los mensajes en sistemas distribuidos de control

Frecuentemente, las variables del proceso que son captadas por los sensores de la planta son enviadas a través de la red de comunicación a un nodo controlador que, finalmente, determina y envía la acción de control a través de la red hacia un nodo actuador encargado de aplicar la correspondiente acción de control en el lugar conveniente de la planta. En aplicaciones industriales donde se trata de distribuir el control de la planta a través de una red de comunicaciones digital. Sin embargo, deben considerarse problemas adicionales derivados de su limitado ancho de banda efectivo, del método de acceso al medio empleado por los dispositivos participantes y de la sobrecarga de información que se puede presentar en la propia red.

Por ancho de banda efectivo de una red debe entenderse la cantidad máxima de datos significativos transmitidos por unidad de tiempo. Con independencia de la red utilizada, la transferencia de información a través de cualquier canal de comunicación conlleva un tiempo que dependerá, entre otros factores, del propio ancho de banda efectivo, de la sobrecarga del enlace, de la velocidad de transmisión, del número de participantes y del ruido eléctrico que pueda afectar a la red (Martí et al, 2001). Consecuentemente,

el tiempo empleado en la comunicación de la información puede verse afectado de un retraso que, en muchos casos, tiende a degenerar la estabilidad del control (Yepez, 2002).

En un lazo de control como el de la figura 5 se dan tres tipos de retrasos que deben tenerse en cuenta: el retraso de comunicación entre el nodo sensor y el nodo controlador ( $\tau_k^{sc}$ ), el retraso de cálculo operacional del controlador ( $\tau_k^c$ ) y el retraso de comunicación entre nodo controlador y nodo actuador ( $\tau_k^{ca}$ ).

Desde una perspectiva de control basada en el muestreo de datos es natural pensar en tomar una muestra  $k$  de la variable de interés,  $y(t)$ , y aplicar la correspondiente acción correctora al proceso,  $u(t)$ . Todo ello, con una cierta periodicidad temporal  $T$ . El retraso de muestra y actuación,  $\tau_k$ , considerado el tiempo que transcurre desde que es tomada una muestra en el nodo sensor hasta que es actualizada la correspondiente señal de control en el nodo actuador, vendrá dado por la suma de los sucesivos retrasos (Sha, 2000):

$$\tau_k = \tau_k^{sc} + \tau_k^c + \tau_k^{ca}$$

Las redes candidatas a soportar el tráfico de información en sistemas distribuidos de control deben cumplir dos requisitos principales: que el retraso de tiempo que pueda sufrir cualquier mensaje sea limitado y que su transmisión esté garantizada. Esto implica que un mensaje debe ser transmitido con éxito en un plazo de tiempo limitado.

#### Componentes del retraso del mensaje y el determinismo de la red

El retraso máximo ( $Rm$ ) que puede sufrir el mensaje en una red de comunicación es, a su vez, la suma de tres retrasos básicos (Tindell, 1995): el retraso  $Jm$  (jitter) que se produce desde que el mensaje es generado en el nodo hasta que es colocado en su cola de salida, el retraso  $Im$  que sufre el mensaje en la cola de salida antes de ser transmitido y, finalmente, el retraso  $Cm$  provocado por el tiempo de propagación del mensaje en la red (figura 6). Así, se tiene:

$$Rm = Jm + Im + Cm$$

En la mayoría de aplicaciones la componente  $Jm$  no interviene significativamente en el valor global del retraso por cuanto se trata de un tiempo dependiente de la propia electrónica del nodo y, consecuentemente, mínimo y despreciable frente a las componentes  $Im$  y  $Cm$ .

En aplicaciones de tiempo real en las que los mensajes se generan con una cierta periodicidad (aplicaciones *time-triggered*) es necesario considerar, además, dos parámetros de extraordinaria importancia a la hora de planificar la viabilidad del sistema de comunicaciones. El primero es el periodo,  $Tm$ , con el que se genera cada mensaje en particular y, el segundo, el retraso máximo admisible,  $Dm$ , para cada uno de los mensajes, contabilizado desde su generación en el nodo remitente hasta su recepción en el nodo destinatario.

Es evidente que para que la red de comunicaciones soporte los tiempos de intercambio de información previstos, para cualquier mensaje del sistema se debe cumplir que  $Rm \leq Dm$  y que  $Tm \geq Cm$ . Esto implica (Gámiz, 2005) las definiciones siguientes:

$$\alpha = \min \left( \frac{Dm}{Rm} \right)$$

$$Cred = \sum_{k=1}^n \frac{Cm_k}{Tm_k}$$

Donde:  $\alpha$  es el denominado factor de relajación y toma el valor del menor de los cocientes.  $Dm/Rm$  es la relación entre el retraso máximo admisible y el retraso real para un mensaje dado  $m$ .

$Cred$  es la carga de la red dada por la suma de cocientes  $Cm/Tm$  de los  $n$  mensajes del sistema.

$n$  es el número total de mensajes del sistema.

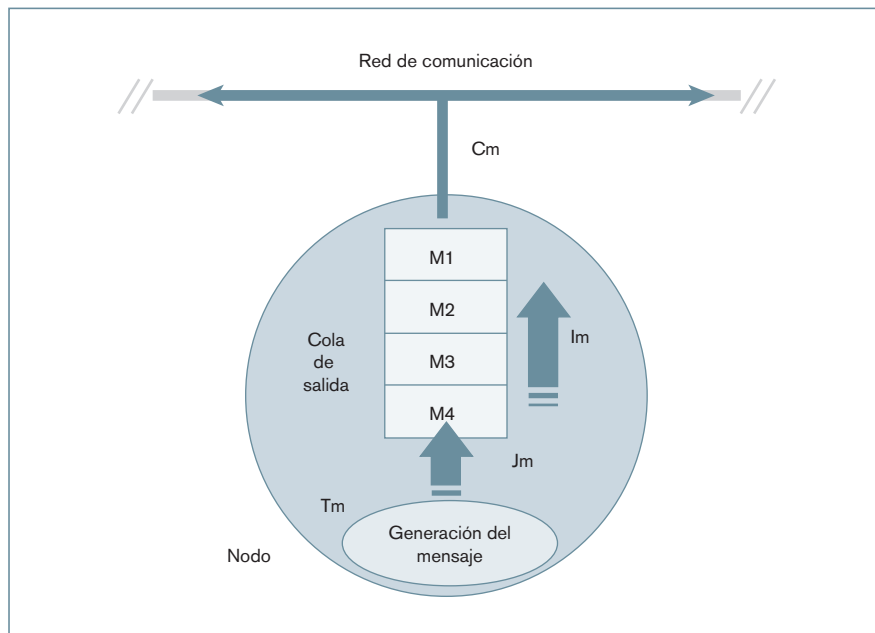


Figura 6. Componentes del retraso en la transmisión de un mensaje.

Nótese que para garantizar que el retraso de cualquier mensaje ( $R_m$ ) no supera su valor máximo admisible ( $D_m$ ), el factor de relajación de la red debe ser mayor o igual a la unidad ( $\alpha \geq 1$ ). Asimismo, para asegurar que todos los mensajes generados en los nodos pueden ser transmitidos, la carga de la red debe ser menor o igual a la unidad ( $C_{red} \leq 1$ ). Si estas dos condiciones se cumplen simultáneamente, podrá asegurarse que la red puede ser implementada cumpliendo con los requisitos temporales previstos.

Necesariamente, lo anterior implica que la conducta temporal de la red debe posibilitar la obtención de todos y cada uno de los retrasos de los mensajes ( $R_m$ ) en el caso más desfavorable. Si esto es así, la red será catalogada de *determinista*.

### Red de comunicación Ethernet

En 1985, el IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) produjo un conjunto de normas para las LAN bajo la denominación IEEE 802.X. Una de las normas IEEE 802 es la conocida como Ethernet (IEEE 802.3), adoptada por ISO como ISO 8802-3. Ethernet es una red con topología lógica en bus cuyo estándar especifica una velocidad de transmisión de 10 Mbit/s, aunque con la versión Fast Ethernet se alcanzaron los 100 Mbit/s y con la actual Ethernet gigabit hasta los 10 Gbit/s.

Ethernet es una red de comunicaciones de enorme popularidad debida, entre otras causas, al esquema abierto de

su interconexión, su eficiencia en el intercambio de grandes volúmenes de información, al bajo coste de las interfaces requeridas en su implementación y a su velocidad. Su espectacular difusión le ha permitido presentar batalla para hacerse con cuotas de mercado, incluso, en el nivel de la pirámide de comunicaciones reservado a los buses de campo. En el soporte de numerosos sistemas distribuidos de control se presenta como un serio competidor a las redes deterministas, no obstante, cuando ha de garantizarse el retraso máximo que pueden sufrir los mensajes, principalmente en aplicaciones de tiempo real, su elección no está exenta de riesgos.

### Capa de enlace

En el año 1984, bajo la norma ISO 7498, la ISO (International Standards Organization) aprueba el modelo de OSI (Open Systems Interconnection) que describe las reglas por las que deben regirse los equipos de comunicaciones que intercambian información a través de una infraestructura de red. El modelo especifica las reglas atendiendo a su obje-

tivo funcional y las clasifica en siete capas o niveles: *aplicación, presentación, sesión, transporte, red, enlace y físico*.

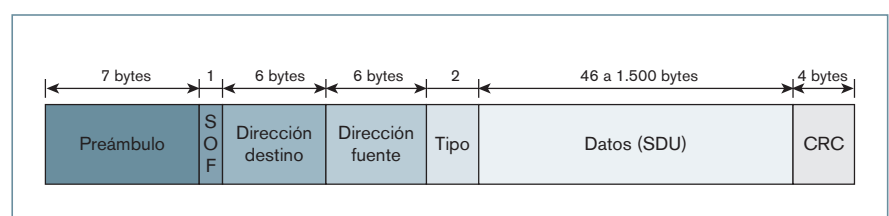
La capa de enlace de datos (*link layer*) de una red estándar Ethernet es la encargada, entre otras cosas, de empaquetar las tramas que conforman los mensajes (figura 7). Cada trama constituye una unidad de datos del protocolo (PDU) que comienza con 8 bytes (preámbulo + SOF), seguidos de 14 bytes para el control de la información, de 46 a 1.500 bytes significativos de datos útiles del mensaje (SDU) y, finalmente, 4 bytes para el control de errores CRC (*cyclic redundancy check*). La trama entera es precedida por un tiempo de inactividad en la red, IFG (*GAP inter-frame*), equivalente al tiempo de transmisión de 12 bytes (*bus idle*).

### Método de acceso al medio

Ethernet utiliza en una subcapa de la capa de enlace un protocolo de control de acceso al medio (MAC) denominado CSMA/CD (*carrier sense multiple access with collision detection*). En CSMA/CD, cuando un nodo desea realizar una transmisión de datos observa que el bus esté libre (*bus idle*). En esta situación, si coincide que dos o más nodos intentan una transmisión en el mismo instante, se produce una colisión que corrompe los mensajes enviados, debiendo reintentar la transmisión después de transcurrido un tiempo aleatorio que viene dado por el algoritmo de arbitraje BEB (*binary exponential back-off*) que ejecuta cualquier nodo de la red.

El algoritmo BEB establece que después de producirse una colisión  $k$  entre dos o más nodos que intentan comunicar información al mismo tiempo, cada transmisor forma un conjunto de números:  $\{0, 1, 2, 3, \dots, (2^k - 1)\}$  (para  $k \leq 10$ ), elige un valor aleatorio  $R$  del citado conjunto e intenta reenviar la trama después de transcurrido un tiempo igual al producto de  $R$  por el tiempo de trama mínima (51,2 ms para Ethernet de 10 Mbit/s). De la undécima a la decimoquinta colisión  $k$  permanece constante

Figura 7. Trama de mensaje generada en Ethernet.





en 10 y a partir de la decimosexta colisión, ante la imposibilidad de transmitir el mensaje, el nodo lo desecha y notifica un error (Tanenbaum, 1996).

### Cálculo del retraso del mensaje en Ethernet

El algoritmo de arbitraje BEB empleado en Ethernet estándar hace que esta red posea un comportamiento temporal *no determinista* (Wheelis, 1993), lo cual implica que no será posible calcular exactamente el retraso que pueden llegar a sufrir los mensajes (Lian et al, 2001), pero sí el valor probable de este retraso. Esto es así debido a que  $R$  es un valor obtenido al azar y de él depende, básicamente, el tiempo de retransmisión de los mensajes cuando se producen colisiones. Este hecho excluye a Ethernet del grupo de las redes aptas para el control de tiempo real.

Sin embargo, siempre que no se produzca el fenómeno de *captura de Ethernet* (Ramakrishnan, 1994), y para cargas de tráfico en la red medias (< 60%) y bajas (< 10%, habituales en redes Ethernet utilizadas para control), será posible determinar el retraso de los mensajes con una probabilidad elevada de acierto, lo que la capacita para gobernar otros procesos en los que el control no deba ser necesariamente de tiempo real.

Para trabajar con cargas de tráfico bajas o medias hay que limitar necesariamente el número de nodos conectados a la red e intercambiar mensajes con un mismo tamaño de datos útiles. Además, y con tal de apostar por la aleatoriedad *pura* que impone el algoritmo BEB, se debe cuidar que las características de la interfaz de comunicación en todos los nodos sean idénticas.

Considerando las premisas citadas, varios son los casos que se presentan cuando se desea obtener el probable retraso que sufren los mensajes en una red Ethernet:

#### Caso 1: transmisión continua de un único mensaje en cada nodo

Es el caso en el que se garantiza el empleo de todo el ancho de banda de la red para transmitir los mensajes al ritmo con el que éstos pueden ser “evacuados” de los nodos ( $T_m = R_m$ ). Según la expresión (2), el tiempo de bloqueo  $Im$  que un mensaje  $m$  debe esperar una vez que el nodo de Ethernet está listo para transmitirlo está en estrecha relación con el grado de ocupación de la red en ese instante. Definiendo el parámetro  $U_{rex}(m)$  como el factor de utilización de la red (ancho de banda) reservado para el resto de nodos en el instante en que un nodo trata de transmitir un mensaje  $m$ , se obtiene la correlación existente con el número de colisiones que puede llegar a sufrir el mensaje  $m$  antes de ser transmitido (figura 8).

Así pues, con valores de  $U_{rex}(m)$  de, por ejemplo: 0,5 (2 nodos), 0,75 (4 nodos), 0,80 (5 nodos) y 0,90 (10 nodos), la probabilidad de que el mensaje  $m$  sufra una colisión antes de ser transmitido es de 1/2, 3/4, 4/5 y 9/10 respectivamente. Obsérvese que los numeradores de las fracciones anteriores (1, 3, 4 y 9) indican el probable número de colisiones ( $N_c$ ) que sufre el mensaje  $m$  antes de ser transmitido.

Consecuentemente, el número de colisiones que sufren los mensajes en función del factor de utilización de la red, vendrá dado (Gámiz, 2005) por las expresiones:

$$U_{rex}(m) = \frac{\sum_{\forall i \in cex(m)} Cm_i}{\sum_{\forall k \in c(ms)} Cm_k}$$

$$N_c(m) = \frac{U_{rex}(m)}{1 - U_{rex}(m)} = M - 1$$

Donde:  $Cm$  es el tiempo de propagación del mensaje a una velocidad de red dada,

$cex(m)$  es el conjunto de mensajes del sistema excluido  $m$ ,

$c(ms)$  es el conjunto del total de mensajes del sistema,

$N_c(m)$  es el número de colisiones que sufre el mensaje  $m$ ,

$M$  es el número de nodos de la red.

De otra parte, el tiempo de bloqueo del mensaje ( $Im$ ) estará en estrecha relación con el tiempo que éste debe esperar hasta finalizar la transmisión del mensaje con el que colisiona. Consecuentemente, este retraso se podrá escribir como:

$$Im = \overline{Cm} \cdot N_c(m)$$

Donde:  $\overline{Cm}$  es el tiempo de transmisión medio de los mensajes del sistema (idéntico para tramas con un mismo número de datos útiles. En adelante se notará como  $Cm$ ).

Para una línea de transmisión formada por conductores trenzados y apantallados la componente del retraso de propagación  $Cm$  en Ethernet viene dada por la expresión:

$$Cm = \frac{\text{bits fijos} + 8 \cdot \max[Ndata, 46]}{\text{baud\_rate}} + l_{\text{línea}} \cdot 6 \cdot 10^{-9}$$

Donde: *bits fijos* son los 304 bits que totalizan la información fija de cada trama (38 bytes),

$\max[Ndata, 46]$  es el valor máximo de los dos indicados entre corchetes ( $Ndata \leq 1500$  bytes),

*baud\_rate* es la velocidad de transmisión en bit/s,

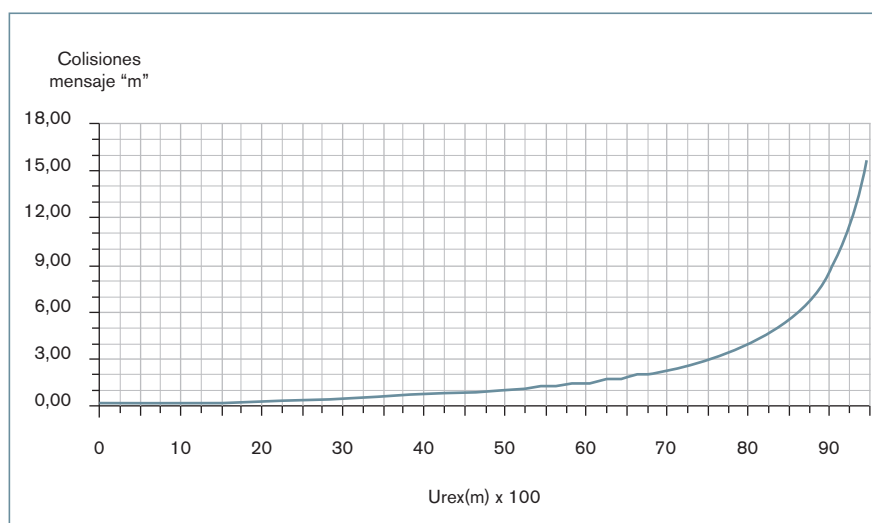
$l_{\text{línea}}$  es la longitud de la línea en metros.

Para Ethernet, y considerando la componente  $Jm = 0$ , la expresión (2) adquiere el siguiente aspecto:

$$R_m = Im + Cm = M \left( \frac{304 + 8 \cdot \max[Ndata, 46]}{\text{baud\_rate}} \right) + l_{\text{línea}} \cdot 6 \cdot 10^{-9}$$

Nótese que, para el caso en estudio y los dos que siguen, el periodo de generación de los mensajes se considera igual para todos e idéntico a la del retraso obtenido ( $T_m = R_m$ ). Esto fija el mínimo tiempo de generación de los mensajes en los nodos y marca el límite por debajo de la cual el

Figura 8. Número de colisiones del mensaje 'm', versus  $U_{rex}(m)$ .



sistema de comunicaciones no podría cumplir los requisitos temporales exigidos.

### Caso 2: transmisión continua de un mismo número de mensajes en todos los nodos

Dado que en Ethernet estándar no existe privilegio alguno en el acceso al medio de los nodos que intercambian información, la determinación del retraso de cada mensaje es inmediata en el caso de que en los nodos haya un número idéntico de mensajes  $n$  a transmitir. En el caso más desfavorable, la expresión del retraso (9) es ahora:

$$Rm = n(I_m + C_m) = nM \left( \frac{304 + 8 \cdot \max[Ndata, 46]}{baud\_rate} \right) + l_{línea} \cdot 6 \cdot 10^{-9}$$

Donde:  $n$  es el mismo número de mensajes en todos los nodos.

### Caso 3: transmisión continua de distinto número de mensajes en los nodos

En el caso de que haya un número diferente de mensajes en cada nodo ( $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_M$ ), la expresión del retraso de los mensajes en cada nodo vendrá dada por:

$$Rm(\lambda_i) = \lambda_i(I_m + C_m) = \lambda_i M \left( \frac{304 + 8 \cdot \max[Ndata, 46]}{baud\_rate} \right) + l_{línea} \cdot 6 \cdot 10^{-9}$$

Donde:  $\lambda_i$  es el número de mensajes en el nodo  $i$ .

$Rm(\lambda_i)$  es el retraso que sufren los mensajes del nodo  $i$ .

### Caso 4: transmisión periódica de un único mensaje en cada nodo

Recoge el caso en el que los mensajes pueden ser generados en los nodos con una periodicidad mayor que la de su correspondiente tiempo de propagación por la red ( $T_m > C_m$ ). Esto hace que ahora los parámetros  $U_{rex}$  y  $N_c$  no sean únicos bajo una determinada situación de carga de la red (idénticos en todos los nodos), sino dependientes de la periodicidad del mensaje en cada nodo. En este caso las expresiones (5) y (6) adquieren (Gámiz, 2005) el siguiente aspecto:

$$U_{rex}(\eta) = \frac{\sum_{\forall i \in cex(\eta)} \frac{C_{m_i}}{T_{m_i}}}{\sum_{\forall k \in c(ms)} \frac{C_{m_k}}{T_{m_k}}}$$

$$N_c(\eta) = \frac{U_{rex}(\eta)}{1 - U_{rex}(\eta)}$$

Donde:  $U_{rex}(\eta)$  es el factor de utilización de la red en cada nodo ( $\eta = 1, 2, 3, \dots, M$ ),

$C_m$  es el tiempo de propagación del mensaje a una velocidad de red dada,  $cex(\eta)$  es el conjunto de mensajes del sistema excluido el del nodo  $\eta$ ,

$c(ms)$  es el conjunto del total de mensajes del sistema,

$N_c(\eta)$  es el número de colisiones que sufre el mensaje del nodo  $\eta$ ,

$M$  es el número de nodos de la red.

Aplicando un criterio análogo al expuesto en el caso 1, la expresión del retardo que sufre el mensaje en cada nodo vendrá dado por:

$$Rm(\eta) = (N_c(\eta) + 1)C_m = (N_c(\eta) + 1) \left( \frac{304 + 8 \cdot \max[Ndata, 46]}{baud\_rate} \right) + l_{línea} \cdot 6 \cdot 10^{-9}$$

### Resultados experimentales

Con objeto de validar la expresión (9) se realizó un conjunto de experiencias sobre una arquitectura como la mostrada en la figura 9. La plataforma de ensayo estaba formada por un conjunto de nodos (PC), construyendo, a partir de un HUB, una arquitectura en estrella con segmentos de cable de 5 m de longitud conectados con RJ-45. Los distintos nodos podrían ser considerados los elementos de un hipotético sistema de control (sensores, actuadores, controladores, etcétera) que intercambian la información de interés a través de la red de comunicaciones.

Para minimizar el tiempo de almacenamiento de los mensajes en cada uno de los nodos receptores se creó un disco virtual en RAM y, además, se instaló una aplicación que permitía examinar la velocidad de la red, la cantidad de información recibida y el tiempo que duraba el ensayo. Asimismo, en los nodos transmisores se instaló otra aplicación, confeccionada a medida, que posibilitaba realizar la transmisión de las tramas con el tamaño y la periodicidad deseados.

El procedimiento utilizado en las distintas experiencias se basó en el reenvío continuo de un mensaje, con 46 bytes

útiles de datos, desde el nodo transmisor 2 al nodo receptor 1. Mientras esta transmisión se producía, el flujo de datos era interferido por la información que intercambian otros nodos de la red (3, 4, ...n). De esta forma, aumentando el número de nodos que intercambian información a través de la red se podía obtener el retraso experimental que sufrían los mensajes en el nodo '1' bajo diferentes condiciones de carga en la red. La tabla 1 recoge los resultados de las experiencias realizadas.

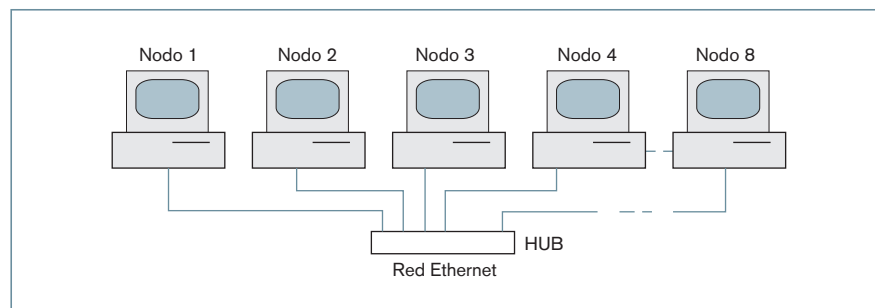
Las distintas experiencias realizadas sobre la plataforma de ensayo confirman plenamente las expresiones que describen el modelo de comportamiento temporal de la red Ethernet presentado anteriormente. La gráfica de la figura 10 valida, asimismo, las expresiones (5) y (6) al reproducir fielmente la relación existente entre el factor de la utilización de la red ( $U_{rex}$ ) y el número de colisiones ( $N_c$ ) en cada una de las experiencias realizadas.

### ¿Ethernet podría soportar tráfico de tiempo real?

Teniendo presente que Ethernet es una red no determinista debido, básicamente, al método probabilístico empleado por los nodos para acceder a la red después de producida una colisión, parece lógico imitar los mecanismos de arbitraje de otras redes deterministas que soportan tráfico de tiempo real. Un método de acceso al medio intrínsecamente determinista en redes con topología de bus es el de *paso de testigo* (*token bus* – IEEE 802.4) (ISO 1985). El símil de comunicación entre humanos se tendría en un método de intervención entre participantes basado en el turno de palabra. Este método evita colisiones dado que, en cada instante, solo *habla* aquel que le corresponde por turno.

El método de arbitraje basado en el paso de testigo evita el fenómeno de colisión de mensajes. Todo nodo de la red está identificado con un número concreto

Figura 9. Plataforma de comunicación en Ethernet.





Baud-rate experimental (Mbit/s)	Factor de red (Urex)	Im teórico (μs)	Cm teórico (μs)	Número colisiones (Nc)	Rm teórico (μs)	Rm experimental (μs)	Error absoluto (μs)
9,13	0	0,000	73,604	0,000	73,604	73,604	0,000
9,05	0,0798	6,439	74,254	0,087	80,693	80,702	0,009
9,19	0,1468	12,581	73,123	0,172	85,704	85,712	0,008
9,08	0,2664	26,876	74,009	0,363	100,884	100,899	0,015
9,16	0,3183	34,254	73,362	0,467	107,617	107,635	0,018
9,22	0,4298	54,939	72,885	0,754	127,824	127,847	0,024
8,93	0,5378	87,561	75,252	1,164	162,813	162,783	-0,030
9,29	0,6385	127,763	72,336	1,766	200,099	200,099	0,000
9,19	0,6801	155,458	73,123	2,126	228,581	228,355	-0,226
9,29	0,7329	198,483	72,336	2,744	270,819	270,860	0,041
8,83	0,8015	307,292	76,104	4,038	383,396	382,067	-1,329
8,94	0,9078	740,101	75,168	9,846	815,269	815,620	0,351
8,86	0,9451	1.305,693	75,847	17,215	1.381,539	1.380,651	-0,888

Tabla 1. Resultados de las diferentes experiencias realizadas.

que es conocido por el resto de participantes. Para poder realizar el intercambio de información el nodo debe esperar a recibir un mensaje único y característico (el testigo) de su antecesor y librarlo a su sucesor, una vez haya intercambiado la información deseada. De esta forma, el testigo pasa de participante a participante emulando virtualmente una topología de red en anillo, posibilitando así el intercambio de información. El protocolo debe garantizar, asimismo, que el testigo pueda circular ágilmente por todos los nodos de la red, evitando que cualquiera de estos pueda abusar del tiempo de posesión del testigo.

Para garantizar la ágil circulación del testigo pueden emplearse diversas técnicas. Por ejemplo, considérese que se establece, como un parámetro más de la red, un tiempo máximo para la rotación del

testigo (TMR) que es común y conocido por todos los nodos participantes. Entiéndase por tiempo de rotación del testigo el periodo que transcurre entre dos visitas del testigo a un mismo nodo de la red. Si, además, en cada nodo se contabiliza el tiempo real que transcurre entre dos recepciones consecutivas del testigo (TRR) y se obtiene la diferencia  $TPT = TMR - TRR$ , podría pensarse en vincular la transmisión de los mensajes pendientes de acuerdo con el resultado del valor TPT obtenido en cada uno de los nodos.

Cuando el valor TPT resultase mayor de cero (figura 11a), el nodo podría transmitir los mensajes pendientes hasta agotar el tiempo TMR. Si, por el contrario, TPT fuese cero o negativo (figura 11b), se podría pensar en transmitir un único mensaje (el más prioritario).

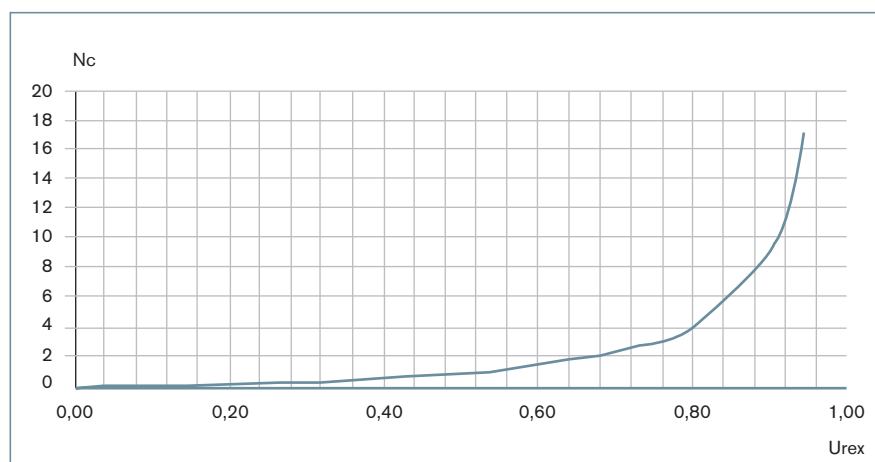
Lo anterior obligaría a asignar una prioridad concreta a cada mensaje de la aplicación que serviría para identificar y decidir el orden de transmisión de los mensajes en las diferentes situaciones que pudieran presentarse. La información que fija la prioridad de cada mensaje podría estar constituida por un conjunto concreto de bytes insertados como un 'identificador' en el campo de datos útiles del mensaje, lo que permitiría su ordenación automática en la cola de salida del nodo mientras el mensaje espera a ser transmitido.

Técnicas como la comentada tienden a regular el abuso en el tiempo de posesión del testigo y a seleccionar y transmitir el mensaje más prioritario cuando un nodo recibe el testigo a tiempo TMR vencido. Además, posibilitan la obtención del valor del retraso máximo que pueden sufrir los mensajes y, consecuentemente, aproximan el comportamiento temporal de la red al de cualquier otra de tipo determinista.

Variantes de las técnicas vistas son propuestas actualmente para conseguir dotar a Ethernet de la capacidad de gestionar el tráfico en aplicaciones de tiempo real. Este es el caso, por ejemplo, de los protocolos RETHER y otros en los que, sin modificar la compatibilidad de Ethernet, se puede intervenir en su subcapa de control de acceso al medio (MAC) para hacer que esta red pueda soportar tráfico de tiempo real.

Se ha de hacer notar, sin embargo, que soluciones como las indicadas se logran a expensas de un rendimiento inferior al que presenta el protocolo

Figura 10. Número de colisiones vs Urex.



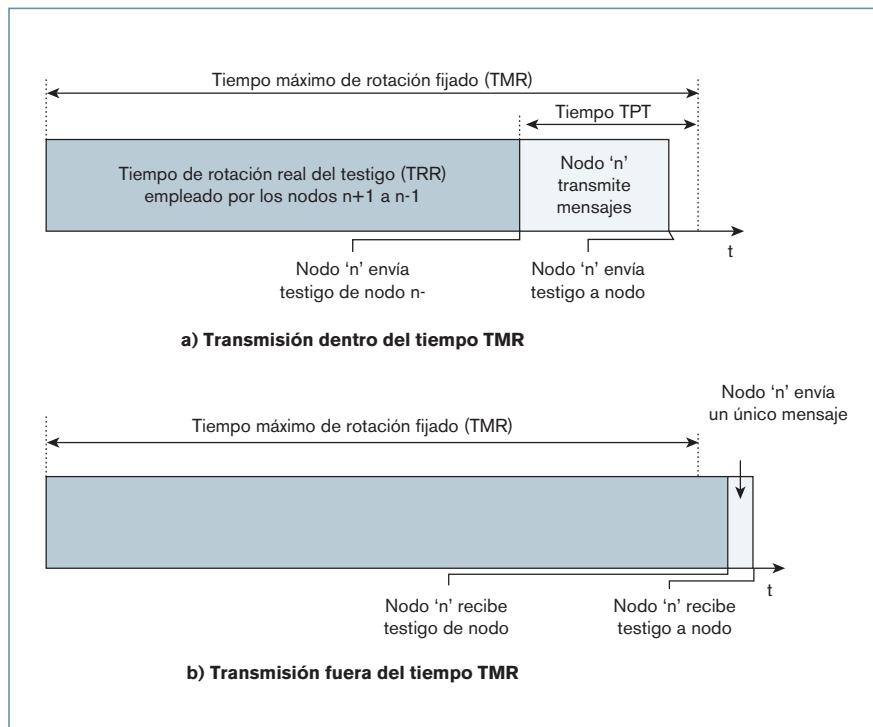


Figura 11. Limitación del tiempo de posesión del testigo (TPT) en el nodo 'n'.

CSMA/CD, sobre todo, cuando la red trabaja con volúmenes de tráfico reducidos (Koubias 1995).

### Conclusión

Debido a su amplio ancho de banda, el estándar Ethernet presenta una buena eficiencia y un buen tiempo de respuesta en sistemas de control con un número de nodos reducido, con idénticas longitudes de trama para los mensajes y con intercambios de información dedicados exclusivamente a la aplicación de control. Sin embargo, el comportamiento temporal de la red estándar Ethernet no es determinista y esto puede decidir su exclusión en sistemas distribuidos de control de tiempo real en los que, por su relevancia o peligrosidad, los distintos mensajes del sistema estén sometidos a grandes constreñimientos de tiempo.

En sistemas de control que no requieran un tráfico de tiempo real, puede ser empleada la red estándar Ethernet bajo las premisas expuestas en el artículo. Las expresiones presentadas proporcionan el valor del retraso del mensaje más probable y, como refleja el resultado de las distintas experiencias, este valor se aproxima de manera notable al valor teórico calculado.

Realizando las oportunas modificaciones en el método de acceso al medio y valiéndose de la funcionalidad que proporcionan las interfaces de comunicación

de la red Ethernet estándar, sin embargo, pueden implementarse soluciones que posibilitan el empleo de esta red en aplicaciones de tiempo real.

### Bibliografía

- Berrie P, Hennemann M, Schulze J, Schwörer T (1995). *Field Communication for Process Engineering*. p. 70-71, Alemania, Endress+Hauser.
- Eccles L (1998). *A smart sensor bus for data acquisition*. Sensors, vol. 15, no. 3. p. 28-36.
- Gámiz J, Grau A (2005). *Message delay in distributed control systems through Ethernet*. 16th International Foot and Ankle Congress (IFAC05), Praga.
- ISO, 1985). *Token Bus Access Method*. ISO DIS 8802.4.
- Koubias SA, Papadopoulos GD (1995). *Modern field-bus communication architectures for real-time industrial applications*. Comput. Ind., vol. 26, no. 3, p. 243-252.
- Lian F, Moyné J, Tilbury D (2001). *Performance evaluation of control networks: Ethernet, ControlNet, and DeviceNet*. IEEE Control System Magazine, Feb. (1994), pp. 66-83.
- Marti P, Fuertes J, Fohler G (2001). *An Integrated Approach to Real-Time Distributed Control Systems Over Fieldbuses*. 8th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation. France, October 15-18.
- Raji R *Smart networks for control*. IEEE Spectrum, vol. 31, pp. 49-55, June.
- Ramakrishnan K, Yang H (1994). *The Ethernet capture effect: Analysis and solution*. In Proc. 19th Conf. Local Comp. Networks, Minneapolis, MN, Oct., pp. 228-240.
- Sha L, Liu X, Caccamo M, Buttazzo G (2000). *Online Control Optimization Using Load Driven Scheduling*. 39th IEEE Conference on Decision and Control, Sydney, Australia, December 12-15.
- Tanenbaum A (1996). *Computer Networks*. 3rd ed. Upper Saddle River, Prentice-Hall.
- Tindell K, Burns A, and Wellings AJ *Calculating controller area network (CAN) message response times*. Contr. Eng. Practice, vol. 3, no. 8, pp. 1163-1169, Aug. (1995).

Wheeler J (1993). *Process control communications: Token Bus, CSMA/CD, or Token Ring?* ISA Trans., vol. 32, no. 2, pp. 193-198, July 1993.

Wittenmark B, Nilsson J, Törngren M (1995). *Timing Problems in Real-Time Control Systems*. In Proceedings of the 1995 American Control Conference, Seattle, Washington.

Yepez J, Marti P, Fuertes J (2002). *Control Loop Performance Analysis over Networked Control Systems*. 28th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society IECON02 Proceedings, pp.2880-2885, Sevilla 5-8, Noviembre 2002.

### Juan Ángel Gámiz Caro

juan.gamiz@upc.edu

Doctor ingeniero en Electrónica y profesor titular de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona (EUETIB), centro adscrito a la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Profesor adscrito al departamento de Ingeniería de Sistemas, Automática e Informática Industrial (ESAI) de la UPC.

### Javier Gámiz Caro

javier.gamiz@upc.edu

Ingeniero en Informática e ingeniero técnico en Informática de Sistemas. Profesor titular del departamento de ESAI de la UPC. Jefe de proyectos en el departamento de Sistemas de la empresa Aqua Ambiente (Grupo AGBAR).



# Propuesta de un modelo para explicar y minimizar el coste humano y económico de la siniestralidad laboral

Miguel Ángel Cuervo Blanco, Miguel Ángel Manzanedo del Campo y Adolfo López Paredes

*Proposal for a model to explain and minimize human and economic costs of work place accidents*

## RESUMEN

Los estudios que históricamente han sido desarrollados en relación con los costes de los accidentes laborales se han limitado principalmente a la evaluación cuantitativa de las pérdidas, sin analizar esta información de forma que contribuya al diseño de acciones de prevención de riesgos laborales.

En este artículo se presenta un modelo gráfico-teórico para explicar los costes de accidentes de trabajo tanto en los ámbitos empresarial y como en el estatal, con el fin de optimizar la gestión de los recursos utilizados en la prevención de accidentes y de minimizar los costos humanos y económicos. La aplicación de diversas políticas de prevención de riesgos laborales en el modelo dinámico proporciona una predicción teórica de sus consecuencias en términos de costes y tasas de accidentes, por lo que se puede considerar una herramienta para definir las estrategias en este campo.

Las conclusiones obtenidas del ensayo sobre el modelo teórico contrastan de forma importante con algunos de los axiomas planteados por el paradigma tradicional existente en el campo de la prevención de riesgos laborales y los costes de la siniestralidad laboral.

Recibido: 8 de diciembre de 2010  
Aceptado: 23 de febrero de 2011

## Palabras clave

Accidentes laborales, seguridad, prevención de riesgos, seguridad laboral

## ABSTRACT

*Studies that have historically been developed in relation to the costs of occupational accidents have been mainly limited to the quantitative assessment of the losses, without analysing this information in order to contribute to the design of prevention of occupational hazards.*

*In this paper a graph-theoretical model is presented to explain the costs of accidents in the contexts of both business and the state in order to optimize the management of the resources used in the prevention of accidents and to minimize the human and economic costs. The implementation of various policies for the prevention of occupational hazards in the dynamic model provides a theoretical prediction of its impact in terms of costs and accident rates, so it can therefore be considered a tool for defining the strategies in this field.*

*The conclusions drawn from the test based on the theoretical model contrasts significantly with some of the axioms presented by the traditional paradigm that exists in the field of prevention of occupational risks and costs of workplace accidents.*

Received: December 8, 2010  
Accepted: February 23, 2011

## Keywords

Occupational accidents, risk prevention, safety, occupational safety



Foto: Pictelia

### La salud laboral en el contexto del modelo de Estado

En las sociedades actuales del mundo desarrollado está asumido como un objetivo colectivo prioritario la protección de la salud de sus miembros, para lo cual los Estados organizan sus recursos disponibles y desarrollan las normas legales necesarias; entre estas se inscribe en un lugar de máxima relevancia la consideración del derecho a la vida y a un trabajo digno como derecho fundamental del ser humano. Es en este marco donde ha lugar la acción de la sociedad para velar por la salud de sus miembros en el ámbito laboral, siendo su meta reducir al mínimo posible el riesgo de que los individuos sufran daños o, dicho de otra forma, reducir la siniestralidad laboral a cero (Narocki, 1999).

Ahora bien, la salud humana en general se ve comprometida no solo en el ámbito laboral, sino que está afectada por múltiples y diversas cuestiones con relevancia similar si tenemos en cuenta su capacidad para deteriorar el Estado de bienestar y salud del individuo; tal es el caso, por ejemplo, del disfrute de un sistema de sanidad pública, la conservación adecuada del medio ambiente, la disponibilidad de unas infraestructuras seguras y la misma disponibilidad de manutención para la supervivencia.

En estos campos la sociedad opera con el mismo fin, que es salvaguardar la vida del individuo y, por tanto, todos ellos requieren su plena atención. Si desde el punto de vista del individuo no existe otra consideración más importante que la valoración infinita de la vida de sí mismo y de sus seres queridos, y en este sentido salvaguardará prioritariamente sus intereses particulares y demandará mayor atención de la sociedad hacia los mismos, el Estado tiene la obligación de velar de manera ecuánime por todos sus miembros, y su objetivo debe ser gestionar del mejor modo posible los recursos existentes para mantener y, si es posible, aumentar el nivel general de bienestar de sus ciudadanos (figura 1).

La cuestión que se suscita es cómo debe abordar el Estado esa gestión para optimizar el resultado. Parece claro que dada la limitación de los recursos existentes, así como la multiplicidad de facetas que ofrece el concepto de la salud humana, cualquier derivación adicional de recursos por parte del Estado hacia una parcela supone privar de los mismos a otras áreas de la salud, comprometiéndose, como ahora veremos, la eficiencia global de la gestión y actuando, por tanto, en detrimento del nivel general de bienestar social. Esto no sucedería así si

el rendimiento de los recursos fuera similar en cualquier campo de la salud, es decir, si cualquier cantidad de recursos invertidos reportara el mismo beneficio para el nivel de bienestar en la sociedad independientemente del área en que se realice la inversión; pero desgraciadamente esta cuestión se ve sometida a la ley de los rendimientos decrecientes, en virtud de la cual el rendimiento de los recursos invertidos va decreciendo a medida que el nivel absoluto de un fin perseguido es más elevado (figura 2).

Como se puede apreciar en la figura 2, el efecto sobre la siniestralidad proporcionado por un mismo incremento de inversión en prevención de riesgos laborales (PRL) es menor a medida que el nivel de siniestralidad es también menor y el nivel de salud social es mayor. La consecuencia final es que para reducir la siniestralidad laboral a cero, el coste necesario es absolutamente desorbitado y la gestión de los recursos no es eficiente, puesto que estos aportarían un rendimiento mayor aplicados a otras áreas de la salud con mayor recorrido de mejora.

En definitiva, se hace patente que la optimización de los niveles generales de salud y bienestar en cualquier sociedad pasa por el uso racional de los recursos disponibles a través de una gestión efi-



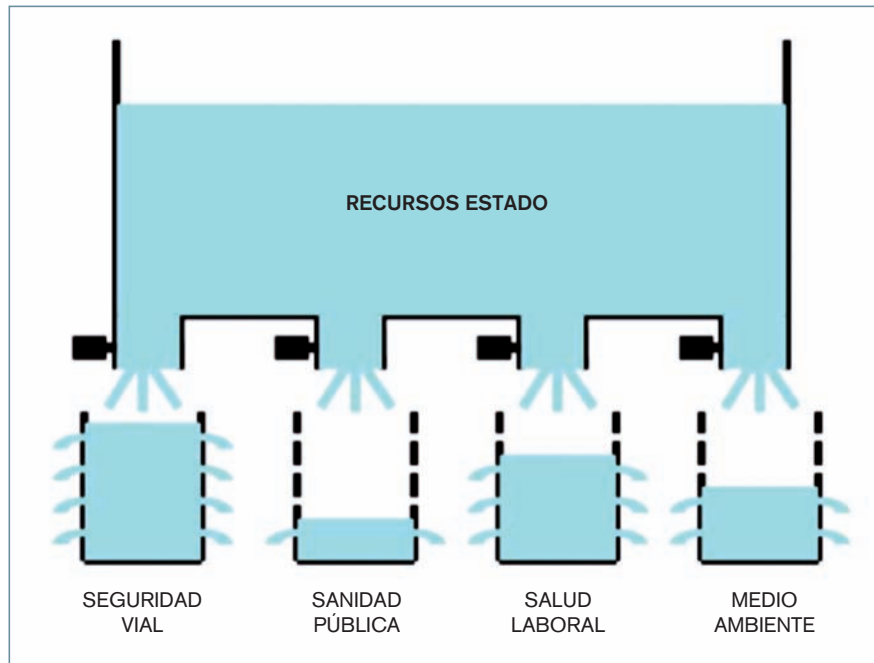


Figura 1. Las múltiples facetas de la salud humana.

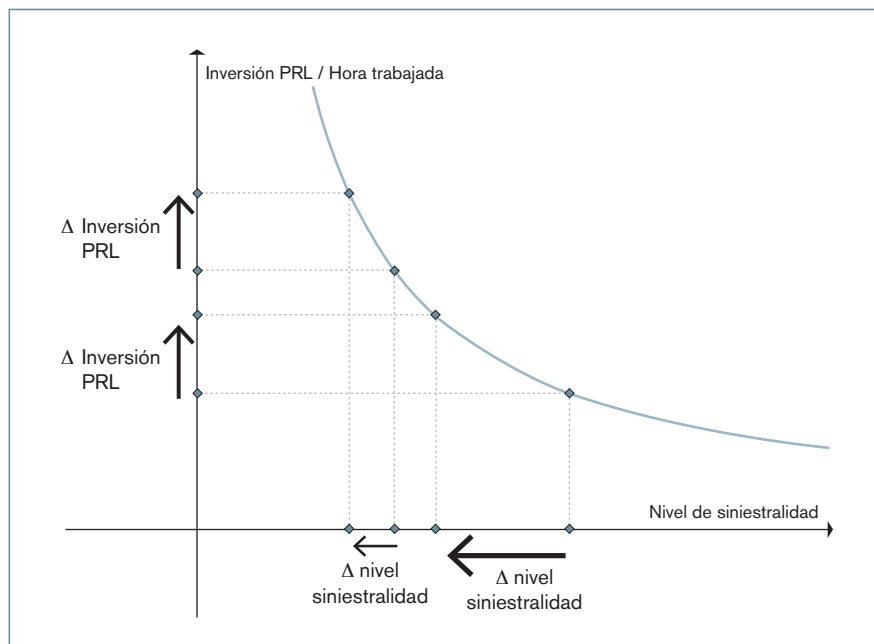


Figura 2. El rendimiento decreciente de la inversión en prevención de riesgos laborales (PRL).

cientemente que permita el máximo aprovechamiento de los mismos. Es decir, a nivel del conjunto de una sociedad, el concepto bipolar tradicional de costes humanos frente a costes económicos, en el que para reducir los primeros es necesario incrementar los segundos, constituye ciertamente una visión sesgada del problema ya que, como acabamos de plantear, la optimización de los recursos pasa por su reparto eficiente entre las diversas áreas de la salud humana.

Así pues, sería deseable conocer en cada parcela de la salud cómo se logra el

rendimiento óptimo de la inversión, de manera que se pudiera realizar el ajuste más conveniente en el empleo de los recursos, destinando los excedentes sobrantes a las parcelas que proporcionen un aprovechamiento mayor de los mismos.

Bajo esta perspectiva, para acometer el análisis del concepto de la salud correspondiente al ámbito laboral es preciso, en primer término, establecer un sencillo modelo formal del Estado.

Existen tres elementos básicos que componen el conjunto estatal: empresas,

individuos y Administración pública, este último como gestor de los fondos recaudados de los dos primeros elementos (Health and Safety Executive, 2002). El grado de bienestar social está íntimamente relacionado con la riqueza global en el Estado, cuya cuantía es el resultado de la adición a través de complejas interrelaciones de la riqueza generada en cada uno de sus tres elementos. De este modo, el incremento de riqueza en el conjunto estatal revertirá, siempre a través de su redistribución justa y equitativa, en un mayor bienestar social.

Es preciso tener presente el concepto anterior para no caer en la manida y errónea contraposición supuesta de intereses entre empresas y trabajadores, puesto que ambos elementos comparten en el fondo el mismo objetivo de aumento de la riqueza estatal bajo el arbitrio de la Administración pública, que debe distribuir de la manera más eficiente posible los recursos disponibles en orden a la obtención adicional de riqueza. En un lenguaje sencillo, sin empresas no habría trabajo, y sin trabajadores no podrían existir las empresas; en el equilibrio de intereses entre ambos elementos reside la receta para el progreso social.

### La empresa y el modelo de costes

En general, en el campo de la siniestralidad laboral puede decirse de cualquiera de los elementos estatales que la optimización de sus resultados pasa por la minimización de sus costes.

Tomando el elemento empresas puede, además, afirmarse que el conjunto total de sus costes por siniestralidad resulta de la suma de dos conceptos parciales. En primer lugar, el correspondiente a la inversión que la empresa realiza para tratar de evitar siniestros en su seno, concepto que incluye todas aquellas actividades derivadas de la gestión empresarial en materia de prevención de riesgos laborales (formación e información, protecciones colectivas e individuales, etc.). En segundo término estarían los costes imputables a la siniestralidad producida efectivamente en la empresa; este concepto acumula costes fijos independientes del grado de siniestralidad de la empresa, motivados por el aseguramiento de daños personales (cotización a la Seguridad Social por contingencias profesionales, seguros de convenio) y materiales, y costes variables, estos sí, en función del grado de siniestralidad, que incluirían costes materiales, salariales, de gestión administrativa, externos oficiales y judiciales,

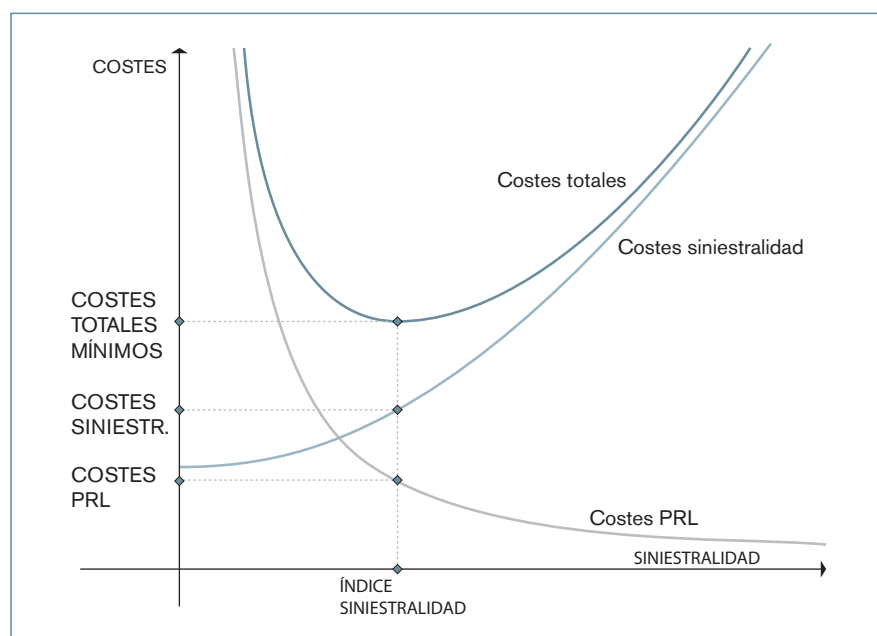


Figura 3. El modelo de costes empresarial.

comerciales, financieros, etcétera (Manzanedo y Sáiz, 1996).

Si planteamos una gráfica que relacione el tipo de siniestralidad frente al coste total ocasionado para la empresa, e incluimos las dos curvas correspondientes a los conceptos explicados anteriormente, obtendríamos la representación de la figura 3.

Puede observarse una curva de costes de inversión en prevención de riesgos laborales que sigue la ley de rendimientos decrecientes que ya ha sido comentada, y otra curva de costes por siniestralidad producida en la empresa que incorpora las partes fija y variable descritas. En el componente variable puede apreciarse una pendiente creciente de la curva que refleja el efecto sinérgico oneroso para la empresa, producido por las interferencias derivadas de la excesiva acumulación de siniestralidad en un foco acotado. De la adición de ambas curvas se obtiene la curva de costes totales, que presenta un mínimo claramente identificado para un determinado grado de siniestralidad, es decir, la gestión empresarial en materia de PRL encuentra su máxima eficiencia económica en la asunción de una cierta siniestralidad (Castells Manent, 2005)..

### El sistema *bonus-malus*

Si realizamos variaciones sobre este modelo podemos comprobar qué sucede ante la modificación de los costes fijos, motivada por ejemplo por cambios en las cuotas de cotización empresarial a la seguridad social en concepto de contin-

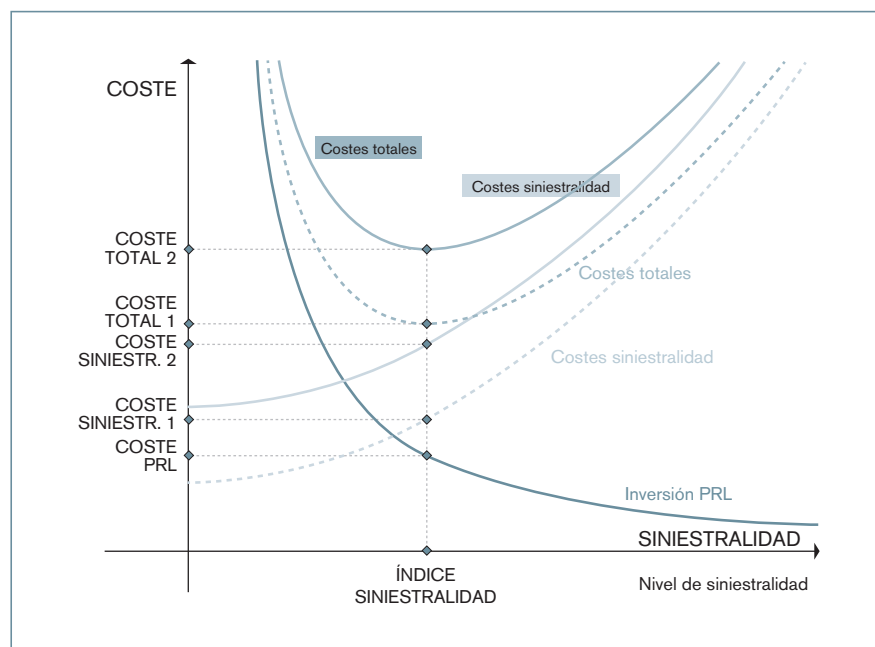
gencias profesionales asociada a un sistema *bonus-malus*, a la sazón recientemente implantado de forma un tanto peculiar en nuestro país (figura 4).

Un sistema *bonus-malus* puro supone gravar o bonificar las cuotas referidas en función del desempeño empresarial en materia de siniestralidad laboral; es decir, a menor siniestralidad se paga menos, y viceversa. En el caso español se ha aplicado una versión reducida del sistema anterior, tomando únicamente su parte de *bonus*. Sobre el modelo de costes planteado, una bonificación de las cuotas

empresariales supone un descenso de los costes fijos de la curva de siniestralidad producida, con lo cual se produce un desplazamiento hacia abajo de dicha curva y en el mismo grado de la correspondiente en costes totales, pero no se modifica en cambio el nivel de siniestralidad óptimo para la empresa.

Además, la norma legal (BOE 1/4/2010) estipula que aquellas empresas que deseen beneficiarse de la bonificación y que presenten una siniestralidad superior al límite fijado por el Estado deberán invertir más en prevención de riesgos laborales con objeto de reducir su tasa de siniestros. Aquí se insiste en el requisito de que la empresa justifique de alguna forma la inversión material que ha realizado, con objeto probablemente de excluir de la posible bonificación a aquellas empresas que hubieran obtenido un bajo grado de siniestralidad gracias exclusivamente a su exceso de fortuna. Conviene añadir que este requisito, que inicialmente puede ser considerado adecuado, resulta injusto con aquellas empresas que hayan accedido a niveles de siniestralidad inferiores al límite establecido gracias a la mejora en su gestión preventiva, como se observa en la figura 5, ya que al no realizar inversión material alguna en PRL no podrían gozar de la bonificación.

También es reseñable el hecho de que las empresas que ya se encuentran por debajo del límite máximo establecido deben realizar una inversión si pretenden optar al *bonus*, lo cual es en cierto modo sorprendente si consideramos que

Figura 4. El sistema *bonus puro*.



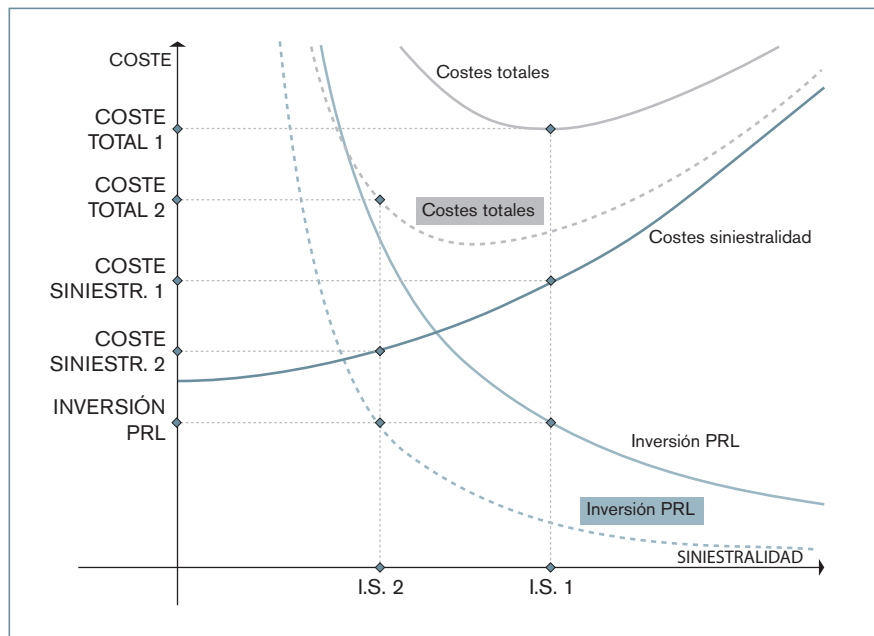


Figura 5. La mejora de la gestión empresarial en PRL.

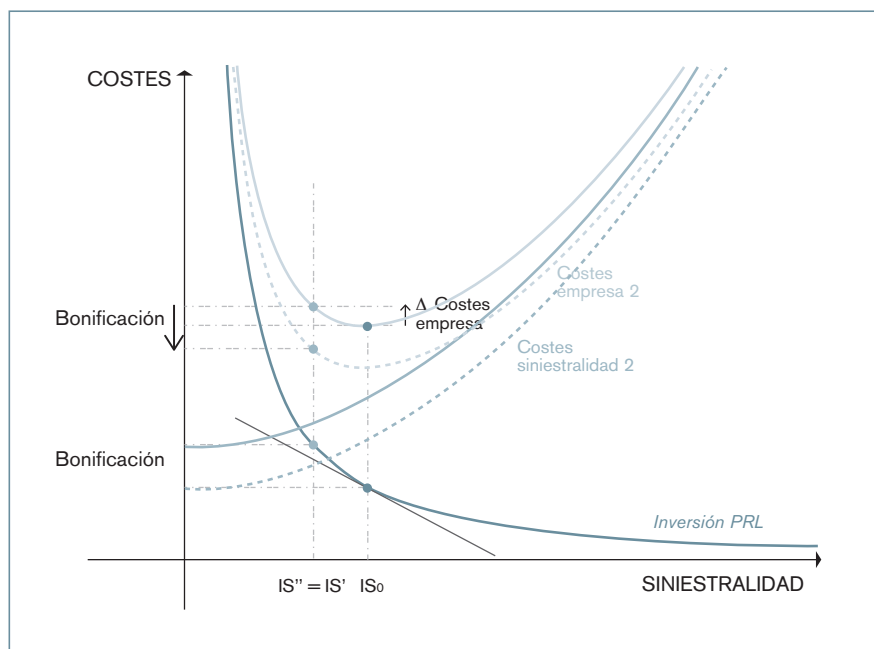


Figura 6. Caso rentable del sistema de bonus español.

dichas compañías ya han logrado el objetivo principal de contener su siniestralidad según el criterio marcado.

Para analizar el sistema de *bonus* español sobre nuestro modelo, expondremos un ejemplo en el que el punto de partida es aquel en el que las empresas realizan una gestión óptima de prevención de riesgos laborales, es decir, experimentan un coste global mínimo y presentan unos índices de siniestralidad que deben reducir para beneficiarse de la bonificación. En otras palabras, la hipótesis de partida implica que las empresas están realizando la gestión más adecuada para minimi-

zar sus costes totales de siniestralidad, suposición que no tiene por qué resultar demasiado atrevida en términos generales si confiamos en la capacidad de los empresarios para exprimir el rendimiento económico de su organización. No obstante, pueden emplearse otros puntos de partida posibles y realizar un análisis similar, si bien entendemos que el propuesto es suficientemente ilustrativo del conjunto de la casuística.

Como ya se ha comentado anteriormente, la introducción del sistema de *bonus* para las empresas que rebasen el límite legal fijado  $IS'$  de la figura 6 no

afecta a su rendimiento económico y, de acuerdo con la hipótesis de partida, éstas mantendrán su inversión preventiva en la ratio óptima para sus costes. Ahora bien, esta posición inmovilista puede generar un coste de oportunidad si consideramos el ahorro en cuotas que aportaría la reducción de la siniestralidad por debajo del límite citado. El análisis empresarial se debe centrar en comprobar hasta qué punto es rentable el balance compuesto por el ahorro en cuotas y la inversión adicional necesaria en PRL.

A continuación, en la figura 6 se puede observar gráficamente el caso en que la operación resulta rentable desde la óptica empresarial, puesto que el balance final arroja un decremento de los costes totales.

Como alternativa más efectiva para la reducción de la siniestralidad se propone un sistema que no se limite a bonificar la reducción de la siniestralidad por debajo de un límite, sino cualquier disminución de la misma independientemente de dónde se halle en términos absolutos. Esta propuesta se materializaría a través de un sistema de cuotas asociado al nivel de siniestralidad, de forma que incentive a todas las empresas para la reducción de sus tasas, tal como se muestra en la figura 7.

### El modelo de costes del Estado frente al sistema de *bonus*

Ahora que ya se dispone de un modelo de costes para el elemento empresas, podemos plantearnos la obtención de un esquema similar en el conjunto del Estado, lo que requiere incorporar la información de costes de los elementos Administración y trabajadores. No obstante, es preciso tener en cuenta que el coste total del Estado no resulta de la adición simple de los costes de los tres elementos, puesto que existen unas interrelaciones complejas entre los mismos que deben ser analizadas (figura 8).

Si sobre el modelo elemental del Estado representamos unas líneas de coste/ingreso por los distintos conceptos asociados a la existencia de siniestralidad laboral, podemos contemplar que no todos los costes objetivos para un elemento del Estado suponen un coste objetivo para el conjunto estatal (Eurostat, 2004).

Sirva como ejemplo la imposición de sanciones administrativas a una empresa por incumplimiento de la normativa en prevención de riesgos laborales, las cuales se consideran un coste objetivo para la empresa pero también un ingreso para la Administración pública, por lo que en el contexto global

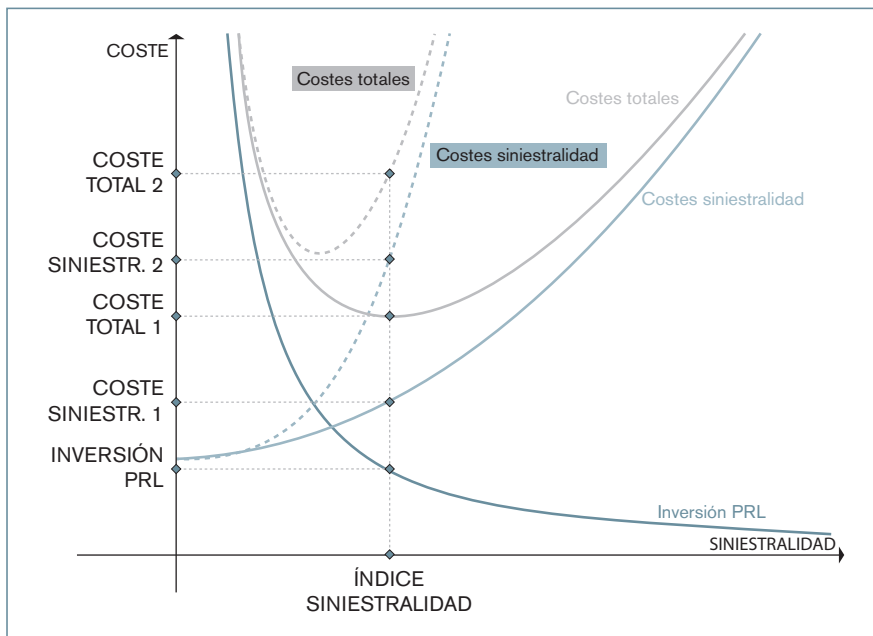
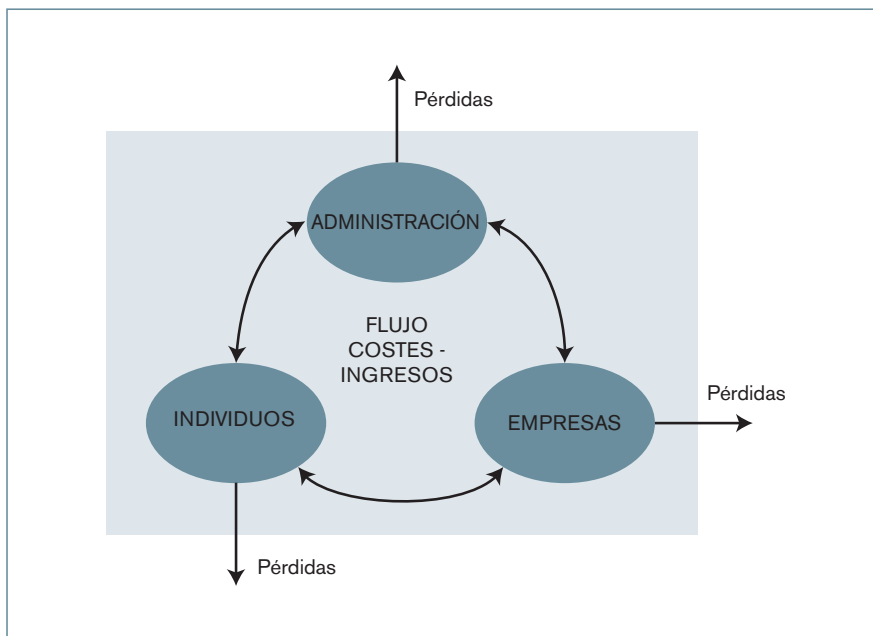
Figura 7. Propuesta de sistema de *bonus* con reducción variable de cuotas.

Figura 8. El flujo de costes e ingresos en el Estado.

del Estado no suponen un coste. Un caso distinto sería el de los costes empresariales por daños materiales o los costes administrativos por gestión de una baja laboral, conceptos que también suponen un coste objetivo para el Estado al no existir otros elementos que ingresen su cuantía como contrapartida.

En definitiva, no es correcto realizar la adición simple de los costes de los distintos elementos, sino que hay que analizar los conceptos de coste generados y su posible absorción dentro del conjunto del Estado (KPMG Consulting, 2005).

Otra cuestión interesante que hay que tener en cuenta a la hora de realizar la representación gráfica de los costes estatales es la conveniencia de mantener la curva de costes empresariales como referencia invariable a efectos de comparación, a pesar de que como acabamos de ver algunos de los costes empresariales no sean tales para el Estado y deberían ser sustraídos. Esto supone una complicación añadida al tener que adaptar los costes de Administración y trabajadores a dicha salvedad, en un proceso denominado contextualización de costes. Ciertamente, el análisis de todas las inter-

relaciones existentes es complejo y farragoso, pero tras completar el mismo llegaríamos a la obtención del modelo gráfico de costes estatales (figura 9).

Puede observarse que a la curva original de costes empresariales se ha incorporado la curva convenientemente contextualizada de costes de Administración y trabajadores, sobre la cual puede afirmarse que presentará en todo caso una pendiente positiva y creciente. La contextualización realizada permite la adición simple de las dos curvas, que resulta en la obtención de la curva de costes estatales; el análisis geométrico de la composición gráfica llevada a cabo nos conduce a una conclusión importante: la curva obtenida presenta un mínimo para un nivel de siniestralidad menor que el nivel óptimo empresarial (recordemos que gracias a la contextualización es posible comparar las curvas de empresa y Estado).

Pues bien, ahora que ya se dispone de un modelo teórico gráfico de costes para el conjunto del Estado, el siguiente paso consiste en aplicar sobre el mismo distintas políticas posibles en materia de prevención de riesgos laborales y comprobar cómo afectan a la reducción de los niveles de siniestralidad y a los costes derivados.

Previamente hemos visto sobre el modelo empresarial de costes qué sucede ante la aplicación del sistema *bonus*, y ahora centramos la atención en cómo influye en el conjunto del Estado (figura 10).

La disminución de los costes fijos empresariales por la bonificación sobre las cuotas de cotización supone un incremento correlativo del ingreso de la Administración pública por el mismo concepto, por lo que en el contexto estatal no se produciría variación alguna de costes. Gráficamente, esto se traduce en un desplazamiento hacia arriba de la curva de costes empresariales y otro desplazamiento hacia abajo en la misma magnitud de la curva de Administración + individuos, mientras la curva de costes estatales se mantiene sin variación. En el caso representado podemos observar cómo una aplicación correctamente equilibrada del sistema *bonus* permite alcanzar el óptimo estatal, beneficiando simultáneamente a las empresas; por tanto, esta política puede ser rentable para los intereses del Estado y las empresas, siempre bajo un diseño adecuado.

A la vista de lo anterior se revela imprescindible la captación de datos empíricos de costes de los diversos elementos del Estado, con objeto de com-

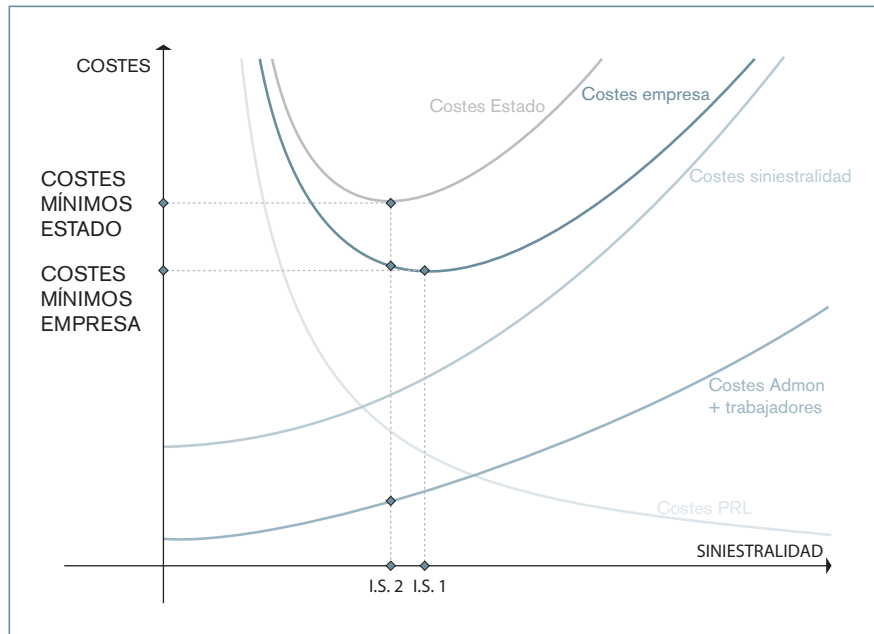


Figura 9. El modelo de costes del Estado.

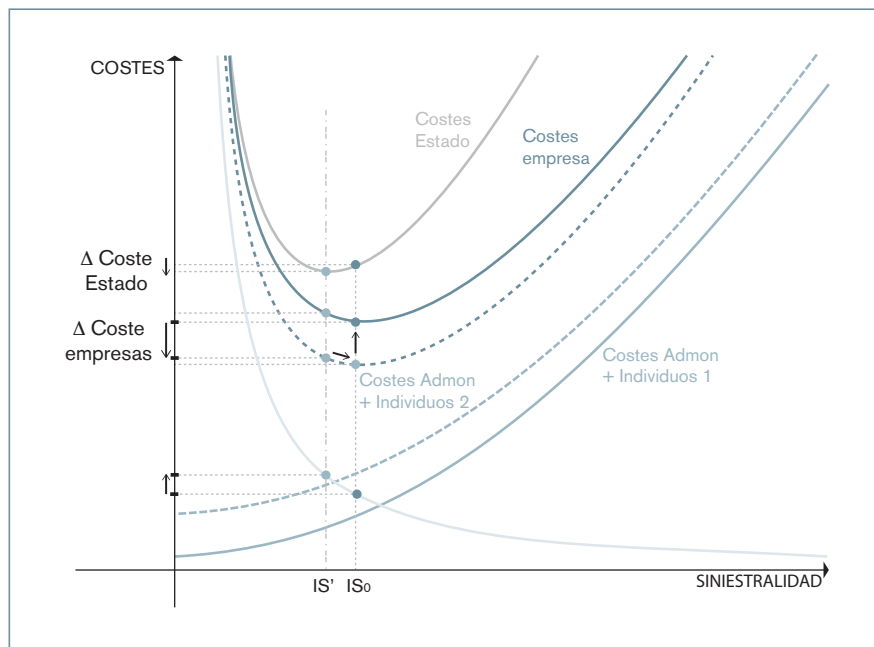


Figura 10. El efecto del sistema *bonus* español sobre el Estado.

probar la bondad del modelo teórico propuesto y dimensionar adecuadamente las políticas de prevención de riesgos laborales en busca de la máxima eficiencia para el conjunto del Estado.

### Conclusiones

Partiendo de la premisa fundamental de que el ámbito del trabajo es una de las múltiples áreas que afectan a la salud humana, la siniestralidad laboral supone un problema que debe abordarse desde una óptica estatal de eficiencia conjunta en la gestión de unos recursos disponibles limitados.

Este artículo ha tratado de mostrar cómo a través del desarrollo de un modelo teórico gráfico de costes es posible racionalizar la aplicación de políticas en PRL para lograr la máxima eficiencia de gestión. En este sentido, hemos podido constatar que la implantación del sistema de *bonus* en nuestro país puede ser positiva para el conjunto del Estado.

### Bibliografía

BOE (2010). *Real Decreto 404/2010, de 31 de marzo, por el que se regula el establecimiento de un sistema de reducción de las cotizaciones por contingencias profesionales a las empresas que hayan contribuido especialmente a la disminución y pre-*

*vención de la siniestralidad laboral.* BOE del 1 de abril de 2010. Núm. 79. Sec. I.

Castells Manent J (2005). *Optimización de la gestión de la seguridad y salud a través del análisis de los costes empresariales.* XVII Congreso Mundial sobre Seguridad y Salud en el Trabajo (del 18 al 22 de septiembre de 2005 Orlando Florida, EE UU). Asepeyo Prevención. Jornadas y conferencias.

Eurostat (2004). *Statistical analysis of socio-economic costs of accidents at work in the European Union.* Disponible en:

[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_OF\\_FPUB/KS-CC-04-006/EN/KS-CC-04-006-EN.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OF_FPUB/KS-CC-04-006/EN/KS-CC-04-006-EN.PDF). (Consultado el 1 de octubre de 2010).

Health and Safety Executive (2002). *The Costs of Workplace Injuries and Work-Related Ill Health in the UK.* Disponible en:

[http://eab.ege.edu.tr/pdf/9\\_3/C9-S3-M13.pdf](http://eab.ege.edu.tr/pdf/9_3/C9-S3-M13.pdf). (Consultado el 1 de octubre de 2010).

KPMG Consulting (2002). *The cost of work related injuries, ill health and non-injury accidents to the Northern Ireland economy.* (Consultado el 1 de octubre de 2010).

Manzanedo del Campo MA y Sáiz Bárcena L (1996). *Organización de la Seguridad Industrial.* Tesis doctoral. CETECIN. ISBN 84-921656-O-X.

Narocki Flaminman, C (1999). Si la prevención es rentable, ¿por qué no lo han descubierto los empresarios? Una revisión de propuestas para políticas en salud laboral. *Cuadernos de Relaciones Laborales.* Universidad Complutense de Madrid.

### Miguel Ángel Cuervo Blanco

macacuervo@gmail.com

Ingeniero en organización industrial. Técnico Superior de la Escala de Seguridad e Higiene en la Junta de Castilla y León.

### Miguel Ángel Manzanedo del Campo

mmanz@ubu.es

Doctor ingeniero industrial. Catedrático de la Universidad de Burgos en el Área de Organización de Empresas.

### Adolfo López Paredes

mmanz@ubu.es

Doctor ingeniero industrial. Catedrático de la Universidad de Valladolid, en el Área de Organización de Empresas.



# LIVING NEBRIJA LIVING UNIVERSIDAD



**Nebrija**  
Universidad  
*La Universidad en Vivo*



## CURSOS DE ACCESO al título oficial de

**GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA** para  
INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES de  
especialidad MECÁNICA

**GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
AUTOMÁTICA INDUSTRIAL** para INGENIEROS  
TÉCNICOS INDUSTRIALES de especialidad  
ELECTRÓNICA

Curso de Adaptación a Grado aprobado por la ANECA

### Modalidad "A DISTANCIA"

Gracias a la modalidad "a distancia" podrá compatibilizar el curso con su actividad profesional. La Universidad proveerá al alumno de una plataforma de teleformación *on-line* a la que podrá acceder para la descarga de contenidos, ejercicios, etc., así como para cualquier consulta o duda que se pueda plantear a los tutores de las asignaturas en el desarrollo del curso.

El contenido de estos cursos depende del programa cursado en la universidad de origen (se podrá obtener un reconocimiento de créditos por experiencia profesional). La Universidad Nebrija realizará un estudio personalizado de convalidaciones en función del plan de estudios cursado.

**Duración** Dos cursos anuales. **Comenzarán en marzo y octubre de 2011 con una duración de 5 meses cada uno**

**Plazo de inscripción** se abrirá 4 meses antes del comienzo de cada curso

**Información e inscripciones** [gradoelectronica@nebrija.es](mailto:gradoelectronica@nebrija.es)  
[gradomecanica@nebrija.es](mailto:gradomecanica@nebrija.es)  
Tel.: 91 452 11 00

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

# Diseño de un pórtico nivelador para colocación de vías en placa

José Antonio Cárdenas Cárdenas

*Design of a levelling gantry for the laying of slab track*

## RESUMEN

De acuerdo con los parámetros que marcan las normas ferroviarias para líneas de alta velocidad, a través de un pórtico nivelador se ejecutan las operaciones necesarias para la colocación de vías en las placas. Este pórtico nivelador realiza las operaciones de carga y descarga normales para este tipo de máquinas y, además, posiciona en altura, peralte y eje longitudinal la placa que va a soportar la vía de ferrocarril, de acuerdo con los datos topográficos. El equipo es automático y recibe por radiofrecuencia las órdenes necesarias para funcionar, asegurándose una alta calidad y seguridad en todas las operaciones.

Recibido: 23 de junio de 2010

Aceptado: 27 de abril de 2011

## ABSTRACT

*According to the parameters that set the standards for high-speed railway lines, a levelling gantry permits the execution of the operations necessary for the laying of rails on the track bed. This levelling gantry performs the loading and unloading normal for this type of equipment and additionally position for height, depth and longitudinal axis the slab which will support the track, in accordance with the survey data. The unit is fully automated and receives the commands necessary for its operation by radio frequency, ensuring a high level of quality and safety in its operation.*

Received: June 23, 2010

Accepted: April 27, 2011

## Palabras clave

Trenes, alta velocidad, maquinaria, traviesas

## Keywords

Trains, high speed, machinery, sleepers



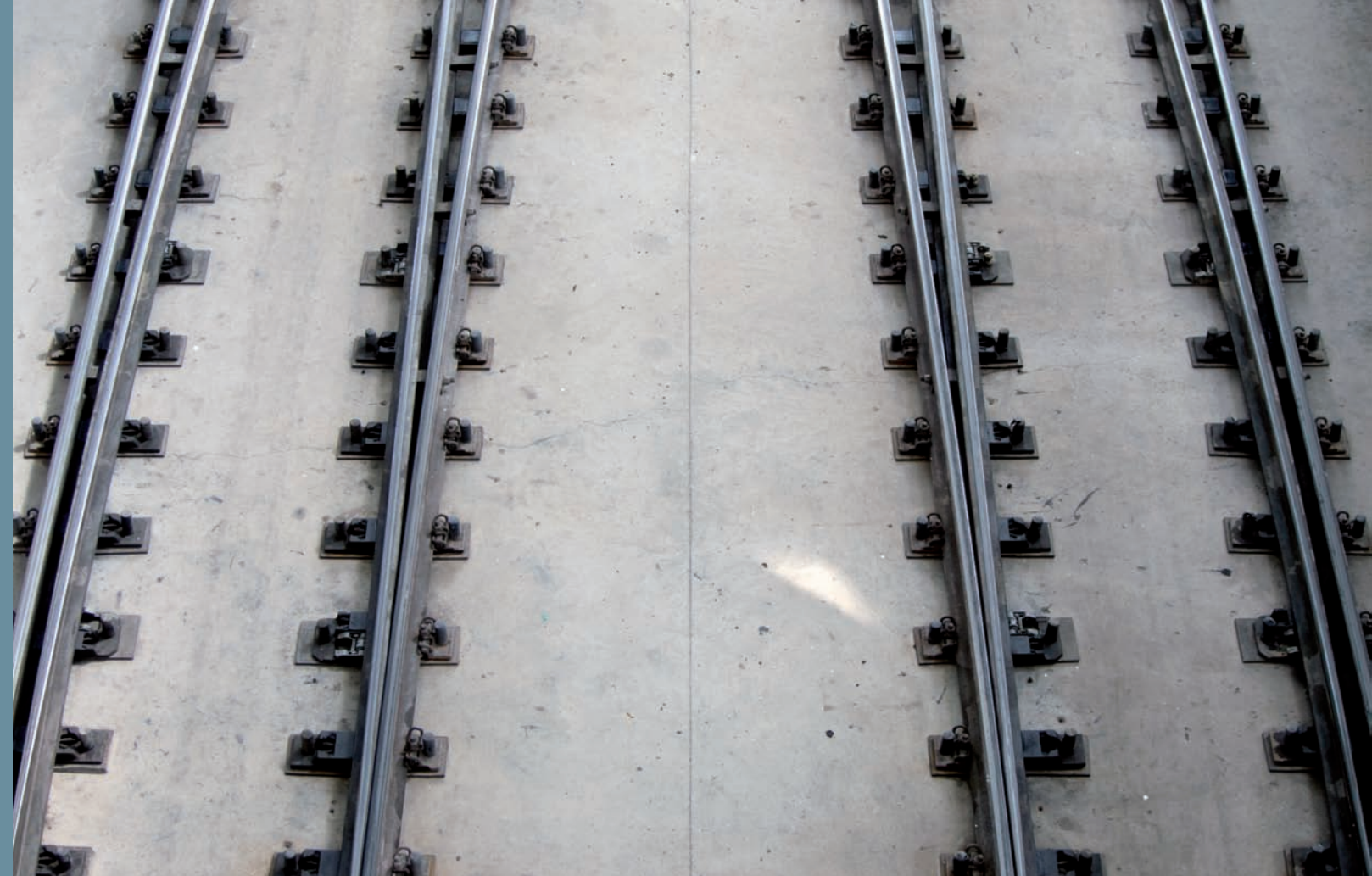


Foto: Pictelia

Cuando la Asociación Nacional de Fabricantes de Travesas para Ferrocarril (Aftrav) se impuso como meta el desarrollo de una vía en placa netamente española, se crearon dos modelos o sistemas, VPP (pretensada y postensada) (figura 1) y el sistema DEDRA de hormigón armado (figura 2). Una vez desarrollados estos sistemas y con la fabricación de elementos para las primeras pruebas, surgió la necesidad de contar con un equipo, que descargase estos elementos y que también sirviese para posicionarlos exactamente, permitiendo su nivelación, alineación y rotación sobre un eje central, y al estar las maniobras totalmente robotizadas evitar los errores humanos de su manipulación.

Para el diseño y fabricación del pórtico se han tenido en cuenta cuatro direcciones principales:

1. Los parámetros que marcan los citados modelos de vía en placa.
2. El gálibo disponible, para trabajar bajo la catenaria de la sección de túnel en líneas de alta velocidad (figura 3).
3. Una luz suficiente para descargar las placas cuando se reciban en obra, en camión, o en cualquier tipo de plataforma ferroviaria, suministrada por Renfe Operadora.

4. Desplazamiento de las patas del pórtico para adecuar el ancho de rodadura a la plataforma existente (figura 4).

El pórtico nivelador puede utilizarse allá donde exista una presolera de hormigón o asfalto.

Se ha diseñado para que pueda ser transportado sin necesidad de desmontarlo, lo que agiliza su presencia en cualquier punto de la red ferroviaria (figura 5). Con este fin se ha concebido una cuna versátil de anclaje a plataforma de camión sobre la que tras apoyarse y elevar sus ruedas, el pórtico queda en posición de transporte.

Si bien tras abatirse las barandillas de seguridad de mantenimiento, se satisface la normativa sobre gálibos de vehículos en carretera, es necesario obtener un permiso de circulación debido a la anchura del conjunto.

Además de descargar las placas e introducir las en la zona del túnel que se desee, el pórtico nivelador tiene una funcionalidad añadida que le permite regular su posición con una precisión milimétrica, acorde a la exactitud requerida en la colocación de este tipo de elementos.

El pórtico se desplaza apoyado sobre cuatro ruedas, dos motrices y dos directrices, accionadas mediante un motor eléctrico dotado de ajuste de marcha y una

gran capacidad de regulación. Las ruedas son capaces de soportar la carga en funcionamiento sobre superficies de hormigón o asfalto, relativamente niveladas.

Tanto en el interior de un túnel como en una plataforma de cualquier obra, la traslación del pórtico puede soportar con su carga pendientes de hasta el 4%, a una velocidad máxima de 60 m/min.

Debido a que el peso máximo de la placa VPP proyectada por Aftrav, incluida fijación, es de 6.500 kg el pórtico nivelador soporta una carga máxima de 7.000 kg.

El pórtico nivelador es una máquina totalmente automática que funciona gracias a un generador eléctrico de 20 KVA, movido a su vez por un motor de combustión interna totalmente insonorizado.

La velocidad de cada movimiento es controlada por variadores de frecuencia de última generación, y realizada por motores-frenos especiales, dotados de *encoder* y ventilación forzada.

Las órdenes para el funcionamiento del pórtico se realizarán mediante equipo de radio (figura 6); lográndose el control y la regulación de los movimientos gracias a la variación de frecuencia.

Todos sus accionamientos se efectúan sin necesidad de ninguna central hidráulica, por medio de sistemas eléctricos





Figura 1. Placa VPP.



Figura 2. Placa DEDRA.

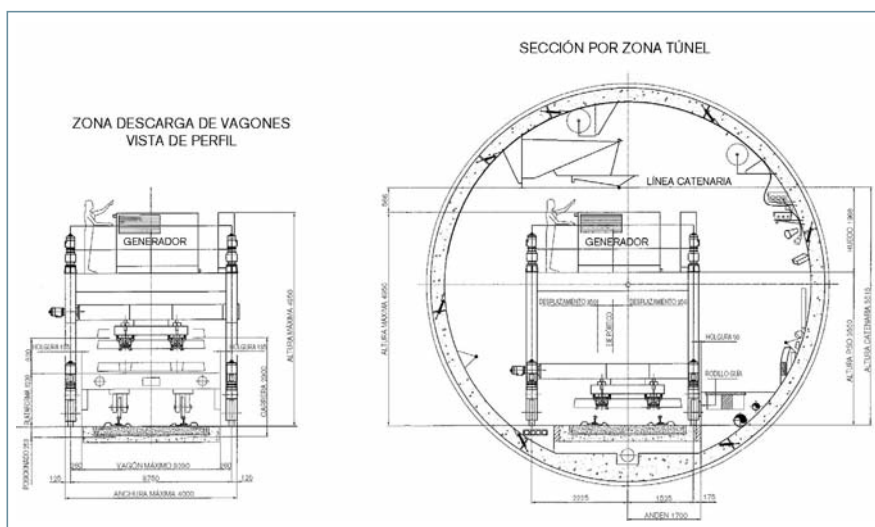


Figura 3. Gálbo.

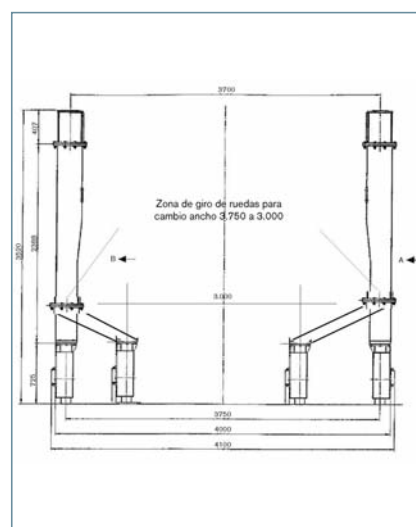


Figura 4. Desplazamiento de las patas.

autorregulados que permiten un control preciso de todos los movimientos, utilizando husillos de bola, reductores y cadenas con mando por radiofrecuencia.

Además, para los movimientos de elevación y regulación transversal, el sistema permite varias velocidades de funciona-

miento en las maniobras de aproximación; así como velocidades superlentas, del orden de fracciones de milímetros por segundo, al efectuar el reglaje en posición de la placa. El programa de funcionamiento incluye órdenes para que una vez recibidos los ajustes de topogra-

fía, el pórtico se mueva con las órdenes recibidas.

Finalmente, gracias a que se ha previsto una toma de energía externa a cualquier equipo de suministro eléctrico, el pórtico nivelador puede continuar con los trabajos comenzados incluso ante un

Figura 5. Transporte del pórtico nivelador.



Figura 6. Equipo de radio frecuencia.





Figura 7. Colocación de la placa.



Figura 8. Cogida de la placa.

fallo o paralización de su equipo generador autónomo.

A continuación, se describen las fases de funcionamiento del pórtico para colocar la placa en la vía.

### Maniobras con la placa

En el trabajo del pórtico con la placa distinguimos dos tipos de maniobras: manipulación y colocación.

La maniobra de manipulación recoge las operaciones de carga y descarga de la placa en camiones o plataformas de ferrocarril, el traslado de la misma por la obra o dentro del túnel y su posicionamiento aproximado en la zona de colocación definitiva.

Una vez allí, se procede a la maniobra de colocación, en la que se realiza el posicionamiento preciso de la placa en su emplazamiento final con tolerancias muy estrechas.

### Bloqueo de la placa

Para la recogida de la placa, el pórtico nivelador está dotado de un *spreader* formado por dos elementos: uno fijo y otro regulable (figura 7).

El elemento fijo va suspendido del pórtico por medio de tres husillos de bolas, y de él suspende el elemento inferior que recoge la placa. Su posición puede regularse gracias a dos husillos de bolas horizontales que confieren una gran movilidad, tanto para desplazamientos horizontales como para movimientos de giro sobre su quicio central.

El *spreader* dispone de cuatro garras accionadas independientemente por un actuador eléctrico que recoge la placa por la parte inferior, sujetándola por los orificios de inyección del mortero autonivelante.

Por la parte superior, el elemento suspensor del *spreader* mantiene la placa blo-

queada, de manera que al levantarla se mantenga perfectamente rígida.

Es importante resaltar que, en el momento de la deposición, para desenganchar las mordazas debe quedar un hueco mínimo de 40 mm, entre placa y presolera, espacio que posteriormente será rellenado con el mortero autonivelante.

### Elevación del conjunto

El conjunto *spreader-placa*, formando un todo, se suspende de tres husillos de bolas articulados que cuentan con accionamientos independientes, lo que nos permite regularlos con gran precisión.

El *spreader* de suspensión está compuesto por dos bastidores independientes conectados entre sí, y es el inferior el que recoge la placa.

Este bastidor permite un desplazamiento de 350 mm a cada lado del eje del pórtico, lo que facilita colocarlo centrado sobre el camión o vagón para recoger la placa (figura 8), y posteriormente, ya en el túnel, descentrarlo para depositarla en su posición, salvando así el obstáculo del andén situado a 1.700 mm del eje.

### Operaciones de manipulación de la placa

Iniciamos la operación de manipulación de la placa dándole al pórtico nivelador la orden de posicionamiento automático.

El pórtico dispone de tres sensores de ultrasonido que controlan la posición del *spreader* sobre la placa, de manera que se sitúe paralelo a ella en altura, quedando cada uno de los husillos aproximadamente a 500 mm.

A continuación, y con ayuda de sus detectores fotoeléctricos, el pórtico se centra sobre la placa longitudinalmente.

Una vez recibida la confirmación de posicionamiento correcto se centra transversalmente mediante cuatro contactos

de infrarrojo situado en los extremos de *spreader*.

Completado el posicionamiento del pórtico se encienden los indicadores luminosos que autorizan el descenso del *spreader* para recoger la placa.

Estos movimientos se realizan a una velocidad de 0,5 m/min.

Gracias a los cuatro palpadores de que dispone, en cuanto el pórtico nivelador detecta el contacto con la placa, se detiene instantáneamente el movimiento descendente del *spreader*. En ese momento se habilita el cierre y apertura de las garras prensiles, lo que permite asir o soltar la placa. Estos movimientos se realizan a una velocidad máxima de 1 m/min.

Por motivos de seguridad se ha previsto que para poder funcionar, todas las garras deban estar abiertas o cerradas.

Con la placa ya sujeta se procede a su elevación. Para el control de la posición de *spreader* y garras, el pórtico nivelador cuenta con tres indicadores luminosos cuyos estados indican: *spreader* apoyado, garras abiertas y garras cerradas.

Como medida de seguridad que imposibilite que pueda soltarse mientras permanece suspendida, las garras solo actúan cuando el *spreader* está apoyado en la placa.

Un vez situada en una posición aproximada a la de colocación, se apoya el conjunto *placa-spreader* mediante los tirafondos acoplados en la placa que se ajustan para dejar una holgura aproximada de 40 mm entre fondo de placa y presolera y se da la orden de abrir garras, soltándose entonces la placa. Tras ello se traslada el pórtico para comenzar una nueva maniobra con otra placa.

Si está realizado el replanteo y tenemos las órdenes de posicionamiento exacto en vía, continuamos con las operaciones de regulación.





Figura 9. Colocación de la placa en túnel.



Figura 10. Placas montadas y paso del tren por la vía par en el túnel de Horcajada.

### Operaciones de regulación de posicionamiento de la placa

Estando el conjunto *spreader-placa* situado en su lugar aproximado de emplazamiento, se procede a identificar de modo preciso los desplazamientos, tanto en altura como orientación y giro, necesarios para el posicionamiento exacto de la placa.

Para ello, desde el mismo lugar de control, se empleará el mando por radio o en la pantalla táctil instalada para actuar sobre los husillos de elevación, para, mediante pulsaciones de décimas de mm controlar así la posición de cada una de las cuatro esquinas.

Podrá bascularse la placa sobre los ejes formados por dos de los husillos, y subir o bajar cualquier punto, con la precisión deseada, accionando el tercero.

Al mismo tiempo y con pulsaciones iguales a las anteriores, y empleando los husillos transversales, se podrá desplazar toda la placa, o bien rotarla sobre un punto central, lográndose así un posicionamiento exacto.

### Conclusiones

Por lo expuesto, en Atrav consideramos que los elementos de regulación y control que incorpora este pórtico nivelador marcarán un antes y un después en este tipo de maquinaria. Y es que, gracias a su revolucionario diseño, podremos situar la placa sobre un punto determinado con una precisión milimétrica, cumpliendo con los estrictos parámetros de garantía y tolerancia que marcan los pliegos de las Administraciones ferroviarias para este tipo de vía y, además, permitirá una gran economía de esfuerzo y movimientos y ahorro de tiempo y precisión en el posicionamiento, que revertiría sin duda en unas mayores cotas de calidad.

Todas las pruebas de funcionamiento y validación han sido realizadas a plena satisfacción en el túnel de Horcajada de la nueva línea de Alta Velocidad Madrid-Valencia (figuras 9 y 10).

### Bibliografía

- Aenor (1996). UNE-EN 1037:1996. *Seguridad de las máquinas. Prevención de una puesta en marcha intempestiva.*
- Aenor (1997). UNE-EN 1050:1997 *Seguridad de las máquinas. Principios para la evaluación del riesgo.*
- Aenor (1977). Norma NRV 3-1-2.1. *Traviesas monobloque de hormigón. Normas Renfe Vía. 1ª edición: 15 de diciembre de 1997.*
- Aenor (1999). UNE-EN 12077-2:1999 *Seguridad de las grúas. Requisitos de salud y seguridad. Parte 2: Dispositivos limitadores e indicadores.*
- Aenor (1999). UNE-EN 60204-1:1999. *Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales.*
- Aenor (2001). UNE-EN 60204-32:2001. *Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 32: Requisitos para aparatos de elevación.*
- Aenor (2003). UNE-EN 13230-1. *Aplicaciones ferroviarias. Vía. Traviesas de hormigón para plena vía y aparatos. Parte 1: Requisitos generales* (noviembre 2003).
- Aenor (2004). UNE-EN ISO 12100-1:2004. *Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 1: Terminología básica, metodología* (ISO 12100-1:2300).
- Aenor (2004). UNE-EN ISO 12100-2:2004. *Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios técnicos.* (ISO 12100-2:2300).
- Aenor (2004). UNE-EN 13848-1:2004. *Aplicaciones ferroviarias. Vía. Calidad de la geometría de vía. Parte 1: Caracterización de la geometría de vía* (diciembre 2004)
- Aenor (2007). UNE-EN 13231-1. *Aplicaciones ferroviarias. Vía. Recepción de trabajos. Parte 1: Trabajos en vía sobre balasto. Vía general* (julio 2007).
- BOE (1992). Real Decreto 1435/1992 de 27 de noviembre, por el que se dictan disposiciones de aplicación a la directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, y Real Decreto 56/1995, que modifica parcialmente el RD 1435/1992.
- BOE (1997). Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- BOE (1997). Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mini-

mas de seguridad y salud en las obras de construcción.

BOE (2006). Real Decreto 355/2006, de 29 de marzo, sobre interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad.

Consejo CE (1973). Directiva de Baja Tensión 73/23/CEE

Consejo CE (1989). Directiva de Compatibilidad Electromagnética 89/336/CEE.

Consejo UE (1996). Directiva 96/48/CE del Consejo, de 13 de julio de 1996, relativa a la interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad, modificada por la Directiva 2004/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril.

Consejo UE (1998). Directiva de máquinas 98/37/CE. Comisión Europea (2002). ETI relativa al subsistema Infraestructura del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad, decisión de la comisión 2002/732/CE de 30 de mayo de 2002.

FEM (1998). Norma FEM 1001, edición 1987 y actualización de 1998. *Aparatos de elevación, reglas de cálculo.* Federation Europeene de la Manutention.

Norma ET 03.360.571.8 "Traviesas monobloque de hormigón pretensado".

Norma ET 03.360.580.9. *Sistemas de vía sobre base de hormigón y tacos prefabricados.* (1ª edición, 01/12/2000).

José Antonio Cárdenas Cárdenas

jac1938@telefonica.net

Perito industrial e ingeniero técnico por la Escuela de Cádiz. Miembro del grupo CEN 256 para la normalización europea para la homologación de traviesas para el ferrocarril.





CÁTEDRA CESVIMAP

 **CESVIMAP**

# Títulos Universitarios

## Cátedra Cesvimap

### Curso 2011- 2012

**Especialista/  
Experto en  
Dirección de  
Empresas de  
Posventa de  
Automoción**

**¡Nuevo!**

850 horas  
34 ECTS

**100% on line**



**Especialista/  
Experto en  
Posventa de  
Automoción**

**3ª edición**

700 horas  
28 ECTS

**100% on line**



**Especialista/  
Experto en  
Peritación de  
Automóviles**

**3ª edición**

525 horas  
21 ECTS



**80% on line**



 **CESVIMAP**

Consúltanos: [www.cesvimap.com](http://www.cesvimap.com)

Teléfono: +34 920 206 300/333 | E-mail: [cursos@cesvimap.com](mailto:cursos@cesvimap.com)

Cátedra CESVIMAP de la Universidad Católica de Ávila

# La propiedad industrial como estrategia competitiva: estudio de un caso

Francisco Javier Moledo Froján

*Industrial property rights as a competitive strategy: a case study*

## RESUMEN

En este artículo se explica el estudio de un caso de innovación en relación con la estrategia de propiedad industrial adoptada. A través del análisis de los títulos de propiedad industrial solicitados por la empresa para la protección de los resultados de sus esfuerzos innovadores, se pone de manifiesto la necesidad de la protección de los mismos. Para ello, se observa como necesaria la utilización conjunta de las diferentes modalidades de propiedad industrial, acción imprescindible en el marco de una adecuada estrategia competitiva empresarial.

Recibido: 10 de mayo de 2010  
Aceptado: 21 de enero de 2011

## ABSTRACT

*In this paper, we present a case study of innovation in relation to the industrial property strategy adopted. Through the analysis of industrial property titles claimed by the company to protect the results of its innovation efforts, it highlights the necessity of protecting them. This will be seen as necessary joint use of different forms of industrial property, which is a necessary action within the framework of proper corporate competitive strategy.*

Received: May 10, 2010  
Accepted: January 21, 2011

## Palabras clave

Innovación, estrategia competitiva, propiedad industrial, patentes

## Keywords

Innovation, competitiveness strategy, industrial property rights, patents





Foto: Pictelia

### **Necesidad de protección de los resultados de la innovación empresarial**

La protección de la propiedad industrial tiene por objeto las patentes de invención, los modelos de utilidad, los diseños industriales, las marcas de fábrica o de comercio, las marcas de servicio, el nombre comercial, las indicaciones de procedencia y denominaciones de origen, así como la represión de la competencia desleal.

La propiedad industrial (CPPPI, 1979) se entiende en su acepción más amplia y se aplica no sólo a la industria y el comercio propiamente dichos, sino también al dominio de las industrias agrícolas y extractivas y a todos los productos fabricados o naturales, por ejemplo: vinos, granos, hojas de tabaco, frutos, animales, minerales, aguas minerales, cerizas, flores, harinas.

De este modo, la propiedad industrial constituye un conjunto de derechos exclusivos que protegen tanto la actividad innovadora manifestada en nuevos productos, nuevos procedimientos o nuevos diseños, como la actividad mercantil, mediante la identificación en exclusiva de productos y servicios ofrecidos en el mercado.

También hay que tener presente que la propiedad industrial tiene un eminente

contenido patrimonial que incrementa el activo de la empresa y que, en consecuencia, puede ser objeto de diversas operaciones mercantiles, tales como: licencias, hipotecas, transmisiones, etcétera.

Ninguna empresa debiera vivir de espaldas a la propiedad industrial. Cualquier compañía que realice algún esfuerzo en innovación en gestión empresarial, en diseño o imagen de productos, en tecnología o en su propia imagen corporativa, ha de proteger sus resultados si desea ser competitiva.

Entendemos por “proteger” toda aquella acción encaminada a evitar la apropiación o aprovechamiento indebido de un bien por parte de terceros. La protección se realiza mediante sistemas de seguridad física (cajas fuerte, vigilantes, alarmas, etcétera) y/o de reconocimiento jurídico (títulos de propiedad).

De los activos de la empresa, cabe señalar que la tecnología es un bien inmaterial (conocimiento) cuyo soporte físico es la propia mente de las personas que saben, la documentación en la que se describe y los productos o servicios en los que se implementa.

Esto plantea problemas tanto para su protección física como para su jurídica. Las formas habituales de protección de la tecnología propiedad de la empresa son:

- Protección física: secreto empresarial o conjunto de conocimientos que no son de dominio público y que resultan necesarios para: la fabricación o comercialización de productos; la prestación de servicios; y/o la organización administrativa o financiera de una unidad o dependencia empresarial y que, por ello, procura a quien dispone de ellos de una ventaja competitiva en el mercado que se esfuerza en conservar evitando su divulgación.

El reglamento de la UE de 4 de marzo de 1989, la Ley 3/91 sobre Competencia Desleal y el actual Código Penal de 1995 castigan la apropiación indebida y la difusión no autorizada de secretos de empresa.

- Protección jurídica: títulos de propiedad industrial.

- Protección indirecta a través del reconocimiento público de la propiedad por “ser el primero en el mercado”:

Aunque a veces este tipo de protección se liga al concepto de *lead time*, más adecuado para medir la flexibilidad de la empresa que para valorar el reconocimiento público, lo cierto es que “ser el primero en el mercado” es una cuestión ligada a la mercadotecnia más que al sistema productivo de la empresa.

Es mucho más fácil entrar en el mercado el primero que tratar de convencer



a alguien de que se tiene un producto mejor que el que llegó antes. Una razón por la que el primer producto tiende a mantener su liderazgo es que, a menudo, se convierte en genérico.

Muchos primeros productos permanecen en la mente de los consumidores de forma que sus nombres se convierten en genérico para clasificar este tipo de producto.

Cada empresa debe elegir, en su caso, la forma de protección de sus activos de innovación: puede ser alguna de estas formas, o una combinación de dos de ellas, o, siempre que sea posible, las tres a la vez.

No proteger el resultado de sus innovaciones supone para la empresa, regalar, literalmente, estos resultados a sus competidores.

En el presente artículo se analizan las diferentes modalidades de protección jurídica para las innovaciones empresariales, a través de los títulos de propiedad industrial más frecuentes:

- Patentes, destinadas a la protección de las innovaciones técnicas o invenciones.
- Diseños, para la protección de las innovaciones en la forma externa.
- Marcas, como protección de la identidad corporativa.

Tal como pondremos de manifiesto a lo largo del presente trabajo, las diferentes modalidades de protección jurídica o títulos de propiedad industrial, no sólo no son incompatibles entre sí, sino que debieran utilizarse conjuntamente en la mayoría de los casos de innovaciones empresariales, con el fin de obtener una adecuada protección.

### Modalidades de protección jurídica de la propiedad industrial

Tal como se ha señalado anteriormente, la protección jurídica de las innovaciones empresariales se obtiene a través de los títulos de propiedad industrial.

Se entiende por propiedad industrial un conjunto de derechos exclusivos que protegen tanto la actividad innovadora manifestada en nuevos productos, nuevos procedimientos o nuevos diseños, como la actividad mercantil, mediante la identificación en exclusiva de productos y servicios ofrecidos en el mercado.

Se analizan, a continuación, los títulos de propiedad industrial más frecuentes.

#### Patentes

Las patentes pueden ser utilizadas por las empresas para proteger sus invenciones. Aunque el término invención no suele definirse en la legislación sobre propie-

dad industrial, se entiende por ésta, generalmente, toda nueva solución a un problema técnico.

Una patente es un título por el que, a cambio de describir la invención suficientemente en el documento de patente, se le reconoce al titular el derecho a impedir que un tercero que no tenga su consentimiento explote industrialmente dicha invención. Dura 20 años desde la solicitud.

En España, las patentes se regulan mediante la Ley 11/1986 de 20 de marzo, de patentes de invención y modelos de utilidad.

Existen patentes concedidas por organizaciones supranacionales con efectos comunitarios o internacionales.

La patente europea es única para todos los países firmantes, regulada por el Convenio de la Patente Europea (CPE), que se concede por un único órgano internacional, la Oficina Europea de Patentes de Múnich, con validez en todos los Estados designados, de forma que en cada uno de los Estados contratantes para los que es concedida la patente europea tiene los mismos efectos y está sometida al mismo régimen que una patente nacional concedida en dicho Estado.

Los Estados contratantes de la patente europea son: Alemania, Austria, Bélgica, Chipre, Dinamarca, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Liechtenstein, Lituania, Luxemburgo, Malta, Mónaco, Países Bajos, Polonia, Portugal, Rumanía, Eslovenia; Eslovaquia, Suecia, Suiza, República Checa, Reino Unido y Turquía. Además, las patentes europeas son reconocidas por Albania, Bosnia-Herzegovina, Croacia, Macedonia y Serbia.

Otra vía es la Solicitud de Patente Internacional PCT, tramitada en virtud del Tratado de Cooperación de Patentes (PCT) que permite solicitar protección para una invención simultáneamente en un gran número de países (138 países en 2008) mediante la presentación de una solicitud de patente internacional.

La ventaja del procedimiento PCT es que facilita la tramitación de las solicitudes cuando dicha protección se desea obtener en varios países, pues una solicitud única produce los mismos efectos que si dicha solicitud hubiera sido presentada en cada uno de los países que forman parte del tratado.

Es importante aclarar que no se trata de un procedimiento de concesión de patentes, ya que la concesión la otorga cada uno de los países elegidos. Es un sis-

tema por el que se unifica la tramitación previa a la concesión.

Cabe señalar que, las denominadas patentes triádicas, aquellas relacionadas con invenciones para las que se ha solicitado protección en las tres oficinas más importantes de patentes (EPO, USPTO y JPO) son las patentes más valoradas actualmente, ya que, teniendo en cuenta que es costoso patentar en tres sistemas de patentes distintos, es posible que dichas patentes se asocien a un mayor rendimiento comercial esperado.

Un concepto similar es el de las patentes trilaterales, aquellas para las cuales existen pruebas de actividad de éstas en los tres bloques de la trilateral (Europa, Estados Unidos y Japón). Incluye aquellas patentes solicitadas ante la JPO y la USPTO, para las que, además, se ha presentado una solicitud en cualquier Estado miembro del Convenio de la patente europea, pero no se solicitan ante la EPO.

#### Modelos de utilidad

Los modelos de utilidad, menos conocidos que las patentes, también se utilizan para la protección de las invenciones.

La figura jurídica denominada modelo de utilidad se prevé, con diferentes denominaciones, en las leyes de más de 30 países a los que hay que sumar los miembros de la Organización Africana de la Propiedad Intelectual (Varea Sanz, 1996). Además, en algunos países, como Australia y Malasia, se estipulan formas de protección denominadas patentes de innovación o innovaciones de utilidad, que se asemejan al modelo de utilidad. En otros países, como Hong Kong, Irlanda y Eslovenia, se prevén patentes de corta vigencia equivalentes al modelo de utilidad.

En España, la Ley 11/1986 establece: serán protegibles como modelos de utilidad las invenciones que, siendo nuevas e implicando una actividad inventiva, consistan en dar a un objeto una configuración, estructura o constitución de la que se derive una ventaja prácticamente apreciable para su uso o fabricación”.

Aunque los requisitos que se piden para la protección de la invención son similares a los de las patentes, puede decirse que son menos estrictos para los modelos de utilidad, por lo que se utilizan para proteger invenciones de menor rango inventivo que las patentes. En la práctica, se utiliza la protección mediante modelos de utilidad para innovaciones menores que quizá no satisfagan los criterios de patentabilidad.

El plazo de duración de la protección por modelos de utilidad es más corto que

el de las patentes y varía según el país. En España la duración de un modelo de utilidad es de 10 años, frente a los 20 años de una patente.

La sencillez del proceso y la menor duración determina que sea más económico obtener y mantener modelos de utilidad.

Pero es importante destacar que la Ley 11/1986 excluye de manera expresa la protección, mediante el modelo de utilidad, de los productos químicos, los alimentos y los procedimientos.

Por lo general, los modelos de utilidad se aplican a las invenciones de menor complejidad técnica y a las invenciones que se prevé comercializar solamente durante un período de tiempo limitado.

### Diseños

Se entiende por diseño la apariencia u ornamentación de un producto, que hacen que visualmente sea diferente a otro sin tener en cuenta ninguna de sus características técnicas o funcionales. Es por tanto, una protección de la forma de un producto tridimensional (modelo industrial) o bidimensional (dibujo industrial).

En los modelos de utilidad se protege la forma de un objeto porque determina una ventaja técnica del mismo, mientras que en los diseños se protege su forma pero sólo por su apariencia externa, originalidad, por el efecto estético que produce y que se aplica sólo a la ornamentación y presentación de los productos.

En España, los diseños se regulan mediante la Ley 20/2003, de 7 de julio, de protección jurídica del diseño industrial. Asimismo, existen diseños concedidos por organizaciones supranacionales con efectos en el ámbito comunitario e internacional.

Existe la posibilidad de obtener un diseño comunitario mediante una única solicitud, concedido por la Oficina de Armonización del Mercado Interior (OAMI). Dicho diseño es a todos los efectos único, concediéndose, denegándose o anulándose para todo el territorio de la Unión Europea, por lo que otorga a su titular el derecho exclusivo a usarlo en todos los Estados miembros de la Unión Europea (actuales y futuros) e impide el uso por terceros sin su consentimiento.

El diseño comunitario registrado queda protegido en un principio durante un plazo de cinco años, renovables por períodos de cinco años hasta un máximo de 25 años, contados a partir de la fecha de solicitud.

Otra vía posible es el diseño internacional que se enmarca en un sistema de

registro internacional de diseños para Estados y organizaciones intergubernamentales que están integrados en el arreglo de La Haya que comprende las actas de 1934, 1960, 1967, protocolo de Ginebra de 1975 y el acta de Ginebra de 1999.

Desde el 1 de enero de 2008, fecha de entrada en vigor la adhesión de la Unión Europea al arreglo de La Haya (Moledo; 2007), las empresas de la UE y de los Estados adheridos a dicho arreglo pueden, con una única solicitud (lo que simplifica el proceso y reduce los costes) obtener la protección de sus diseños en 62 Estados.

Es también destacable que un diseño internacional es más fácil de gestionar que varios nacionales, al simplificarse la obtención de protección en otros Estados y también la gestión posterior de dicha protección.

El diseño internacional tiene un período de validez inicial de cinco años contados a partir de la fecha del registro. El registro podrá renovarse por períodos adicionales de cinco años hasta completar establecido por cada legislación de cada parte contratante del arreglo de La Haya.

### Marcas

La marca y el nombre comercial son signos distintivos que se protegen mediante títulos otorgados por el Estado y que confieren a su titular el derecho exclusivo de utilizarlos en el tráfico económico e impedir a otros la utilización en España de los signos distintivos protegidos u otros idénticos o similares aplicados a productos o servicios idénticos o semejantes.

La marca es un signo o una combinación de signos que diferencian los productos y/o servicios de una empresa de los de los demás.

Se entiende por nombre comercial todo signo susceptible de representación gráfica que identifica a una empresa en el tráfico mercantil, y que sirve para distinguirla de las demás empresas que desarrollan actividades idénticas o similares.

Las marcas y los nombres comerciales pueden ser denominativos, gráficos o mixtos.

La protección en España de las marcas y los nombres comerciales se obtiene siguiendo los requisitos establecidos por la LEY 17/2001 de 7 de diciembre de marcas.

Otras posibilidades son la marca comunitaria, otorgada por la OAMI y válida para todo el territorio de la Unión Europea, y la marca internacional, con-

cedida por la OMPI y con la que se puede obtener protección en hasta 78 países.

### Utilización conjunta de las modalidades de propiedad industrial

Los esfuerzos de innovación de las empresas deben, en nuestra opinión, ser protegidos mediante la utilización conjunta de las diferentes modalidades de protección jurídica o títulos de propiedad industrial, con el fin de obtener una protección adecuada.

Un caso significativo lo encontramos al analizar la estrategia de propiedad industrial de Angulas Aguinaga, S.A.

En la década de 1970, la empresa se había posicionado como uno de los mayores comercializadores de angulas en el mundo. Las angulas desovan en el mar de los Sargazos (región septentrional del océano Atlántico). Sus huevos se transforman en leptocefalos y luego en angulas. Desde dicho mar, los leptocefalos inician su migración hacia Europa atravesando todo el océano Atlántico. Después de tres años, llegan a España, Francia, Reino Unido y países nórdicos, donde migran a través de los ríos, cruzando toda clase de barreras naturales e incluso apilándose entre ellas para dar mas consistencia y resistencia a sus travesías.

Desde principios de la década de 1980 se ha observado que existe una tendencia a disminuir la cantidad de angulas que llegan a las costas de Europa. Conscientes del agotamiento de los recursos naturales de angulas, Angulas Aguinaga decidió buscar un sucedáneo y lo encontraron en el surimi, un producto derivado del pescado consumido en Japón desde hace siglos.

Este proceso de innovación por necesidad dio como resultado un alimento generado en los laboratorios del CSIC y patentado por Aguinaga a principios de los noventa, y, como consecuencia, el producto más conocido ya no son las angulas sino la gula del norte®. Al margen de la tecnología, el éxito de la gula del norte ha estado también relacionado con una intensa promoción en televisión y otros medios.

Algunas muestras de reconocimiento del carácter innovador de Aguinaga son el nombramiento, en 2006, como "mejor empresa alimentaria española" por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y la entrega del premio de honor en el concurso Seaffod Prix'Elite 2007.

La importancia de la protección de la propiedad industrial para esta empresa se pone de manifiesto a través del análisis de los registros obtenidos por Aguinaga para sus productos.



Figura 1. La gula del norte fresca de Angulas Aguinaga, SA.

Analizamos, a continuación, uno de los productos ofrecidos por Angulas Aguinaga, concretamente el denominado "La gula del norte fresca". En la figura 1, se reproduce una imagen de dicho producto:

Se indican a continuación, de forma detallada para cada una de las categorías, los títulos de propiedad localizados que protegen dicho producto.

#### Patentes

Del análisis de las diferentes bases de datos de propiedad industrial, se deduce que el producto comercializado como la gula del norte fresca de Angulas Aguinaga, SA, está o puede estar protegido (ya que no se ha hecho el análisis del producto propiamente dicho), por las siguientes patentes:

a) Patente española 2010637: "Procedimiento de fabricación de un producto análogo a la angula y producto así obtenido".

Patente que se refiere tanto al procedimiento de fabricación de un producto análogo a la angula como al producto así obtenido. La fabricación de un análogo a la angula se hace con pescado picado adicionando además cloruro sódico, almidón, agua, clara de huevo y colorantes naturales. También se pueden añadir otros como aceite vegetal, saborizantes y aditivos oxidorreductores. Los constituyentes se homogeneizan, a una temperatura inferior a 0°, en una máquina cúter. Después, el producto se forma por extrusión o por moldeado y se somete a un tratamiento térmico en una o varias etapas con diversos tipos de atmósferas.

b) Patente española 2034920: "Perfeccionamientos introducidos en la patente de invención 8901508 por: pro-

cedimiento de fabricación de un producto análogo a la angula y producto así obtenido".

Se trata de unos perfeccionamientos introducidos en la patente española 2010637. Se parte de dos tipos diferentes de pasta, básicamente con los mismos ingredientes de la patente española 2010637, pero una de ellas con un aditivo colorante como tinta de sepia, en una proporción adecuada para conferirle un color negruzco. Se somete la pasta blanquecina a un proceso de extrusión, en una extrusora cuyo cabezal cuenta con varias hileras por las que accede radialmente la pasta coloreada con color negruzco, a menor presión y con menor caudal, de manera que la confluencia de ambos tipos de pasta en el seno de las hileras del cabezal de extrusión determina, a la salida del mismo, filamentos continuos de producto, básicamente blanquecinos pero con un cordón negro y rectilíneos sobre una de sus generatrices. De esta manera, tras la fragmentación de dichos filamentos, las unidades obtenidas se asemejan a las verdaderas angulas. Se ha previsto, además, que los citados cortes de fragmentación de los filamentos continuos sean oblicuos, para determinar en cada unidad biseles extremos simulativos de la cabeza y cola de la angula, el primero con una inclinación del orden de 45° y el segundo con una muy acusada inclinación, inferior a los 10°.

c) Patente española 2034921: "Mejoras introducidas en la patente de invención 8901508 por procedimiento de fabricación de un producto análogo a la angula y producto así obtenido".

Se refiere a unas mejoras introducidas en la patente española 2010637, que consisten en establecer, además de una pasta similar a la de la patente española 2010637, un segundo tipo de pasta, básicamente coincidente con la anterior, pero a la que se ha añadido además tinta de sepia u otro cefalópodo, o en su caso un colorante apropiado, en proporción adecuada para conseguir un color oscuro o negruzco para dicha pasta. Así se obtiene la porción del cuerpo de la angula correspondiente a su lomo, mientras que el resto del cuerpo se obtiene a partir de la pasta no coloreada con este producto.

d) Patente española 2048670: "Procedimiento de fabricación de un producto similar a la angula y producto así obtenido".

Se trata de un procedimiento de fabricación de un producto similar a la angula y producto así obtenido. Consiste en depositar sucesivamente sobre una banda

continua y con la colaboración de una serie de boquillas de moldeado, una primera capa de pasta alimenticia de color blanquecino, y sobre ella un fino cordón desplazado hacia uno de los bordes de la banda base de pasta alimenticia de color negruzco. Seguidamente, se coloca otra banda de pasta de color blanquecino, de manera que el cordón queda insertado entre las bandas antedichas y, finalmente, se añade otra banda superior de pasta de color negruzco, para obtener así una banda continua multicapa que tras sufrir un proceso de calentamiento para su conversión en gel y su estabilización, se somete a un proceso de corte transversal para obtener piezas simulativas de respectivas angulas. Su longitud coincide con la anchura de la banda base y aparece, sobre un cuerpo mayoritario y blanquecino un lomo negro definido por una banda y ojos definidos por los extremos de cada fragmento del cordón.

e) Patente española 2048672: "Procedimiento de fabricación de análogo de angula y producto así obtenido".

Este nuevo procedimiento de fabricación de análogo de angula y producto así obtenido consiste en depositar sobre una cinta transportadora dos bandas continuas y superpuestas de pasta alimenticia adecuada. La inferior es de color blanquecino y con una anchura coincidente con la longitud prevista para las angulas, para constituir mayoritariamente el cuerpo de las mismas, y la superior es de una pasta de color negruzco que representa su lomo. Ésta es más estrecha pero ambas presentan sus zonas marginales rebajadas de espesor para adecuarse al perfil previsto para la cabeza y la cola de la angula, con la especial particularidad de que en el seno de la banda inferior y de pasta blanquecina, cerca de su zona marginal correspondiente a la cabeza de las angulas, se establece un cordón de pasta de color negruzco, que a su vez ha de ser simulativo de los ojos de la angula. Estas dos bandas y el cordón se obtienen mediante un proceso de extrusión, con la colaboración de una boquilla múltiple provista de tres bocas de salida, asistidas por correspondientes extrusoras. La banda continua y multicapa así obtenida es sometida, finalmente, a un proceso de corte transversal del que se obtienen unidades simulativas de angula natural.

f) Patente europea 0 589 819: "Alimento artificial parecido a las angulas".

Se presenta un alimento artificial similar a las angulas que contiene entre 1 y 20 partes por peso de grasa sólida y aceite



hasta completar las 100 partes por peso del material iniciador que comprende pescado y/o carne de marisco como ingrediente principal.

Como se deduce de lo anteriormente expuesto, el proceso de innovación y la protección de los resultados mediante patentes, tanto en la composición del producto, como en su forma de fabricación, es constante desde el lanzamiento del mismo.

#### Modelos de utilidad

Asimismo, del análisis de las diferentes bases de datos de propiedad industrial, se deduce que el producto comercializado como la gula del norte fresca de Angulas Aguinaga, SA, está o puede estar protegido, por los siguientes modelos de utilidad:

a) Modelo de utilidad español U0248607: “Envase para conservación y presentación de alimentos”.

Envase para conservación y presentación de alimentos, caracterizado por constituirse a partir de un volumen base hueco de mayor superficie que altura que en todo su contorno. Aparece rebordado por una pestaña regular que determina un plano en el que por adherencia o termosoldadura se acopla un cuerpo laminar que produce una total hermeticidad interior. Por su cara vista muestra esta lámina e ilustraciones de la más diversa índole. La presentación se efectúa en cadena de unidades enlazadas por uno de los bordes de sus uñetas, con la zona de contacto una línea de aligeramiento de material que facilita la separación por tracción de cada porción. Con un simple tirón es susceptible de separación la lámina, que deja al descubierto

los alimentos, que se pueden consumir directamente del recipiente dadas las características orgánicas de los materiales utilizados en su fabricación.

b) Modelo de utilidad español U9203767: “Dispositivo de extrusionado para la conformación de alimentos en forma alargada”.

Consiste en un dispositivo de extrusionado para la conformación de alimentos de forma alargada que tiene por objeto permitir la combinación de distintos alimentos para configurar un sucedáneo de otro tipo de producto alimenticio, preferentemente angulas, pero que al mismo tiempo permite su utilización para la realización de gusanos, mariscos, etcétera.

A través de los modelos de utilidad nos encontramos con la protección tanto del utillaje de fabricación del producto como de los envases en los que se comercializa.

#### Diseños

Nuevamente, del análisis de las diferentes bases de datos de propiedad industrial, se deduce que el producto comercializado como la gula del norte fresca de Angulas Aguinaga, SA está o puede estar protegido, por los siguientes diseños, registrados en ambos casos como modelos industriales españoles:

a) Modelo industrial español I0127092: “Envase para alimentos”.

Consiste en un envase para alimentos, caracterizado por ser una especie de bandeja, de configuración básicamente troncopiramidal, rectangular, divergente hacia su embocadura y con sus aristas verticales acusadamente redondeadas, que en correspondencia con dicha emboca-

dura presenta una amplia pestaña perimetral, incluida en su mismo plano y a través de la que recibe una lámina de cierre. Presenta, además, sus vértices inferiores truncados, definiéndose para cada uno de ellos un amplio facetado plano, en forma de sector circular, con tendencia al triángulo, a la vez que en cada una de sus caras laterales aparecen una pluralidad de acanaladuras en media caña, perpendiculares a la arista inferior correspondiente, también redondeada y a través de la que se prolongan hacia la base del cuerpo, en un tramo de amplitud ligeramente superior a la altura de la pared lateral. Forman estas acanaladuras grupos dentro de los cuales éstas definen estrechas aristas redondeadas, a la vez que entre los grupos se definen estrechas franjas lisas, y decrece progresivamente el número de acanaladuras que participan en cada grupo desde el punto medio de cada cara a las zonas extremas de la misma.

b) Modelo industrial español I0128365: “Sucedáneo de angula”

Consiste en un sucedáneo de angula, caracterizado en su forma por presentar un cuerpo filiforme, de trayectoria caprichosamente sinuosa y sección básicamente cilíndrica pero con facetado plano inferior, con uno de sus extremos estrechado y que configura una cola puntiaguda y corta, y el otro que configurará la cabeza, adoptará una forma abombada e inclinada de contornos suavemente redondeados.

A través de los modelos industriales nos encontramos con la protección de la forma tanto de los envases en los que el producto es comercializado como del producto en sí mismo.

Figura 2. Modelo industrial español I0127092.

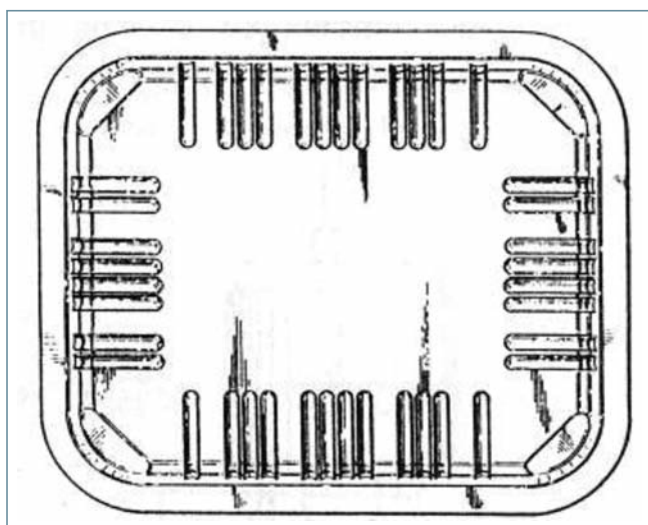


Figura 3. Modelo industrial español I0128365.

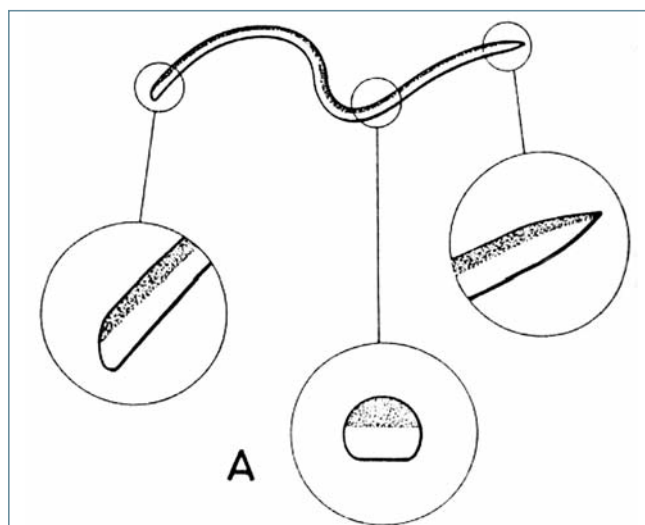




Figura 4. Marcas.

### Marcas

En relación con el producto en análisis, Angulas Aguinaga tiene protegidas las siguientes marcas denominativas:

La gula del norte: marca nacional M 1670915 y marca comunitaria CTM 006467765.

La gula: marca nacional M 1686484.

Por otra parte, y también en relación con el producto en cuestión, Angulas Aguinaga tiene protegidas las marcas mixtas (denominativas con gráficos) reproducidas en la figura 4:

Por último, Angulas Aguinaga protege su nombre comercial, presente en el producto en análisis, mediante la marca reproducida en la figura 5:

### Resumen y conclusiones

A modo de resumen de lo indicado en los apartados anteriores del presente artículo, podemos concluir que en el caso en estudio:

– La tecnología del proceso utilizado para la fabricación del producto, así como las características técnicas del producto, han sido protegidas mediante las patentes españolas 2010637, 2034920, 2034921, 2048670 y 2048672 y la patente europea 0589819.

– Las características técnicas del utillaje utilizado en la fabricación del producto se protegen mediante el modelo de utilidad español U9203767.

– La forma del producto se protege mediante el modelo industrial español (diseño) I0128365.

– Las características técnicas de los envases utilizados para la comercialización del producto se protegen mediante el modelo de utilidad español U0248607.

– La forma de los envases utilizados para la comercialización del producto se protege mediante el modelo industrial español (diseño) I0127092.

– La comercialización del producto se protege mediante las marcas españolas M2044328 y M2640654.

– Por último, el nombre comercial del productor se protege mediante la marca española N0204460.

No cabe duda, a la vista del análisis realizado que gran parte del éxito obtenido por Angulas Aguinaga en su proceso de innovación de los productos comercializados, sus famosas gulas del norte, se debe a la estrategia de propiedad industrial desarrollada e implementada como parte del proyecto de innovación.

### Bibliografía

- Bases de datos y sitio web de la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM). Disponible en: [www.oepm.es](http://www.oepm.es).
- Bases de datos y sitio web de la Oficina Europea de Patentes (EPO). Disponible en: [www.epo.org](http://www.epo.org)
- Bases de datos y sitio de la Oficina Estadounidense de Patentes y Marcas (USPTO). Disponible en: [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov)
- Bases de datos de la Oficina Japonesa de Patentes (JPO). Disponible en: [www.jpo.go.jp](http://www.jpo.go.jp)
- CPE. Convenio 5 de octubre de 1973, sobre concesión de patentes europeas (versión consolidada tras la entrada en vigor del acta de revisión de 29 de noviembre de 2000).
- CPPPI. Convenio de París para la protección de la propiedad industrial del 20 de marzo de 1883, revisado en Bruselas el 14 de diciembre de 1900, en Washington el 2 de junio de 1911, en La Haya el 6 de noviembre de 1925, en Londres el 2 de junio de 1934, en Lisboa el 31 de octubre de 1958, en Estocolmo el 14 de julio de 1967 y enmendado el 28 de septiembre de 1979 (BOE núm. 128, de 1 de febrero de 1974).
- Ley 11/1986 de 20 de marzo, de patentes de invención y modelos de utilidad. (BOE número 73 de 26.03.1986; p. 11188-208).
- Ley 17/2001 de 7 de diciembre de marcas (BOE número 294 de 8/12/2001, páginas 45.579 a 45.603).
- Ley 20/2003, de 7 de julio, de protección jurídica del diseño industrial (BOE número 162 de 8/7/2003; p. 26348-68).
- Moledo Froján FJ (2007). La protección internacional de los dibujos y modelos industriales a partir del 1 de enero de 2008. Dyna Ingeniería e Industria. Vol. 82 (9): 512-4.
- Varea Sanz, M (1996). El Modelo de Utilidad: régimen jurídico. Editorial Aranzadi. p. 668. ISBN: 84-8193-391-0.

Figura 5. Nombre comercial.



Francisco Javier Moledo Froján

fmoledo@iies.es

Doctor ingeniero industrial. ETS de Ingeniería. Universidad del País Vasco.



**Limitación Demanda Energética:  
Exportación LIDER  
Certificación Energética:  
Exportación CALENER**



**dmELECT**  
Software de Instalaciones para  
Ingeniería, Arquitectura y Construcción

## ¿Por qué elegir DMELECT?

- Posibilidad de diseñar y calcular todas las instalaciones en un mismo proyecto.
- Destacados por su gran sencillez de manejo e introducción de datos y por ser el cálculo más potente del mercado (cálculo matricial, algoritmos de optimización, etc), que le permitirá abordar proyectos de gran envergadura y sin limitaciones. El programa obtendrá automáticamente las secciones y diámetros de la instalación, sin necesidad de ser definidos por el usuario.
- Avalados por miles de técnicos del sector.
- La calidad nos diferencia del resto. Contraste el mercado y se convencerá.
- El mejor Servicio post-venta. Ayuda instantánea ante cualquier duda que pudiera surgirle. Evite retrasos innecesarios o no encontrar solución técnica a sus proyectos.
- Lectura de imágenes en DWG, DXF, BMP, TIFF y JPEG.
- Proyecto completo: Memoria Descriptiva, Anexo de Cálculos, Pliego de Condiciones, Medición y Planos.
- Memoria Técnica de Diseño, Certificados de la Instalación y Manual del Usuario (en Electricidad).
- Obtención automática de las Fichas Justificativas de la Opción Simplificada para la Limitación de Demanda Energética. Evite tener que manejar programas engorrosos y de poca utilidad.
- Los proyectos calculados con nuestro software le concederán la nota más alta en todos los organismos oficiales. La experiencia de casi 20 años así lo confirma.
- Si aún le quedan dudas, visite nuestra página web donde encontrará mayor información.

## 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.  
Limitación Demanda Energética (DB HE1).  
CONDUCTOS: Conductos de Aire para Ventilación y Climatización.  
RSF: Radiadores, Suelo Radiante y Fancoils.  
SOLTE: Energía Solar Térmica

## 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



RITE

RBT



Nuevo Reglamento AT  
(RD 223/2008)

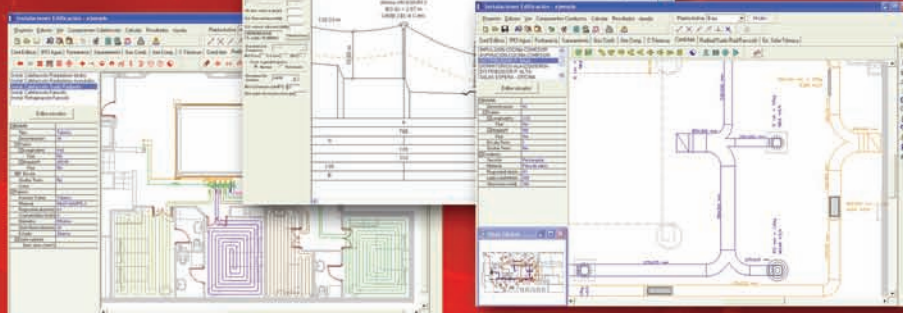
RLAT

Reglamento Combustibles  
Gaseosos (RD 919/2006)

RCG

Memorias Técnicas de Diseño y  
Certificados de la Instalación

MTD y CI



SENCILLEZ EN EL MANEJO, POTENCIA EN EL CALCULO



# Aplicaciones del control proporcional inalámbrico

Juan Manuel Oliveras Sevilla

*Applications of proportional remote control*

## RESUMEN

El control proporcional inalámbrico del movimiento de mecanismos, sentido de giro y velocidad de pequeños motores se puede realizar mediante el empleo de ondas de radiofrecuencia proporcionadas por los modernos sistemas de radio basados en la emisión modulada por posición de pulso, conocida comúnmente como PPM (*pulse position modulation*). Este sistema de control proporcional vía radio se denomina Colpra (CONtroL Proporcional vía RAdio). Las aplicaciones más frecuentes donde encuentra su utilidad son el accionamiento de servos comerciales, que actualmente pueden incorporar motores especiales como los coreless y los motores *brushless*, además del control de motores de continua tanto en su sentido de giro como en su velocidad. En las aplicaciones de un accionamiento proporcional inalámbrico para motor de continua se introduce como novedad el llamado PIC (microprocesador tipo RISC), con lo que se obtiene un control proporcional total tanto de la velocidad como de su sentido de giro. Gracias al *firmware* o programación que se puede implementar en estos dispositivos se abre un campo de control ilimitado.

Recibido: 19 de enero de 2010  
Aceptado: 15 de julio de 2010

## Palabras clave

Ingeniería de control, controlador proporcional, controlador PIC, radiofrecuencia

## ABSTRACT

*The proportional remote control of movement of mechanisms, direction of rotation and speed of small motors, can be achieved by means of radio frequencies provided by modern radio control systems based on Pulse Position Modulation or PPM. This system of proportional radio control is referred to in this article as COLPRA (CONtroL Proportional by RAdio). The most frequent applications of this system are the operation of commercial servos, which may currently be equipped with special motors such as coreless or brushless motors, as well as the control of both speed and direction of rotation of continuous current motors. A new development in the application of proportional remote control operation of a continuous current motor, has been the introduction of PIC microcontrollers (RISC type microcontrollers), by means of which a total proportional control is achieved both in terms of speed as well as direction of rotation. The firmware or programming which can be implemented in these devices, opens up an unlimited range of control*

Received: January 19, 2010  
Accepted: July 15, 2010

## Keywords

Control engineering, proportional controller, PIC microcontroller, radio frequency

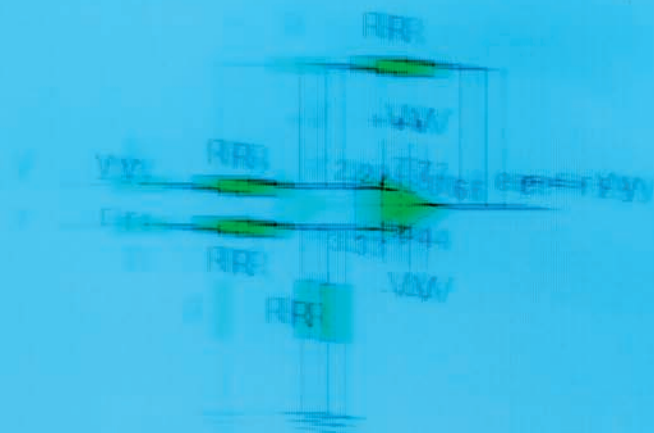


Foto: Pictelia

El control proporcional inalámbrico, es decir, a distancia sin la mediación de ningún tipo de cableado, es, sin duda, una de las metas más atractivas que puede conseguir un técnico en sistemas. El poder controlar a distancia la dirección de movimiento para un mecanismo, o el sentido de giro de un motor a la vez que se realiza un control proporcional de su velocidad de giro, son metas que la tecnología actual nos permite realizar de una forma relativamente sencilla en comparación con los objetivos alcanzados a comienzos del siglo XX en el que el control inalámbrico del tipo todo o nada eran los únicos resultados posibles. El control proporcional inalámbrico, mediante la utilización de ondas de radiofrecuencia, es, sin duda, un gran logro de nuestra tecnología. (El sistema de control proporcional vía radio lo llamaremos para abreviar sistema Colpra: COntrol Proporcional vía RAdio).

#### Constitución del sistema Colpra

Un sistema Colpra está constituido básicamente por: emisor, receptor, precarga y carga, como indica la figura 1: un equipo emisor, *E*, de ondas de radio a una determinada frecuencia, moduladas por un sistema de control de la anchura de pulsos generados, comúnmente conocido como sistema PWM (*pulse width modulation*); un equipo receptor, *R*, de las ondas de radiofrecuen-

cia, en el que las ondas de radio son detectadas, extrayéndoseles la información PWM con la que se puede controlar de forma proporcional la carga acoplada convenientemente al receptor mediante la precarga; un sistema de precarga o dispositivo condiciona la señal convenientemente para el accionamiento de la carga, y la carga propiamente dicha, que es un micromotor en el caso de los servos industriales o un motor de características determinadas.

En este artículo no vamos a tratar cómo las señales PWM modulan la portadora de radiofrecuencia en el sistema emisor y son demoduladas posteriormente en el equipo receptor, ni de los distintos tipos de modulación AM y FM, pues es materia que se explica ampliamente en los textos dedicados a los sistemas de radiocomunicaciones. A nosotros nos interesa, a efectos de su aplicación, como tratar esa información PWM recogida del receptor de radio con el objeto de controlar proporcionalmente una carga. Por lo que explicaremos básicamente como codificamos la información.

Indicaremos que para dicha codificación se suelen utilizar básicamente dos técnicas de modulación:

PPM.- Pulse Position Modulation (modulación por posición de pulso)

PCM.- Pulse Code Modulation (modulación por codificación de pulso)

Estos sistemas de modulación aunque son muy similares en sus siglas, son totalmente diferentes e incompatibles entre sí.

#### Técnicas de modulación

##### Modulación PPM

En la modulación PPM el emisor envía un pulso de señal de aproximadamente 300 microsegundos, que constituye la señal de sincronización con el receptor, seguido de un tiempo para cada canal como muestra la figura 2. El tiempo entre cada pulso se utiliza para realizar el control proporcional. En el caso de que la carga sea un servo este estará centrado aproximadamente cuando los pulsos duren 1,5 microsegundos. De forma que si el pulso dura más, hasta 2 microsegundos, el servo se moverá a la derecha. Si por el contrario dura menos, hasta 1 microsegundo, el servo se moverá a la izquierda.

Gracias a la sincronización el receptor sabe cuando se aplica la señal del canal 1, que aparecerá después de la señal de sincronización. La secuencia de refresco se repite continuamente unas 40 veces por segundo.

En el ejemplo de la figura 2 para dos canales, la señal del canal 1 dura 1,5 milisegundos por lo que el servo conectado a la salida del canal 1 del receptor pasará a posición centrado. Para el canal 2, con una dura-



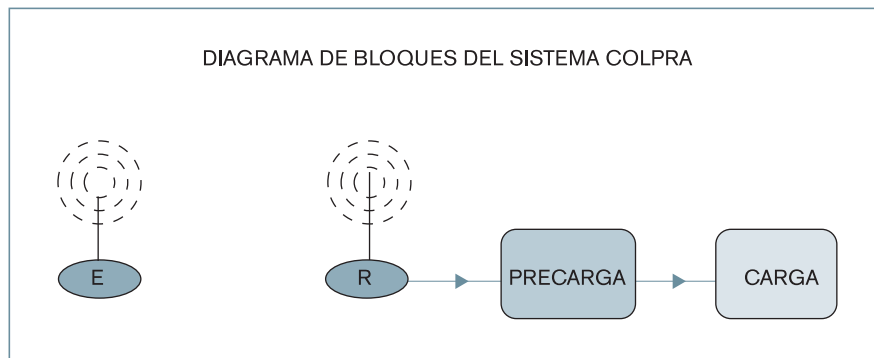


Figura 1. Diagrama de bloques.

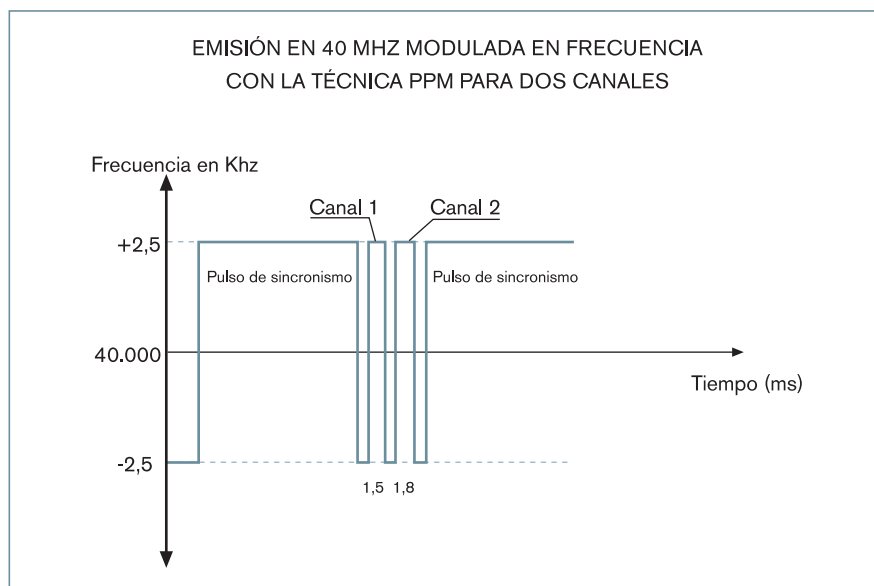


Figura 2. Modulación PPM.

ción de 1,8 milisegundos el servo conectado al canal 2 girará hacia la derecha.

### Modulación PCM

En la modulación PCM los pulsos enviados por el emisor están codificados digitalmente en forma de "0" y "1" como indica la figura 3. Por lo que el receptor deberá incluir un dispositivo que sepa leer esta información en código binario. Y claro está este dispositivo es un microprocesador. De esta forma el gobierno del servo se podría realizar, por ejemplo, en 2.048 pasos. Siendo el giro completo a la izquierda el "0", la posición central del servo "1.024 pasos" y el giro completo a la derecha "2.048 pasos".

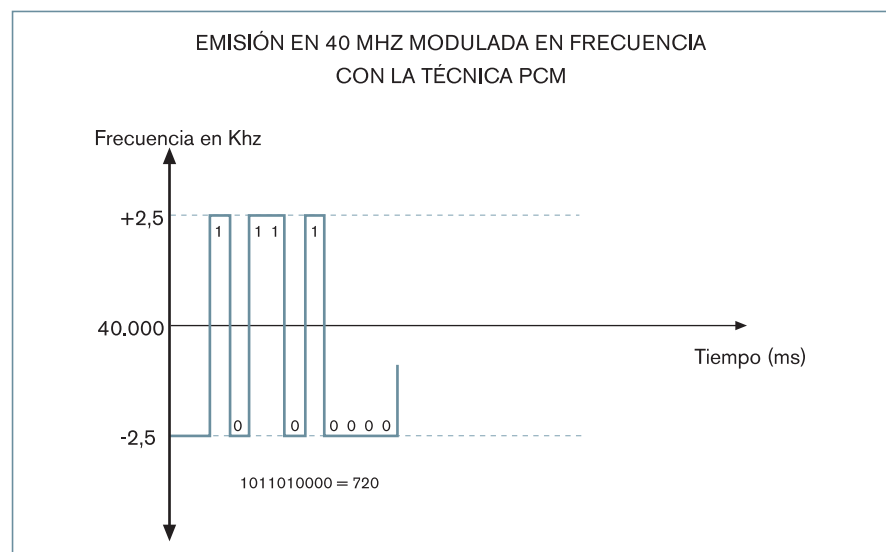
Podríamos decir de forma muy simplificada que si el emisor para dos canales envía el siguiente paquete de números: 1-1024 - 2 -720. El receptor lo interpretaría como canal 1 centrado, estando en esta situación el servo conectado al canal 1; canal 2, 304 pasos a la izquierda del centro, dando el servo conectado al canal 2 el giro a izquierda con dicha secuencia de pasos.

En la figura 3 se presenta un ejemplo sim-

plificado de la señal PCM del canal 2, donde se envía el paquete de números correspondientes a la codificación en binario del 720.

Se deduce que al utilizar un micropro-

Figura 3. Modulación PCM.



cesador este incluirá sistemas de verificación de la señal emitida, por lo que un sistema basado en la modulación PCM es más inmune a interferencias que un sistema basado en la modulación PPM. Por el contrario como el algoritmo matemático utilizado por el microprocesador es distinto para cada fabricante es necesario utilizar únicamente el receptor del mismo fabricante que el emisor PCM.

Por ello las aplicaciones del sistema Colpra explicadas en este artículo se realizaron con sistemas que utilizan la modulación PPM por ser menos crítica y utilizarse en la práctica con mayor frecuencia. La salida del receptor de radio es un sistema a tres hilos, uno es el positivo de la alimentación, otro es el negativo de la alimentación y referencia de señal y el tercero es la señal PWM de control obtenida de la demodulación PPM realizada en el receptor.

### Tipos de sistema Colpra

Se puede por tanto diferenciar entre sistema Colpra para servo y sistema Colpra para motor. El sistema Colpra para servo acciona un servo mecanismo transformando el tren de impulsos PWM en el movimiento mecánico del eje del servo. Los servos son unos instrumentos electromecánicos encargados de convertir en movimiento las instrucciones dadas desde la emisora.

En este caso la precarga se encuentra en la circuitería interior del servo. Y su carga está constituida por el micromotor del servo en conexión con la carga mecánica que tiene que accionar.

### Accionamiento de un servo comercial

En la salida del receptor de radio a tres hilos tenemos presente la señal de control PWM

con la que podemos gobernar directamente un servo de tipo comercial como el de la figura 4.

Los servos comerciales, constan básicamente de un brazo para el accionamiento mecánico exterior de la carga, unido al eje del servo en contacto con una cadena de pequeños engranajes accionados por un micromotor gobernado por un pequeño circuito electrónico que hace la función de precarga. Los engranajes tienen como función reducir la velocidad y aumentar el par del eje de salida. Se fabrican básicamente de nailon, carbonita, metal o titanio, siendo estos últimos de mayor resistencia a la rotura.

Como muestra el diagrama de bloques para un servo de la figura 5 además del circuito electrónico de control los servos disponen de un potenciómetro, que está conectado al eje del brazo de salida del servo, de suerte que al moverse éste, se mueve el potenciómetro y su resistencia varía; esta variación es utilizada por la electrónica del servo para conocer cuanto se ha desplazado el servo. Es por tanto un sistema de retroalimentación, pues según la señal, el circuito suministra al micromotor del servo una corriente que le hace moverse en la dirección deseada. Esto produce por medio de la cadena de engranajes, un movimiento del brazo de salida del servo. El potenciómetro de salida detecta este movimiento variando su resistencia e informando al circuito electrónico de la posición del brazo del servo, de forma que cuanto más próxima sea su posición a la deseada, menor es la corriente que alimenta al motor, y al llegar a la posición mandada por el receptor, el micromotor se para oponiéndose el conjunto del sistema a cambios de esta posición hasta que se comande al servo a una posición diferente, comenzando de nuevo todo el proceso.

El micromotor es el encargado de suministrar la fuerza necesaria para accionar el brazo del servo. Está conectado a la cadena

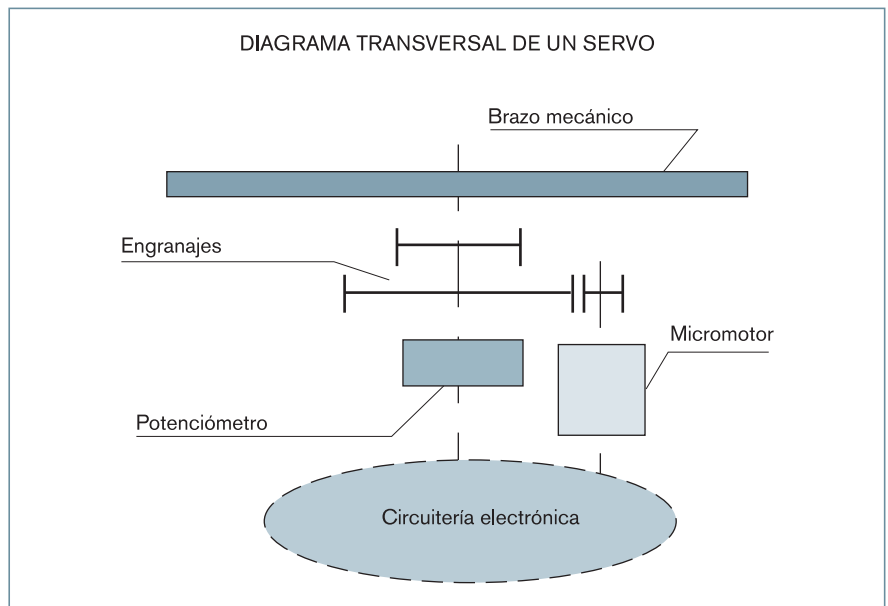


Figura 5. Diagrama de un servo.

de engranajes que realiza la función de caja reductora convirtiendo la velocidad de giro del micromotor en par de salida del eje conectado al brazo. El micromotor se activa y desactiva de acuerdo a las señales dadas por el circuito de control y éste a su vez recibe las señales del potenciómetro. La calidad del micromotor se refleja en las características del servo. Como micromotor se emplean distintos tipos de motores: motores dc, motores coreless y motores *brushless*.

Los motores dc, son motores tradicionales de continua basados en un rotor con armadura ferromagnética en el que se dispone un bobinado, como muestra la figura 6. Este rotor gira dentro del campo magnético producido por unos imanes permanentes que constituyen el estator de la máquina. La energía llega al bobinado mediante el conmutador de delgas alimentado por medio de escobillas; dotadas estas de unos resortes que las empujan para

mantener el contacto con el conmutador a medida que se van desgastando, cuando esto sucede por completo el motor deja de funcionar, además tiene el inconveniente de que su inercia impide pararlo rápidamente cuando gira a alta velocidad. Y también presenta un par de retención, como consecuencia de la acción del campo magnético permanente sobre el núcleo ferromagnético del rotor, que necesita vencer en el momento de ponerse en marcha.

Los motores coreless, que por sus características reciben distintos nombres como motor con rotor sin hierro, o motor campana, pues el rotor en cuyo interior se ubica un imán cilíndrico, tiene forma de campana; se diferencian del anterior en que no lleva armadura ferromagnética en el rotor sino sólo un bobinado, estabilizado y encapsulado con una impregnación epoxy, que gira alrededor de un potente imán interno realizado con tierras raras como por ejemplo

Figura 4. Servos comerciales.

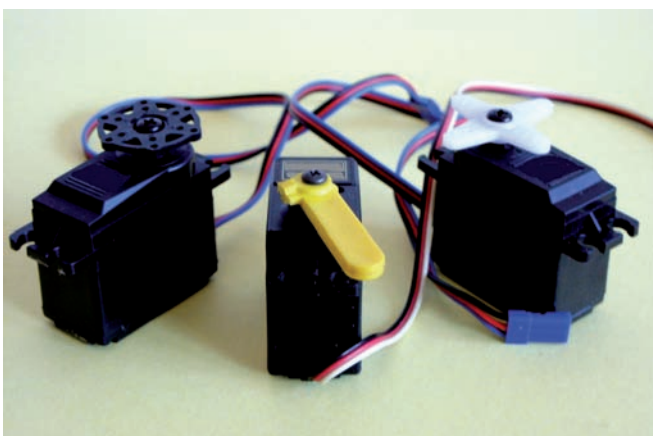
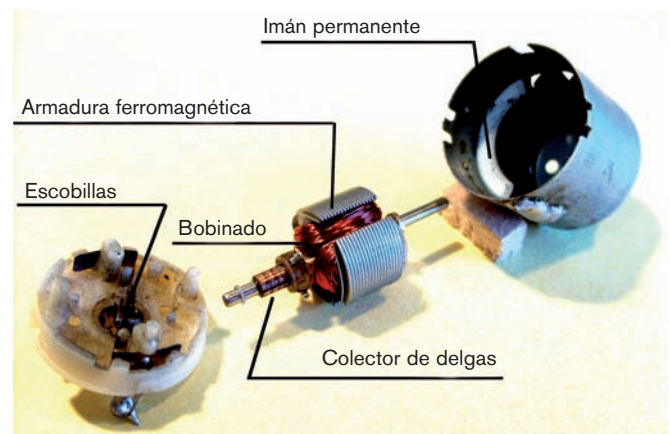


Figura 6. Despiece del motor dc.



óxido de samario. Al no tener armadura de hierro en el rotor, se elimina el par de retención que necesita vencer un motor convencional dc para ponerse en marcha. Un motor de estas características por tanto arrancará con un mínimo voltaje, el suficiente para vencer las pérdidas por roce y podrá girar a bajas revoluciones sin problemas, siendo su desaceleración casi instantánea. Además para mejorar el contacto eléctrico, entre las escobillas y las delgas del colector, estas se realizan de plata. Empero este motor sigue teniendo, como el motor normal dc, escobillas, presentándose también el problema del desgaste de las mismas con el funcionamiento del motor.

Los motores *brushless*, como su nombre indica, no tienen escobillas que induzcan carga y que estén sujetas a desgaste, el motor gira más rápido con mayor rendimiento, velocidad, par y suavidad. El motor *brushless* es básicamente un motor sincrónico trifásico que tiene un rotor con imanes permanentes. Los devanados del estator son alimentados con tensiones de manera que el imán permanente del rotor sigue los campos magnéticos creados por los devanados del estator. Los bobinados de un motor *brushless*, también llamado BLDC, están distribuidos a lo largo del estator en tres fases con una separación de 120° entre ellas. A diferencia de los motores convencionales dc con escobillas, donde la conmutación entre sus fases se realiza en el colector de delgas; en los motores *brushless* las corrientes y voltajes aplicados a cada bobinado del motor han de estar controlados mediante una conmutación electrónica realizada por un controlador de motor, según un algoritmo de conmutación implementado. Siendo los más utilizados en la actualidad la conmutación trapezoidal basada en sensores de efecto may, y la conmutación senoidal. Siendo este tema de amplio desarrollo, escapa por tanto a las finalidades de este artículo.

#### Características de los servos

Las características mas relevantes de un servo son su potencia o par, la precisión o resolución, su velocidad y para ciertas aplicaciones su tamaño y precio.

a) *Potencia*. Se denomina así a la fuerza que ejerce el brazo del servo a una determinada distancia del eje. Pues si hablamos de un servo de tres kilos se entiende que el servo hace una fuerza de tres kilos a un centímetro de su eje; de forma que a mayor distancia, tendremos menos fuerza. Si por ejemplo, tenemos doble distancia del eje, el servo ejercerá una fuerza de 1,5 kilos.

La potencia se puede aumentar utilizando un motor de alta calidad; como los llamados “coreless”, es decir sin armadura interna.

Empero el aumento de potencia se debe acompañar de la utilización de engranajes de mayor grosor, o metálicos y se deben utilizar circuitos electrónicos capaces de suministrar mayores corrientes al motor.

b) *Precisión*. La precisión o resolución de un servo indica la exactitud de movimientos que es capaz de realizar. Un servo de buena calidad tiene una resolución de un 1%, y esta depende de varios factores: diseño de los circuitos, número de polos del motor, holguras del tren de engranajes, etc., etc.

Los buenos servos tienen un tren de engranajes sin holguras, con poca resistencia al giro ya que se suele sustituir el casquillo de giro del eje de salida por rodamientos a bolas, disminuyéndose la resistencia y el desgaste así como la holgura producida. En resumen los rodamientos a bolas en el eje de salida evitan desgaste y holguras que disminuirían la precisión.

c) *Velocidad*. Se entiende por velocidad de un servo el tiempo que tarda su brazo de salida en recorrer un determinado ángulo. Variando la demultiplicación de la cadena de engranajes se puede ganar velocidad perdiendo potencia. Un servo rápido puede tardar 0,3 segundos en realizar su recorrido normal completo.

En los servos se mide la velocidad como el tiempo que le toma al eje de salida girar 60 grados; estando la medida dada en fracciones de segundo, de suerte que cuanto más bajo sea el valor más rápido será el servo. Si por ejemplo tiene una velocidad de 0,15/60° le tomará al eje de salida 0,15 segundos girar 60 grados.

Utilizando motores “coreless” tendremos un servo de igual tamaño pero con mucha más potencia y utilizando una demultiplicación adecuada, se puede convertir esa mayor potencia en una velocidad mayor.

d) *Tamaño y precio*. El tamaño y el precio están relacionados de una manera particular, pues existe un tamaño Standard de servo con unos 20 mm de ancho, 40 mm de largo y unos 45 gramos de peso. Si es menor, el precio aumenta de forma inversamente proporcional al tamaño. Quizás por la dificultad de su construcción. Por encima del tamaño Standard tenemos servos grandes de mayor potencia que son también más caros.

Si para un servo determinado utilizamos un brazo más largo, el par y la resolución se reducirán, pero la velocidad será mayor.

#### Accionamiento de un motor de corriente continua con el sistema Colpra

Para el control de un motor de continua debemos interponer entre el receptor de radio y el motor la precarga, siendo esta un dispositivo conocido como regulador

electrónico de velocidad. La precarga consta de dos bloques, uno de ellos, bloque I dedicado al tratamiento de los pulsos PWM obtenidos del receptor de radio y otro, bloque II, dedicado al control directo del motor de continua.

El bloque I se puede realizar utilizando circuitos combinacionales y secuenciales de tipo comercial como el mostrado en la figura 7. Al utilizar amplificadores operacionales en modo comparador, una realización de este tipo necesitará un preset para establecer el nivel de señal adecuado para marcar la diferencia entre el giro del motor a derecha frente al giro a izquierda.

Para reducir el tamaño de los dispositivos empleados podemos realizar el bloque I con un microcontrolador, que dada su aceptación comercial, puede ser del tipo PIC como muestra la figura 8 y de este modo realizaremos el tratamiento de los pulsos PWM mediante el *firmware* o programa introducido a tal efecto en el PIC. En la figuras 7 y 8 mencionadas se puede apreciar la disminución en tamaño de circuitería según se utilice uno u otro sistema.

Los PIC o PIC-micro son una familia de microcontroladores tipo RISC (Reduced Instruction Set Computer), es decir computadora con conjunto de instrucciones reducidas; fabricados por Microchip Technology Inc.

La tecnología actual dispone de microcontroladores con memoria tipo flash por lo que la programación *firmware* se puede modificar muchas veces facilitando su puesta a punto y la corrección de posibles errores. Incluso, con la utilización de los generadores de reloj internos del PIC, no hace falta utilizar control exterior de frecuencia por cuarzo. De esta forma el montaje es más compacto si bien será necesario realizar la correcta calibración del reloj interno del PIC para que no se produzcan errores de frecuencia al correr el programa almacenado en su memoria.

La finalidad del programa será básicamente la de generar unos trenes de pulsos cuyo ancho estará relacionada con la duración de los pulsos PWM obtenidos del receptor de radio y sincronizados con este. Como resultado de aplicar convenientemente lo anterior obtendremos del PIC, como indica la figura 9, una salida “A” que gobernará proporcionalmente el giro del motor en sentido de las agujas del reloj, y otra salida “B” que realizará lo propio para el giro del motor en sentido contrario. Para realizar esto dispondremos del bloque II.

El bloque II estará constituido, en su concepción más completa, para el control proporcional bidireccional, por un puente de transistores mosfet de potencia dis-



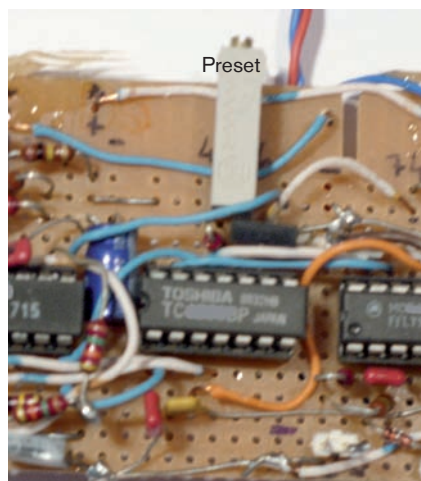


Figura 7. Bloque I combinacional &amp; secuencial.

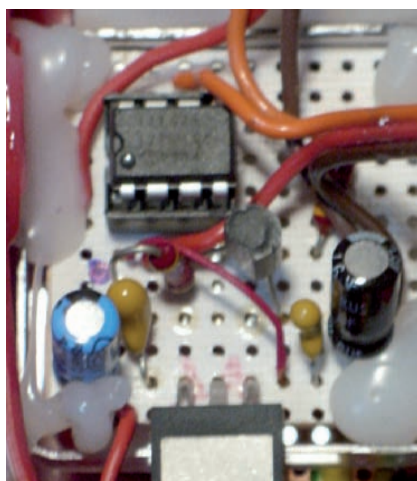


Figura 8. Bloque I realizado con PIC.



Figura 10. Conjunto del dispositivo.

puestos en H, dos de ellos de canal N y otros dos de canal P, cuyo esquema representativo se muestra en la citada figura 9. Si solo fuese necesario el control en un solo sentido de giro prescindiríamos del puente en H y el esquema se simplificaría notablemente.

El sistema básicamente funcionaría de la siguiente forma: la activación a nivel alto de la salida "A" del PIC pondrá en conducción el transistor TR1 que llevará a masa la puerta del MOS1 de canal N, por lo que pasará a conducción; así como el MOS2 de canal P cuya puerta es puesta a nivel alto por la salida "A" del PIC. La conducción simultánea del MOS1 y MOS2 determinan el giro del motor en un sen-

tido a una velocidad proporcional a la duración de los pulsos PWM generados por el PIC en sincronismo con los pulsos provenientes del emisor. La resolución utilizada estará determinada por la impuesta en el *firmware* programado en el PIC.

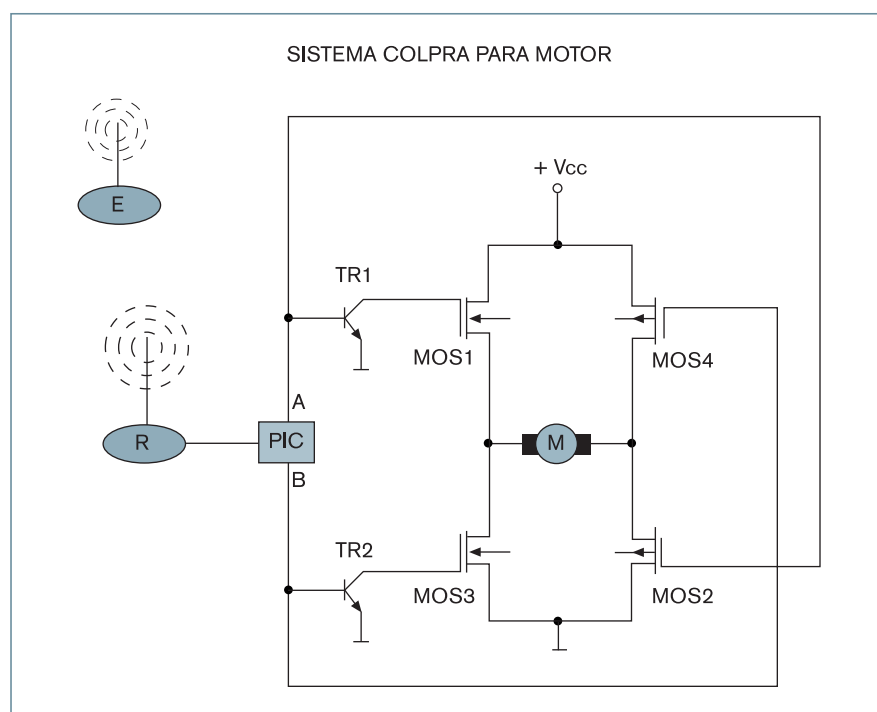
La puesta a nivel alto de la salida "B" del PIC determinará la puesta en conducción del transistor TR2 y por consiguiente la puesta a masa de la puerta del MOS3 de canal N que pasará a conducción, así como el MOS4 de canal P cuya puerta ha sido puesta a nivel alto por la salida "B" del PIC. Por lo que la conducción simultánea del MOS3 y MOS4 determinan el giro del motor en sentido contrario al anterior con una velocidad proporcional de igual forma

a la duración de los pulsos PWM generados por el PIC en sincronismo con los pulsos provenientes del emisor. Y también en este caso la resolución utilizada estará determinada por la impuesta en el *firmware* programado en el PIC. De los cuatro mos-fet de potencia dispuestos en H, sólo dos participan en la conducción en un mismo sentido, y otros dos en sentido contrario. Si la capacidad del motor lo demandase se puede aumentar la corriente manejada por el circuito en H disponiendo de mos-fet en paralelo con los ya dispuestos, así como la utilización de algún tipo de refrigeración de los mismos. En la figura 10 se aprecia el conjunto del dispositivo con los refrigeradores dispuestos para los mos-fet.

Cabe indicar que actualmente existen soluciones comerciales a este respecto que se conocen como variadores electrónicos o controladores electrónicos de velocidad que utilizan esta u otra filosofía similar, que se presentan de una forma compacta.

En resumen con el sistema Colpra para motor tendremos un total control proporcional inalámbrico de la velocidad y sentido de giro del motor de corriente continua.

Figura 9. Esquema del sistema Colpra.



#### Bibliografía

- Schultheiss K (1979). *Mando a distancia*. Barcelona: Marcombo.  
 Gueulle P (1991). *Telemandos, técnica y realización*. Madrid: Thomson-Paraninfo.  
 Jucker E (1989). *Physical Properties of Small DC Motors*.

**Juan Manuel Oliveras Sevilla**

jmsolvirellas@hotmail.es

Ingeniero Técnico en Electricidad con intensificación en Electrónica por la Escuela Politécnica de Cartagena. Técnico superior en prevención de riesgos laborales por ENAE. Actualmente desarrolla su carrera profesional en la empresa NAVANTIA.

## ARAGÓN

### >> Amplia acogida de las XXIII Jornadas Técnico-culturales celebradas en Zaragoza

El colegio de Aragón celebró las XXIII Jornadas Técnico-culturales 2011, que contaron con numerosa asistencia al ciclo de conferencias programadas en los meses de mayo y junio. Entre ellas se incluyeron la dedicada a *Las cajas de ahorro en el sistema financiero español*, impartida por el catedrático de Organización de Empresas de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Zaragoza y consejero del Banco de España, Vicente Salas Fumás; la conferencia sobre *Tribulaciones de Joaquín Costa (en el centenario de su muerte)*, impartida por el catedrático de la Universidad de Zaragoza y asesor editorial del Heraldo de Aragón, Guillermo Fatás Cabeza; así como la intervención del académico de número de la Real Academia de Medicina y Ciencias, Fernando Solsona Motrel sobre *El espíritu aragonés en la vida y en la obra de Miguel Servet (500 años de su nacimiento)*. En junio pronunció su conferencia el presidente de la Real Academia de San Luis de Zaragoza y director científico del Museo Diocesano, Domingo Buesa Conde sobre *El museo diocesano de Zaragoza. Claves para entenderlo*.

#### Elecciones al Consejo General

Una de las noticias más destacables de los últimos meses para el colegio de Aragón ha sido la elección de su decano como vicepresidente del Cogiti. Juan Ignacio Larraz Pló resultó elegido en las elecciones al Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial (Cogiti), celebradas el pasado 26 de marzo. Su dilatada experiencia en el ámbito corporativo e institucional será un gran aporte a la junta.

El nuevo equipo de gobierno presidido por José Antonio Galdón Ruiz tendrá que afrontar en esta nueva etapa numerosas dificultades para los colegios profesionales y las instituciones que representan la ingeniería técnica industrial. Su declaración de principios "Trabajaremos por y para que la profesión y los ingenieros técnicos industriales ocupen el lugar preponderante que se merecen dentro de nuestra sociedad", presentada como lema en el boletín del Cogiti del mes pasado, sirve como marco del proyecto de futuro para la ingeniería técnica industrial.

#### Memoria del colegio y otras publicaciones

Entre las actividades desarrolladas por el Colegio de Aragón destacan también la publicación de la *Memoria 2010* a finales de marzo pasado, el boletín *Coitiar.es* correspondiente al cuatrimestre enero-abril 2011 y un díptico de las XXIII Jornadas técnico-culturales del curso 2011. La memoria describe extensamente las tareas corporativas de la institución, los actos sociales celebrados el pasado año e incluye un amplio informe de prensa de carácter nacional y regional que destaca los artículos de la presidencia del colegio sobre temas candentes de la ingeniería técnica industrial en el ámbito autonómico de Aragón y sobre los temas que afectan a la ingeniería técnica industrial en general. El documento se encuentra ilustrado con

distintos cuadros y gráficos estadísticos. La memoria también se refiere a la panorámica general de la organización del colegio y sus delegaciones.

El boletín informativo *Coitiar.es* dedica la imagen de su portada al nuevo presidente del consejo general, José Antonio Galdón Ruiz, decano del colegio de Murcia; al vicepresidente, Juan Ignacio Larraz Pló, decano del colegio de Aragón, y al presidente de la UAITIE, Juan de Dios Alférez Canto, decano del Colegio de Madrid. El editorial titulado *Desaparece la escuela* induce a la reflexión con un deseo: "Ojalá la integración de centros evite la pérdida de identidad".



Juan Ignacio Larraz Pló. Foto: Santi Burgos.

El número incluye entrevistas con el rector de la Universidad de Zaragoza, Manuel López, y con el consejero de Urbanismo, Carlos Pérez Anadón, así como sus apartados sobre *Asamblea anual y renovación de cargos de la junta; Un año marcado por la lucha contra la Ley Ómnibus y Aplicaciones de la termodinámica en nuevos y viejos edificios*, entre otros temas de actualidad.

El colegio también remodeló en mayo su página web [www.coitiar.es](http://www.coitiar.es), para adecuarse a las nuevas exigencias legales en lo que se refiere a los colegios profesionales en el entorno de la protección de datos personales. Todas estas actividades son una muestra de la línea dinamizadora y participativa llevada a cabo por la junta de gobierno y su decano, Juan Ignacio Larraz Pló, con miras al futuro y servicio a la sociedad que representa. JSA

## A CORUÑA

### >> Jornadas, cursos y una nueva web sobre consumo reflejan una intensa actividad colegial

El Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de A Coruña, Coeticor, mantiene una intensa actividad informativa a través de su web y boletines electrónicos *Newsletter Coeticor* que dirige a sus colegiados para proporcionarles toda aquella documentación sobre la actividad que el propio colegio lleva a cabo y sobre aquellas convocatorias que pueden resultar de interés profesional.

Entre las noticias recogidas en los últimos boletines correspondientes a los meses de mayo y junio se encuentra una amplia oferta formativa para los meses previos al verano, sobre cursos de verano y también para el próximo curso. De las últimas jornadas destacan las organizadas dentro de la programación colegial sobre *Responsabilidad civil en la profesión*, en Ferrol, A Coruña y Santiago de Compostela.

Entre la variada oferta de cursos externos, así como de subvenciones y ayudas a la formación que pueden resultar de interés para los ingenieros, también cabe citar el Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales del IMF; los cursos de la Academia Galega de Seguridad Pública; los organizados *on line* sobre *Plans de emerxencia exterior* (PEE) y *Gestión energética*, por AEC.

Los sistemas de información del colegio presentan también la oferta de jornadas, encuentros y simposios, entre los que se encuentran los cursos para oposiciones, en colaboración con La Academia, los cursos de verano de formación para la sostenibilidad de Eco-Unión, además de las titulaciones propias que imparte Aenor en tecnologías de la información ISO 20000, Forética, Fremap, IECA, Fundación Gas Natural, UDC, Universidad de Vigo, IMP, APROEMA, CEIDA e ISSGA. Para el próximo curso, ofrece información sobre cursos *on line* y ayudas gestionadas a través de Wolters Kluwer.

#### **Web de la Asociación de Consumidores Coeticor**

Entre las numerosas actividades que lleva a cabo el colegio, se encuentra una nueva web creada por la Asociación de Consumidores Coeticor ACCoeticor ([www.accoeticor.org](http://www.accoeticor.org)); así como las actividades desarrollada por la comisión *senior* del colegio, que ha organizado un viaje de 10 días a Croacia en el que se ha visitado Zagreb, la openínsula de Opatija, Plitvice, Zadar, Trogir, Split, Mostar y Dubrovnik.

El Colegio de A Coruña también informa a sus colegiados sobre noticias relacionadas con la profesión como la nueva Ley de Actividades Clasificadas y Espectáculos Públicos de Canarias, que exige visado profesional para proyectos y certificados de dirección de obra, y sobre el mantenimiento de la exigencia de proyecto técnico que establece la Orden ITC/1644/2011, de 10 de junio, por la que se desarrolla el reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones, aprobado por el real decreto.

En lo referido al arbitraje, el Real Decreto Ley 7/2011, de 10 de junio, de medidas urgentes para la reforma de la negociación colectiva y la no obligatoriedad si se establece en el convenio, o el apoyo de cinco autonomías a la iniciativa de la Xunta sobre el recibo eléctrico único y la publicación del programa de ayudas para la renovación de neumáticos, en el marco del plan de intensificación del ahorro y la eficiencia energética.

La actividad del colegio, a cuyo frente se encuentra Edmundo Varela Lema y su junta de gobierno, se ve representada en un amplio e intenso programa de actuaciones dirigidas al colectivo que representa. JSA

## CONSEJO GENERAL

### **El presidente defiende en Bruselas el visado y el título de los ingenieros técnicos**

El presidente del Cogiti, José Antonio Galdón, viajó el pasado 31 de mayo a Bruselas para reunirse por segunda vez con el eurodiputado y secretario general del Partido Popular Europeo (PPE), Antonio López-Istúriz, y plantearle la necesidad de que la Comisión Europea garantice la seguridad de los trabajos profesionales y técnicos de ingeniería relacionados con la edificación, las infraestructuras, las instalaciones, la industria, el medio físico, los sistemas y los elementos del transporte. El eurodiputado se comprometió a trasladar al Parlamento Europeo la importancia de velar por la seguridad de los ciudadanos-usuarios de las obras e instalaciones de ingeniería, a través de la implantación de instrumentos eficaces y aplicables a toda la Unión Europea, así como a hacer un seguimiento cercano de las políticas de la UE en esta materia.

Por otra parte, José Antonio Galdón también mantuvo un encuentro con miembros del Parlamento Europeo y de la Comisión Europea para exponerles los problemas que afectan a ingenieros técnicos industriales que trabajan en el Reino Unido, así como a estudiantes que quieren seguir sus estudios como consecuencia de la incorrecta equiparación de sus títulos en ese país. Según explicó, la situación ha impulsado al Cogiti a presentar una denuncia ante el organismo británico UK NARIC para que reconsidere los títulos y a presentar una petición ante el Parlamento Europeo que el presidente tendrá la posibilidad de defender ante la Comisión de Peticiones del Parlamento Europeo en el mes de octubre.



José Antonio Galdón, presidente de Cogiti.

### **El ministro de la Presidencia asistió a la presentación de la junta ejecutiva del Cogiti**

Ramón Jáuregui, ministro de la Presidencia e ingeniero técnico industrial, además de abogado, presidió el acto institucional de presentación de la nueva junta ejecutiva del Cogiti, que se celebró el pasado 25 de mayo en Madrid. Al evento asistieron destacadas personalidades de la vida política, empresarial, industrial y universitaria, así como representantes de colegios profesionales de la ingeniería y los decanos de los colegios oficiales de ingenieros técnicos industriales de toda España.



# WEB TÉCNICA INDUSTRIAL

## Irving Cano Smit, experto en gestión de proyectos, se incorpora al Foro TI

Irving Cano Smit, ingeniero técnico industrial, máster MBA (ICADE-ICAI), aportará sus conocimientos al Foro Técnica Industrial, a cuyo equipo coordinador se ha incorporado. El Foro TI sigue, así, ampliando la oferta que realiza a los usuarios de esta sección cuyo objetivo es resolver dudas, responder a consultas y entablar debates que tengan que ver con las principales preocupaciones de los profesionales españoles.

El nuevo colaborador del foro es experto en gerencia de proyectos, ya que actualmente desarrolla su carrera profesional como *project manager* en una de las empresas más reconocidas del sector, Lend Lease. Además, cuenta con una amplia experiencia en el sector de la edificación. Su participación en el equipo enriquecerá las aportaciones y resolverá las dudas que le planteen los usuarios: desde la conceptualización de proyectos hasta su ejecución, ingeniería, planificación, costes y valoraciones. El Foro TI espera que esta nueva incorporación sea de utilidad para muchos ingenieros y sirva de estímulo para la participación en esta sección abierta a la ingeniería.

## TI facilita a los usuarios del foro el DBSI comentado por la Secretaría de Vivienda

El Foro Técnica Industrial ha puesto a disposición de los usuarios de esta sección de la web el *Documento Básico de Seguridad en Caso de Incendio (DB SI)* con comentarios, que acaba de publicar la Secretaría de Estado de Vivienda y Actuaciones Urbanas del Ministerio de Fomento. Este documento forma parte de la serie que la secretaría viene elaborando con el fin de aclarar dudas y facilitar la interpretación de las normas de los profesionales. En algunos casos, son cuestiones que responden directamente a las consultas presentadas sobre el Código Técnico de Edificación.

Los *Documentos básicos* son normas que establecen las reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio. Estas guías comentadas por el Ministerio, aunque no sean obligatorias, conforman, junto con el texto articulado del código, el marco regulador aplicable.

## Los ingenieros técnicos recelan de los nuevos planes de estudio de Bolonia

Los profesionales que han respondido a la encuesta planteada en la web de *Técnica Industrial* sobre los nuevos planes de estudio universitarios manifiestan un claro recelo ante la nueva formación de los ingenieros. Más de la mitad de los usuarios participantes en este sondeo abierto desde principios de mayo consideran que la enseñanza de la ingeniería técnica industrial que ellos aprendieron es mejor que la que han empezado a recibir sus colegas más jóvenes con los programas ajustados al Plan de Bolonia, que son ya obligatorios en todas las universidades españolas desde este curso que termina ahora. La ventaja más valorada de la fórmula universitaria europea es la movilidad que proporciona a los estudiantes e incluso que mejora las habilidades, pero, por el momento son muy pocos los que opinan que favorece la formación.

# FUNDACIÓN TÉCNICA INDUSTRIAL

## >> Los premios de la fundación, en su recta final

La Fundación Técnica Industrial sigue adelante con la gestión de los premios anuales en sus distintas modalidades cuyo fallo se inició en julio y seguirá en los meses posteriores. Pese a que en este ejercicio se ha visto obligada a supeditar su programación a las restricciones presupuestarias que afectan a los colegios, como consecuencia del nuevo entorno legal y la crisis económica general, algunas de sus actividades han registrado en los últimos meses una magnífica acogida. Ese ha sido el caso de la publicación del CD sobre las V Jornadas de Ingeniería y Sociedad.

En los últimos meses la fundación ha distribuido el CD sobre las V Jornadas de Ingeniería y Sociedad que se celebraron en noviembre de 2008 en la ciudad de Cádiz. Este volumen digital (número 23 de los editados) recoge los contenidos, las conferencias y los actos que se celebraron en dicho evento, así como los comentarios y resultados de los premios-becas de los años 2007-2008. Inicialmente, el CD se entregó a todos los colegios en la asamblea de patronos de diciembre del pasado año, y posteriormente en los meses de enero, febrero y marzo a los conferenciantes, ponentes, colaboradores y a los miembros del consejo asesor.

Sobre este volumen digital, se han recibido correos con comentarios alusivos al trabajo así como diversas llamadas telefónicas. Algunas de estas comunicaciones se recogen a continuación:

"Enhorabuena. El manual que habéis enviado es realmente brillante. Ha merecido la pena esperar tanto. Y creo que es una idea estupenda lo de enviarlo en formato digital, pues es de más fácil almacenaje, además de ser un medio mucho más moderno (...)". Eduardo Roselló Toca.

"(...) He visto el CD y me ha gustado mucho (...). Creo que es una pena que no se siga realizando este evento en sucesivos años. Me alegró mucho participar en las V Jornadas de Ingeniería y Sociedad y, sobre todo, ver lo bien organizadas que estaban y lo magníficos que eran el resto de conferenciantes y asistentes. Una vez más, muchas gracias por haber contado conmigo (...)". José Elias

"Me ha hecho mucha ilusión recibir el CD de las jornadas que vivimos en Cádiz. (...) Siempre las tendremos en el recuerdo". Juan Lucio Gómez

## Fallo del concurso de artículos Técnica Industrial 2010

El Jurado Calificador del Concurso de Artículos Técnica Industrial 2010, reunido el 14 de julio en Madrid, ha premiado a los siguientes autores y artículos:

- Premio Fundación Técnica Industrial, dotado con 1.000 euros, a Iván García Arenilla, Francisco Agüayo González, Juan Ramón Lama Ruiz y Víctor Manuel Soltero Sánchez, por el artículo *Diseño y desarrollo de interfaz multifuncional holónica para audio-guía de ciudades*.

- Premio UAITIE, dotado con 1.000 euros, a Emilio José García Vilchez, Isabel Sánchez Bascónes, y Noelia de Miguel García, por su artículo *Selección de indicadores y control del grado de*

sostenibilidad de una industria de procesos.

- Premio Principado de Asturias, dotado con 1.200 euros, a Francisco Ramírez Quirós, por su artículo *Subproductos generados en la desinfección del agua*.

- Premio Valencia, dotado con 600 euros, a Rafael E. Romero García, por su artículo *La seguridad basada en el comportamiento*.

- Premio Canarias, patrocinado por los Colegios de Las Palmas y Santa Cruz de Tenerife, dotado con 1.200 euros, a Gerard Subirachs Sánchez, Ramón Oliver Pujol y Francesc Estrany Coda, por su artículo *Planta desalinizadora de agua de mar de 500 m<sup>3</sup> diarios de capacidad que funciona mediante osmosis inversa*.

- Premio Baleares, dotado con 600 euros, a Carlos Jiménez Moreno, por su artículo *Ascensores de última generación energéticamente eficientes*.

- Premio Sevilla, dotado con 1.000 euros, desierto.

- Premio Hector Arias, del Colegio de Valladolid, dotado con 1.000 euros, a Emilio José García Vilchez, José Antonio Pascual Ruano y Jaime Ballesteros García, por su artículo *Diseño de una metodología para la identificación y valoración de los puntos críticos de seguridad en líneas de fabricación*.

- Premio Mastia, del Colegio de la Región de Murcia, dotado con 600 euros, a José Ramón Ledesma Aguilar y Fernando Zúñiga Tamayo, por su artículo *Integración de un centro de control y un programa de gestión del mantenimiento en el ámbito sanitario*.

- Premio Aragón, dotado con 1.000 euros, a Juan Manuel Olivares Sevilla, por su artículo *La eficiencia de los electrodomésticos en el ahorro energético*.

- Premio Madrid, dotado con 600 euros, a Jesús Manuel Lobato Solares, por su artículo *Prevención de arcos eléctricos por sobretensiones transitorias*.

- Premio Gipuzkoa, dotado con 600 euros, a Juan Angel Gámiz Caro y Javier Gámiz Caro, por su artículo *Ajuste de parámetros PID en lazos de control de procesos industriales*.

- Premio El Cid, del Colegio de Burgos, dotado con 600 euros, a Carla Vintró-Sánchez, Jordi Fortuny-Santos y Josep Comajuncosa-Casabella, por su artículo *La responsabilidad social corporativa en la empresa*.

En relación con los premios Galicia, Andalucía, Fundación, Especial RITE y Proyecto Fin de Carrera, el fallo se realizará antes del 14 de septiembre. Cerrado el plazo de entrega de los trabajos concernientes a estas modalidades el 23 de junio, el día 13 de julio se celebró la recepción y trámite de la fase previa de dicha convocatoria. También en el mes de julio, el día 26, finalizó el plazo de entrega de los trabajos que se presenten al primer certamen de carteles Mupiti. En este caso, el jurado emitirá su fallo antes del 14 de septiembre.

La Fundación Técnica Industrial ha reiterado su agradecimiento a todos los colegios que subvencionan la convocatoria de los premios a los mejores artículos publicados en la revista *Técnica Industrial* durante el año 2010. De la misma forma, agradece al Consejo Andaluz, al Consejo Gallego, a la Unión de Asociaciones, así como a Wolters Kluwer España y a Mupiti, su importante aportación en el patrocinio de las distintas modalidades de los premios citados. JSA

## INGENIERÍA Y SOCIEDAD

### Un ingeniero idea un sistema de cubas cuadradas que ahorra espacio en la bodega

El ingeniero técnico industrial Antonio Lara Plaza presentó en la Feria Nacional del Vino (Fenavin) un estudio sobre el almacenamiento de un nuevo sistema de barricas cuadradas que pueden aprovechar el 70% más de espacio que las redondas. Antonio Lara, responsable del departamento de I+D+I Servicios Tecnológicos del Centro Tecnológico del Metal de Castilla La Mancha (Itecam) intervino en la feria celebrada del 10 al 12 de mayo en Tomelloso (Ciudad Real). La barrica cuadrada Roc Cuve, patentada y fabricada por la empresa española del mismo nombre, se realiza con madera de roble francés o americano en distintas medidas y características.

Roc-Cuve acudió al Itecam para disponer de estudios técnicos sobre el sistema metálico de almacenamiento en apilamiento vertical de las barricas. Estas, además de sus características formales, utilizan un sistema autoportante que facilita su manipulación individual. Según Lara, los estudios del Itecam confirman que el aprovechamiento medio con toneles cuadrados es el 52% superior al tradicional y, dependiendo de la bodega y del tipo de cuba, puede ir del 40 al 70%.

### Javier Ferrer, nuevo presidente de Confemetal

Javier Ferrer Dufol ha sido proclamado recientemente presidente de la Confederación Española de Organizaciones Empresariales del Metal (Confemetal), en sustitución de Carlos Pérez de Bricio, que ha pasado a ocupar el cargo de presidente fundador de la organización empresarial.

Javier Ferrer es ingeniero técnico industrial de formación y ejerce como directivo en una empresa familiar. Es miembro del comité ejecutivo de la CEOE, a la que pertenece desde su fundación en 1978; también preside la Federación de Empresarios del Metal de Zaragoza (FEMZ) y forma parte de distintas comisiones del Consejo Económico Social. A lo largo de su vida ha ocupado importantes cargos de representación en varias organizaciones empresariales.

### El IDAE, 25 años ahorrando energía

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), celebra su 25 aniversario con el cambio de logotipo y una campaña de publicidad protagonizada por la selección española de fútbol, que llama a los ciudadanos a ahorrar energía utilizando adecuadamente el aire acondicionado, los electrodomésticos y, en su tiempo, la calefacción.

El IDAE es una entidad pública empresarial que depende del Ministerio de Industria Turismo y Comercio. Nació en 1986, cuando empezaron a producirse los efectos de las primeras crisis energéticas, con el fin de promover el ahorro y eficiencia energéticos en todos los sectores consumidores y la implantación progresiva de las energías renovables.

Desde entonces, el IDAE ha invertido directamente en proyectos y ha promovido y ha financiado otros a través de los Planes de Acción de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, ICO-IDAE, además de mantener convenios con las comunidades autónomas para planes diversos de energías renovables con la gestión de miles de millones de euros.

## La industria azucarera granadina

Sistemas constructivos y materiales de las principales edificaciones en los siglos XIX y XX

### Agustín Castillo Martínez

La primitiva industria de la provincia de Granada, con una actividad fundamentalmente basada en la producción y procesamiento de azúcar y subproductos de la misma, promovió la construcción de peculiares edificaciones para la realización de actividades tanto organizativas como estrictamente industriales entre los años 1882 y 1929. Estos edificios, frecuentemente de gran magnitud, se vieron influenciados por la arquitectura centroeuropea en su diseño y estética, ya que usualmente venían determinados por la maquinaria y procesos relacionados con la actividad industrial, de origen alemán y francés principalmente. La mayor parte de ellos se encuentran en la actualidad sometidos a procesos de reha-

bilitación, con cambios de usos tan dispares como los de museo, vivienda, centros comerciales o de ocio y esparcimiento.

Este artículo muestra las principales edificaciones industriales y sus particulares métodos constructivos, así como los resultados de los primeros ensayos realizados sobre los materiales de tipo cerámico empleados en las citadas construcciones, y sobre los aceros. Las conclusiones del estudio son de especial utilidad para la gestión de proyectos de rehabilitación de edificaciones que, habiendo tenido un uso puramente industrial en el pasado, plantean actualmente una revisión de usos urbanísticos tras haber quedado consolidadas e integradas en los cascos urbanos, como sucede en ciudades como Granada y Motril.

Los resultados de los ensayos corresponden al caso de estudio correspondiente a la Fábrica de San Isidro, situada en la barriada de La Bobadilla de Granada, y se centran en los ladrillos de los muros de carga, así como los primeros datos sobre los aceros y elementos de fundición empleados de forma estructural.

La industria azucarera granadina llevó la iniciativa en el principal proceso de generación de tejido industrial que se produjo en la provincia de Granada a finales del siglo XIX y principios del XX. Ante un panorama económico muy afectado por el lento y progresivo declive del sector primario en la provincia, este tardío desarrollo industrial resultó de importancia vital para el advenimiento de una cierta recu-

Estado actual de la fábrica de San Isidro (Granada, 1901). Fuente: Elaboración propia, marzo de 2008.





peración económica, la creación de un incipiente sistema de infraestructuras de transporte y comunicaciones y, en definitiva, acabó siendo el paso definitivo de la provincia de Granada hacia la revolución industrial y la entrada en la era moderna desde el punto de vista económico y técnico.

Aunque se habla de industria del azúcar en Granada, un estudio más detallado revela la existencia de dos procesos industriales distintos para la obtención del mismo producto: la fabricación de azúcar de remolacha, de vital importancia para el desarrollo de la capital y la vega granadina, así como de la comarca de Guadix, por un lado, y la fabricación de azúcar de caña, circunscrita a la comarca de la costa de Motril y Salobreña, por otro. Este último caso fue de menor importancia en lo cuantitativo, con muy pequeña repercusión nacional, y, sin embargo, su estudio revela interesantes resultados técnicos y económicos. Además, inició su andadura con bastante antelación a la industria de la remolacha de la Vega de Granada.

Ambos procesos industriales llegaron a coexistir en el espacio en la fábrica La Purísima Concepción de Granada, gracias al transporte de la caña de azúcar por parte de la empresa Tranvías Eléctricos de Granada, SA (TEGSA) desde la costa hacia la capital. Esta empresa invirtió fuertemente en el desarrollo de la industria que nos ocupa, teniendo especial influencia en el desarrollo de las infraestructuras actuales de transporte de la provincia. Su implicación en la industrialización tuvo gran repercusión en la zona metropolitana de Granada, pero también en el Puerto de Motril y en la conexión de la capital con la comarca de la costa, a través de sistemas tranviarios y de transporte por cable.

### La industria del azúcar de caña

Entre las poblaciones de Motril y Salobreña se emplaza la denominada Vega del Guadalfeo, lugar donde podemos encontrar los más numerosos e interesantes vestigios industriales de la producción del azúcar en toda la Europa de las sociedades preindustriales de la primera mitad del siglo XIX. Según los registros de 2003, actualmente la comarca aún tiene una actividad azucarera residual, caracterizada por sus 700 Ha dedicadas aún al cultivo (Giménez Yanguas, Reyes Mesa et al, 2003). La última fábrica de azúcar de caña de Europa, Nuestra Señora del Rosario, redennominada posteriormente azucarera del Guadalfeo, en



Fotografía de la factoría Nuestra Señora del Rosario en su período de operaciones. Fuente: V Reunión General de la Real Sociedad Española de Física y Química y II de los Institutos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Granada, mayo de 1948).

ESTAS EDIFICACIONES INDUSTRIALES SE VIERON INFLUENCIADAS POR LA ARQUITECTURA CENTROEUROPEA EN SU DISEÑO Y ESTÉTICA, USUALMENTE DETERMINADOS POR LA MAQUINARIA Y PROCESOS RELACIONADOS CON LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL, DE ORIGEN ALEMÁN Y FRANCÉS PRINCIPALMENTE

Salobreña, cesó recientemente en su funcionamiento, con la especial característica de poseer la última máquina de vapor en funcionamiento en toda Europa con propósitos de fabricación industrial. Aunque aún queda alguna industria relacionada con la caña de azúcar, como una importante destilería en Motril, este cierre augura el declive final de esta actividad en la costa granadina, de la que fue pionera en la Europa de mediados del siglo XIX.

Ésta comienza de forma seria con la importación desde Inglaterra en 1860 de unos molinos por parte de Joaquín Agrela Moreno, que, ayudado por sus hijos, construyó una de las primeras instalaciones industriales dignas de tal nombre, potenciando la actividad agrícola de este sector productivo.

La segunda factoría construida en la zona (1861) fue la citada Nuestra Señora

del Rosario, en el paraje de La Caleta de Salobreña, elegido por su cercanía tanto al mar para el transporte marítimo como a las zonas productoras de la caña. En su fundación y desarrollo tuvo un importante papel el citado emprendedor, y a su muerte, la sociedad colectiva Agrela Hermanos derivó en 1920 en la constitución de una moderna sociedad anónima, encargada de regir su destino económico en el futuro.

Tras pasar por diversas crisis técnicas y financieras en 1933, 1953 y 1957, finalmente fue vendida en 1976 a OLIE, SA, y redennominada Azucarera del Guadalfeo, SA hasta su reciente desaparición tras la campaña de junio de 2006.

### La azucarera Nuestra Señora Del Pilar (Motril, 1882)

La azucarera Nuestra Señora del Pilar, en Motril, es, después de la anteriormente citada, la más antigua de las que aún quedan en pie en la costa granadina. Construida en 1882, y fundada por la mercantil Burgos, Domínguez y García, realizó su última campaña en 1984, fecha en la que quedó clausurada, y recientemente ha sido objeto en algunas de sus edificaciones de un cuidadoso proceso de rehabilitación.

Esta fábrica es la de mayor valor patrimonial de toda la comarca de la costa, no solo por la perfecta integridad estructural del conjunto de las edificaciones y el área de trabajo, sino por albergar en su interior maquinaria construida entre 1882 y 1929, con altísimo valor para el patrimonio tecnológico español. Está considerada por la Asociación Española del Patrimonio Industrial y la Obra Pública el conjunto patrimonial más importante





Estado actual de la Fábrica Azucarera Nuestra Señora del Pilar en Motril. Fuente: Elaboración propia, abril de 2008.



De izquierda a derecha y de arriba a abajo: pilares de fundición gris con capiteles, en fábrica azucarera Nuestra Señora del Pilar en Motril (Fuente: elaboración propia, abril de 2008); forjado de bovedillas en edificación rehabilitada de la fábrica azucarera Nuestra Señora del Pilar en Motril (Fuente: elaboración propia, abril de 2008); estructura de cerchas de madera para cubierta en edificación rehabilitada de la fábrica azucarera Nuestra Señora del Pilar en Motril Fuente: elaboración propia, abril de 2008.



de Andalucía y uno de los cinco más importantes en el ámbito nacional.

El propietario original vendió su participación a la Marquesa de Esquilache, que a su vez llegó a un acuerdo con la Sociedad General Azucarera de España en 1903, la cual realizó las dos únicas ampliaciones de la instalación tras la inauguración en 1883: la de 1929 y la de 1983. La factoría original fue diseñada por el insigne arquitecto Francisco Giménez Arévalo. El conjunto de producción estuvo en marcha hasta 1984, fecha de la última molinera registrada en la fábrica. El 18 de junio de 1993 fue declarada Bien de Interés Cultural en la categoría de monumento.

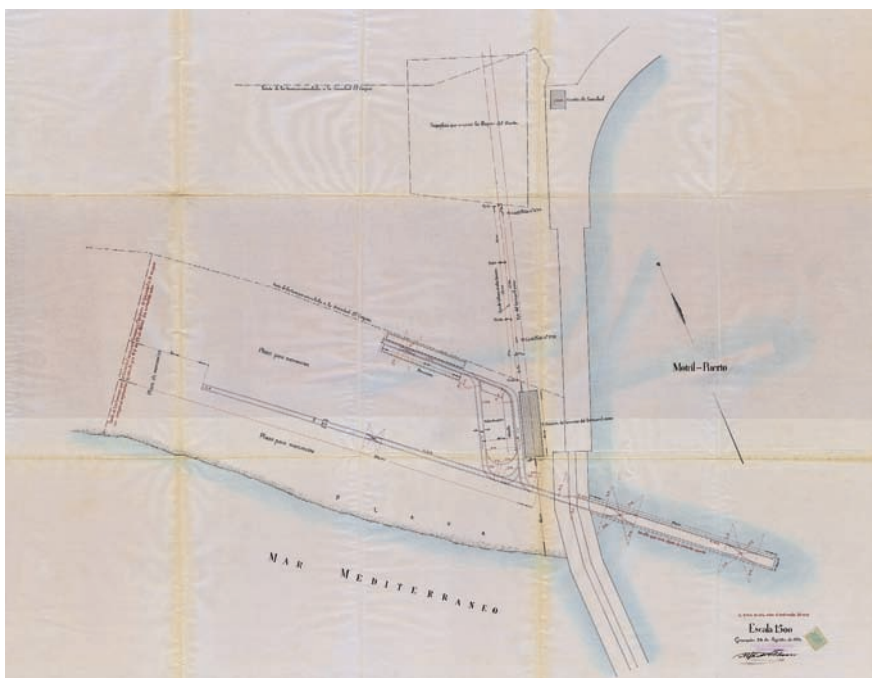
bovedillas y muros de carga similares a los de San Isidro (Granada, 1901), así como estructuras mediante cerchas de madera para el sostenimiento de las cubiertas, muy similares a las ejecutadas en la azucarera El Señor de la Salud (Santa Fe, 1889).

### La industria del azúcar de remolacha: impacto económico y de desarrollo

El inicio del cultivo intensivo de la remolacha en La Vega de Granada propició un cambio económico de dimensiones enormes en muchos aspectos. En primer lugar, dinamizó una agricultura que se encontraba en un periodo de lenta decadencia en la comarca. En segundo lugar,

de Málaga a través de la comarca de Alhama de Granada. Incluso ejecutó obras de transporte por cable para mercancías de Granada al puerto de Motril a través de la estación tranviaria de Dúrcal, con ramal a Órgiva para la extracción y transporte del mineral de las llamadas Minas del Conjuro.

Cabe extender todas las apreciaciones anteriores sobre el impacto de esta industria, corregidas y aumentadas si cabe, en el caso de la comarca de Guadix. Allí abrió sus puertas la fábrica San Torcuato en 1901, llegando a procesar 250 toneladas al día, seguida de la importantísima Unión Agrícola Azucarera Nuestra Señora del Carmen SA en Benalúa de Guadix en



Plano del proyecto de las instalaciones de TEGSA y la Sociedad de Las Minas del Conjuro en el Puerto de Motril. Fuente: Ministerio de Fomento.



Plano de la Estación del Puerto de Motril, tal y como fue diseñada en 1951 en el proyecto de F.C. Jaén-Granada-Motril-Puerto, que nunca se llegó a ejecutar. Fuente: Archivo privado M. Giménez Yanguas..

Desde el punto de vista de los sistemas constructivos, cabe destacar la aparición de metodologías muy similares a las adoptadas en diversas edificaciones de fábricas azucareras de la Vega de Granada. Así, en el edificio de almacenes, aparece la solución de pilares de fundición con capiteles para el sostenimiento de las jácenas, muy similares a las de la Fábrica de San Isidro (Granada, 1901), o a las documentadas en proyectos rescatados de fábricas ya desaparecidas, como es el caso de El Ingenio de San Juan (Granada, 1882).

Asimismo, en las edificaciones cuyo proceso de rehabilitación terminó en 2008, podemos encontrar forjados de

dio el impulso definitivo a una verdadera industrialización, que aunque de forma lenta, comenzó a formar una cultura del empresario emprendedor de la que la comarca carecía. Por último, articuló toda una red de infraestructuras del transporte, siempre necesaria para el desarrollo y la industrialización.

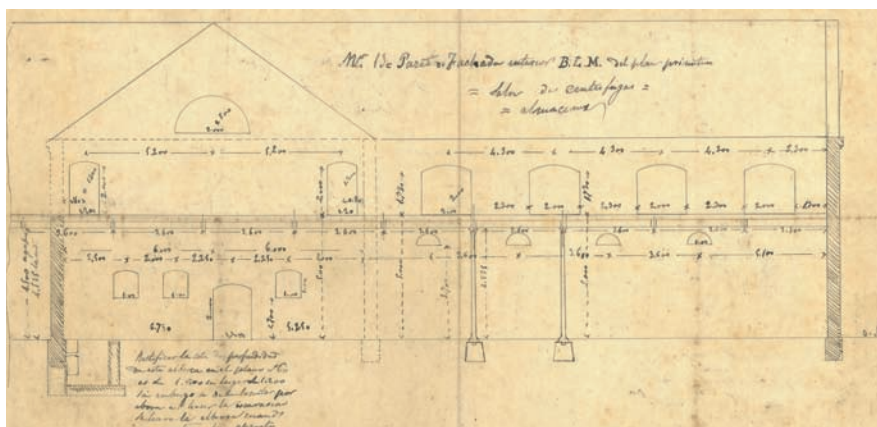
Como ejemplo, baste recordar que la compañía Tranvías Eléctricos de Granada, SA (TEGSA) promovió la redacción de detallados estudios de viabilidad para articular la comunicación no sólo de Granada con el puerto de Motril, sino incluso para ejecutar conexión ferroviaria con Jaén hacia el norte, y con el puerto

1913, que alcanzó una producción pico de 500 toneladas diarias. En ambos casos se conservan las edificaciones.

### La industria del azúcar de remolacha: fábricas de La Vega

De vuelta a La Vega de Granada, la muestra más incipiente de actividad industrial respecto al procesamiento de la remolacha se halla en el llamado Ingenio de San Juan (Granada, 1882), que llegó a procesar 100 toneladas diarias. Aunque la mayor parte de las instalaciones no se conservan, sí se ha tenido acceso a partes del proyecto de la edificación, donde podemos observar que se hace referencia a los pilares de





Plano de alzado de columnas de fundición gris con capitel en el Ingenio de San Juan (Granada, 1882).  
Fuente: Archivo privado M. Giménez Yanguas.



Estructura de cerchas de madera en la fábrica El Señor de la Salud, en Santa Fe (1889).  
Fuente: Elaboración propia, julio de 2009



Cimentación de pilar de fundición gris mediante roca aislada en la fábrica El Señor de la Salud, en Santa Fe (1889). Fuente: Elaboración propia, julio de 2009.

fundición gris con capitel ya mencionados en el caso de las edificaciones azucareras de la costa, asimismo combinados con muros de carga de ladrillo en los extremos como solución estructural para la transmisión vertical de las cargas.

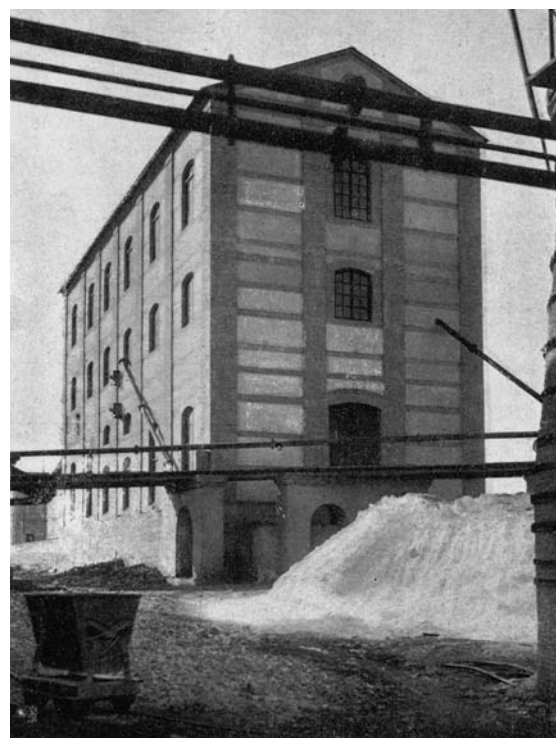
En este caso, se encuentran cimentadas sobre bloque de piedra, solución que resultó muy recurrente como método de cimentación en la comarca de La Vega,

dado el fácil acceso a las canteras de sierra Elvira para usos en edificación, tanto estructurales como ornamentales.

A esta fábrica siguieron la de San Fernando, en Atarfe (1884), Nuestra Señora de las Angustias, en Granada (1889) y El Señor de la Salud, en Santa Fe (1889). Solo se conserva la chimenea en el primer caso y los edificios permanecen en estado razonable en el tercero.



Estado actual de la fábrica El Señor de la Salud, en Santa Fe (1889).  
Fuente: Elaboración propia, julio de 2009.



Secadero de pulpa de la fábrica La Purísima Concepción (Granada, 1905). Fuente: Archivo TEGSA, memoria de actividad 1928.

Esta factoría de Santa Fe, que reconvirtió su uso para dar paso a la fábrica de maderas en 1943, fue vendido en 1948 para dar albergue a un polvorín del ejército hasta la década de 1990, y será con toda probabilidad objeto de rehabilitación en breve. Aunque tristemente se demolió la chimenea en este último periodo, se conservan tres edificaciones: la nave de producción, la alcoholera y un

pequeño almacén, que se encontraba junto a la desaparecida chimenea. En ellos aparece, como se mencionó anteriormente, la tipología de cubierta sobre cerchas de madera, así como de forma puntual las columnas de fundición gris con capitel y cimentación mediante piedra aislada para cada uno de los capiteles.

Posteriormente, aparecen en La Vega las fábricas de San José (Granada, 1890), San Cecilio (Granada, 1890) y Santa Juliana (Armilla, 1890), que actualmente alberga tras un proceso de rehabilitación la feria de muestras de Armilla. La actividad de esta última fue muy importante, y llegó a las 500 toneladas de procesamiento diario.

Surgen seguidamente en Pinos Puente en 1890 las factorías de Nuestra Señora del Rosario y Nuestra Señora del Carmen, parcialmente conservadas, para dar paso a la importante aparición de la fábrica de San Isidro en Granada en 1901. Por su relevancia de cara a la economía y técnica industrial, se tratará esta última más adelante.

Las últimas apariciones de industrialización azucarera en la comarca corrieron por cuenta de las fábricas de Nuestra Señora de las Mercedes (Caniles, 1901), Nueva del Rosario (Pinos Puente, 1904), La Vega (Atarfe, 1904), La Purísima Concepción (Granada, 1905) y San Pascual (Zujaira, 1910), todas ellas de elevadísimas capacidades productivas, entre las 250 y las 500 toneladas diarias.

Como se comentó anteriormente, el caso de la factoría de La Purísima Concepción es paradigmático de la implicación de las compañías de construcción de infraestructuras en la generación del tejido industrial, pues TEGSA compró parte del capital de la azucarera, y amplió la instalación de procesamiento de azúcar de remolacha mediante una línea paralela de procesamiento del azúcar de caña, que llegaba transportado desde la costa por la mencionada línea de cable. De este modo, cohabitaban en la misma factoría ambos procesos industriales.

### La azucarera de San Isidro (Granada, 1901)

La azucarera de San Isidro estuvo en funcionamiento entre los años 1901 y 1983. Está emplazada en el actual barrio de La Bobadilla de Granada y llegó a tener una capacidad máxima de procesamiento de 1.000 toneladas al día. Hoy en día se conservan íntegramente los edificios y su entorno está pendiente de una inmi-

De arriba abajo: pilares de fundición gris y forjados de bovedillas en la fábrica de San Isidro (Granada, 1901), y pilares de perfiles de acero laminado en forma de «U» empresillados en la misma fábrica (Fuente: elaboración propia, noviembre de 2007).

nente reordenación urbanística por parte del Ayuntamiento de Granada.

La azucarera tenía acceso ferroviario, y aún hoy se encuentran en su patio restos de la infraestructura que sirvió para la descarga de las materias primas y la carga del azúcar producido, así como de los subproductos de la fabricación. Cabe destacar que junto a estas instalaciones se encontraba en funcionamiento una báscula de considerables dimensiones, que terminó sus días en la Estación de Gor (línea FC Granada-Murcia).

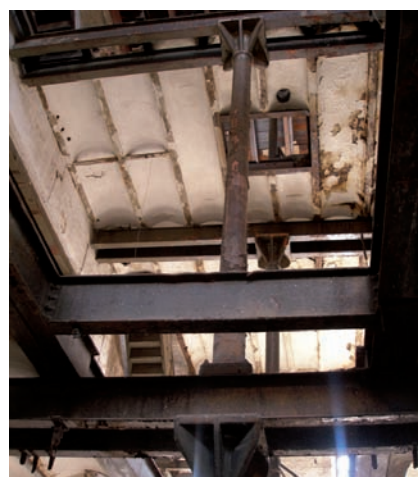
Esta infraestructura ferroviaria incluía sistemas de cambio de sentido en corto espacio, resueltas mediante placas giratorias.

La fábrica llegó a albergar a casi 600 trabajadores, repartidos en tres turnos de trabajo continuado, lo que generó el desarrollo de una pequeña aldea de servicios alrededor del recinto. Esta acabó teniendo apartadero de tranvía y, posteriormente, parada de autobús, al encontrarse situada en la antigua carretera de Málaga.

En cuanto a los sistemas constructivos, la estructura en planta presenta una distribución en anchura de cuatro vanos de longitudes variables, que son, de Oeste a Este, de 4,00 m, 4,10 m, 4,20 m y 4,80 m, medidas entre centros de pilares. La distancia longitudinal, en dirección Norte-Sur, entre los pilares es constante e igual a 5 m.

La distribución del edificio en altura presenta tres plantas más planta baja, donde se ubicaban las turbinas de la fábrica. Por encima de la planta de turbinas se ubicaba la planta de maquinaria malaxadora, íntimamente relacionada por medios mecánicos con la planta de turbinas. La maquinaria se encontraba conectada a través de diversos huecos aún visibles en el forjado del primer piso. La segunda planta era el almacén de azúcar, y la tercera, de reducidas dimensiones en planta, estaba dedicada a albergar los depósitos de agua.

Desde el punto de vista estructural, se advierte de forma inmediata que las dimensiones en planta de la fábrica original, puesta en marcha en 1901, eran muy inferiores a las existentes actualmente. Durante el siglo XX se llevaron a cabo diversas ampliaciones, que pue-



den notarse por los distintos tipos estructurales utilizados a la hora de resolverlas, y que iban encaminadas al aumento de la producción de la fábrica.

Así, los pilares originales son cilíndricos, huecos y de fundición, reforzados con capiteles y basas para el correcto reposo de las vigas; los pilares de las ampliaciones, por el contrario, son de perfiles de acero laminado en forma de «U» empresillados para garantizar la integridad estructural y servir de refuerzo. Estos últimos se roblonaron completamente, como puede verse en las imágenes de esta página. También pueden observarse, en el primer caso, los mencionados capiteles de fundición que soportan vigas laminadas de doble T de ala estrecha, capiteles que poseen clara influencia estética de la arquitectura clásica, así como los forjados de bovedillas citados anteriormente.

Los pilares y capiteles de fundición llevan la marca «José Pastor Moltó, Calle San Isidro esquina a Nueva de la Virgen y Callejón de la Acequia Gorda». El radio de los pilares en su punto más estrecho es de 13,2 cm, siendo su circunferencia de 83 cm.

Los muros de carga son de 70 y 80 cm de espesor, respectivamente, estando





Detalle de prolongación de pilar de fundición gris en la fábrica de San Isidro (Granada, 1901).  
Fuente: Elaboración propia, noviembre de 2007.

reforzados por contrafuertes de 50 cm de espesor.

En la planta de turbinas, las alturas se distribuyen como sigue: como cimentación, grandes bloques de piedra de forma cúbica de 60 cm de lado; altura del pilar de fundición, igual a 3,80 m, incluyendo los 40 cm del capitel; 30 cm de altura de las jácenas apoyadas sobre los pilares; y, por último, 20 cm de los forjados, cuya tipología era conocida como «de bovedillas de revoltón» o «bovedilla curva». Este tipo de forjado era ejecutado por medio de rasillas unidas con cemento, y extendiendo sobre ellas la capa de compresión de hormigón. Esta capa no incluía armadura alguna, por lo que se ejecutaba con gran espesor.

Las citadas jácenas tienen 30 cm de altura y 15 cm de medida de anchura de ala. Las cerchas que sostienen la cubierta son dobles, de 5 cm de ancho y 5 mm de espesor, y se encuentran separadas 4,30 m en dirección longitudinal.

El primer detalle que conviene destacar de la estructura metálica es la prolongación de los pilares entre planta y planta. La forma en que la columna se prolonga a través de las jácenas y forjados es extremadamente particular como puede apreciarse en la imagen superior izquierda de esta página.

En la siguiente imagen podemos apreciar una de estas prolongaciones, con la particularidad de que se produce una variación en la tipología del pilar entre planta y planta. Puede apreciarse que la columna de fundición de la primera planta pasa a ser de láminas de acero empresilladas y roblonadas en la segunda, posiblemente, por tratarse esta última de parte de una ampliación del forjado entre la segunda y la tercera alturas, y de datación bastante posterior. Aparece igualmente esta tipología en el edificio de la



Prolongación de pilar con variación en la tipología en la fábrica de San Isidro (Granada, 1901).  
Fuente: Elaboración propia, noviembre de 2007.



Pilares de láminas de acero en la alcoholera de San Isidro (Granada, 1908).  
Fuente: elaboración propia, noviembre de 2007.

alcoholera anexa a las instalaciones, que pasamos a describir.

### Fábrica alcoholera de San Isidro (Granada, 1908)

La citada alcoholera se encuentra hoy día englobada en las instalaciones de la fábrica de San Isidro. Aunque el edificio permanece en buen estado, no se conserva la maquinaria utilizada en ella. Esta funcionaba como parte del posproceso productivo del azúcar, dedicándose al procesamiento de los subproductos como la melaza para la obtención de alcohol etílico. Lo más reseñable desde el punto de vista técnico es la aparición, de nuevo, de los pilares ejecutados mediante láminas de acero en forma de «U» empresilladas y roblonadas, tan utilizadas en las ampliaciones de la fábrica de San Isidro.

Podemos ver en la imagen esta tipología tal como se encuentra hoy en día en la fábrica. Aunque el edificio se mantiene en buenas condiciones, se puede observar que parte de los forjados se deja-

ron huecos, al igual que en la fábrica de San Isidro, para albergar la maquinaria en distintas alturas. En este caso, consistía en altas torres para la destilación fraccionada del alcohol.

También son de destacar los refuerzos de acero en los muros de carga que existen en esta fábrica alcoholera. Tras el terremoto de Albolote de 1956, que a pesar de ser de grado 5 en la escala de Richter fue tremendamente destructivo en la comarca de La Vega, comenzaron a aparecer grietas en la fachada del edificio. Estos refuerzos se añadieron con posterioridad al terremoto, para evitar la apertura y ruina de los muros de carga.

### Ensayos de materiales constructivos de la fábrica de San Isidro

Para finalizar, se realizó un estudio sobre algunos materiales empleados en la fábrica de San Isidro, de los que mostraremos los primeros resultados. Estos son de máximo interés para los técnicos interesados en el proyecto de rehabilitación de este tipo de espacios industriales, pues nos dan idea tanto de las calidades originales de los materiales como de su pérdida de propiedades con el paso del tiempo (durabilidad).

Los ensayos se centran en los ladrillos de los muros de carga, así como en los aceros empleados de forma estructural y en las barandas de seguridad de la edificación. Las muestras de tipo cerámico fueron sometidas a ensayos de compresión simple, de modo que se obtuvieron cargas de rotura para tres tipologías distintas de ladrillos utilizados en la construcción de los muros de carga. Las muestras de acero fueron sometidas a ensayos de tracción normalizados y se obtuvieron valores de módulo elástico, límite elástico y carga de rotura para las mismas.

Los resultados de los ensayos con las muestras descritas en las tablas 1 y 2 serán comparados con los valores característicos esperados para los mismos materiales en la actualidad, de forma que podemos obtener una comparativa tanto en las calidades como en la pérdida de propiedades con el paso del tiempo.

Los ensayos de compresión simple para las muestras cerámicas fueron realizados en diciembre de 2009 en el laboratorio de materiales de la EUAT de la Universidad de Granada. Los ensayos de rotura a tracción para las muestras de acero fueron realizados en enero de 2010 en el laboratorio de materiales de la ETSICCP de la Universidad de Gra-





De izquierda a derecha: Maquinaria empleada para los ensayos de compresión de las muestras cerámicas (laboratorio EUAT, Universidad de Granada) y muestras cerámicas números 1, 2 y 3. Fuente: Elaboración propia.

Número de muestra	1	2	3
Longitud (cm)	24,5	22,0	22,0
Ancho (cm)	11,0	10,0	10,0
Alto (cm)	4,5	3,5	3,5
Superficie media (cm <sup>2</sup> )	162,0	112,0	199,8

Tabla 1. Características geométricas de las muestras cerámicas.

Número de muestra	1	2	3
Longitud (cm)	46,1	46,6	43,5
Diámetro (cm)	2,55	2,55	-----
Sección (cm x cm)	-----	-----	2,91 x 0,45

Tabla 2. Características geométricas de las muestras de aceros.



A la izquierda, maquinaria empleada para los ensayos de tracción de las muestras de acero (laboratorio ETSICCP, Universidad de Granada). A la derecha, de arriba abajo, muestras de acero números 1, 2 y 3. Fuente: elaboración propia.

Número de muestra	1	2	3
Fuerza de rotura (t)	14,80	14,29	20,26
Carga de rotura (kp/cm <sup>2</sup> )	91,3	127,6	121,4

Tabla 3. Resultados de los ensayos en las muestras cerámicas.

Número de muestra	1	2	3
Longitud inicial (cm)	46,1	46,6	43,5
Longitud final (cm)	49,1	53,8	48,1
Módulo E (GPa)	218,6	196,9	154,2
Límite elástico (MPa)	311,8	230,6	283,0
Tensión de rotura (MPa)	382,8	367,8	396,3

Tabla 4. Resultados de los ensayos en las muestras de aceros.

nada. Los resultados obtenidos fueron los que figuran en las tablas 3 y 4.

Los valores recomendados por la norma española RL-88 para la recepción de ladrillos especificaban una resistencia a compresión mínima de 100 kp/cm<sup>2</sup> para que resultaran aceptables.

Por tanto, tan solo la muestra n° 1 se encontraría ligeramente por debajo de los estándares de calidad de finales del siglo XX. Es de destacar la enorme dispersión estadística en cuanto a la resistencia obtenida según las distintas tipologías de ladrillos.

Los valores recomendados por la norma española UNE 36-080-85 sobre calidad en los aceros laminados especificaban un límite elástico mínimo de 235 MPa para la clasificación AE 235-B.

Por tanto, tan solo la muestra n° 2 queda ligeramente por debajo de estos estándares, alcanzando incluso las otras muestras resistencias propias de la clasificación AE 275-B.

En cuanto al módulo de elasticidad longitudinal, tan solo la muestra n° 1 alcanza la especificación estándar actual de 210 GPa, mostrando gran dispersión los aceros en este apartado.

#### Bibliografía

- Emy, A.R. (1841-2). *Traité de l'Art de la Charpenterie*. Bruselas: Meline, Caus et Compagnie.
- Giménez Yanguas, M; Piñar Samos, J (1999). *Compagnie de Fives-Lille pour Constructions Mécaniques et Entreprises: Catálogo*. Granada: Ed. Asukaria Mediterránea. p. 142. ISBN: 84-89685-38-X.
- Giménez Yanguas, M; Piñar Samos, J (1996). *Motril y el azúcar. Del Paisaje industrial al patrimonio tecnológico, 1845-1995*. Granada: Ed. Asukaria Mediterránea.

- Giménez Yanguas, M; Reyes Mesa, J M et al. (2003). *Patrimonio Industrial en Granada*. Granada: Ed. Asukaria Mediterránea. p. 328. ISBN: 84-896895-49-5.
- Giménez Yanguas, M; Titos Martínez, M; et al. (1998). *Historia Económica de Granada*. Granada: Cámara de Comercio, Industria y Navegación de Granada. p. 397. ISBN: 84-89685-18-5.
- Martín Rodríguez, M (2009). *Azúcar e intervención económica en España. La Fábrica Azucarera de San Isidro, 1904-1984*. Granada: Ed. Universidad de Granada. p. 426. ISBN: 978-84-338-5049-2.
- Marvá Mayer, J (1916). *Mecánica Aplicada a las Construcciones*. 5ª Edición Revisada. Madrid: Julián Palacios.
- Vierendeel, A (1902). *La Construction Architecturale en Fonte, Fer et Acier*. Lovaina: A. Uystpruyst.

**Agustín Castillo Martínez** es ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica e Ingeniería de la Universidad de Granada. agustincastillomartinez@gmail.com

# Definiciones y redefiniciones de la cultura

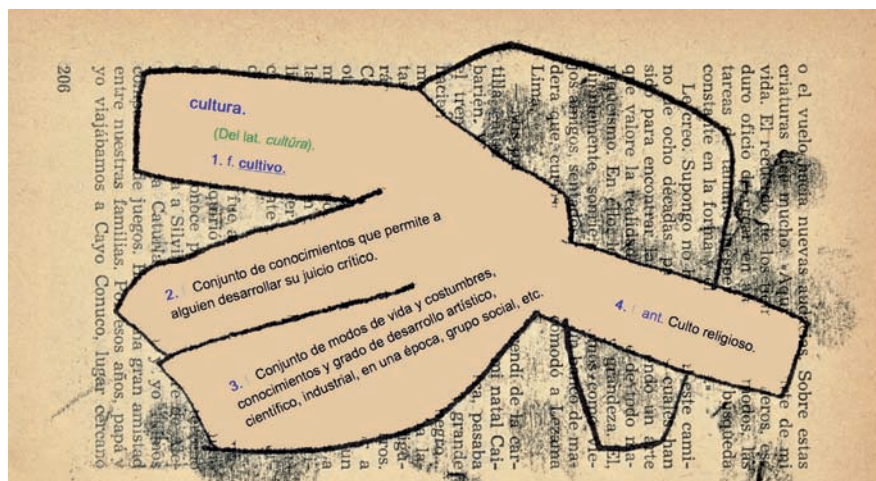
"¿Dónde está la sabiduría que hemos perdido en el conocimiento?  
¿Dónde está el conocimiento que hemos perdido en la información?"<sup>1</sup>

## Cristóbal Pera

A pesar de su intrínseca dificultad, el concepto encerrado en la palabra cultura ha tratado de ser incluido dentro de los límites de numerosas definiciones. Tres ensayos sobre la cultura surgidos en un periodo histórico muy limitado (de 1869 a 1971) de la cultura europea, se han convertido en clásicos: *Culture and Anarchy*, de Matthew Arnold<sup>1</sup>; *Notes towards the Definition of Culture*, de Thomas S. Eliot<sup>2</sup>, y *In Bluebeard's Castle. Some Notes towards the Redefinition of Culture*, de George Steiner<sup>3</sup>.

Matthew Arnold (1822-1888), poeta, novelista y crítico cultural y social, publicó en 1869 su famoso ensayo *Culture and Anarchy*. En pleno declive de la época victoriana, su objetivo era recomendar la cultura como una gran ayuda en las difíciles circunstancias sociales que atravesaba Inglaterra al inicio de la industrialización. Para Arnold, la cultura consistiría en "la búsqueda de nuestra total perfección a través del conocimiento de lo mejor que ha sido pensado y dicho en el mundo sobre todas las cosas que nos conciernen". Esta búsqueda debe entenderse como "el amor y el estudio de la perfección", mediante una "operación interior" que trata de alcanzar, según su famosa frase, "la belleza y la inteligencia". La pretensión es lograr una armoniosa perfección individual, así como una perfección general que desarrolle todas las partes de la sociedad, capaz de frenar el avance opresivo de la máquina. La cultura por la que clama Arnold es una *high culture* literaria, fundamentada en la tradición híbrida del helenismo y del hebraísmo. La cultura, según Arnold, sería también el modo de conseguir la seguridad, al comportarse como el enemigo más resolutivo de la anarquía.

Thomas Stearns Eliot (1888-1965), el poeta intelectual por excelencia, dramaturgo y crítico de la literatura, publicó en 1948, recién concluida la II Guerra Mundial, la primera edición de su ensayo *Notes towards the definition of Culture*<sup>4</sup>. "Mi objetivo –dice en el párrafo inicial– es definir la palabra cultura". De entrada, asegura



CARDIEL

que ninguna cultura ha aparecido, o se ha desarrollado, sin relacionarse con una religión, aunque, según sea el punto de vista del observador, la cultura puede aparecer como el producto de una religión o la religión como el producto de una cultura. Eliot reprocha a Arnold que en *Culture and Anarchy* su preocupación primordial sea el individuo y su perfección, sin tener en cuenta la sociedad en la que vive. La cultura es "algo más que el conjunto de obras de arte, costumbres y creencias religiosas, ya que estos componentes deben actuar unos sobre otros, porque para comprender uno de ellos debe comprenderse la totalidad": en este sentido, la "desintegración cultural" que denuncia Eliot sería la consecuencia de la especialización. Si bien la unidad de una cultura exige un pueblo que viva y hable con la misma lengua, la religión es la fuerza dominante que consigue crear una cultura común entre pueblos con distintas culturas, como lo demuestra, según Eliot, que sea la tradición cristiana de la Iglesia de Roma la que ha hecho que Europa sea lo que es. Sin embargo, cuatro años antes de la publicación de su ensayo sobre la cultura, en octubre del 1944, mientras las bombas alemanas caían sobre Londres, T. S. Eliot, como presidente de la Sociedad de Estudios Virgilianos, pronunciaba su discurso de investidura, bajo el título *¿Qué es un clásico?* En este discurso –señala críticamente J. M. Coetzee<sup>5</sup>– no menciona las circunstancias del conflicto bélico, a excepción de una referencia tangencial a "los contratiempos del momento presente".

Georges Steiner (1929-), es el autor del ensayo, publicado en 1971, bajo el título *In Bluebeard's Castle. Some notes towards the*

*redefinition of Culture*, una paráfrasis del que utilizara Eliot, aunque precedido del título de la ópera de Béla Bartók. Con esta alusión a un escenario sangriento, Steiner hace patente su pesimismo frente a los intentos de diseñar una teoría de la cultura, tal como afirma en la primera página: "Nos encontramos, quizá, en ese lugar preciso en el que se encuentra la Judith de Béla Bartók, cuando pide que se abra la última puerta del castillo, la que da paso a la oscuridad de la noche". Para Steiner, un análisis de la idea y del ideal de la cultura exige comprender previamente la fenomenología de los crímenes en masa que ocurrieron a lo largo y lo ancho de Europa, desde 1936 hasta 1945: "¿cómo es posible escribir un libro sobre la cultura y no decir nada sobre lo que estaba ocurriendo en Europa?" La cultura occidental ha funcionado bajo la asunción –no cuestionada– de que su legado es el "mejor de lo que ha sido dicho y pensado". Conociendo ahora los crímenes de los que el ser humano ha sido capaz en el seno de la cultura europea, es evidente que "esta cultura no impide el horror y no hace al hombre más humano".

A la vista de lo acontecido, la eficacia de la función humanizadora de ese modo de entender la cultura debe ser, al menos, puesta en duda.

1 Arnold Matthew (1994). *Culture and Anarchy*. Yale University Press.

2 Eliot TS (1979). *Notes towards the definition of Culture*. Faber and Faber, London.

3 Steiner, George (1974). *In Bluebeard's Castle. Some Notes towards the Redefinition of Culture*. Yale University Press.

4 Eliot, TS (1979). *Notes towards the definition of Culture*. Faber and Faber, London.

5 Coetzee, JM (2004). *Costas extrañas*, Ed. Debate, Barcelona.





FUNDACIÓN  
ESCUELA DE LA EDIFICACIÓN

# La formación es nuestra razón de ser

Desde 1980, la **Fundación Escuela de la Edificación** ha enfocado la planificación y acción de sus actividades hacia el desarrollo de tres áreas fundamentales: docente, investigadora y asesora.

En su función **docente**, fomenta el estudio y la transmisión de conocimientos técnicos y de gestión, a través del estudio concreto de la realidad social, económica y laboral de los sectores de la edificación y del patrimonio.

En el ámbito de la formación continua, la Fundación **ofrece el diseño e impartición de numerosos cursos monográficos, de corta duración, a medida de las necesidades de organismos oficiales, entidades y empresas.**

En su función **investigadora**, fomenta el estudio sobre nuevos materiales y técnicas constructivas, desde la sostenibilidad y la eficiencia energética, así como la mejora de la calidad y seguridad de la construcción. Desde 2004 promueve los Premios bienales de Investigación Fundación Escuela de la Edificación.

En su función **asesora**, tiene como meta el conjunto de la sociedad, mediante la colaboración con los poderes públicos y las entidades ciudadanas, la defensa del patrimonio y su conservación.

Por otro lado, la labor editorial de la Fundación, con más de 50 títulos publicados, es muy apreciada entre los profesionales e instituciones.



## ► PROGRAMAS MÁSTER



1



**Máster en Instalaciones de la Edificación**

2

**Máster en Estructuras de la Edificación**

3

**Máster en Recuperación y Gestión del Patrimonio Construido**

4

**Máster en Economía Inmobiliaria**

5

**Máster en Organización y Técnicas de la Edificación**

6

**Máster de Estudios Superiores en Ciencias e Ingeniería de Edificación**

## Información y matrícula

**Fundación Escuela de la Edificación**

C/ Maestro Victoria, 3  
28013 Madrid

Tel. 91 531 87 00  
Móvil 669 45 90 77

edif@esc-edif.org  
www.escueladelaedificación.org



POLITÉCNICA



Másters con apoyo de plataforma de teleformación



## Testeo y verificación de equipos y periféricos microinformáticos

**Isidoro Berral Montero y otros**  
Paraninfo, Madrid, 2011, 77 págs.  
ISBN 978-84-2833-272-9

Este libro aborda de manera práctica y detallada cómo actuar y a qué herramientas acudir cuando los ordenadores presentan fallos en alguno de sus componentes. Para solucionar los fallos en los ordenadores es necesario primero identificarlos correctamente y conocer los recursos disponibles para atajarlos. Esta obra facilita las pautas necesarias para identificar qué está fallando y lograr solucionarlo. A pesar de su brevedad, es una completa guía para efectuar el adecuado diagnóstico o verificación de un equipo informático. Con sencillez y sentido práctico se enseña a reconocer las señales que el equipo envía cuando ocurre algún fallo y, a partir de ellas, identificar su causa e implementar las medidas necesarias para solucionarlo.

## Negociación. Arte empresarial

**G. Andrés Zapata P.**  
Starbook, Madrid, 2011, 88 págs.  
ISBN 978-84-92650-67-5

Uno de los aspectos más interesantes de este libro es que explica cómo descubrir el propio perfil de negociador, para identificar así los pasos que hay que recorrer en una negociación y los errores que no se deben cometer durante el proceso. Durante la definición del perfil de negociador se analizan casos reales identificados en mesas de negociación en ferias, ruedas de negocios y misiones comerciales. Al descubrir las características de negociador que uno tiene, resulta más fácil interpretar las señales de otros y conocer cómo se relacionan los diferentes tipos de personas. De este modo se facilita el desarrollo de estrategias claras de negociación en cada una de las etapas y se reduce el riesgo de cometer errores de bulto.

## Contabilidad previsional

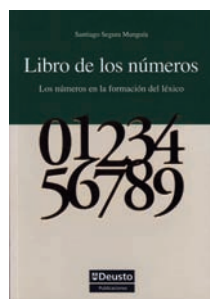
**Óscar Sánchez Estella y Pedro Lorca Fernández**  
Paraninfo, Madrid, 2011, 105 págs.  
ISBN 978-84-2833-275-0

Para una correcta planificación empresarial, es fundamental la elaboración de estados previsionales, tanto a largo como a corto plazo, por parte de profesionales debidamente cualificados. Igualmente resulta trascendental analizar las posibles desviaciones que se produzcan entre las previsiones y la realidad que permitan tomar medidas correctoras. Este libro ayuda a alcanzar las competencias profesionales relacionadas con la contabilidad previsional, así como con los aspectos fundamentales relacionados con la misma, tales como la elaboración de los presupuestos o el cálculo de desviaciones.

## El libro de los números

**Santiago Segura Munguía**  
Deusto Publicaciones, Bilbao, 2010, 294 págs.  
ISBN 978-84-9830-261-5

Como fuente de creación del léxico en griego y en latín, así como en las actuales lenguas derivadas de ellas, los nombres de los números han representado un papel tan importante que han animado al autor, como él mismo reconoce, a realizar el estudio que ha culminado con este libro singular. Hay numerosas obras dedicadas al estudio de los números desde diversos enfoques, ya sea filosófico, matemático, artístico o puramente simbólico. Este libro de Santiago Segura, doctor en filosofía y catedrático de Latín de la Universidad del País Vasco, expone el legado filológico y léxico que los números griegos y latinos (en concreto, del uno al diez, más el cien y el mil) han aportado a las actuales lenguas europeas, particularmente al español y a las restantes lenguas peninsulares, así como a las neolatinas, al inglés y al alemán.



ros griegos y latinos (en concreto, del uno al diez, más el cien y el mil) han aportado a las actuales lenguas europeas, particularmente al español y a las restantes lenguas peninsulares, así como a las neolatinas, al inglés y al alemán.

## Riesgos químicos

**Fernando Henao Robledo**  
Starbook, Madrid, 2010, 220 págs.  
ISBN 978-84-92650-25-5

En los procesos productivos se presentan innumerables situaciones de riesgo que afectan al trabajador en forma de accidentes de trabajo o de enfermedades profesionales, ocasionando importantes daños tanto para el propio afectado y su familia, como para el industrial y la sociedad. Los programas de prevención y control de riesgos pretenden, precisamente, evitar o minimizar estos daños físicos y económicos. Los contaminantes químicos constituyen un importante grupo de factores de riesgo, por lo que la prevención y el control de todas las sustancias potencialmente peligrosas es de obligado cumplimiento para empresarios y trabajadores. Esta obra es una guía para el reconocimiento de los factores de riesgo y su prevención, así como para valorar y llevar a la práctica las medidas correctivas necesarias para evitar accidentes y enfermedades profesionales. El texto arranca explicando los criterios de peligrosidad de las sustancias químicas, las vías de ingreso al organismo de los diferentes contaminantes y la clasificación de los factores de riesgo químico, para detenerse después en los principales grupos de contaminantes, desde los disolventes a los plaguicidas.

## 44 cartas desde el mundo líquido

**Zygmunt Bauman**  
Traducción de Marta Pino Moreno  
Paidós, Barcelona, 2011, 213 pág. ISBN 978-84-493-2558-8

Zygmunt Bauman, premio Príncipe de Asturias 2010 de Comunicación y Humanidades, junto con el sociólogo francés Alain Tourain, nos presenta una nueva versión, más digerible, de su análisis sobre la sociedad actual, el mundo líquido según su afortunada metáfora. En 44 cartas, escritas inicialmente para la prensa, el pensador polaco nos ofrece una aguda reflexión sobre la manera en la que los ciudadanos podemos afrontar los cambios que se han producido en los últimos años: el consumismo, la desigualdad social, la intimidad o la actual crisis. A sus reflexiones anteriores, añade nuevos elementos actuales, como Twitter, la gripe porcina o la figura de Barack Obama, que le sirve para reflexionar sobre la soledad, el sexo, la educación o la salud. En un mundo en el que todo es cambiante, nada es seguro. Lo que hoy parece sólido, mañana puede ser tan trivial como intrascendente. Y debemos estar preparados para estos cambios. Por eso, el pensamiento sociológico nos puede ofrecer una brújula con la que manejarnos en estos tiempos confusos, en los que el exceso de información termina por convertirse en una auténtica pesadilla. O mejor, como apunta el propio Bauman, una trilladora para separar el grano de la paja, pues una de las características de esta moderna sociedad líquida es que lo irrelevante y lo sustancial conviven con las cosas verdaderamente importantes. Zygmunt Bauman es uno de los pensadores más importantes de los últimos años. Una curiosidad: el título hace referencia a la obra de Adam Mickiewicz, uno de los poetas románticos polacos más importantes. El libro se cierra con una carta sobre Albert Camus, como un modelo de intelectual comprometido con su tiempo y con su mundo, que al propio Bauman le ha servido como inspiración.



### La política mediatizada

Félix Ortega

Alianza Editorial, Madrid, 2011, 202 pág.  
ISBN 978-84-206-5065-4

Los ciudadanos no percibimos la política como una experiencia vivida a cuerpo gentil, por así decir, sino tamizada por los medios de comunicación, y también, por qué no decirlo, manipulada.



Cada vez más, los medios de comunicación se han convertido en actores políticos que participan desde una posición de privilegio en el devenir de los acontecimientos, junto con sus propios intereses empresariales y de poder, no siempre confesables, lo que añade comple-

jidad e inestabilidad al mundo de la política. Félix Ortega, catedrático de Sociología, intenta analizar las difíciles y cambiantes relaciones entre políticos, periodistas y ciudadanos.

### Zipper y su padre

Joseph Roth

Traducción de Marina Bornas Montaña  
Tusquets, Barcelona, 2010, 161 pág.  
ISBN 978-84-15277-18-7

Con los años, la obra de Joseph Roth se agiganta cada vez más, algo a lo que no es ajena la impagable obra editorial de El Acantilado. En este hermosísimo relato Roth, nos presenta, a través



de la vida de Arnold Zipper y de su relación con su padre, los cambios sociales vividos tras la Primera Guerra Mundial, de la que Europa salió totalmente cambiada. El padre representa la vieja Europa, despreocupada y alegre. El joven Zipper, la inadaptación de los que no encontraron su

lugar después de la guerra. Una historia amarga, que nos habla de desilusiones y pérdidas.

### La división azul

Jorge M. Reverte

RBA, Barcelona, 2011, 587 pág.  
ISBN: 978-84-9867-946-5

El escritor y periodista Jorge M. Reverte quiso averiguar por qué cerca de 50.000 españoles participaron en la llamada división azul, una de las campañas bélicas más duras de la



Historia, a más de 5.000 kilómetros de sus hogares. Su propio padre había sido uno de esos jóvenes divisionarios. El resultado es un libro interesante y ameno, escrito siguiendo las convenciones del oficio de historiador, pero con la penetración y la sagacidad

del reportero. En esta obra histórica, Jorge M. Reverte combina con maestría la narración de los grandes acontecimientos y los pequeños hechos cotidianos.

## CONTRASEÑAS Gabriel Rodríguez

### El declive de lo público

Basta con ver, si se tiene humor, cualquiera de los muchos programas de cotilleo que tanto abundan en las televisiones públicas y privadas de nuestro país para hacerse una cabal idea de la grotesca invasión que las vidas privadas (poco edificantes en su mayoría, por cierto) hacen de los espacios públicos. Entre el surrealismo y la oligofrenia, esta fauna de lo más variopinto nos "regala" cada día un canto estridente y desafinado al mal gusto, la chabacanería y la obsenidad, quizá como recordatorio del declive del espacio público.

Síntoma y diagnóstico al mismo tiempo, toda esa caterva de programas tiene un elemento en común: el triunfo de lo personal y de lo subjetivo, ocupando el espacio público, como si de un ejército invasor se tratara, y generando una notable confusión entre la esfera pública y la privada, hasta hacerlas indistinguibles. Minusvalorar el mal que generan en nuestra sociedad toda esta bazofia televisiva es un error, pues estos programas y los que los financian tienen muy asumidas las críticas que se les hacen desde muy diversos ámbitos. También saben que no les hace mucha mella.

Sin embargo, este fenómeno no es algo exclusivo de nuestro país, y resulta más generalizado de lo que se cree en todo el mundo occidental. Algunos sociólogos sitúan el inicio de este declive del hombre público en las algaradas de la década de 1960. Otros lo llevan más lejos, a los momentos iniciales del capitalismo decimonónico. Pero sea como fuere, en esta contraposición que se hace entre la esfera privada y la pública, esta última siempre sale perdiendo. Lo privado, lo íntimo, denota calidez, confianza, sentimientos, frente a lo público, que

se percibe como frío, sin sentimiento, impersonal. Y cualquier político sabe que, más importante que los programas electorales o la solvencia profesional, es el aspecto o la imagen que proyecta.

Pero lo público y lo privado forman un sistema de vasos comunicantes, y el empobrecimiento de la esfera pública no lleva aparejada una mejor vida privada, antes al contrario, la hace más pobre. El cultivo desaforado del propio yo, esa romántica búsqueda de la personalidad, generan insatisfacción y ansiedad. Al final, el yo de cada persona se convierte en una pesada carga: conocerse a sí mismo constituye un fin en sí mismo, en lugar de ser un medio para conocer el mundo. Por otra parte, la complaciente idea de que es en nuestro mundo privado donde somos "auténticos" frente al mundo público y social, hecho de apaños y teatralidad, abunda en esta confusión.

Es verdad, como afirma el dicho, que el roce hace el cariño, pero también no es menos cierto que es en el espacio más privado donde se sienten con más fuerza las pequeñas tiranías de la vida doméstica que oprimen a tanta gente hoy día. Y ese es precisamente el mayor valor que encontramos en la ciudad, aunque nos quejemos de su impersonalidad o de su frialdad. La riqueza de la vida urbana se mide también por el grado de teatralidad de las relaciones entre las personas, donde las formas, eso que antes se llamaban normas de urbanidad, tiene un valor capital. Quizá sea bueno recuperar aquellas pequeñas virtudes que componían el abc de la "buena educación": el decoro, la puntualidad o la modestia. Justo lo contrario de lo que vemos en esos poco edificantes programas de televisión.



# Cultivos orgánicos pero mortales

Una bacteria, la *Escherichia coli*, colonizó los medios de comunicación durante la pasada primavera, por las decenas de muertes que ha causado en Alemania. Además de los fallecidos y de los miles de afectados, ha protagonizado también el desmoronamiento de una fama, la de la eficacia germana, por la desorientación que mostraron sus dirigentes para enfrentar la crisis, la tardanza en encontrar el foco de la infección y el lanzamiento por parte de algunas autoridades de acusaciones sin fundamento que afectaron gravemente, como bien se sabe, a las exportaciones agrícolas españolas al continente europeo.

Pese a los estragos que ha protagonizado, este minúsculo bacilo continúa siendo el mejor amigo de los humanos y de los mamíferos en general, por encima incluso del perro, ya que sin su concurso tendríamos problemas para digerir la comida y podríamos morir de desnutrición. Y es que no solo somos heterótrofos, como todos los animales, es decir, incapaces de sintetizar los nutrientes que necesitamos a partir de sustancias minerales, aire y sol, como hacen las plantas, sino que tampoco sabemos degradar por nosotros mismos el alimento que ingerimos para utilizar dichos nutrientes. Los encargados de hacer ese trabajo son los microorganismos que forman la flora intestinal, entre los cuales el dominante es la *Eschechiria coli*, que se encuentra por billones, con b, en nuestro intestino, superando incluso el número de células propias del organismo. No es extraño pues que esté presente en las heces de los mamíferos, y este es un dato sustancial para analizar lo ocurrido en Alemania.

La supuesta crisis de los pepinos andaluces se transformó, perezosamente, en la crisis de los brotes de soja sajones. Y las consecuencias han sido bien aireadas: protestas por las pérdidas ocasionadas debido a la falsa alarma, compensaciones por parte de Bruselas, demandas por insuficiencia de las ayudas... Pero parece haber pasado como de puntillas un aspecto nada banal del asunto,

**“BASTA LA EVOCACIÓN A LO ALTERNATIVO O A LO ECOLÓGICO PARA QUE SUMISAMENTE LOS FIELES ACEPTEN COMO VERDADES LO QUE MUCHAS VECES NO SON MÁS QUE PREJUICIOS O HIPÓTESIS POCO CONTRASTADAS”**

como el hecho de que la granja causante del episodio, situada en la localidad de Bienenbüttel, en la Baja Sajonia, se dedique al cultivo orgánico o biológico, tan alabado por algunos por no utilizar productos químicos sanitarios. En este tipo de agricultura, de creciente aceptación por parte de los consumidores germanos, la fertilización del suelo se suele realizar con abonos naturales generados por compostaje de materia orgánica residual, entre la que se encuentra, obviamente, la procedente de los animales de la propia explotación.

Los brotes, de soja y de otras plantas, son el producto de la germinación de las semillas, proceso que para obtener una buena

cosecha debe realizarse en condiciones ambientales de alta temperatura y humedad, que son también ideales para la multiplicación de bacterias. Son, además, productos que se consumen con frecuencia en crudo, formando parte de ensaladas y acompañamientos de otros platos. La combinación de uso de restos orgánicos de animales, no utilización de productos químicos desinfectantes, ambiente húmedo y cálido y consumo en fresco explican que brotes infecciosos como este, aunque menos virulentos, se produzcan con relativa pero creciente frecuencia en países donde los productos de la agricultura biológica copan buena parte del mercado, como Alemania.



MARGOT

No significa eso que haya que criminalizar este tipo de agricultura, ni se puede extraer la conclusión de que los cultivos que utilizan plaguicidas y fertilizantes industriales son inocuos. Ambas prácticas muestran ventajas e inconvenientes y ambas responden a demandas específicas de grandes grupos sociales, pero conviene recordar de vez en cuando que nada es blanco o negro, que todo es gris, un gris más o menos oscuro o claro, pero gris. Y conviene recordarlo porque se suelen dar por evidentes las bondades de los cultivos orgánicos, enfatizados por el apelativo *ecológicos* con el que coloquialmente se describen. También hay aquí un pensamiento único bien implantado en amplios sectores de la sociedad, en el que basta la evocación a lo *alternativo* o a lo *ecológico* para que sumisamente los fieles acepten como verdades lo que muchas veces no son más que prejuicios o hipótesis poco contrastadas.

Numerosos estudios han puesto de manifiesto que la creciente presencia en el ambiente de sustancias químicas ha hecho que ingiramos muchas de ellas con los alimentos y que algunas se acumulen en nuestro cuerpo. De algunas se conocen sus efectos tóxicos o perjudiciales para la salud, de otras se sospechan y de muchas más se ignoran por completo. Es prudente tratar de limitar su consumo y apoyar la investigación sobre las consecuencias de su uso, como la que se realiza en el marco de la iniciativa europea REACH, pero en la mayor parte de los casos es difícil predecir su influencia en la salud pública. Sus efectos, salvo excepciones, son más probabilísticos que deterministas, y se dejarán sentir a largo plazo, o quizá no; pero los efectos de una deficiente desinfección por no emplear los apropiados medios químicos disponibles, por una mera postura ideológica, son tan inmediatos, y a veces tan fulminantes, como los que se han producido en Alemania.