

# Técnica Industrial 339

## Ingeniería acústica

**REUTILIZACIÓN Y VALORACIÓN DE RESIDUOS VÍTREOS DE NATURALEZA CERÁMICA**

De procedencia industrial en hormigones

**ANÁLISIS Y MEJORA DE LA SIMULACIÓN POR ELEMENTOS FINITOS**

con Inventor de piezas de PLA obtenidas por impresión 3D

**ANÁLISIS MATEMÁTICO DE DEDOS SUBACTUADOS PARA MANOS PROTÉSICAS**

**NORMAS Y ENSAYOS ACÚSTICOS PARA LA LEGALIZACIÓN DE ACTIVIDADES**

**CONEXIÓN DE TRANSISTORES EN PARALELO**

### REPORTAJE

Hacia un entorno más silencioso: avances en la lucha contra la contaminación acústica

### INNOVACIÓN

Tecnología avanzada en la prevención del ruido: la cámara acústica

### ENTREVISTA

Gerardo Gutiérrez Ardoy, director general del Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE)

407732  
Sound Level Meter

Lo=35-100dB



# ¡COLÉGIATE!

Numerosas ventajas,  
¡conócelas!



¡INFÓRMATE!

->En tu Colegio Profesional  
->En <https://cogiti.es/colegiacion>

## Ventajas de la Colegiación

- 1.- Acceso a la **Bolsa de empleo de ProEmpleo Ingenieros**.
- 2.- **Plataforma de Formación del COGITI**.
- 3.- **Acreditación Desarrollo Profesional Continuo**.
- 4.- **COGITI ToolBox**: Portal de gestión de licencias software.
- 5.- **Portal de Licitaciones Europeas del COGITI** (<https://cogiti.es/licitaciones>).
- 6.- **Portal La Ley Digital** (Contenidos de interés para la profesión y su ejercicio).
- 7.- **Normativa Técnica de AENOR**.
- 8.- **Visado de Proyectos, Visado electrónico, Libro de Incidencias Electrónico (LIE) y Libro de Órdenes Electrónico (LOE)**.
- 9.- **Ventanilla única** (<https://cogiti.es/ventanilla-unica>).
- 10.- **Portal de tramitación industrial telemática Asesoría Jurídica, Técnica, Fiscal y Laboral**.
- 11.- **MUPITI**, (Mutualidad de Previsión Social de Peritos e Ingenieros) **Alternativa al RETA. Seguros de salud y de Responsabilidad Civil y Profesional**.
- 12.- **Prestaciones sociales** a través de la Mutualidad.
- 13.- Servicio de **préstamo de equipos técnicos de medida**.
- 14.- **Seguros de accidente y de invalidez**.
- 15.- **Convenios de colaboración** con organizaciones y Convenios con Universidades: fomento de formación y empleo.
- 16.- **Ejercicio Libre, ayudas, asesoramiento y defensa profesional**.
- 17.- **Club COGITI** con descuentos en tecnología, ocio, alimentación, etc.
- 18.- **Cuotas colegiales** reducidas en condiciones particulares y gratuitas para precolegiados.
- 19.- **Ventajas fiscales**.
- 20.- **Acreditación EURO INGENIERO**, para reconocimiento en la UE.



**COGITI**  
Consejo General de Colegios Oficiales  
de Graduados e Ingenieros Técnicos  
Industriales de España

**EN PORTADA Ingeniería acústica**

- 08 Hacia un entorno más silencioso: avances en la lucha contra la contaminación acústica**  
La contaminación acústica afecta a millones de personas en Europa, dañando tanto la salud pública como la biodiversidad. A pesar de las normativas y los avances tecnológicos, la exposición al ruido ambiental continúa en niveles preocupantes. **Mariana Morcillo.**
- 14 ENTREVISTA Marta Gómez Palenque.** Directora General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO): "Estamos haciendo un diagnóstico del ruido ambiental en España, que formará parte de la futura Estrategia Nacional del Ruido". **Mónica Ramírez.**
- 18 ENTREVISTA Fernando López Santos.** Presidente de la Asociación Andaluza de Ingenieros y Consultores Acústicos, y consejero del Consejo Rector de la Sociedad Española de Acústica: "Es muy gratificante identificar una afección acústica y diseñar una medida correctora contra los efectos adversos de esta contaminación". **Mónica Ramírez.**
- 22 ENTREVISTA Miguel Tamayo Monedero.** Ingeniero técnico industrial y jefe de Negociado del Servicio de Protección Ambiental del Ayuntamiento de Sevilla: "Una vez concluido el mapa estratégico de ruido, que está en ejecución, podremos comparar en qué situación nos encontramos respecto al período anterior". **Mónica Ramírez.**
- 26 ENTREVISTA Alejandro Ochoa Martínez.** Ingeniero técnico industrial y socio fundador de Acre Ambiental S.L.: "El incremento de la contaminación acústica en la sociedad ha evidenciado la necesidad de esta especialización para el control del ruido". **Mónica Ramírez.**
- 30 Estudio de afección acústica de eventos al aire libre.** **Alejandro Ochoa.**
- 32 Adaptación al entorno, un caso de éxito: Estrella de Levante.** **Alejandro Ochoa.**
- 34 Innovación en la prevención del ruido: tecnología avanzada para un ambiente de trabajo saludable.** **José Enrique Aparisi.**
- 36 Sensores acústicos para proteger infraestructuras marinas críticas.** **Sociedad Anónima de Electrónica Submarina (SAES).**

Foto de portada: Shutterstock.

**ACTUALIDAD**

- 04 ENTREVISTA Gerardo Gutiérrez Ardoy.** Director general del Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE): "Las ocupaciones en ingeniería prácticamente duplican las del conjunto de la contratación y tienen una media de edad más joven". **Mónica Ramírez.**

**ARTÍCULOS**

- 38 ORIGINAL**  
**Mathematical analysis of underactuated fingers for prosthetic hands**  
Análisis matemático de dedos subactuados para manos protésicas. **Enrique Soriano-Heras, Higinio Rubio y Ramón Barber**
- 46 ORIGINAL**  
**Reutilización y valoración de residuos vítreos de naturaleza cerámica de procedencia industrial en hormigones**  
Reuse and recovery of glassy ceramic waste of industrial origin in concretes. **Eugenio Gómez Gómez**
- 56 ORIGINAL**  
**Analysis and improvement of the finite element simulation with Inventor of 3D-printed PLA parts**  
Análisis y mejora de la simulación por elementos finitos con Inventor de piezas de PLA obtenidas por impresión 3D  
**Iván Prada y Manuel Domínguez**
- 66 INFORME TÉCNICO**  
**Conexión de transistores en paralelo**  
Connection of transistors in parallel. **Félix Mateo Lázaro**
- 72 INFORME TÉCNICO**  
**Normas y ensayos acústicos para la legalización de actividades**  
Acoustic rules and tests for the legalization of activities  
**Antonio Matías Navarro-Torres, Miguel Tamayo-Monedero**

**INGENIERÍA Y HUMANIDADES**

- 94 INGENIEROS EN LA HISTORIA Ramón Vereá:** el gallego que revolucionó las calculadoras con su máquina Vereá Direct Multiplier. **Mónica Ramírez**
- 96 Publicaciones**

Técnica Industrial Revista cuatrimestral de ingeniería, industria e innovación revisada por pares. [www.tecnicaindustrial.es](http://www.tecnicaindustrial.es)

Directora: Mónica Ramírez Helbling

Secretario de redacción: Enrique Soriano Heras (Universidad Carlos III de Madrid). Consejo de redacción: Alessandro Ruggiero, Petr Valášek, Juan Antonio Monsoriu, Rubén Puche Panadero, Roberto D'Amato, Manuel Islán Marcos, Jesús Manuel García Alonso, Higinio Rubio Alonso y Fernando Blaya Haro. Consejo asesor: Jorge Arturo Ávila Rodríguez (México), Manuel Campo Vidal (España), Nuria Martín Chivelet (España), Sara Nauri (Reino Unido), Jerry Westerweel (Holanda).

Redacción, administración y publicidad: Avda. Pablo Iglesias, 2, 2º. 28003 Madrid. Tel: 915 541 806 / 809. [revista@tecnicaindustrial.es](mailto:revista@tecnicaindustrial.es)

Impresión: Monterreina. C/ Cabo de Gata, 1-3, Área empresarial Andalucía 28320 Pinto, Madrid.

Depósito legal: M. 167-1958 ISSN: 0040-1838. ISSN electrónico: 2172-6957.



03 **Editorial** La Inteligencia Artificial requiere humanidad  
**José Antonio Galdón Ruiz**

**PROFESIÓN**

**78 El Comité UNE de Servicios de mediación, cuya secretaria lidera el COGITI, presenta su nueva Norma**

La Asociación Española de Normalización (UNE) y el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) celebraron el pasado 10 de octubre, en la sede del COGITIM, la Jornada Informativa UNE-COGITI: "Nueva Norma para la mediación", en la que presentaron la nueva Norma UNE 197301.



**79 José Antonio Galdón, reelegido presidente del Instituto de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España (INGITE)**



**80 El Foro de Seguridad Industrial traslada al Ministerio de Industria y Turismo sus propuestas para la mejora constante en este ámbito**



**81 El XXV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica se celebrará en junio**



**82 El jurado calificador del III Premio a la Innovación Tecnológica Empresarial y Sostenibilidad de la Fundación Técnica Industrial elige a la empresa ganadora**

**83 Estudiantes universitarios muestran su talento en la IV edición de MadridMotorStudent**

**83 El COGITI habilita un portal de ayuda para afectados por la DANA de Valencia**



**84 ENTREVISTA Ginés Ángel García López.** Presidente de la Asociación de Empresas de Eficiencia Energética (A3e): "Transitamos hacia un nuevo modelo energético en el que la acumulación de energía desempeñará un papel protagonista en los próximos años". **Mónica Ramírez.**

**86 ENTREVISTA Fernando Martínez.** General Manager de IAC Group S.L.: "El papel que juegan nuestros ingenieros en el desarrollo y concepción de los diferentes procesos productivos es crucial". **Mónica Ramírez.**



**88 ENTREVISTA Ingrid de la Fuente Lööf.** Directora general de Industria y Polígonos Industriales del Gobierno de las Islas Baleares: "Si quieres cambiar algo, no vale con quejarse porque sí, hay que arremangarse y ponerse manos a la obra". **Mónica Ramírez.**

**90 Retos y oportunidades en el sector de la construcción. Jorge Jaime Royo.**

**92 Ferias y Congresos**

**93 UAITIE Evento común con motivo del Día Internacional de la Mujer en la Ingeniería: "Presente y futuro de la mujer ingeniera"**



**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 Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de España (COGITI).

**Fundación Técnica Industrial**

**Comisión Ejecutiva**

- Presidente** José Antonio Galdón Ruiz
- Vicepresidenta** Ana M<sup>a</sup> Jáuregui Ramírez
- Secretario** Jesús E. García Gutiérrez
- Tesorero** Alejandro Sotodosos Fernández
- Interventor** Antonio Ruiz Saiz
- Vocales** Diego Pérez Muñoz y Mar López Almagro
- Gerente** Santiago Crivillé Andreu

**Patronos**

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

- A Coruña** Macario Yebra Lemos
- Álava** Alberto Martínez Martínez
- Albacete** Emilio Antonio López Moreno
- Alicante** Antonio Martínez-Canales Murcia
- Almería** Francisco Lores Llamas
- Aragón** Enrique Zaro Giménez
- Ávila** Samuel Gavilán López
- Badajoz** Vicenta Gómez Garrido
- Illes Balears** Sebastián Frongia
- Barcelona** Miquel Darnés i Cirera
- Bizkaia** Alberto García Lizaranzu
- Burgos** Antonio Ruiz Saiz
- Cáceres** Fernando Doncel Blázquez
- Cádiz** Domingo Villero Carro
- Cantabria** Luis Miguel Muñoz González
- Castellón** José Luis Ginés Porcar
- Ciudad Real** José Carlos Pardo García
- Córdoba** Francisco López Castillo
- Garraf i l'Alt Penedès** Mar López Almagro
- Gipuzkoa** Santiago Beasain Biurrarena
- Girona** Jordi Fabrellas Payret
- Granada** Fernando Terrón Bote
- Guadalajara** Juan José Cruz García
- Huelva** Manuel León Gómez
- Jaén** Rafael Fernández Mesa
- La Rioja** Jesús Velilla García
- Las Palmas** José Antonio Marrero Nieto
- León** José Antonio Cuba Cal
- Lleida** Antonio Campo Barrabés
- Lugo** Jorge Rivera Gómez
- Madrid** José Antonio Galdón Ruiz
- Málaga** José B. Zayas López
- Manresa** Jordi Valiente Prat
- Región de Murcia** Miguel Ángel Sola Navarro
- Navarra** Enrique Domínguez Peralta
- Ourense** Santiago Gómez-Randulfe Álvarez
- Palencia** Jesús de la Fuente Valtierra
- Principado de Asturias** Diego Pérez Muñoz
- Salamanca** José Luis Martín Sánchez
- S. C. Tenerife** Antonio M. Rodríguez Hernández
- Segovia** Gabriel Valledo Álvarez
- Sevilla** Ana M<sup>a</sup> Jáuregui Ramírez
- Soria** Levy Garijo Tarancón
- Tarragona** Joan Gabriel Talarn Maigí
- Toledo** Ángel Carrero Romero
- Valencia** Tomás Játiva Collados
- Valladolid** Rafael Álvarez Palla
- Vigo** Jorge Cerqueiro Pequeño
- Zamora** Jose Luis Hernández Merchán



## La Inteligencia Artificial requiere humanidad

“La inteligencia es la habilidad para adaptarse al cambio”. Esta célebre frase de Stephen Hawking define perfectamente el espíritu que impulsa la adopción de la inteligencia artificial (IA) en la ingeniería y que, por tanto, se convierte en un aliado estratégico para abordar los desafíos del siglo XXI.

La ingeniería técnica industrial, desde hace ya casi 175 años, ha sido y es una profesión que aplica y genera innovación, liderando transformaciones que han mejorado la vida de las personas. Y ahora nos encontramos ante retos diferentes, pero con el mismo objetivo, y no nos vamos a quedar atrás.

Pero esta intersección entre el ingenio humano y la revolución digital debe tener un propósito alineado con las necesidades humanas y los valores éticos. La IA debe ser un reflejo del alma de quienes la crean y utilizan, portadora de un compromiso irrenunciable con la responsabilidad social.

En un mundo marcado por desafíos globales como la sostenibilidad, la transición energética y la transformación digital, la ingeniería técnica encuentra en la IA una aliada estratégica para ofrecer soluciones sostenibles y socialmente responsables. Los sistemas inteligentes permiten, por ejemplo, optimizar recursos en proyectos industriales, minimizar el impacto ambiental y garantizar la seguridad de las infraestructuras. Pero la tecnología, por poderosa que sea, no tiene valor si no se orienta a resolver los problemas reales de las personas.

La inteligencia artificial ha revolucionado la manera en que diseñamos, construimos y gestionamos los sistemas industriales. En áreas como la simulación y el modelado, los algoritmos de IA permiten analizar y predecir el comportamiento de complejos sistemas físicos en tiempo real, optimizando recursos y minimizando riesgos.

Por ejemplo, en el mantenimiento predictivo, los sistemas de IA procesan datos en tiempo real para prevenir fallos en maquinaria, optimizando la continuidad operativa y reduciendo los costes de mantenimiento. Estas soluciones no solo mejoran la competitividad de las empresas, sino que también amplían las posibilidades de actuación profesional en campos que exigen constante innovación y una alta cualificación.

Además, en el diseño sostenible, la IA se utiliza para modelar edificios e instalaciones industriales que maximicen la eficiencia energética y reduzcan su impacto ambiental. Este enfoque es esencial para cumplir con los objetivos de sostenibilidad, una prioridad recogida tanto en las normativas de edificación como en los principios éticos de la profesión.

En el ámbito de los colegios profesionales, la IA también debe ser utilizada con este enfoque humano y social. La modernización de procesos clave y la oferta de herramientas que permitan una mayor eficiencia y fomentar la confianza en nuestra profesión, apostando por la mejora continua en los estándares de calidad, seguridad y garantía, desde los sólidos principios éticos y deontológicos que refuerzan nuestra responsabilidad social. Asimismo, mediante la utilización de herramientas de análisis predictivo se pueden anticipar las necesidades de formación de los colegiados, ajustándose a las necesidades reales de la sociedad, y manteniéndonos a la vanguardia de un mercado laboral altamente competitivo y cambiante.

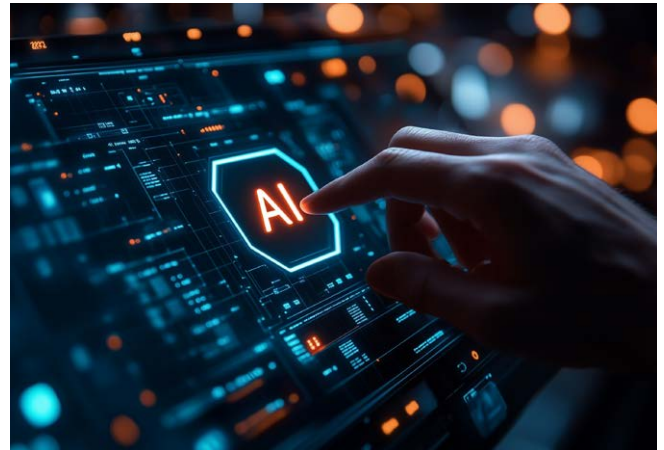


Foto: Shutterstock.

Y a todo ello, sumando los sistemas de gestión automatizada que permiten simplificar trámites administrativos, optimizar recursos y mejorar la atención al colegiado. Chatbots basados en IA, por ejemplo, facilitan la resolución de consultas frecuentes, liberando tiempo del personal para tareas de mayor valor estratégico.

Pero, “la tecnología no es nada. Lo importante es tener fe en las personas, que son buenas y sabias”, afirmaba Steve Jobs. Y esto cobra especial relevancia cuando hablamos de IA. Si bien los sistemas inteligentes tienen el potencial de transformar radicalmente nuestro mundo, su desarrollo y aplicación deben estar guiados por principios éticos y responsabilidad social. La IA debe ser inclusiva, transparente y equitativa, asegurando que sus beneficios lleguen a toda la sociedad y no exacerben desigualdades preexistentes.

Somos profesionales comprometidos con el bienestar colectivo, y por tanto debemos garantizar que la IA se desarrolle y utilice con un propósito ético. Este compromiso está enraizado en los valores recogidos en el Código Deontológico de la Ingeniería Técnica Industrial, que destaca la responsabilidad hacia la sociedad como una prioridad fundamental.

En conclusión, la inteligencia artificial no es solo una herramienta tecnológica, es un reflejo de nuestra visión del futuro. Para los ingenieros técnicos industriales y sus colegios profesionales, la IA es tanto un desafío como una oportunidad: el desafío de garantizar que esta tecnología sea utilizada de manera ética y responsable, y la oportunidad de liderar el cambio hacia un mundo más justo, sostenible y humano.

Conscientes de nuestra responsabilidad hacia la sociedad, debemos abrazar la IA no solo como un recurso para innovar, sino como una oportunidad para reafirmar los valores que nos definen como profesionales y como personas. En este camino, la tecnología y la humanidad deben ir de la mano, construyendo juntos un futuro donde la inteligencia artificial sea el mejor reflejo del alma humana.º

**José Antonio Galdón Ruiz**

Presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España y de la Fundación Técnica Industrial

## Gerardo Gutiérrez Ardoy

Director general del Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE)

### “Las ocupaciones en ingeniería prácticamente duplican las del conjunto de la contratación y tienen una media de edad más joven”

**Mónica Ramírez**

El Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE) es un organismo autónomo adscrito al Ministerio de Trabajo y Economía Social. Junto con los Servicios Públicos de Empleo de las Comunidades Autónomas, forman el Sistema Nacional de Empleo, con el fin de contribuir al desarrollo de la política de empleo, gestionar el sistema de protección por desempleo y garantizar la información sobre el mercado de trabajo.

Al frente del SEPE se encuentra Gerardo Gutiérrez Ardoy, técnico de gestión de empleo del Estado y técnico de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (en excedencia), pertenece al Cuerpo de Técnicos Superiores de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, especialidad jurídica. Desde 1992 hasta la fecha ha prestado servicios en el ámbito del Sistema Nacional de Empleo, tanto a nivel estatal (Instituto Nacional de Empleo), como a nivel autonómico (Servicio Público de Empleo de Castilla-La Mancha).

De 2008 a 2011 fue director general de Empleo del Servicio Público de Empleo de Castilla-La Mancha (SEPECAM), y desde julio de 2018 ocupa el cargo de director general del SEPE.

#### ¿Qué balance realiza de su gestión en estos seis años?

Estos últimos 72 meses, más de seis años, han pasado en paralelo al cambio de época en la que nos encontramos. El primer año y medio transcurrió no sin dificultades, pero en un entorno de gestión y avances de algunas medidas que nos prepararon para afrontar mejor la situación: Plan de Choque para el Empleo Joven, Plan Reincorpórate para personas en desempleo de larga duración, recuperación de la regulación del subsidio para mayores de 52 años en las mismas condiciones que antes de los recortes del anterior Gobierno, mejora del clima



Gerardo Gutiérrez Ardoy

#### “La pandemia cambió la perspectiva y transformó la forma en que había que responder en el seno de un servicio público”

de gobernanza en el seno del Sistema Nacional de Empleo y de las relaciones con los Interlocutores Sociales, mejora importante en la gestión de la formación y mejora retributiva del personal del organismo, al conseguir incorporar de forma permanente una cantidad adicional para el complemento de productividad ligada a objetivos.

Ese balance inicial fue satisfactorio. La pandemia y la respuesta que hubo que darle, y en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, ha conllevado, en primer lugar, la introducción de reformas estructurales en la política de empleo, regulando nuevas normas que nos han permitido actualizar

las políticas activas de empleo y la racionalización, y la mejora y simplificación del nivel asistencial por desempleo, es decir, del régimen jurídico de los subsidios por desempleo.

En segundo lugar, se ha dado un paso de gigante en la modernización tecnológica del organismo, gracias a los fondos recibidos, incorporando nuevas herramientas y sistemas que nos están permitiendo mejorar la atención a la ciudadanía, al tiempo que conlleva mejorar en eficiencia y eficacia en la gestión interna que favorece y facilita el trabajo al personal del SEPE.

Todo lo anterior, como balance general, es positivo. Falta, y esto es muy importante, realizar la transformación definitiva en Agencia, la Agencia Española de Empleo, para aprovechar el impulso que permite a nivel de gestión presupuestaria y de recursos humanos esta nueva configuración jurídica que, además, debe conllevar una nueva Relación de Puestos de Trabajo, acorde con la respuesta que se exige al organismo. El personal del Servicio Público de Empleo se merece y necesita urgentemente un nuevo marco jurídico de regulación del organismo en el que trabaja, y una actualización y reconfiguración de sus puestos de trabajo y retribuciones.

**En 2020, como decía, tuvo que gestionar los efectos de la pandemia del coronavirus en uno de los servicios públicos más sensibles, además de poner en marcha, por primera vez en España, el sistema de expedientes de regulación temporal de empleo (ERTE) para evitar que la covid-19 afectase gravemente a la viabilidad de las empresas y a sus trabajadores. ¿Cómo recuerda esta etapa?**

La pandemia cambió nuestras vidas y la forma de verla. Cambió la perspectiva y transformó la forma en la que había que responder en el seno de un servicio público. En la primera semana hubo que to-



mar la decisión de confinar a la mayoría del personal del SEPE en sus viviendas, al tiempo de asegurar que desde ellas podían seguir realizando su trabajo; además, en un marco jurídico y de gestión distinto al que había hasta el 14 de marzo de 2020.

La respuesta del personal del SEPE fue heroica. Durante el año 2020, fue capaz de gestionar el pago de más de treinta y cinco mil millones de euros a más de ocho millones de personas. De ellas, cuatro millones doscientas mil personas estuvieron en ERTE, es decir, que no extinguieron su relación laboral, sino que la suspendieron, lo que permitió su reincorporación paulatina a sus puestos de trabajo conforme la situación lo iba permitiendo.

En un mes normal antes de la pandemia, se tramitaban unos 600.000 expedientes, que suponía un abono de unos dos mil millones de euros. En el mes de abril del año 2020 se tramitaron más tres millones cuatrocientos mil expedientes, que supusieron abonar en el mes de mayo más de cinco mil millones de euros.

La Sanidad y el SEPE fueron la trincheras con la que conseguimos poner las bases para la recuperación posterior, que como se está viendo, se está realizando en mejores condiciones que los países de nuestro entorno, hecho que no hubiera sido posible si los servicios públicos de Sanidad y de Empleo no hubieran estado por encima de sus posibilidades, en primera línea de respuesta.

**Es habitual que el hecho de vivir estas situaciones tan extremas conlleve la necesidad de dotar a los servicios que se ofrecen a los ciudadanos, y también de gestión interna, a tomar medidas para llevar a cabo una serie de mejoras, ¿cómo se ha reconfigurado el SEPE desde el punto de vista estructural?**

El SEPE se ha reconfigurado estructuralmente, tanto por la nueva arquitectura legislativa que sustenta la política de empleo, en sus dos componentes de políticas activas de empleo y de protección por desempleo, como en la modernización tecnológica que se está acometiendo.

Con la modificación legal, se ha desarrollado un nuevo marco de estrategias de empleo a cuatro años, que se van implementando anualmente, bajo unos nuevos objetivos estratégicos y específicos y medidas concretas que responden a la nueva realidad del mercado de trabajo, al

tiempo en el que hemos incorporado la evaluación continua de la política de empleo para poder ir conociendo si lo que vamos haciendo responde a las necesidades e ir mejorando lo que corresponde.

Además, se han reforzado los elementos de gobernanza con las CCAA como el mejor instrumento para que todas las personas tengan derecho al acceso a los programas y servicios de empleo en términos de igualdad en todo el territorio nacional.

**La formación de los trabajadores, y especialmente de los demandantes de empleo, es fundamental para adaptarse a las necesidades actuales del mercado laboral. En este sentido, ¿qué innovaciones o herramientas tecnológicas se aplican para seguir avanzando en esta materia?**

Es ineludible por parte de las personas trabajadoras adaptarse a las necesidades del mercado laboral con un enfoque proactivo, flexible y que se base en el aprendizaje continuo, en la formación a lo largo de la vida.

La rápida evolución del actual mercado nos dirige directamente a la necesidad de innovar y digitalizar la actividad laboral. La adaptación de competencias y habilidades a esta realidad impregna gran parte de nuestra actividad, y nos ha llevado a la realización de colaboraciones y proyectos de gran calado.

Desde el Servicio Público de Empleo, con la colaboración de Fundae, realizamos un esfuerzo de relevancia, por un lado, en realizar un buen y ágil análisis de la situación del mercado a través de diferentes enfoques de detección de necesidades y, por otro, en mejorar la calidad y el acceso a la formación para el conjunto de la sociedad.

El Observatorio de Ocupaciones del SEPE y los fondos Next Generation, que han facilitado la realización de proyectos innovadores encaminados a mejorar la situación general de nuestro país, haciéndonos más resilientes y competitivos, son dos pilares para identificar y acometer las necesidades actuales que requieren una rápida respuesta. Y, en este sentido, los resultados que se están obteniendo nos están sirviendo para elaborar una oferta formativa actualizada, de calidad, innovadora y gratuita, a la que todos y todas podemos acceder a través tanto de nuestra página web ([www.sepe.es](http://www.sepe.es)), como de la página web de Fundae ([www.fundae.es](http://www.fundae.es)).

**“En junio de 2024 se suscribió el nuevo convenio entre el Servicio Público de Empleo Estatal y el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), que supone la renovación de la colaboración entre ambas”**

Sin extenderme demasiado, me parece de especial interés mencionar dos iniciativas que, sin duda, han sido revolucionarias e innovadoras en el avance de la mejora de las competencias de las personas trabajadoras de nuestro país.

El reconocimiento de la realización de formación a través de Aula virtual, que se hizo imprescindible para dar respuesta a la situación generada por la pandemia provocada con el covid-19. Este avance tecnológico en la impartición de formación en un entorno de aprendizaje donde el tutor-formador y alumnado interactúan, de forma concurrente y en tiempo real, a través de un sistema de comunicación telemático de carácter sincrónico, ha permitido que la formación y la capacitación fuera posible en momentos en los que múltiples actividades laborales no podían llevarse a cabo. Actualmente aún sigue siendo una iniciativa de gran acogida.

Y el espacio Digitalize, espacio pionero de colaboración público-privada de acceso desde cualquier lugar del mundo <https://experienciafundae.es/digitalize/1>, que ya ha recibido más de 8.050.000 visitas a los 1.261 recursos formativos que facilitan gratuitamente 58 entidades tecnológicas.

Es una de las mejores prácticas reconocidas en el Final Report for “Pact for Skills: Analysing of up- and reskilling policy initiatives and identifying best practices”, elaborado por PwC y CARSa para EISMEA/Comisión Europea.

En las páginas web mencionadas se puede explorar todos nuestros avances y oferta. Hemos conseguido centralizar, en espacios concretos, el amplio abanico de posibilidades a las que tanto empresas como personas trabajadoras pueden acceder en el proceso de adaptación a las necesidades de nuestro mercado laboral.

**El pasado mes de junio, el Servicio Público de Empleo Estatal renovaba el convenio con el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) para la difusión de las ofertas de trabajo de la plataforma Proempleoingenieros.es, de la citada institución, en el portal “Empléate” del SEPE, ¿cómo valora este tipo de convenios y especialmente este en concreto?**

El Portal Único de Empleo Empléate es un portal de empleo que responde a la necesidad de ofrecer a personas que buscan empleo y a las empresas que demandan candidatos en un único punto de encuentro.

El objetivo del portal es dar la máxima visibilidad a las ofertas de empleo, alojando toda la información de utilidad para orientar y poner al alcance de ciudadanos y empresas todas las herramientas que faciliten la búsqueda de empleo o el inicio de una actividad emprendedora, a través de una estrategia íntegramente digital.

Empléate ofrece la posibilidad de integrar las ofertas de empleo de portales privados para dar una mayor difusión a sus ofertas y conseguir más alcance de las mismas. Su objetivo es contribuir a dinamizar la colocación y dar una mayor transparencia al mercado de trabajo.

Al respecto, aportaré algunos datos relativos a Empléate, referentes al mes de agosto: hubo 32.521 ofertas activas, 56.215 puestos activos, 14.829 ofertas publicadas, y 22.108 puestos publicados. En cuanto a los usuarios en Empléate, desde julio 2014, hubo 670.921 personas (DNI), 751.257 usuarios (perfiles), y 86.269 usuarios (empresas).

Dada la importancia de este portal, el pasado mes de junio de 2024 se suscribió el nuevo convenio entre el Servicio Público de Empleo Estatal y el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), que supone la renovación de la colaboración entre ambas. El objetivo del mismo es establecer el marco de colaboración entre las partes para difundir ofertas de empleo por cuenta ajena a través del portal Empléate.

**“La empleabilidad de la ingeniería es alta, en todas las transformaciones en las que la sociedad se ve inmersa”**

El convenio tiene naturaleza administrativa, se regula por las disposiciones contenidas en el capítulo VI del Título Preliminar de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, y se encuadra en el tipo de convenio establecido en artículo 47.2.c) del citado texto legal.

Ambas partes deben dar cumplimiento y desarrollo de los compromisos adquiridos en dicho convenio, y no se asumen obligaciones ni compromisos económicos de naturaleza ordinaria, ni extraordinaria, por ninguna de las partes firmantes.

La suscripción del convenio mejora la eficiencia de la gestión pública del Portal Empléate, facilita la utilización conjunta de medios y servicios públicos, contribuye a la realización de actividades de utilidad pública, y carece de contenido económico, con lo que no se ve afectado por la legislación de estabilidad presupuestaria y sostenibilidad financiera.

Para resaltar la importancia de este convenio, aportaré solamente algunos datos: la primera oferta publicada en Empléate procedente de COGITI fue el 5 de julio de 2016; el número de ofertas publicadas en Empléate procedentes de COGITI en datos acumulados es de 9.546; y el número de puestos ofertados publicados en Empléate procedentes de COGITI en datos acumulados asciende a 10.739.

**El colectivo de ingenieros, y especialmente los de la rama industrial, son muy demandados por las empresas, con unas cifras de desempleo prácticamente inexistentes, ¿disponen en el SEPE de datos sobre la empleabilidad en este sector? ¿A qué factores atribuye esta pujanza?**

El SEPE dispone de los datos de los contratos registrados y de las personas demandantes de empleo registradas en los Servicios Públicos de Empleo; toda esta información se desagrega según diferentes variables, que conforman el perfil de cada ocupación, las variaciones mensuales y anuales de la contratación y el desempleo de la ocupación, las actividades económicas en las que es más contratado el colectivo de ingenieros de la rama industrial, y la distribución geográfica de sus contratos. Además, tenemos datos de la movilidad geográfica de la contratación entre las provincias y comunidades autónomas de la ocupación.

Todos estos datos están a disposi-

ción de todo el público en nuestra página web, bien en la sección de estadísticas, bien en la sección del Observatorio de las ocupaciones.

La empleabilidad de la ingeniería es alta, en todas las transformaciones en las que la sociedad se ve inmersa -socioeconómica, ecológica y digital y productiva-, en las que la tecnología, innovación y sostenibilidad son factores indispensables, la ingeniería está en la base de todos estos procesos como pilar fundamental. Por ello, el mercado laboral de las próximas décadas se amplía para todos los perfiles profesionales relacionados con la ingeniería, y en especial los relacionados con los campos de la bioingeniería, nanotecnología, ciberseguridad, datos, robótica y ambiental.

Salvado el descenso en 2021, por motivo de la pandemia, en los últimos diez años la contratación ha mantenido un incremento consecutivo que casi ha duplicado el número de contratos iniciales concertados en las ocupaciones de ingeniería; tomando como referencia los datos del último año, se caracteriza por su alta tasa de estabilidad, prácticamente duplica la del conjunto de la contratación, una baja participación femenina (27,4 % del total), y una edad media más joven, el 62,5 % de los contratos se concertó con personas menores de 30 años.

**En relación con los últimos datos de empleo en España, ¿cuál es su valoración al respecto?**

En los últimos trimestres se mantiene la creación de empleo en términos desestacionalizados. Según la EPA del segundo trimestre de 2024, el número de personas ocupadas aumentó en 434.700 personas respecto al trimestre anterior y se situó en 21.684.700. El empleo creció en 426.300 personas en los 12 últimos meses.

Los datos de la Tesorería General de la Seguridad Social apuntan en la misma dirección. El número total de personas afiliadas a diciembre de 2023 era de 20.733.042. El dato a 31 de agosto de 2024 es de 21.122.514 personas. Ello supone que, en un periodo de 8 meses, se contabilizan 389.472 nuevas personas trabajadoras, con un incremento porcentual del 1,88 %.

El paro bajó en 222.600 personas, hasta 2.755.300. En términos desestacionalizados aumentó un 1,15%. En los 12 últimos meses disminuyó en 52.900 personas. La tasa de paro fue del 11,27%



este trimestre, 1,02 puntos menos que en el anterior.

En cuanto al número de parados registrados en los Servicios Públicos de Empleo a finales del mes de agosto era de 2.572.121. Es dato supone un 0,86 % con respecto al mes anterior, pero un -4,83 % menos con relación al mismo mes del año anterior.

Próximamente lanzaremos un subportal donde pondremos a disposición de toda la ciudadanía un Barómetro Laboral Europeo que aportará datos europeos de empleo y desempleo, y datos específicos de España. Es un indicador adelantado sobre el desarrollo general del mercado laboral, predice la evolución de las cifras de empleo y desempleo para los próximos tres meses, y se basa en una encuesta mensual realizada a las agencias de empleo regionales de cada país.

#### ¿Considera que tenemos en nuestro país un problema estructural con el desempleo? ¿y en lo que concierne al desempleo juvenil?

Es cierto que la economía española sigue presentando la mayor tasa de desempleo estructural de la Unión Europea, pese a haber logrado reducirla de manera sustancial en los últimos años.

Sin embargo, la capacidad que ha mostrado la economía española de reducir de manera sustancial la tasa de paro estructural en los últimos años ha sido sorprendente. Parecía imposible disminuirla de una forma tan significativa sin generar tensiones en los salarios y, sin embargo, el paro estructural descendió en España casi 2 puntos porcentuales desde 2018 y se sitúa en torno al 11,0%.

Los principales rasgos del perfil del joven afiliado menor de 30 años es el de un hombre de 25 a 29 años, que trabaja en el sector servicios y de alta en el Ré-

gimen General de la Seguridad Social. El número total de trabajadores afiliados y en alta en el Sistema de Seguridad Social a 31 de diciembre de 2023, refleja un incremento de 573.725 afiliados menores de 30 años de alta en el Sistema y una variación interanual positiva del 2,85 %. Estos resultados suponen una trayectoria ascendente de la afiliación juvenil (Informe del Mercado de Trabajo de los Jóvenes 2023, Observatorio de las Ocupaciones).

La representación de los jóvenes en el total de las personas demandantes paradas ha descendido, progresivamente, en los últimos años, tras los altos valores alcanzados en 2020. Los demandantes de empleo parados menores de 30 años han sufrido una variación negativa del 6,04 % en el segundo trimestre del año.

#### ¿Cuáles son los sectores más pujantes, con un mayor crecimiento de empleo en estos momentos?

De acuerdo con la información publicada por el SEPE en el Boletín del Mercado de Trabajo del segundo trimestre del año, el sector industrial es el mejor posicionado, detrás del sector servicios, en cuanto a contratación y desempleo. Dentro del sector, la actividad económica, en la que se registraron más contratos y con mayor crecimiento en la contratación interanual, es la Industria de la alimentación.

En general, las actividades económicas mejor posicionadas en el mercado de trabajo español son las siguientes: hostelería, comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos de motor y motocicletas, industria manufacturera, actividades administrativas y servicios auxiliares, actividades sanitarias y de servicios sociales, transporte y almacenamiento, construcción, actividades artísticas, recreativas y de entretenimiento, información y comunicaciones, educa-

## “La transición energética supone otro desafío e implica la necesidad de profesionales cualificados, sobre todo, en digitalización, automatismos y robótica”

ción, actividades profesionales, científicas y técnicas, otros servicios, suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación, y actividades inmobiliarias.

#### ¿Cómo cree que será la evolución de las profesiones y la transición digital en los próximos años?

El sector industrial debe asumir cada vez más los retos en materia de digitalización -industria 4.0 y 5.0- y de sostenibilidad y descarbonización, economía verde y circular, sobre todo, gestión de residuos y de agua, que son materias transversales a toda la industria y que se reflejan en todos los fondos y directivas europeas disponibles.

Además, se espera que los Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) vinculados a actividades industriales relevantes contribuyan a dinamizarlas y transformarlas, como son la industria alimentaria, naval, aeroespacial, de microelectrónica y semiconductores, de vehículo eléctrico, de energías renovables y almacenamiento (fabricación propia de baterías y de hidrógeno verde, principalmente).

La transición energética supone otro desafío, sobre todo, por las circunstancias geopolíticas, que obligan a impulsar la producción renovable. Todo esto implica necesidad de profesionales cualificados, sobre todo, en digitalización, automatismos, robótica.

Además del impulso a la digitalización y sostenibilidad de nuestra industria, es necesaria una visión de política industrial coherente, con una cadena de valor global, que apueste por la relocalización y la reindustrialización, así como un proyecto global de diseño y fabricación propia de componentes, en una cadena de valor nuestra, y con agentes públicos de decisión en una política marco de desarrollo, que reduzca nuestro papel subsidiario de sedes ubicadas en otros países.



Sede central del Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE).

# Hacia un entorno más silencioso: avances en la lucha contra la contaminación acústica

La contaminación acústica afecta a millones de personas en Europa, dañando tanto la salud pública como la biodiversidad. A pesar de las normativas y los avances tecnológicos, la exposición al ruido ambiental continúa en niveles preocupantes.



Vista de un aeropuerto en el que Aena implementa sus Planes de Acción para reducir la contaminación acústica, integrando medidas de aislamiento en viviendas cercanas y monitoreo de ruido, con el objetivo de minimizar el impacto en las comunidades y promover un entorno más sostenible. Fuente: AENA.

## Mariana Morcillo

En Europa y en España, proyectos innovadores y marcos regulatorios abordan esta problemática con el objetivo de reducir el impacto acústico, proteger a las comunidades más vulnerables y asegurar un entorno más saludable y sostenible para todos.

### Definición y alcance de la contaminación acústica

La contaminación acústica se define como la presencia en el entorno de niveles de ruido que inciden negativamente en la salud humana y el equili-

brio de los ecosistemas. Se considera una de las formas de contaminación más invasivas, interfiriendo en una amplia gama de actividades cotidianas y comprometiendo tanto el bienestar humano como la biodiversidad. Este fenómeno ha crecido de forma acelerada en las últimas décadas, en parte debido al incremento de la urbanización y la expansión de las infraestructuras de transporte.

En la Unión Europea, se estima que más de 100 millones de personas están sometidas a niveles de ruido que superan los límites recomendados por

la Organización Mundial de la Salud (OMS), establecidos en 55 dB durante el día y 50 dB por la noche en áreas residenciales. Esta cifra representa aproximadamente el 20% de la población europea, que se encuentra expuesta habitualmente a niveles de ruido superiores a 65 dB, derivados principalmente del tráfico rodado, ferroviario y aéreo. La persistencia de esta situación provoca anualmente 12.000 muertes prematuras y contribuye a más de 48.000 nuevos casos de enfermedad isquémica del corazón.

Se ha demostrado que la exposición



prolongada a niveles superiores a 65 dB incrementa el riesgo de enfermedades cardiovasculares, como la hipertensión, los infartos y los accidentes cerebrovasculares. Además, el ruido genera estrés y perturba los patrones de sueño cuando supera los 55 dB durante la noche, lo cual afecta de forma crónica a más de 22 millones de personas en Europa Occidental.

Los niños constituyen uno de los grupos más vulnerables a los efectos del ruido, ya que la constante presencia de altos niveles sonoros puede mermar sus habilidades cognitivas, especialmente la memoria, la concentración y la capacidad de aprendizaje. La Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA) estima que alrededor de 12.500 niños en Europa presentan problemas en su desarrollo cognitivo atribuibles al ruido de aeronaves.

Además de las consecuencias en la salud humana, la contaminación acústica representa una seria amenaza para la biodiversidad. Diversos estudios han demostrado que el ruido altera los patrones de comunicación y reproducción de muchas especies, incide en los ciclos migratorios y puede transformar los hábitats naturales. Por ejemplo, el ruido marino, derivado principalmente de la navegación y las actividades industriales, interfiere en la capacidad de

orientación y comunicación de especies como los cetáceos, lo cual puede llevar a desorientación y varamiento.

### La Directiva 2002/49/CE

A la luz de los graves efectos de la contaminación, la Unión Europea ha tomado medidas decisivas para abordar este problema de manera integral. La Directiva 2002/49/CE, adoptada por el Parlamento Europeo y el Consejo el 25 de junio de 2002, establece un marco común para la evaluación y gestión del ruido ambiental. Su objetivo principal es proteger la salud pública y mejorar la calidad del entorno acústico en los Estados miembros mediante políticas de reducción de ruido coherentes y efectivas a nivel europeo. Esta normativa prioriza la creación de herramientas de diagnóstico y la implementación de medidas de mitigación, incidiendo en la elaboración de mapas estratégicos de ruido y planes de acción que aborden las áreas más afectadas.

La aplicación de esta Directiva ha sido desigual entre los Estados miembros. Entre los más avanzados se encuentra Países Bajos, que han completado sus mapas estratégicos de ruido y adoptado planes de acción efectivos, instalando pavimentos fonoabsorbentes y barreras acústicas en las principales autopistas y ferrocarriles,

reduciendo así la exposición en áreas residenciales. Dinamarca, por su parte, ha integrado restricciones de vuelos nocturnos y medidas innovadoras para reducir el ruido ferroviario, como el uso de tecnología avanzada en ruedas y raíles. Finalmente, Suecia ha impulsado medidas para promover el transporte público eléctrico y utilizar pavimentos especiales en zonas de tráfico denso.

En contraste, algunos Estados miembros, como Bulgaria, Grecia y varios países del este de Europa han tenido que encarar dificultades relacionadas con la disponibilidad de recursos y la falta de priorización política de la contaminación acústica. En muchos casos, la descentralización administrativa también ha complicado la coordinación entre autoridades locales y nacionales, ralentizando el progreso y contribuyendo a disparidades en el cumplimiento de la normativa.

### Ley del Ruido de 2003

En España, la Directiva 2002/49/CE fue transpuesta mediante la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, la cual establece un marco regulador para la evaluación y gestión de la contaminación acústica.

Para cumplir con sus propósitos, la ley clasifica el territorio en áreas acústicas según el uso del suelo, con límites



ADIF está instalando 80 pantallas acústicas en algo más de 10 km. Fuente: ADIF.



Los mapas de ruido de ADIF muestran la distribución de los niveles sonoros generados por el tráfico ferroviario en áreas urbanas y rurales, permitiendo identificar zonas críticas y planificar acciones para mitigar el impacto acústico en las comunidades cercanas. Fuente: ADIF.

de ruido adaptados a cada tipo de entorno, priorizando zonas residenciales y áreas sanitarias. La normativa requiere a las administraciones públicas la creación de mapas estratégicos de ruido y la implementación de planes de acción para reducir el impacto en áreas críticas, proteger zonas tranquilas y preservar la calidad acústica. Además, fija valores límite para diferentes fuentes de ruido y define zonas de servidumbre acústica alrededor de infraestructuras ruidosas, sujetas a restricciones en el uso del suelo.

La aplicación de la Ley del Ruido en España ha variado considerablemente según la comunidad autónoma. Madrid, por ejemplo, ha implementado zonas de bajas emisiones, barreras acústicas y medidas de peatonalización en áreas céntricas para mitigar la contaminación sonora. Cataluña, particularmente en Barcelona, ha desplegado un Plan de Movilidad Urbana Sostenible que reduce el tráfico en el centro de la ciudad y protege las zonas tranquilas. Sin embargo, comunidades menos pobladas y con menor asignación de recursos, como Extremadura y Castilla-La Mancha, han tenido que afrontar retos significativos, ya que la limitación financiera y la prioridad de otras problemáticas medioambientales han ralentizado el ritmo de implementación.

### Proyectos europeos

En Europa, la creciente preocupación por el impacto de la contaminación acústica ha impulsado el desarrollo de tecnologías avanzadas en el ámbito de la ingeniería acústica. Diversos proyectos han surgido para mitigar el ruido, especialmente en áreas urbanas y en infraestructuras de transporte, integrando soluciones innovadoras que incluyen desde materiales de alta eficiencia hasta metodologías estandarizadas para el mapeo de ruido.

Uno de los proyectos más innovadores es PHOMETAPAN, liderado por Phononic Vibes en Italia, el cual se centra en el desarrollo de metamateriales acústicos diseñados para bloquear y absorber ondas sonoras con alta eficiencia. Los paneles de este proyecto, con solo cinco centímetros de grosor, aprovechan estructuras de cristales fonónicos para lograr un aislamiento sonoro que supera ampliamente al de las soluciones tradicionales. Estos materiales están especialmente indicados para reducir el ruido en entornos urbanos densamente poblados y zonas industriales y su versatilidad permite su integración tanto en edificios como en infraestructuras de transporte. En la actualidad, los paneles están en fase de aplicación comercial en sectores como la construcción y la fabricación

de electrodomésticos silenciosos.

Un ejemplo notable de innovación tecnológica es el proyecto HARMONOISE, iniciado en los Países Bajos. Esta iniciativa sentó las bases para una metodología estandarizada de mapeo y predicción de ruido que fue adoptada a nivel europeo. Utilizando indicadores como el  $L_{den}$  y el  $L_{night}$ , HARMONOISE permite una medición precisa de los niveles de ruido en diversas fuentes, desde el tráfico rodado hasta el transporte ferroviario. Este proyecto continúa bajo el nombre IMAGINE, que amplía el enfoque para incluir áreas industriales y aeroportuarias. La importancia de HARMONOISE e IMAGINE radica en su capacidad para ofrecer una evaluación uniforme y comparable de la contaminación acústica en distintos países, lo que facilita la formulación de políticas eficaces de mitigación a escala continental. Esta tecnología permite a los Estados miembros adaptar los modelos de predicción a las necesidades de cada entorno y optimizar sus estrategias de reducción del ruido.

A su vez, la investigación denominada FLOWAIRS, coordinada por el Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS) de Francia, se especializa en la reducción de ruido en sistemas de flujo como los ductos de ventilación, el transporte y la generación de energía. FLOWAIRS utiliza simulaciones numéricas de alta fidelidad para predecir la generación y propagación del sonido en estos sistemas, permitiendo un diseño optimizado de mufas y resonadores que minimizan la emisión de ruido. Asimismo, esta iniciativa ha explorado el uso de metamateriales en sistemas de flujo, logrando disminuir el impacto acústico en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado y en infraestructuras de transporte, como el metro y las redes de trenes urbanos.

Aunque se trata de un proyecto nacional, el Plan de Reducción de Ruido de Barcelona ha sido destacado a nivel europeo como un ejemplo de aplicación de tecnologías integradas para el control del ruido urbano. El plan, desarrollado por el Ayuntamiento de Barcelona, combina el uso de sensores acústicos, pavimentos fonoabsorbentes y barreras acústicas para mitigar el ruido en las zonas más afectadas de la ciudad. Además, se han creado mapas estratégicos de ruido y se monitorean los niveles acústicos en tiempo real



para evaluar la eficacia de las medidas implementadas y ajustar las estrategias según sea necesario.

### Proyectos españoles

España ha logrado consolidarse como un referente en la innovación tecnológica para el control y la reducción de la contaminación acústica. Diversas iniciativas, lideradas tanto por instituciones públicas como por empresas privadas y centros de investigación, han implementado tecnologías avanzadas para mitigar el ruido en distintos entornos, especialmente en áreas urbanas, industriales y de transporte.

En la búsqueda de soluciones efectivas, el proyecto SOUNDLIGHTS, desarrollado por BIT LAB Cultural y la Universitat Pompeu Fabra en colaboración con la Fundación BIT Habitat, ha instalado una red de sensores de bajo coste en Barcelona para monitorizar los niveles de ruido en tiempo real. Estos sensores, diseñados para capturar datos de presión sonora, transmiten la información a una plataforma central, donde se procesan mediante inteligencia artificial y redes neuronales. Esta tecnología permite no solo medir el nivel de ruido en decibelios, sino también clasificar las fuentes sonoras, diferenciando entre tráfico, actividades recreativas y sonidos naturales. La precisión de este análisis cualitativo

va más allá de la simple cuantificación del ruido, proporcionando datos detallados que permiten a las autoridades locales adoptar medidas específicas para cada tipo de fuente acústica.

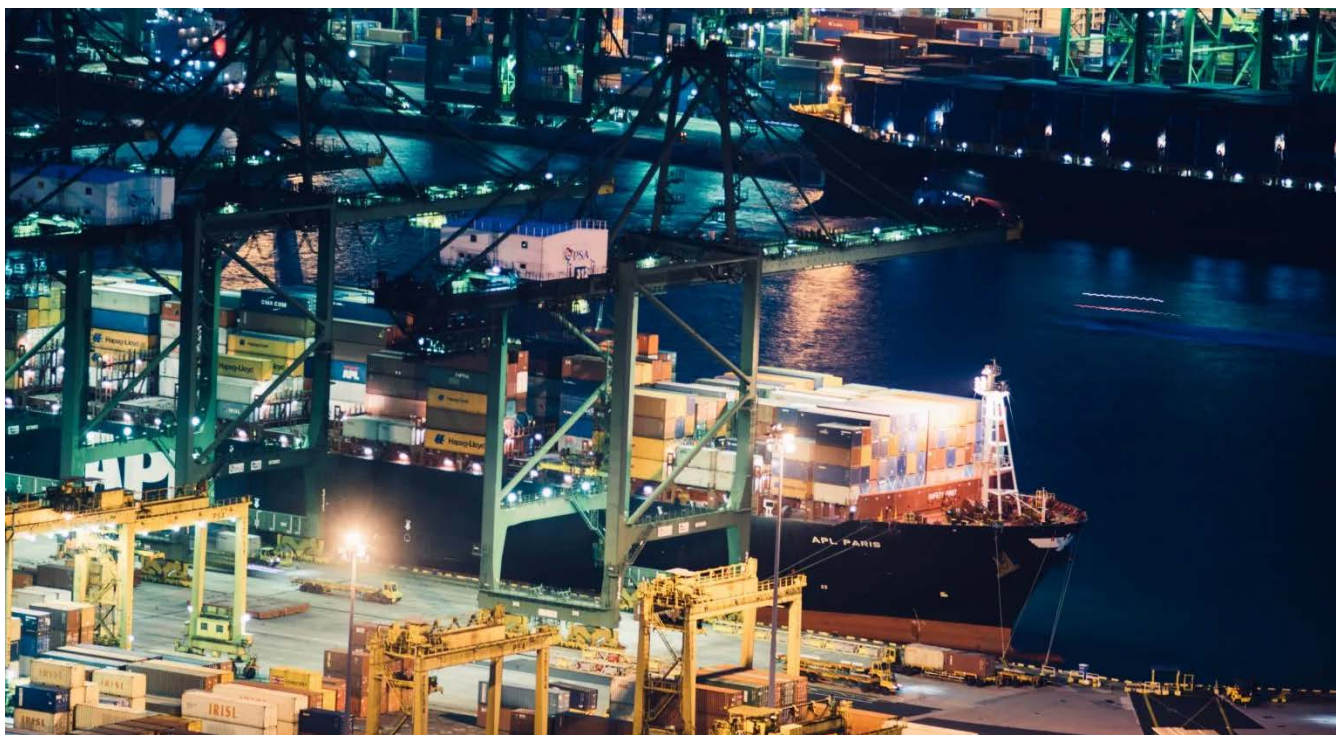
Uno de los aspectos más innovadores del proyecto es el sistema de clasificación por semáforo acústico, el cual clasifica los sonidos en tres niveles: “agradable y dentro de normativa”, “desagradable pero dentro de normativa” y “fuera de normativa”. Este sistema permite a los ciudadanos y a las autoridades comprender mejor el impacto del ruido y tomar decisiones informadas. Además, el enfoque comunitario de SOUNDLIGHTS involucra activamente a la población en la gestión del ruido, fomentando la creación de asociaciones vecinales que colaboran en el monitoreo y la reducción de la contaminación acústica en sus áreas de residencia.

En el ámbito industrial, el proyecto SOROLL-IA, impulsado por el Instituto Tecnológico de Informática (ITI) en colaboración con el Puerto de Valencia, se centra en la monitorización y mitigación del ruido portuario mediante el uso de inteligencia artificial. Este proyecto ha desarrollado una base de datos acústica específica para el entorno portuario, lo que permite entrenar algoritmos de IA que identifican y clasifican las fuentes de ruido en el

puerto, desde el tráfico de buques hasta la maquinaria pesada. Con esta base de datos, el sistema es capaz de detectar, en tiempo real, los puntos críticos de emisión sonora y proponer ajustes en las operaciones para reducir el impacto acústico.

SOROLL-IA también incorpora un sistema de análisis predictivo que ayuda a anticipar el comportamiento del ruido en función de la actividad portuaria, facilitando la adopción de medidas preventivas. Además, se han implementado barreras acústicas y se están optimizando las rutas de transporte en el puerto para minimizar el ruido en las áreas residenciales cercanas.

De igual modo, el proyecto LIFE DYNAMAP, desarrollado en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid, tiene como objetivo instaurar un sistema de mapas acústicos dinámicos en las carreteras de la Comunidad de Madrid. Utilizando una red de sensores conectados a una plataforma de monitoreo en tiempo real, el proyecto permite actualizar los mapas de ruido casi de manera continua, reflejando los cambios en el tráfico y las condiciones acústicas de forma instantánea. Este sistema utiliza algoritmos de procesamiento de datos que filtran la información en función del tipo y la intensidad del ruido, generando



El proyecto SOROLL-IA se centra en la monitorización y mitigación del ruido portuario mediante el uso de inteligencia artificial. Fuente: ITI.

do mapas acústicos de alta precisión.

Los datos obtenidos a través de estos mapas permiten a las autoridades locales ajustar de manera proactiva las medidas de control, como la modificación de límites de velocidad y la instalación de barreras fonoabsorbentes en puntos específicos. LIFE DYNAMAP no solo facilita una gestión más eficiente del ruido en áreas con alto flujo vehicular, sino que también optimiza los recursos destinados a la mitigación acústica, enfocándose en las zonas que requieren intervención de manera prioritaria.

Finalmente, el proyecto SISVIA, desarrollado en el País Vasco, busca la reducción del ruido en zonas residenciales mediante un sistema de señalización y control acústico que detecta y gestiona las fuentes de ruido a nivel local. Esta iniciativa utiliza sensores instalados en puntos estratégicos que registran los niveles de ruido y generan alertas cuando estos superan los límites establecidos. Las alertas se envían a un centro de control, donde los operadores pueden responder en tiempo real, ya sea ajustando el tráfico o notificando a las autoridades competentes.

SISVIA también incorpora un sistema de retroalimentación ciudadana que permite a los residentes reportar incidentes de ruido a través de una aplicación móvil. Además, prevé la instalación de pantallas acústicas en áreas de gran afluencia de tráfico y la creación de zonas de baja emisión de ruido.

### MER y Planes de Acción de ADIF y AENA

Dado su impacto y envergadura, los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) y los Planes de Acción de ADIF y AENA merecen una mención especial en la lucha contra la contaminación acústica en España. Estos proyectos representan un avance significativo en la gestión del ruido en infraestructuras clave como el transporte ferroviario y los aeropuertos.

ADIF ha implementado un ambicioso proyecto para mitigar el impacto acústico del tráfico ferroviario, especialmente en áreas con altos niveles de circulación. Esta actuación, que ha requerido una inversión aproximada de 24,5 millones de euros, ha sido financiada con recursos propios de ADIF y con subvenciones del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Hasta la fecha, se han analizado y mapeado más de 1.200 km de red ferroviaria, abarcando tramos de Cercanías y líneas de alta velocidad donde se registran más de 30.000 circulaciones anuales.

ADIF emplea el método de evaluación CNOSSOS-EU, que permite una modelización acústica avanzada y la identificación precisa de áreas afectadas. Basándose en estos datos, ADIF ha instalado barreras acústicas en puntos críticos de la red, como en las líneas de Cercanías de la Comunidad de Madrid, donde se han colocado 80 pantallas acústicas en un tramo de 10 km que cubre municipios como Las Rozas, Getafe y Pinto. Estas barreras, fabricadas con materiales como metal, hormigón y metacrilato, logran reducir los niveles de ruido entre 5 y 12 dB, dependiendo de la ubicación y las características del entorno.

Para promover la transparencia y la participación ciudadana, ADIF publica los datos de sus MER y planes de acción en el Sistema de Información sobre Contaminación Acústica (SICA), donde el público puede consultar los niveles de ruido y las medidas implementadas. Además, planea extender estas medidas a otros 1.277 km de infraestructura ferroviaria en futuras fases, priorizando las áreas más densamente pobladas.

Por su parte, AENA también ha aplicado metodologías avanzadas como la técnica CNOSSOS-EU para evaluar el impacto acústico y establecer zonas de alta exposición al ruido. Entre las acciones realizadas, se han instalado sistemas de monitorización en tiempo real y barreras acústicas.

Además, el operador aéreo ha llevado a cabo un Plan de Aislamiento Acústico en 29.039 viviendas y edificaciones de uso sensible cercanas a los aeropuertos. En total, entre el año 2000 y agosto de 2024, AENA ha invertido más de 363 millones de euros en estas intervenciones, con las que se busca garantizar que el ruido en el interior de las viviendas no supere los 45 dB durante el día y 35 dB durante la noche, ajustándose a los requisitos establecidos en el Real Decreto 1367/2007 para espacios habitables de viviendas y otros usos sensibles como hospitales y centros educativos.

AENA también ha lanzado el portal Insightfull, disponible para los aeropuertos de Madrid y Barcelona, el cual permite a los ciudadanos acceder a datos en tiempo real sobre el ruido generado por los aviones y fomenta el diálogo con las comunidades afectadas.

### Hacia una gestión integral de la contaminación acústica

A pesar de los avances normativos y tecnológicos, la contaminación acústica continúa siendo una amenaza infravalorada para la salud pública y el medio ambiente. Los datos actuales revelan que aún queda un largo camino por recorrer. El Plan de Acción de Cero Contaminación de la Unión Europea propone una reducción del 30% en el número de personas afectadas crónicamente por el ruido del transporte para 2030; sin embargo, la Comisión Europea advierte que, sin medidas adicionales, solo se alcanzaría una reducción del 19%. Este hecho revela la necesidad urgente de políticas más ambiciosas para abordar un problema que afecta de manera desproporcionada a las comunidades más vulnerables, perpetuando desigualdades sociales y ambientales.

Las administraciones y las empresas no deben limitarse a cumplir con los requisitos mínimos, sino asumir un compromiso auténtico y preventivo. Es esencial que las políticas de mitigación acústica prioricen el bienestar de la población y el equilibrio ecológico sobre cualquier otro interés, y que integren un enfoque sostenible en la planificación urbana y de infraestructuras.

También es fundamental involucrar a la comunidad en la gestión del ruido para fomentar una comprensión más profunda de los riesgos asociados y promover la colaboración activa entre los ciudadanos y las autoridades.

La contaminación acústica no es solo un problema técnico, sino una cuestión de salud pública, justicia social y responsabilidad medioambiental. Para avanzar hacia un futuro verdaderamente sostenible y respetuoso con la calidad de vida y el entorno, necesitamos una acción concertada que se centre en el derecho de todos a vivir en un ambiente sano y seguro, impulsando un cambio que trascienda intereses corporativos y se comprometa con el bienestar colectivo.



# Plan Ingenia el futuro

Ahora más que nunca, la unión hace la fuerza



**FORMACIÓN online de COGITI**



**INFORMACIÓN ACTUALIZADA**



**PORTAL DE LICITACIONES  
EUROPEAS**



**ACREDITACIÓN DPC Ingenieros**



**SOFTWARE TÉCNICO**



**WEBINAR Y TV EDUCATIVA**



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



**ACTUACIONES SOLIDARIAS COLEGIOS**



**REVISTA TÉCNICA INDUSTRIAL  
en abierto**



**YOUNG ENGINEERS**



**CUESTIONARIO**



**CLUB COGITI**

# Marta Gómez Palenque

Directora General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO)

## “Estamos haciendo un diagnóstico del ruido ambiental en España, que formará parte de la futura Estrategia Nacional del Ruido”

**Mónica Ramírez**

El 24 de abril se ha instaurado como el Día Internacional de Concienciación contra el Ruido, para poner de relieve la importancia del ruido ambiental como contaminante y causa de importantes problemas sobre la salud y bienestar de las personas y sobre el medio ambiente.

La Directiva de Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental (Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental), ha establecido obligaciones relativas a la evaluación y gestión del ruido para autoridades responsables de aglomeraciones (zonas urbanas de más de 100.000 habitantes), grandes ejes viarios (más de 3 millones de vehículos por año), grandes ejes ferroviarios (más de 30.000 trenes al año) y grandes aeropuertos (más de 50.000 operaciones al año).

Estas autoridades han de elaborar Mapas Estratégicos de Ruido (MER) para la evaluación de los problemas de contaminación acústica y Planes de Acción contra el Ruido (PAR) para la planificación de actuaciones para abordar tales problemas. Para conocer las medidas y actuaciones que está llevando a cabo el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en estas y otras cuestiones relacionadas con la contaminación acústica, hablamos con Marta Gómez Palenque, directora General de Calidad y Evaluación Ambiental del citado Ministerio.

**En este número de la revista Técnica Industrial queremos centrarnos en un problema muy actual, especialmente en las ciudades, como es la contaminación acústica, ya que el ruido ambiental es un agente con-**



Marta Gómez Palenque

**“El ruido ambiental es una forma de contaminación ambiental que supone una importante causa de pérdida de calidad de vida”**

**taminante y causa de importantes problemas para la salud y bienestar de las personas y sobre el medio ambiente. A nivel general, ¿qué iniciativas y actuaciones se llevan a cabo desde el Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico en este sentido?**

El ruido ambiental es, efectivamente, una forma de contaminación ambiental que supone una importante causa de pérdida de calidad de vida y graves problemas de salud en las personas, además de causar una reducción de la calidad de los hábitats naturales que habitan las especies silvestres. Como

sabemos, actúa tanto de manera directa, especialmente en los periodos de sueño y descanso que tan importantes son para la reparación diaria de nuestro organismo, como de forma indirecta mediado por la propia capacidad de gestionar este estrés, interviniendo factores culturales.

Entre las medidas y las acciones que adoptamos y realizamos desde el Ministerio, desde esta Dirección General, destaco, entre otras, asegurar la consideración del ruido como contaminante en los procedimientos de evaluación ambiental de planes, programas y proyectos de competencia estatal; recibir y reportar a la Unión Europea la información que las diferentes autoridades competentes nos remiten en cumplimiento de la Directiva de Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental, así como de ofrecer esta información a la sociedad, de una manera estructurada y útil, a través del Sistema Básico de Información sobre la Contaminación Acústica, SICA.

Adicionalmente, tenemos una responsabilidad en relación con la normativa básica del Estado en materia de contaminación acústica, tanto en el sentido de trasponer las nuevas regulaciones europeas como en mejorar la normativa estatal para conseguir una mejor y mayor protección de la salud de las personas y el medio ambiente. Para ello es básico el establecer una interlocución con todas las autoridades competentes en evaluación y gestión del ruido ambiental, y el impulsar el cumplimiento de sus obligaciones establecidas en la normativa europea.

Por último, conscientes de la importancia de este problema medioambiental, estamos en proceso de elaboración de una Estrategia Nacional del Ruido, que permita orientar las





El establecimiento de un medidor de nivel de sonido para el monitoreo por parte de un oficial ambiental es parte de la prevención de impactos ambientales.  
Foto: Shutterstock.

políticas y actuación de las administraciones para reducir su gravedad.

**Actualmente, la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental trabaja en un diagnóstico general del ruido, que va a ser precisamente el embrión de la futura Estrategia Nacional del Ruido. ¿Qué nos puede avanzar sobre esta iniciativa?**

Efectivamente, para poder saber qué hacer para disminuir los problemas de contaminación acústica, hemos de tener conocimiento de cuál es la magnitud y significado de éstos.

Para ello, estamos haciendo un diagnóstico del ruido ambiental en España, que formará parte de la futura Estrategia. Estamos trabajando en el inventario de los grandes emisores acústicos en el territorio y el diagnóstico de la contaminación acústica por ruido de tráfico viario y tráfico aéreo. Además, hemos de analizar en este diagnóstico otros grandes emisores acústicos, como el tráfico ferroviario o el ruido industrial y de otro tipo de instalaciones.

También es necesario tener en cuenta otro tipo de ruido de más difícil análisis, como puede ser el ruido de vecindad, de ocio, de obras, etc. Para estos tipos de ruido, con impacto a menores

distancias del emisor, la aproximación ha de ser, necesariamente, más cualitativa que en el caso de los grandes emisores.

Nuestro diagnóstico hará una aproximación al posible significado de estos problemas de contaminación acústica en términos de exposición al ruido de la población y posibles efectos sobre la salud.

Finalizado el diagnóstico, a lo largo de 2025, estaremos en condiciones de pensar y elaborar la citada Estrategia para abordar de una manera más eficaz la contaminación acústica. Estamos convencidos que estos trabajos contribuirán a conseguir los objetivos de reducción del ruido perseguidos por el "Plan de Contaminación Cero" que nos hemos marcado como Unión Europea.

**La Dirección General gestiona, además, el Sistema de Información sobre Contaminación Acústica (SICA), ¿cuáles son sus principales objetivos y funciones?**

El Sistema de Información sobre Contaminación Acústica (SICA) fue creado en virtud del artículo 5.2 de la Ley 37/2003, del ruido y de la Disposición Adicional única del Real Decreto

1513/2005, con el objetivo de poner a disposición de la sociedad la información generada por las autoridades competentes en evaluación y gestión del ruido ambiental (grandes gestores de infraestructuras de transporte y responsables del ruido ambiental en aglomeraciones urbanas, más de 100.000 habitantes) en cumplimiento de la Directiva del Ruido.

Estas obligaciones se traducen en la elaboración, en ciclos de 5 años, de Mapas Estratégicos de Ruido, como instrumentos de diagnóstico de los problemas de contaminación acústica causada por los emisores de los que son responsables, y de Planes de Acción como instrumentos de planificación de las medidas y actuaciones a desarrollar para abordar el ruido causado por los emisores acústicos de cuya gestión son responsables. Son estos documentos los que se ponen a disposición de los interesados, adecuadamente organizados y sistematizados, en la página web del SICA.

**La Organización Mundial de Salud considera el ruido causado por el transporte como la segunda causa ambiental de enfermedades en importancia en Europa, por detrás de la**

### **contaminación del aire por partículas. ¿Piensa que todavía queda mucho por hacer en materia de concienciación ciudadana?**

Es cierto que abordar esta forma de contaminación depende de las políticas y acciones que desarrollemos las administraciones, pero también de los comportamientos que cada uno de nosotros tengamos como ciudadanos, ya que cada uno somos responsables de los ruidos que provocamos con nuestros comportamientos y acciones.

Es necesaria una toma de conciencia a diferentes niveles. Las administraciones responsables de la gestión del ruido ambiental deben tomar conciencia de que el ruido ambiental es una causa de graves problemas de salud y de pérdida de calidad de vida y calidad ambiental. Actuar para la reducción del ruido causado por los emisores acústicos de los que son responsables es una responsabilidad tan importante como otras en el desarrollo de su actividad de gestión.

En paralelo, como ciudadanos hemos de aumentar la consciencia del efecto de nuestros comportamientos, para que los espacios que habitamos sean menos ruidosos, y tengan en cambio un medio ambiente sonoro de calidad. Esta toma de conciencia puede hacerse desde niños, a través de la educación.

### **Según la Agencia Europea de Medio Ambiente y la Organización Mundial de la Salud, se estima que 95 millones de personas están expuestas a niveles nocivos de ruido del tráfico rodado en Europa, y el 20% de la población urbana europea está expuesta a niveles considerados perjudiciales para la salud. ¿Disponen de datos correspondientes a España? ¿Cómo es la situación en nuestro país?**

En nuestro país, la información de la que se dispone son los resultados de la elaboración de Mapas Estratégicos de Ruido (MER), elaborados cada 5 años por las autoridades competentes para las carreteras de más de 3 millones de vehículos al año, que se ponen a disposición de la población a través del Sistema de Información sobre Contaminación Acústica, del SICA ya nombrado con anterioridad.

Dado que estos ejes viarios no suponen todos los existentes en el territorio y que una parte de las autoridades competentes con obligaciones están aún en proceso de envío de datos de los últi-

mos años, hasta el momento no se ha llevado a cabo el ejercicio de estimar, de una manera global, la exposición al ruido de tráfico viario de la población.

Precisamente para paliar esta situación se está llevando a cabo el diagnóstico del ruido a nivel nacional, que pretende estudiar entre otras esta fuente de ruido, que es la principal en términos cuantitativos, y haciendo una aproximación que tenga en cuenta también los viarios no sujetos a obligaciones por la directiva del ruido.

### **¿En qué otros tipos o ámbitos de contaminación acústica es necesario hacer hincapié por sus efectos nocivos?**

Entre los tipos de ruidos cubiertos por la Directiva de Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental y de los que disponemos de datos en los Mapas Estratégicos de Ruido que se nos comunican, además del ruido por tráfico viario, se cuentan el ruido ferroviario, el aeroportuario y el industrial. Se trata de emisores acústicos correspondientes a grandes infraestructuras de transporte y actividades económicas.

Si bien estas fuentes de ruido son muy importantes y responsables de una gran parte del ruido presente en el medio en el que nos movemos, existen otros tipos de ruido más difíciles de gestionar, pero que pueden causar problemas de salud a los ciudadanos, especialmente cuando se encuentran en funcionamiento durante los periodos de descanso nocturno. Entre ellos se encuentran el ruido de vecindad, el ocio nocturno, los parques eólicos o el ruido de obras. Nuestro reto y objetivo como Ministerio competente es mejorar el marco básico del Estado en aquello que sea posible para facilitar una gestión de estos problemas.

### **La Directiva 2002/49/CE, de la Comisión Europea, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, ha establecido una serie de obligaciones a los Estados Miembros. ¿En qué consisten?**

La Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, establece obligaciones para las autoridades responsables en los Estados Miembros de a) Grandes ejes viarios, con un tráfico superior a 3 millones de vehículos por año; b) Grandes ejes ferroviarios, con un tráfi-

## **Es básico establecer una interlocución con todas las autoridades competentes en evaluación y gestión del ruido ambiental e impulsar el cumplimiento de sus obligaciones**

co superior a 30.000 trenes por año; c) Grandes aeropuertos (civiles), con más de 50.000 movimientos por año y d) Aglomeraciones urbanas por encima de 100.000 habitantes.

Las administraciones responsables de estas entidades han de elaborar, en ciclos de cinco años, Mapas Estratégicos de Ruido (MER), como instrumentos de evaluación del Ruido Ambiental y Planes de Acción contra el ruido (PAR), que son instrumentos para planificar la intervención de la Administración para reducir los problemas de ruido.

Nuestro Ministerio es responsable de recibir la información de estos trabajos elaborada por las autoridades competentes y reportarla a la Unión Europea, poniéndola además a disposición de la sociedad en el Sistema de Información sobre Contaminación Acústica.

### **Por último, ¿qué otras iniciativas y actuaciones está previsto llevar a cabo por parte de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental en el ámbito de "Medio ambiente y salud"?**

Tenemos el gran reto de avanzar en el conocimiento de la relación entre la exposición al ruido y sus efectos en la salud, conocimiento que será muy útil para una mayor comprensión del problema y para planificar la actuación de las diferentes administraciones. En este sentido trabajamos en colaboración con el Ministerio de Sanidad para diseñar e implementar acciones.










Incluye módulo sobre  
Inteligencia Artificial

Programa de especialización

## Excel y proyecciones financieras para empresas y despachos

Adquiere las competencias y capacidades propias para elaborar y utilizar unas proyecciones financieras claras, completas y detalladas como herramientas de análisis.

-  Duración: 90 horas
-  Modalidad: e-Learning
-  Convocatoria: 22 de enero de 2025
-  Idioma: Español + Inglés
-  Programa bonificable por Fundae
-  Precio: 15% dto. para Colegiados  
Programa de Especialización: 850€  
Certificación Modex (opcional): 125€
-  Acceso al examen para Certificación Modex

EL MERCADO LABORAL actual plantea la necesidad de formar talento capaz de responder a las exigencias, cada vez más elevadas del entorno laboral. Los profesionales técnicos toman conciencia de la importancia de tener una formación completa que incluya el conocimiento de los aspectos contables y financieros. El dominio de los fundamentos de la modelización financiera es clave para comprender un negocio y analizar su viabilidad y rentabilidad. El curso de "Excel y proyecciones financieras para empresas y despachos" favorece el desarrollo de altas habilidades en Excel, así como una formación integral en finanzas y una visión global de las implicaciones de las decisiones financieras en cualquier compañía.

### Diploma Financial Modeller Modex<sup>®</sup>

Finalizado el curso, tendrás la posibilidad de inscribirte al examen de modelización y obtener la certificación de modelización financiera. A aprobar el examen obtendrás el Diploma: Financial Modeller modex<sup>®</sup> Valuation certification.

Más info en: <https://finmodex.com/>



#### Contenido formativo

##### Curso 1. Excel

Formulación, análisis de sensibilidad y modelización financiera

##### Curso 2. Modelos financieros

Construcción de un modelo financiero y cálculo de los flujos de caja

##### Curso 3. Business Plan Iniciación

Gestión de negocios y toma de decisiones estratégicas adecuadas

##### Curso 4. M&A iniciación

Construcción de los estados financieros, el DCF, LBO y análisis del modelo de M&A

##### Curso 5. Introducción a la Inteligencia Artificial

Aplicaciones prácticas, fundamentos, tendencias y validación del modelo Excel

#### Píldoras complementarias de aprendizaje

Operating (29 píldoras) Excel (18 píldoras)

Financing (20 píldoras) VBA (2 píldoras)

Este curso contribuye al DESARROLLO PROFESIONAL de los perfiles técnicos, mejorando su empleabilidad mediante aprendizajes funcionales que suponen la adquisición de competencias transversales en materia contable, financiera presupuestaria y económica.



INFÓRMATE AHORA

[alicia.calderon@aranzadilaley.es](mailto:alicia.calderon@aranzadilaley.es) | 669 814 158

Una formación que se  
quedará contigo

# Fernando López Santos

Presidente de la Asociación Andaluza de Ingenieros y Consultores Acústicos, y consejero del Consejo Rector de la Sociedad Española de Acústica

## “Es muy gratificante identificar una afección acústica y diseñar una medida correctora contra los efectos adversos de esta contaminación”

**Mónica Ramírez**

En los últimos años se ha experimentado un considerable incremento normativo en materia de acústica y del cumplimiento de numerosas condiciones, como en el reglamento de la Ley del Ruido, el documento básico de protección contra el ruido del Código Técnico de la Edificación, o el Real Decreto sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

La ingeniería acústica es un área multidisciplinar con una gran demanda de formación específica en diferentes ámbitos: acústica arquitectónica, electroacústica, seguridad e higiene en el trabajo, acústica submarina, etc. Sin embargo, hacen falta más profesionales con este perfil para dar respuesta a la gran demanda de este tipo de servicios que hay en la actualidad. Solo el ruido generado por el ocio, por ejemplo, va a requerir un gran número de ingenieros acústicos para el desarrollo del trabajo técnico que requiere la legislación para definir Zonas de Protección Acústica Especial (ZPAE) o Zonas Acústicamente Saturadas (ZAS).

Fernando López Santos es ingeniero técnico industrial (colegiado en Sevilla) e ingeniero acústico, por la Universidad de Cádiz. Además, es socio fundador y director de la empresa SINCOSUR Ingeniería Sostenible, S.L, constituida en 2008, así como presidente de la Asociación Andaluza de Ingenieros y Consultores Acústicos, y consejero del Consejo Rector de la Sociedad Española de Acústica (SEA). A ello hay que añadir los proyectos de investigación y desarrollo que ha llevado a cabo en diversos ámbitos. En materia de acústica ambiental cuenta en su haber con dos décadas de experiencia, en las que



Fernando López Santos

**“La ciudadanía se está concienciando en el derecho que tienen los ciudadanos en materia de contaminación acústica, lo que está suponiendo un aumento considerable del trabajo acústico”**

ha sido autor de Mapas Estratégicos de Ruidos y Planes de Acción de más de 3.500 km de carreteras en todo el territorio español, diez ciudades con más de 100.000 habitantes, diez puertos del Estado y más de 200 km de ejes ferroviarios, entre otros.

Técnica Industrial ha conversado con él para conocer los entresijos del trabajo que desempeña como ingeniero acústico en su dilatada y fructífera trayectoria profesional.

**¿Cuándo se constituyó la Asociación Andaluza de Ingenieros y Consultores Acústicos, y con qué objetivos?**

La Asociación se constituyó en junio de 2009, y sus fines son los siguientes: promover y divulgar una conciencia social sobre los efectos perniciosos de la contaminación acústica; velar por la protección de las personas y la sociedad contra la contaminación acústica; prestar nuestro apoyo y concurso a los organismos públicos y privados en el desarrollo y ejecución de estudios, proyectos, políticas, y cualquier otra actividad encaminada a la protección y mejora de la contaminación acústica; promover el aprendizaje y la divulgación del conocimiento en materia del control de dicha contaminación; promover y divulgar la necesidad del diseño acústico de interiores para obtener el confort acústico y las características sonoras adecuadas al uso; informar de la existencia de los profesionales ingenieros y consultores acústicos, y de los servicios que estos proporcionan; y la defensa de la profesión y creación de una plataforma competencial en acústica.

También son fines de la Asociación investigar y denunciar irregularidades en el ejercicio de la profesión; colaborar con otras asociaciones, federaciones y colegios profesionales con competencias en acústica, promoviendo el intercambio de información y la realización de proyectos de manera conjunta; fomentar la participación de nuestros asociados en todas las actividades que organice la asociación, y representar y divulgar los conocimientos y opiniones de sus miembros referidos a los asuntos relacionados con los fines de la asociación.

**¿Desde cuándo es presidente de dicha asociación? ¿Qué balance realiza del tiempo transcurrido?**

Soy presidente de la Asociación desde su fundación. En cuanto al balance, pues realmente ha sido una pena,



ya que la asociación se formó por un equipo multidisciplinar proveniente de los alumnos del I Máster de Ingeniería Acústica de las Universidades de Cádiz, Málaga, Granada y Huelva (Interuniversitario). Emergió con mucha fuerza y ganas de apostar por el campo de la acústica arquitectónica y ambiental en Andalucía, organizó varias jornadas técnicas por esta Comunidad, participó activamente en congresos de acústica nacionales (Tecniacústica), pero poco a poco se fue apagando, fundamentalmente por las condiciones laborales y del mercado de trabajo del campo de la acústica, a la que le afectó de lleno la crisis del 2008. Se fue diluyendo hasta su última asamblea general, celebrada en el año 2015, en la que se decidió dejarla latente, a la espera de un futuro de mayor actividad de nuestra profesión que nos permitiría reactivarla, hecho que aún no ha ocurrido. La razón fundamental es el poco músculo que tiene nuestro sector en Andalucía.

**También es consejero del Consejo Rector de la Sociedad Española de Acústica. ¿Qué actividades se desarrollan principalmente?**

En efecto, desde marzo de 2020 soy miembro del Consejo Rector de la Sociedad Española de Acústica (SEA), que está formado mayoritariamente por personal universitario (rectores, catedráticos, doctores) y una parte, en minoría, representando a las empresas relacionadas con el sector acústico español; este es mi caso, como representante del sector de consultoría e ingeniería.

Como actividad relevante de la SEA, y con carácter anual, se desarrollan los Congresos Españoles de Acústica TECNIACÚSTICA® y EXPOACÚSTICA. El próximo año va a organizar el Forum Acusticum Euronoise 2025, concretamente en Málaga, en junio. (<https://www.fa-euronoise2025.org/w/forumacusticumeuronoise>)

Forum Acusticum / Euronoise 2025, la 11ª Conferencia Europea Anual de la EAA sobre Acústica e Ingeniería de Control de Ruido, promete ser una reunión de primer nivel de reconocidos expertos, investigadores y profesionales en el campo de la acústica, proporcionando una plataforma para el intercambio de conocimientos de vanguardia y debates colaborativos. El programa técnico abarcará una amplia gama de

temas, incluyendo una gran variedad de sesiones, presentaciones magistrales y actividades técnicas destinadas a explorar los últimos avances y tendencias en acústica.

Además, la SEA organiza y promueve en España el Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido. Es una actividad que se desarrolla anualmente a nivel mundial, desde hace más de 25 años, el último miércoles del mes de abril, con el propósito de promover a nivel internacional el cuidado del ambiente acústico, la conservación de la audición y la concienciación sobre las molestias y daños que generan los ruidos.

La SEA, en su deseo de contribuir a una mejor calidad de vida en el medio ambiente acústico, promueve acciones encaminadas a la concienciación ciudadana sobre las causas y efectos del ruido. Asimismo, participa, a través de su consejo rector y socios, en comisiones técnicas a nivel nacional e internacional en todas las materias relacionadas con la acústica, aportando conocimientos y experiencia.

**En el ámbito profesional, ¿qué perfiles profesionales son los más indicados para especializarse en ingeniería acústica? ¿Qué estudios han de realizar?**

Mayoritariamente las ingenierías, sobre todo la Industrial y la de Telecomunicaciones, pero también en menor medida los grados en Ciencias Ambientales y Físicas. El Máster en Ingeniería Acústica se imparte en muchas universidades españolas (Politécnica de Madrid, Politécnica de Gandía, Escuelas de Ingeniería de Cádiz, Málaga, Valladolid, Barcelona, etc.).

**¿Hacen falta más profesionales con este perfil para dar respuesta a la demanda de este tipo de servicios que hay en la actualidad?**

Sí, muchos, la empleabilidad de los alumnos que salen egresados del Máster es total, incluso tienen varios puestos de trabajo a elegir; sin embargo, el número de alumnos a lo largo de los años ha venido descendiendo en estos másteres de Ingeniería Acústica. Por ejemplo, donde estudié el Máster de Ingeniería Acústica, en la Universidad de Cádiz, mi promoción que fue la primera en el año 2008; éramos más de 25 alumnos, y el año pasado, este mismo máster tuvo tres alumnos.

**¿Cómo se podría incentivar e impulsar una mayor especialización en ingeniería acústica para que hubiera más profesionales que se dedicaran a este ámbito?**

En esto estamos trabajando desde la Sociedad Española de Acústica, junto con las empresas especialistas en este campo. Pensamos que una de las razones es la “falta de conocimiento” por parte de los alumnos de esta especialización del campo de la ingeniería. Hemos realizado jornadas informativas en diversas Escuelas de Ingeniería, en las que hemos presentado las distintas facetas que tiene el desarrollo de la profesión del Ingeniero Acústico.

**En líneas generales, ¿cómo está en la actualidad este sector? ¿Cuáles son los trabajos más habituales que desarrollan los ingenieros especializados en temas de acústica?**

La ciudadanía se está concienciando en el derecho que tienen los ciudadanos en materia de contaminación acústica, lo que se está traduciendo en un aumento considerable del trabajo acústico, tanto a nivel arquitectónico (aislamientos de locales y edificios), como a nivel ambiental (evaluación de zonas de ocio, protección frente a carreteras, ferrocarriles). Por otro lado, se encuentran las obligaciones que establece la Ley del Ruido para los emisores acústicos, obligándoles a elaborar Mapas Estratégicos de Ruidos y Planes de Acción, en carreteras, aeropuertos, puertos, ferrocarril, ciudades, etc. (este es mi campo profesional), que se deben actualizar cada cinco años, implicando trabajos conexos, como redacción de proyectos constructivos de medidas correctoras, entre otros.

**Como experto y profesional en esta materia, de entre todos los proyectos que ha llevado a cabo, ¿cuáles destacaría?**

Varios, sobre todo los Planes de Acción contra el Ruido de infraestructuras de transportes como carreteras y puer-

**“La empleabilidad de los alumnos que salen egresados del Máster en Ingeniería Acústica es total”**

tos (más de 3.000 km de carreteras y diez puertos del Estado). Es muy gratificante identificar una afección acústica a una población, diseñar una medida correctora y ver cómo estas personas se benefician y dejan de sufrir los efectos adversos de la contaminación acústica, una vez implementada la medida. Sin olvidar los Mapas de Ruido y Plan de Acción de ciudades como Málaga, que me ha permitido proponer zonas de calmado de tráfico, peatonalizaciones, que han redundado en una mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.

### ¿Cuáles son las principales trabas o dificultades con las que se ha encontrado a la hora de desempeñar su trabajo?

La competencia desleal de organismos públicos, por ejemplo, laboratorios de acústica de algunas universidades, que se presentan a licitaciones de contratos de prestación de servicios en materia de ruido utilizando recursos públicos, con el consiguiente ahorro de costes

respecto a las empresas de ingeniería que financiamos nuestros medios técnicos y humanos.

También las empresas kamikazes que realizan ofertas muy bajas, temerarias, por debajo de costes, que hacen inviable competir con ellas. Otra traba importante ha sido conseguir que los organismos públicos consideren la prestación de servicios de ingeniería acústica como un servicio intelectual, para que no sea solo el precio el criterio de adjudicación.

### ¿Cómo se imagina el futuro del sector en los próximos años?

Muy bueno, después de más de 20 años de la Directiva Europea del Ruido y la Ley del Ruido española, estamos consiguiendo que la variable ruido sea un factor determinante en los diseños de ciudades, infraestructuras de transporte, edificios, etc., que cada vez es más valorada. Y no digamos el ruido generado por el ocio, que va a requerir muchos ingenieros acústicos para el desarrollo

del trabajo técnico que requiere la legislación para definir Zonas de Protección Acústica Especial (ZPAE) o Zonas Acústicamente Saturadas (ZAS).

### ¿Cuáles son los retos más importantes a los que se enfrenta la sociedad en materia acústica y ruido ambiental?

El reto más importante desde mi punto de vista es compatibilizar las actividades humanas con el derecho fundamental al descanso, crear ciudades más habitables y edificios acústicamente saludables, que redunden en una mejora de la calidad acústica para el ciudadano.

La naturaleza transversal del ruido requiere la participación de ingenieros, fabricantes, diseñadores, instaladores, etc., que diseñen, fabriquen y construyan elementos que permitan minimizar el impacto del ruido sobre los ciudadanos, coches más silenciosos, pavimentos fonorreductores, elementos constructivos aislantes, etc., generando trabajo y riqueza para la sociedad.



Foto: Shutterstock.



# COGITI TOOLBOX

El portal de gestión de licencias de software para colegiados

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

Desde el Consejo General y los Colegios Oficiales de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de España presentamos las novedades del portal COGITI TOOLBOX donde encontrarás los mejores Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

**Paquete RFEM Acero EC3 5.xx**  
(RFEM + RF-STEEL + RF-STEEL EC3)

• Contrato de servicio Pro  
• 2 horas de curso de formación

**5.400€ + IVA**  
**4.400€ + IVA**



**progeCAD Profesional**

**LA ALTERNATIVA CAD CON LICENCIA PERMANENTE**

El Consejo General de Graduados en Ingeniería rama Industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de España (COGITI) ya confía en progeCAD.

**¿A QUÉ ESPERA PARA PROBARLO? INICIE LA PRUEBA GRATUITA DE 30 DÍAS.**

**15% DESCUENTO 331,50€**

\*Precio sin impuestos



**GEATECH soft**

**PACK PROFESIONAL 11**

**SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA**

- Transferencia de Potenciales en sistemas de puesta a tierra (50Hz/60Hz) \*
- Diseño de puestas a tierra en instalaciones de media tensión \*
- Diseño de puestas a tierra en líneas de alta tensión \*
- Diseño de puesta a tierra en subestaciones \*
- Cálculo de parámetros característicos de electrodos de puesta a tierra
- Estimación de resistividad (beta) \*\*
- Cálculo de resistencias en electrodos simples

**CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS**

- Campos magnéticos en líneas eléctricas
- Campos magnéticos en instalaciones eléctricas \*


**PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO**

- Seguridad frente al riesgo por la acción del rayo (CTE SUA-B)
- Evaluación del riesgo por la acción del rayo UNE-EN 62305-2

**PACK PROFESIONAL 11**

- 11 Módulos de Cálculo
- +90 min Videotutoriales
- 4h Consulta Especializada

Consulte descuentos hasta el 65% para más licencias



**OFERTA Paquete Plan IS Engineer**

Reduce tiempos en la redacción de proyectos y Optimiza tu Oficina

**PROMOCIÓN EXCLUSIVA!**

~~P.V. 258,12€/año (+ IVA)~~

**Colegiado: 227,30€/año (+ IVA)**

**20% Descuento** (\*) indefinido

**-IS Basic**

- Activa y Desactiva tus licencias en cualquier equipo.
- Crear, Editar y Rellenar plantilla de datos de ICAR Studio para el resto de aplicaciones.
- Gestiona la documentación de tus proyectos, organízala de forma ágil, y crea plantillas de documentos según la tipología de tus trabajos.
- Automatiza formularios PDF y rellénalos con un solo clic.

**-Param Word**

- Automatiza tus documentos Word y carga los datos de tus trabajos en cuestión de segundos.
- Crear documentos Word dinámicos o conviértelos parametizando todo aquello que necesites.
- Vincula los parámetros creados en tus documentos Word con las plantillas de datos de ICAR Studio y úsalos en el resto de aplicaciones.

**-Acad Block**

- Simplifica y Agiliza la creación de tus dibujos.
- Gestiona tu propia biblioteca de bloques o parte de la proporcionada por ICAR Studio.
- Ten a mano los bloques sin salir de AutoCAD e insértalos a base de clic tantas veces como necesites.
- Vincula los atributos de tus bloques con los parámetros de tu archivo de datos de ICAR Studio y actualiza sus valores en todos tus planos con un simple clic.

Basic, Acad Block, Param Word

(\*) Descuento indefinido para todos los tipos de colegiados, siempre que sigan renovando sus licencias de forma anual. Actualizaciones y mejoras del software contraincluidas.



**PACK COMPLETO dmELECT**

**77% Descuento**

Instalaciones

- en Edificación
- en Urbanización
- Térmicas

P.V. 2.100€ + IVA

**495€ + IVA**

**PROMOCIÓN especial**

**¡No esperes más!**  
¡Esta oferta es Por Tiempo Limitado!



**HELP engineering**

**LLEGA UNA NUEVA FORMA DE HACER INGENIERÍA**

**Ingeniería Online, Ingeniería 4.0**

**SOLUCIONES DE INGENIERÍA MECÁNICA PARA FACILITAR EL TRABAJO DE LOS INGENIEROS**

**Premium Professional**  
Cuota mensual

**33% dto.**

- Diseño de mecanismos
- Cálculo Componentes
- Área de conocimiento
- Normativa
- Top Componentes
- Cálculo de mecanismos
- Proyectos a medida
- Cálculo de resistencia



# Miguel Tamayo Monedero

Ingeniero técnico industrial y jefe de Negociado del Servicio de Protección Ambiental del Ayuntamiento de Sevilla

**“Una vez concluido el mapa estratégico de ruido, que está en ejecución, podremos comparar en qué situación nos encontramos respecto al período anterior”**

**Mónica Ramírez**

La contaminación acústica es uno de los problemas cotidianos que más afectan a la población y, en la actualidad, es origen de un gran número de quejas, reclamaciones o reivindicaciones ciudadanas. Por ello, los Ayuntamientos, conscientes de la importancia del ruido para la ciudadanía, han puesto en marcha diversos mecanismos para conocer con detalle los problemas existentes en sus municipios y establecer las medidas necesarias, con el fin de conseguir una ciudad más silenciosa, o al menos mejorarla en aquellos puntos de la ciudad en los que se había deteriorado. El Ayuntamiento de Madrid fue la primera Administración Local en aprobar una ordenanza dedicada exclusivamente al ruido, en 1969. Una iniciativa que aplicaron posteriormente numerosos consistorios, y que se fueron ajustando a los cambios y requerimientos que surgían en cada momento.

El Ayuntamiento de Sevilla cuenta con el Servicio de Protección Ambiental, que dispone de tres secciones, de las cuales dos de ellas, Licencias y Disciplina ambiental, integran, en total, quince técnicos, distribuidos entre siete ingenieros técnicos industriales, dos arquitectos, cinco titulados de formación profesional y un delineante, que desarrollan diversos cometidos, en función de su especialización. Miguel Tamayo Monedero es ingeniero técnico industrial y jefe de Negociado del Servicio de Protección Ambiental de la capital andaluza, con quien Técnica Industrial ha conversado para conocer más a fondo cómo funciona la gestión del ruido en una ciudad como Sevilla.

**Debido a su amplia trayectoria profesional en el Ayuntamiento de Sevilla, donde se incorporó en 1986, ha sido testigo de la evolución que ha experi-**



Miguel Tamayo Monedero

**“El Ayuntamiento de Sevilla aprobó su primera ordenanza contra la contaminación acústica en 1987, la segunda en 2001, y la última en 2014, adaptada a las normas de la Administración central y autonómica vigentes”**

**mentado el Servicio de Protección Ambiental. En líneas generales, ¿cómo ha sido el avance hasta llegar a nuestros días, especialmente en materia de normativa acústica?**

Hay un antes y un después de la Ley del Ruido (Ley 37/2003, de 17 de noviembre), y del Documento Básico de Protección frente al ruido “DB-HR”

del Código Técnico de la Edificación (Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre). El gran avance que para los ayuntamientos han supuesto estas dos normas, y sus posteriores desarrollos, ha sido el de disponer de instrumentos objetivos de verificación in situ de parámetros acústicos. Hay que resaltar también la labor, no menos importante, de las ordenanzas municipales de protección contra el ruido, que regulan aspectos fuera del ámbito de normas estatales y autonómicas, por ejemplo, comportamientos ruidosos vecinales y en la vía pública, fiestas y eventos populares, uso de aparatos y máquinas ruidosas, carga y descarga de mercancías, instalación de veladores en la vía pública, etc. El Ayuntamiento de Sevilla aprobó su primera ordenanza contra la contaminación acústica en 1987, la segunda en 2001, y la última en 2014, adaptada a las normas de la Administración central y autonómica vigentes.

**¿En qué consiste su trabajo principalmente? ¿Cuáles son sus funciones más destacadas?**

El Servicio de Protección Ambiental del Ayuntamiento de Sevilla dispone de tres secciones, de las cuales dos de ellas, Licencias y Disciplina ambiental, integran en total quince técnicos, distribuidos entre siete ingenieros técnicos industriales, dos arquitectos, cinco titulados de formación profesional y un delineante. Todos ellos, en orden a su especialización, desarrollan diversos cometidos. Las funciones más destacadas son, en primer lugar, el control posterior de actividades, que comprende dos fases. En la primera, se realiza la evaluación del proyecto de la actividad sujeta a legalización por declaración responsable: si dicha evaluación resulta favorable, se pasa a la segunda



fase, en la que se realiza la inspección de la actividad, con objeto de verificar su adecuación al proyecto presentado y a la normativa aplicable, emitiéndose finalmente el correspondiente informe de control posterior, que puede ser favorable o desfavorable según proceda. No obstante, si la revisión y evaluación en la primera fase no es favorable, no ha lugar la inspección de la segunda fase, emitiéndose en tal caso informe desfavorable.

En segundo lugar, la inspección disciplinaria de actividades. Tras inspección por denuncia formal presentada o actuación de la Policía Local, se emite la correspondiente acta para su incorporación en el expediente disciplinario a efectos de la resolución que proceda adoptar.

En tercer lugar, la ejecución de mediciones acústicas comprobatorias. Se realizan, sobre todo, a nivel disciplinario, pero también a nivel de prevención, con objeto de comprobar el cumplimiento de los parámetros y exigencias acústicas establecidos en la normativa aplicable.

En cuarto lugar, la gestión y planificación acústica ambiental. Se efectúan las siguientes actuaciones: elaboración de ordenanzas contra la contaminación acústica, cometido del cual me encargo personalmente, así como la modificación y actualización de dichos textos conforme a las nuevas normas que vayan aprobándose por las administraciones y organismos competentes en la materia; la ejecución de la zonificación acústica del municipio en áreas de sensibilidad acústica; la Declaración de Zonas Acústicamente Saturadas, y la supervisión y control de ejecución de mapas estratégicos de ruido.

### **¿Cuáles son los principales problemas a los que se enfrenta una ciudad como Sevilla en materia de ruido ambiental?**

De entre todos, cabe destacar el ruido generado por el tráfico rodado y por las actividades de ocio, en especial la

**“El tráfico rodado aporta la mayor incidencia, ya que contribuye con el mayor porcentaje en cuanto a contaminación acústica en comparación con el resto de emisores acústicos”**

hostelería y los espectáculos públicos. El tráfico rodado aporta la mayor incidencia, ya que contribuye con el mayor porcentaje en cuanto a contaminación acústica en comparación con el resto de emisores acústicos; sin embargo, es el ruido generado por las actividades de ocio, sobre todo establecimientos de hostelería con terrazas y veladores y establecimientos de espectáculos públicos, el que más denuncias genera. Parece que nos hemos acostumbrado a vivir con un cierto nivel de ruido de fondo debido al tráfico, pero no soportamos ruidos intempestivos como los generados por las actividades de ocio.

### **Los mapas de ruido son una de las principales herramientas para la gestión ambiental del ruido, ¿en qué situación se encuentra la ciudad de Sevilla en este sentido?**

Tres son los mapas estratégicos de ruido de la aglomeración de Sevilla realizados hasta la fecha, encontrándonos en la actualidad finalizando el correspondiente a la cuarta fase, cuya finalización está prevista para antes de final de 2024.

### **¿Qué actuaciones y medidas se están llevando a cabo en dicha gestión ambiental?**

De las actuaciones que han contribuido en cierta medida a mejorar la calidad del ruido debido al tráfico rodado, podemos destacar la implantación del “Carril Bici” (Sevilla lidera la facilidad para el desplazamiento en bicicleta en Andalucía y en España, con una red de carriles bici que se extiende por 136 kilómetros de la ciudad), calles peatonales (más de 100 kilómetros), la incorporación de las líneas de Metro y Metro-Centro, la limitación de velocidad de circulación de vehículos, la instalación de asfalto sonorreductor en algunas vías de la ciudad, y la incorporación de vehículos eléctricos de transporte público.

De las actuaciones en materia de ruido de actividades de ocio, cabe destacar la Declaración de Zonas Acústicamente Saturadas, que conlleva la prohibición de implantación de determinadas actividades en dichas zonas, la restricción de horarios de funcionamiento de terrazas y veladores, la prohibición de actividades de hostelería con música, discotecas, salas de fiesta y similares en edificios de viviendas o en colindancia con viviendas,

**“Tres son los mapas estratégicos de ruido de la aglomeración de Sevilla realizados hasta la fecha, y en la actualidad se está finalizando el correspondiente a la cuarta fase, cuya finalización está prevista antes del final de 2024”**

el control de limitadores acústicos en actividades con música, y la exigencia de certificaciones de mediciones acústicas sobre aislamiento y acondicionamiento acústico, y ruido y vibraciones en determinadas actividades.

### **A tenor de las actuaciones realizadas en los últimos años, ¿se ha logrado mitigar los problemas causados por el ruido?**

Dado que los mapas estratégicos de ruido tienen una validez de cinco años, una vez concluido el actual en ejecución, podremos comparar en qué situación nos encontramos respecto al período anterior. No obstante, en lo que se refiere al tráfico rodado, dado que Sevilla tiene una movilidad importante de parque automovilístico desde zonas como, por ejemplo, el Aljarafe, Montequinto, Alcalá de Guadaíra, Coria, Sevilla-Este, etc., sobre todo en horas punta, se colapsan muchas calles y avenidas de la ciudad. Por otra parte, en lo que se refiere al ruido de actividades, se ha logrado controlar más el ruido en el interior de los establecimientos que en el exterior; la causa es el aumento notable que, tras la pandemia, ha supuesto la implantación de terrazas y veladores en actividades de hostelería, causado en gran parte por el incremento del turismo.

### **¿Hay una normativa específica para las obras de nueva construcción relacionada con la protección ambiental?**

La normativa específica es el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el Documento Básico de Protección contra el Ruido “DB-HR” del Código Técnico de la Edificación, de aplicación principalmente a edificios de nueva planta destinados





El tráfico rodado en una ciudad aporta la mayor incidencia en cuanto a contaminación acústica. Foto: Pexels-Pixabay

a uso residencial público y privado, docente, administrativo y sanitario. No obstante, el DB-HR no establece obligación de certificar mediante ensayo acústico “in situ” el cumplimiento de las exigencias y los límites acústicos establecidos en dicho documento; sin embargo, en Andalucía, dicha obligación sí está establecida por el Decreto 6/2012, de 17 de enero, y en el municipio de Sevilla, más ampliamente, por la ordenanza contra la contaminación acústica, ruido y vibraciones. Según establece la citada ordenanza, no pueden concederse licencia de ocupación o de utilización (actualmente tramitadas por declaración responsable) sin haberse llevado a cabo los ensayos y las certificaciones acústicas recogidos en el Documento Básico de Protección contra el Ruido “DB-HR”.

**En cuanto a las mediciones de la presión sonora, a través de sonómetros, ¿cómo ha evolucionado la normativa en este aspecto?**

Las normas técnicas sobre medidas acústicas han ido evolucionando con el paso del tiempo implementando cambios significativos en lo que se refiere a métodos y procedimientos a emplear. Nos referimos a las normas técnicas UNE-ISO; UNE-EN ISO; UNE-EN IEC; UNE-EN y UNE-EN ISO/IEC, cuya referencia de obligado cumplimiento se establece en los reales decretos, decretos y ordenanzas en materia de protección contra la contaminación acústica. No obstante, para aquellos casos donde no hay aprobada norma técnica alguna para una determinada valoración acústica, son los decretos de las comunidades autónomas y, so-

bre todo, las ordenanzas municipales, los que establecen los métodos y procedimientos de medición y valoración a emplear en cada caso.

**¿Se instalan sonómetros de forma habitual en las zonas saturadas de la ciudad?**

Siempre que se inicia un expediente de declaración de zona acústicamente saturada (ZAS), hay que ubicar estaciones de medición de ruido en aquellos sectores de la ciudad con acumulación de actividades recreativas y de esparcimiento, fundamentalmente bares, restaurantes, discotecas y similares, sobre todo, si disponen de terrazas con veladores. En este sentido, el Ayuntamiento de Sevilla ha adquirido este año un total de cincuenta nuevas estaciones de medida de ruido, con objeto de iniciar un plan de revisión de las doce zonas acústicamente saturadas (ZAS) actualmente declaradas, comenzando por la ZAS nº 3 “Arenal”.

**¿Cuál es el procedimiento habitual que sigue a una denuncia por ruido ambiental, ya sea por parte de un particular o de una inspección municipal que se haya realizado?**

Resumidamente, tras la comprobación de los términos objeto de denuncia y elaboración de la correspondiente acta de inspección, se incorpora dicha actuación en el correspondiente expediente disciplinario al efecto de la resolución que en su caso proceda adoptar.

**¿Considera que queda todavía mucho camino por recorrer en materia de contaminación acústica y gestión del ruido**

**ambiental?**

En materia de ruido procedente de actividades, las dificultades y el camino a recorrer en esta materia se encuentran básicamente a nivel organizativo y de toma de decisiones por parte de los órganos y autoridades competentes. En ciudades como Sevilla, con una alta afluencia de turismo durante todo el año, y con un clima benigno para el desarrollo de actividades de ocio en calles, parques y plazas de la ciudad, es complicado en algunas zonas compaginar ocio y descanso, existiendo dos estamentos históricamente enfrentados, las asociaciones de hosteleros, por una parte, y las plataformas ciudadanas contra el ruido, por otra.

En materia de ruido procedente del tráfico rodado, aunque se ha avanzado bastante, incorporando medidas encaminadas a reducir el índice anual de valoración de ruido ambiental, hay que tener en cuenta que por Sevilla circulan diariamente 400.000 vehículos aproximadamente. El 53,7 por ciento de estos procede del interior de la propia capital y el 46,3 por ciento del área metropolitana, sobre todo, por zona Aljarafe Central y Aljarafe Sur (A-49, A-8057 y A-8058, es decir, de las carreteras de Coria-San Juan y Mairena), y de las zonas de Montequinto y Alcalá de Guadaíra. El diagnóstico indica que existen en total 1.139.964 desplazamientos en Sevilla en un día medio laborable, con 1,95 viajes por persona, y 22 minutos de media de duración del trayecto. Con todo lo anterior, es previsible pensar que el gran avance para reducir el ruido debido al tráfico rodado se producirá a medio-largo plazo, cuando el parque automovilístico esté integrado mayormente por vehículos a motor 100 % eléctricos.



proempleo  
ingenieros.es

Servicio de  
reclutamiento y  
Selección de  
Ingenieros

# ¿Por qué elegirnos?

El ingeniero que  
buscas está aquí

Más Información:  
[www.proempleoingenieros.es](http://www.proempleoingenieros.es)  
[cogiti@cogiti.es](mailto:cogiti@cogiti.es)  
91 554 18 06

Metodología de selección de  
probada eficacia

Sello de profesionalidad de la  
colegiación y Acreditación DPC

Expertise en la ingeniería de la rama  
industrial

Garantía de calidad respaldada por  
COGITI



**COGITI**  
Consejo General de Colegios Oficiales  
de Graduados e Ingenieros Técnicos  
Industriales de España

# Alejandro Ochoa Martínez

Ingeniero Técnico Industrial y socio fundador de Acre Ambiental S.L.

## “El incremento de la contaminación acústica en la sociedad ha evidenciado la necesidad de esta especialización para el control del ruido”

### Mónica Ramírez

El término “contaminación acústica” hace referencia al ruido, entendido como sonido excesivo y molesto, generado por el tráfico rodado, los aviones o barcos, la actividad de las industrias, los locales de ocio, etc., que produce efectos negativos sobre la salud auditiva, física y mental de los seres vivos. Tratar de resolver este tipo de contaminación es el objetivo de las ingenierías especializadas en esta materia, a través de la resolución de los problemas acústicos de sus clientes, en lo que respecta al control del ruido y las vibraciones, con aplicación en los campos de la arquitectura, industria, y medioambiente. Alejandro Ochoa Martínez, ingeniero técnico industrial (colegiado en la Región de Murcia), ejerce como consultor e ingeniero acústico, desde 1999, en Acre Ambiental S.L, empresa de ingeniería acústica en la que es administrador, y que está especializada en mediciones, peritajes y asesoramiento en proyectos acústicos.

En su larga trayectoria profesional, es responsable de 200 estudios de impacto acústico en el ámbito de la ordenación del territorio (Planes Parciales, Planes Especiales, Modificaciones Puntuales, PGOU, etc.), así como de infraestructuras viarias, ferroviarias e instalaciones industriales. También ha realizado más de 3.000 inspecciones de E.C.A (Entidad Colaboradora con la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia), en el campo de la contaminación acústica, en todos los sectores de la actividad económica.

Como docente, ha impartido formación sobre ruido en distintos colegios profesionales y en ayuntamientos, y ha realizado asistencias técnicas para la redacción de ordenanzas municipales en varios ayuntamientos. Además, es representante del INGITE en grupos de trabajo para la revisión del Real Decreto 1367/2007 para el MITECO.

**En líneas generales, y a modo de introducción, ¿qué nivel de desarrollo tiene en**



Alejandro Ochoa Martínez

**“Es muy importante concienciar a la sociedad en su conjunto, y aquí incido en la responsabilidad de los ingenieros, como voces autorizadas al respecto, de la necesidad de luchar contra la contaminación acústica”**

### la actualidad la ingeniería acústica?

Después de 25 años de trayectoria profesional, diría que el desarrollo es y será una constante en esta especialidad de la Ingeniería. El incremento de la contaminación acústica, debido sobre todo al progreso de la sociedad, ha evidenciado la necesidad de esta especialización para el control del ruido.

Es importante destacar que realmente el principal motor que nos obliga a evolucionar de forma continua es la exigencia de

la sociedad a un mayor bienestar; mientras siga creciendo la demanda para proteger la salud, la ingeniería acústica se desarrollará a la par, porque es la responsable de dar las soluciones que se requieren.

### ¿Qué profesionales se dedican a este ámbito tan específico?

Al no existir una formación reglada al efecto, ni unas atribuciones profesionales definidas, hay un amplio abanico de ingenieros que profesionalmente se han desarrollado en este campo. En mi caso, por ejemplo, la transversalidad de la formación que recibimos para poder ejercer nuestra profesión de ingeniero técnico industrial fue fundamental para adquirir los conocimientos específicos de forma natural.

Teniendo en cuenta que la contaminación acústica se produce por las actividades que ejerce el ser humano, es importante poder transmitir que todos y cada uno de nosotros, desde nuestro ámbito y responsabilidades profesionales, sea cual sea el sector de ingeniería al que nos dediquemos, debemos ser conscientes del problema y ayudar a mitigarlo. Por eso, aunque no todos los ingenieros tengan conocimientos de acústica, creo que todos deberíamos sentirnos un poco ingenieros acústicos y luchar contra la contaminación acústica en la medida de nuestras posibilidades.

Además, tenemos que indicar que existen muchos sectores específicos dentro de la ingeniería acústica con posibilidades de desarrollo increíbles, como en el campo de la defensa militar o el de Prevención de Riesgos Laborales.

### ¿Cuáles son los principales retos y dificultades a los que se enfrenta la sociedad en materia de contaminación acústica?

El ruido daña la salud. Esta frase, que hemos leído y oído muchas veces, no nos la terminamos de creer. Existen estudios médicos contrastados con datos de personas



afectadas por estrés, alteraciones del sueño, afección a las capacidades cognitivas, y otras. No estamos hablando de Japón, que también, sino de España. Por eso creo que es muy importante concienciar a la sociedad en su conjunto, y aquí incido en la responsabilidad de los ingenieros como voces autorizadas al respecto, de la necesidad de luchar contra la contaminación acústica.

Cuando como sociedad seamos conscientes de que el "ruido mata", podremos demandar que las administraciones competentes asuman como prioridad establecer medidas reales, y que las sitúen por encima de otros criterios económicos y de rentabilidad a corto plazo.

### En España, ¿qué normativa la regula?

En este aspecto, doy gracias a que estemos en Europa. La Directiva Europea 49-CE-Evaluación y Gestión del Ruido, del año 2002, obligó a transponer al Estado español la normativa, y se legislaron tanto al Ley 37-2003 Ley del Ruido, como los reales decretos que la desarrollan: RD 1513/2005 y RD 1367/2007.

Esa es la normativa base en vigor que regula este sector. A partir de ese momento, algunas comunidades autónomas desarrollaron sus propias leyes y decretos regionales, como Cataluña, Andalucía, Galicia, Castilla y León, Aragón y País Vasco. Actualmente la mayoría de las CCAA no han desarrollado legislación propia, han mirado para otro lado y han traspasado el problema directamente a las administraciones locales, bajo la falsa interpretación que la contaminación acústica es un problema de los ayuntamientos.

Desconozco el dato exacto, pero puedo asegurar que muchos más de la mitad de los municipios de nuestro país no cuentan con una ordenanza reguladora de la lucha contra la contaminación acústica adaptada a la normativa en vigor. Las grandes ciudades han sido capaces de adaptarse, pero la dejación por parte de las CCAA, junto con la incapacidad de poder elaborar ordenanzas técnicas tan especializadas y complejas por parte de los ayuntamientos pequeños y medianos, hacen que este aspecto se convierta en crítico en nuestro sector.

### En su opinión, ¿están suficientemente concienciadas las distintas administraciones en esta materia?

La planificación, la anticipación, la previsión de posibles problemas de contaminación acústica no se detectan previamente, debido a que la variable acústica no se encuentra contemplada dentro de los criterios

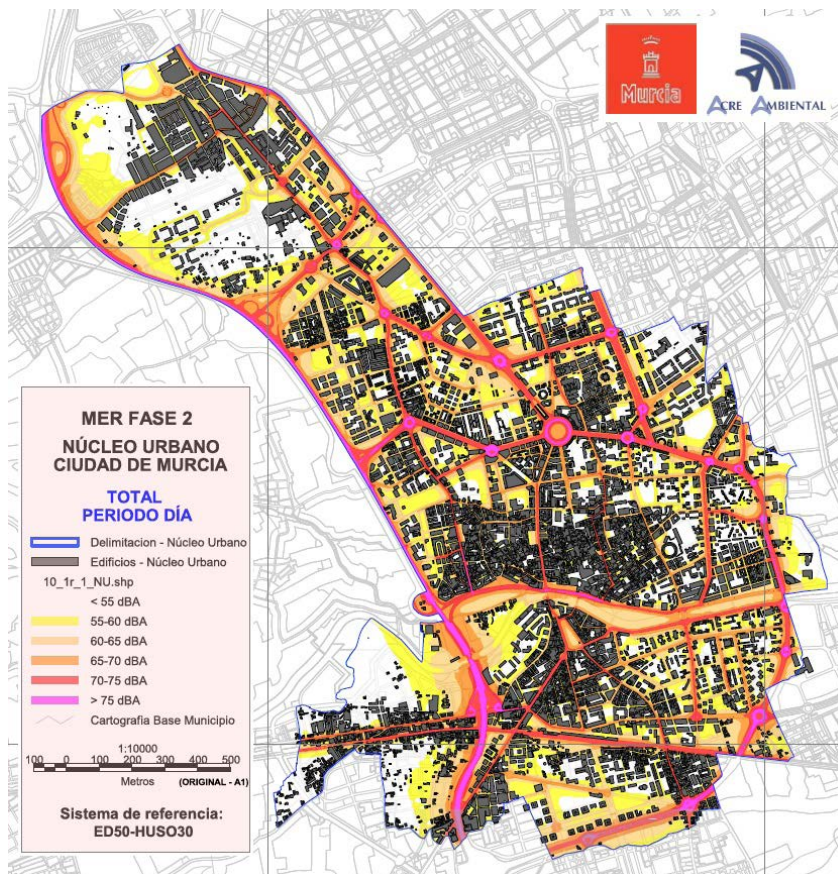


Imagen correspondiente al Mapa Estratégico de Ruido (2ª fase) del núcleo urbano de la ciudad de Murcia. Fuente: Acre Ambiental S.L.

utilizados en la toma de decisiones de la Administración. Al final, la experiencia nos indica que únicamente ante un problema real, la Administración adopta soluciones reales.

Entiendo como parte de nuestro trabajo, y enlace con el tema de objetivos a plantearnos, que la variable acústica forme parte de los distintos parámetros que se deben tener en cuenta a la hora de planificar urbanísticamente. Una planificación teniendo en cuenta la posible afección acústica, minimizará los problemas posteriores.

### ¿En qué línea van las soluciones que se plantean hoy en día para combatir dicha contaminación?

Los principales recursos puestos a disposición de la sociedad por nuestra parte se basan en modelos predictivos que se han conseguido desarrollar de forma bastante excelsa. Con ellos podemos evaluar previamente la afección acústica de una determinada infraestructura, ya sea viaria, ferroviaria, aeroportuaria, o el impacto generado por la implantación de industrias, o la transmisión sonora que va a provocar un determinado evento, como un concierto. Esta tecnología nos permite anticiparnos al problema, y, en consecuencia, tener capacidad de proponer aquellas medidas correctoras

que eliminen o minimicen el impacto acústico generado.

### ¿Cómo se puede ayudar a las administraciones, y más concretamente a los ayuntamientos, en este sentido, por parte de los profesionales que se dedican a la ingeniería acústica?

En este apartado quiero subrayar las capacidades que tenemos nosotros los ingenieros, y que muchas veces no ponemos en valor. Y no me refiero únicamente al campo de la acústica, sino en general. Somos los mayores conocedores de aspectos técnicos en los ámbitos en los que nos desarrollamos profesionalmente, estamos resolviendo los problemas reales de nuestros clientes en el día a día, somos los que ingeniamos soluciones para mejorar los procesos continuamente... y, en cambio, no tenemos el suficiente peso activo en la actualización de la normativa que regula nuestro trabajo. A nivel de las administraciones locales, por ejemplo, desde los colegios profesionales disponemos del mayor y mejor conocimiento sobre las necesidades de adecuación de la normativa, y parece que les dejamos esa responsabilidad a ellos, cuando realmente nos afecta de forma muy directa.

Por concretar este aspecto, creo que los colegios profesionales deben ser corresponsables de la legislación, no desde el punto de vista de asesores, sino dar un paso más y poner a disposición de la Administración el conocimiento de nuestros ingenieros, que es nuestro mayor valor, y convertirnos en corresponsables, de cara a la sociedad, de la labor legislativa.

**Los mapas estratégicos de ruido son una herramienta esencial en la gestión de la contaminación acústica. ¿Cómo es el procedimiento para llevarlos a cabo?**

Es la herramienta definida por la Directiva Europea. El objetivo de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) es poder evaluar el nivel de contaminación acústica en las aglomeraciones urbanas, debido principalmente a las infraestructuras. Estos MER, que se iniciaron en 2006, y que van ya por su cuarta fase, se elaboran en las ciudades europeas de más de 100.000 habitantes en su núcleo urbano.

El dato comparativo que permite evaluar la situación de nuestras ciudades es la población afectada por niveles de ruido superiores a los valores objetivos establecidos. Para la elaboración de los MER, se tienen en cuenta el ruido proveniente del tráfico rodado, que es con diferencia la mayor fuente de contaminación acústica, el ruido de tráfico de trenes y de aviones, así como el impacto del ruido industrial, siempre considerando el segmento de población que se encuentra dentro del área geográfico en estudio.

Los modelos predictivos alimentados con la información de campo obtenida nos permiten, previa validación, conocer el nivel de ruido al que está sometido cada uno de los edificios de nuestras ciudades y, por ende, conocer la población afectada.

**Una vez realizados, ¿qué uso se da a los resultados obtenidos?**

Igualmente está regulado. Tras la elaboración de los MER, los ayuntamientos deben realizar un Plan de Acción contra el Ruido (PAR). Este plan, en base a los resultados obtenidos en los mapas, deben establecer las medidas correctoras para corregir las desviaciones observadas en aquellas zonas del municipio que requieran de intervención. El PAR debe contemplar las acciones a ejecutar, con plazo y dotación económica, así como indicadores de seguimiento para la evaluación de su cumplimiento.

Según la teoría, este Plan debería ser el que los ayuntamientos utilizaran para decidir actuaciones, pero la práctica nos

indica que no es este uno de los documentos principales en los que se basa la Administración en su toma de decisiones. Estamos en el camino, pero falta aún mucho por recorrer.

**¿En qué ámbitos concretos se pueden realizar estudios de afección acústica?**

EL ruido afecta a todos y a todo, cualquier actividad genera impacto. Hemos normalizado, como no puede ser de otra manera, el impacto de los sonidos naturales (a casi nadie le molesta el sonido de las olas, aunque éste sea fuerte), pero cada vez somos menos tolerantes con los ruidos que nos afectan en nuestro entorno diario, tanto laboral como personal. Además, nos encontramos con una especie de enfrentamiento social, entre los que defienden que el ruido es equivalente a dar vida, y los que son conscientes de que el ruido perjudica la salud y hay que protegerse.

Esta controversia se da en muchos de los centros históricos de las ciudades, que albergan el epicentro de la actividad hostelera y de ocio, y que afecta a los residentes que sufren las consecuencias de una mala planificación y, en muchas ocasiones, la falta de inspección y control por parte de la Administración.

Los estudios de afección acústica se pueden aplicar a todo tipo de actividades e infraestructuras. Conocer el impacto acústico de una nueva industria de hidrógeno verde, de una adecuación a biometano de una planta existente, cómo va a afectar al entorno natural una nueva planta solar fotovoltaica y sus líneas de evacuación, los ejemplos son infinitos.

A nivel urbanístico, el desarrollo de los planes parciales que se desarrollan bajo criterios acústicos permite que los futuros residentes en esas zonas tengan una "calidad de vida acústica" mayor que el resto de las zonas. También, todas las infraestructuras que se desarrollan necesitan conocer de forma predictiva la afección que va a producir. En todos los casos, el objeto debe ser adoptar las medidas necesarias para cumplir con la legislación que les afecta.

**¿Cuáles son los proyectos más destacados que se han llevado a cabo desde Acre Ambiental?**

La verdad que en estos 25 años nos ha dado tiempo a participar en proyectos de casi toda índole. Si hubiera que destacar, el haber participado en la elaboración de los MER y los PAR, desde el inicio de estos y hasta la fecha, en varias ciudades, lo destacaría como nuestro hito más importante.

Otros proyectos significativos han venido de la mano de colaborar con grandes ingenierías de este país en proyectos de gran trascendencia; un ejemplo fue la ampliación de la refinería Repsol de Cartagena. Como Ingeniería acústica, creo que nuestro principal activo es colaborar con nuestros compañeros ingenieros, asesorándoles en sus proyectos en la parte de ruido.

Por supuesto, es importante el día a día de las certificaciones acústicas de actividades de todos los sectores, comprobando el cumplimiento de las condiciones ambientales, así como el desarrollo de estudios de impacto ambiental en infraestructuras y en planes de desarrollo urbanístico; son actuaciones que a largo plazo son satisfactorias. Cuando ves que están instalando pantallas acústicas donde las diseñamos hace varios años, te das cuenta de que el trabajo realizado tiene consecuencias, y que son buenas.

En los últimos años estamos desarrollando modelos predictivos de grandes eventos al aire libre. En este caso, el incremento de la demanda de grandes festivales de música ha sido proporcional a las molestias que ocasiona en el entorno donde se ubica. Estamos realizando estudios de cómo minimizar esas molestias, de cómo las administraciones deben actuar ante esa afección a la población, evaluando afecciones acumuladas, estudiando la elección de las ubicaciones en función de las características del evento, etc. Es un trabajo de investigación muy interesante.

Además, no quiero dejarme la interacción con las administraciones que nos han pedido colaboración. Hemos sido responsables de varias asistencias técnicas en ayuntamientos, donde hemos redactado ordenanzas municipales adecuadas a sus necesidades.

**¿Cómo cree que evolucionará la ingeniería acústica en los próximos años?**

Termino como empecé la entrevista, después de 25 años de trayectoria profesional, diría que el desarrollo es y será una constante en esta especialidad de la ingeniería. Si somos capaces de responder a las demandas, que la propia evolución de la sociedad creará, es un campo para que, desde la profesión, apostemos decididamente por formar a nuevos ingenieros.

Creo que el valor añadido de esta especialización de la ingeniería es que, con su desarrollo, influimos de forma directa en el bienestar de muchas personas, a las que podemos poner nombres y apellidos, y sabemos dónde viven.



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

Formas jurídicas y fiscalidad.

MS Project.

Inventor 2020. Diseño Paramétrico e Iniciador al Análisis De Tensiones.

Planes de Autoproyección.

Realización de Expedientes de Mercado CE de maquinaria y productos de construcción.

Automatismos eléctricos industriales. Elementos y simulación práctica.

Autómatas programables PLC en aplicaciones de automatización industrial.

Eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.

Experto en gestión y negociación de contratos de energía.

Electricidad industrial.

Proyectos de reforma y completado de vehículos.

Diseño de la infraestructura de recarga del Vehículo Eléctrico según la ITC 52 del REBT.

*Esto es tan sólo una muestra del catálogo de cursos técnicos que encontrará en nuestra Plataforma online. Los cursos son constantemente renovados y adaptados a las necesidades actuales.*

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



# Estudio de afección acústica de eventos al aire libre

**Alejandro Ochoa Martínez**

En los últimos años se ha experimentado un considerable aumento de los festivales de música al aire libre. Hay numerosos factores culturales, sociales y económicos que han motivado el incremento en la demanda, gracias a su capacidad de adaptarse a las nuevas tendencias.

Los cambios en las preferencias de entretenimiento han impulsado una mayor demanda de experiencias compartidas, y los festivales al aire libre ofrecen un ambiente único, que combina música, gastronomía y actividades sociales en un entorno relajado y natural, atrayendo a públicos diversos.

Desde el punto de vista económico, los festivales al aire libre son motores de turismo y desarrollo local. Las administraciones locales y autonómicas han generado políticas de apoyo, incluso con importantes ayudas directas a promotores, con el objetivo de fomentar la oferta turística de la localidad y región.

Además, el cambio de modelo de negocio en la industria musical ante la aparición de las plataformas digitales y la comercialización de la música fuera de la compraventa de discos, en cualquiera de sus formatos, ha potenciado la necesidad de realizar conciertos en directo, convirtiéndose en la principal fuente principal de ingresos de la mayoría de los grupos musicales.

Todos estos aspectos han convertido, lo que en principio sería un evento lúdico, festivo y de gran atractivo, en un foco contaminante de posible gran impacto desde el punto de vista medioambiental. Los conciertos al aire libre son un problema añadido a la contaminación acústica que sufren nuestras ciudades.

La proliferación de festivales, que generalmente repiten ubicación, ha llevado a la necesidad de realizar estudios de afección acústica de los eventos que se celebran, teniendo en cuenta dos aspectos fundamentales:

## 1. Requisitos legales

La normativa legal existente en ordenanzas y legislaciones regionales, dimanada de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. En dicha Ley, en su artículo 9 establece lo siguiente:

“Con motivo de la organización de ac-

tos de especial proyección oficial, cultural, religiosa o de naturaleza análoga, las administraciones públicas competentes podrán adoptar, en determinadas áreas acústicas, previa valoración de la incidencia acústica, las medidas necesarias que dejen en suspenso temporalmente el cumplimiento de los objetivos de calidad acústica, que sean de aplicación a aquellas.”

Por tanto, se establece que en caso de considerar de especial proyección un evento, se podrán suspender temporalmente los valores establecidos en la legislación, siempre que se estudie la afección acústica que va a producir en el entorno.

Las distintas normativas de ámbito regional existentes y, sobre todo, las ordenanzas municipales, ya que en base a la legislación nacional atribuye a las administraciones locales las competencias en materia de medioambiente urbano y contra la contaminación acústica, son las que deben desarrollar en detalle el aspecto indicado en la Ley del Ruido.

## 2. Condiciones de funcionamiento

Dentro de la comprensión de que un evento de estas características es de interés para el municipio que lo acoge, debemos establecer aquellas condiciones de funcionamiento que minimicen el impacto acústico en el entorno. Tal y como se establece en el mismo artículo 9 de la Ley 37/20 del Ruido:

“Sólo podrá acordarse la suspensión provisional solicitada, que podrá someterse a las condiciones que se estimen pertinentes, en el caso de que se acredite que las mejores técnicas disponibles no permiten el cumplimiento de los objetivos cuya suspensión se pretende.”

Condiciona la posibilidad de la suspensión de los objetivos de calidad acústica, en el entorno afectado del evento, a la aplicación de las mejores técnicas disponibles. Los dos aspectos de requisitos legales y de condiciones de funcionamiento se encuentran recogidos en la realización del estudio de afección acústica del evento.

Este estudio debe desarrollarse a petición de la Administración competente (generalmente los ayuntamientos) por el promotor del evento (sea este tanto público como privado), incluso cuando

ambas figuras de peticionario y promotor coinciden, es de obligado cumplimiento realizar el estudio acústico.

El principal objetivo del estudio no es justificar que el evento hace más ruido de lo permitido, y que como es de especial proyección, se permite realizarlo. El objetivo de este debe ser que, siendo de especial proyección, y conociendo que va a superar los valores establecidos en la legislación de ruido, se establezcan todas aquellas condiciones, viables técnica y económicamente, para desarrollar el evento con la menor afección acústica al entorno, en especial a la población afectada por el mismo.

## Estudio de afección acústica

Bajo estas premisas de finalidad del estudio técnico, este deberá contemplar el análisis de aquellas posibles variantes que permitan minimizar el ruido que llega a las viviendas más cercanas.

En estas condiciones, se propone que el estudio de afección acústica debería contemplar en su contenido, como mínimo, los siguientes aspectos:

1. Descripción del evento que se va a desarrollar, especificando fechas y horarios asociados a la celebración del acto.
2. Descripción de la ubicación prevista del evento, con detalle de los distintos usos de cada espacio. En especial, deberá detallarse la superficie, disposición y condiciones del escenario y de toda la infraestructura de maquinaria escénica asociada a éste. También se considera de importancia el estudio del comportamiento del público en referencia a su situación frente al escenario, las zonas de barras, aseos y otros aspectos.
3. Identificación de todas las fuentes de emisión acústica asociadas a la celebración del evento, indicando el nivel máximo previsto de emisión acústica de cada una de ellas. En especial, se detallará la relación de los distintos elementos que componen los equipos de sonido que se emplearán, indicando la potencia, distribución y orientación de los altavoces.
4. Del mismo modo, deberán identificarse todas aquellas fuentes so-

noras que directa o indirectamente formen parte del evento para proceder a su evaluación. En este caso, debemos contemplar los montajes y desmontajes de las infraestructuras, los ensayos previos, medios auxiliares, etc.

- Una vez conocidas todas las fuentes potenciales, se procederá a la "Modelización acústica", mediante software predictivo de la afección sonora de las áreas acústicas afectadas. El modelo determinará los niveles de inmisión a los que estarán expuestas las fachadas de los edificios residenciales existentes en la zona.

Se deberá tener especial cuidado en caso de ser coincidente, en horario, el evento evaluado con áreas acústicas donde se encuentren centros sanitarios, educativos o culturales que requieran de una especial protección acústica.

- Una vez modelizado el evento, se procederá a establecer aquellas medidas correctoras que se adoptarán para minimizar las molestias a los vecinos. Este es el momento de estudiar posibles mejoras, como las siguientes:

- Modificaciones en la orientación o el posible apantallamiento del escenario.
- Orientación de los altavoces o nueva distribución con "delayed". En este aspecto se debe indicar nuevos modelos de control de los sistemas de sonido que permiten ajustar el balance y la direccionalidad del sonido en tiempo real.
- Propuesta de instalación de limitador de nivel sonoro, que garantice que el evento va a transcurrir al nivel máximo permitido. Estas limitaciones pueden aplicarse con filtros de equalización para reducir frecuencias determinadas, que son las que



Medición del nivel sonoro de emisión de un concierto al aire libre.

se propagan más fácilmente, provocando el mayor grado de molestias en las zonas residenciales próximas al evento.

- Instalar equipos de medición en el entorno, que permitan conocer en tiempo real los niveles sonoros para adoptar correcciones "in situ". Esta medida permitiría minimizar las desviaciones que se detectaran durante la propagación del evento.
- El estudio de afección acústica deberá concluir con los datos más significativos del mismo, que incluirán:
    - Número de personas afectadas en las zonas residenciales del entorno del evento, distribuidas por el nivel sonoro que llega a la fachada de su vivienda. Este dato de población afectada en cada uno de los niveles sonoros debe considerarse como crítico a la hora de decidir, por parte de la autoridad competente, la suspensión de los objetivos de

calidad acústica que son de aplicación. Este número debe ser la cuestión que debe plantearse en el centro del debate.

- Plano de isófonas de radiación sonora del evento, con las condiciones establecidas para la celebración del mismo. Estos mapas de la propagación del ruido serán la foto fija de nuestro evento, y permitirán visibilizarlo y comprenderlo de forma mucho más intuitiva que mediante otras representaciones.
- Determinación de la zona geográfica y del periodo de tiempo afectados por la superación de los objetivos de calidad acústica establecidos en la legislación. Establecer límites temporales y físicos garantiza que los eventos se llevan a cabo dentro de un marco claro, tanto para los promotores del evento como para los posibles afectados por el mismo.

Finalmente, y con el objeto de garantizar que las condiciones establecidas en el estudio de afección acústica del evento se cumplen, será recomendable la realización de un "Programa de vigilancia acústico". Este plan recogerá aquellas actuaciones que se consideren necesarias, para comprobar que tanto los niveles sonoros de emisión del propio evento como los de inmisión, en el entorno de la ubicación y, sobre todo, en las zonas residenciales más próximas, son los previstos en el estudio de afección acústica.

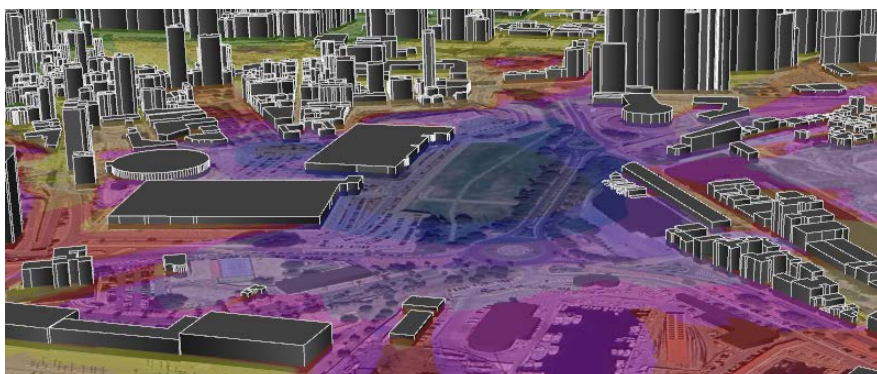


Imagen de relieve de la propagación de la huella sonora del concierto en el entorno.



# Adaptación al entorno, un caso de éxito: Estrella de Levante

La reducción del denominado “ruido industrial” es una necesidad en muchos sectores, por lo que es necesario establecer un plan de medidas contra la contaminación acústica, donde los campos sonoros suelen ser complejos. Previamente a las medidas que se implementen para reducir el ruido en las industrias, es necesario realizar un análisis por parte de los profesionales expertos en la materia.

## Alejandro Ochoa

En el contexto actual, el crecimiento de las empresas supone recorrer caminos que inevitablemente significan cambios sustanciales en sus procesos industriales. Estas mejoras son implementadas mediante avances en los nuevos equipos y procesos de producción, modificaciones que suponen alteraciones que afectan directamente al entorno en muchos de sus parámetros ambientales. Es aquí donde podemos encontrar un factor que condiciona el crecimiento empresarial, el entorno donde la empresa se ubica.

El caso que se expone en el presente artículo está basado en el ejemplo de una situación que ha afectado a un número significativo de empresas, y demuestra cómo una actividad industrial, a través de un enfoque colaborativo y una evolución constante, ha logrado compatibilizar su actividad con la calidad de vida de su entorno, destacando su conciencia ambiental y su búsqueda de soluciones innovadoras para minimizar el impacto acústico.

Este es el caso de éxito de la empresa Estrella de Levante, cuya actividad de negocio está centrada en la producción de cerveza y malta. Hace más de dos décadas, la dirección de la compañía decidió poner en marcha un plan de reducción del ruido, tanto en el interior de la propia fábrica, como en el entorno exterior.

Es un hecho incuestionable que el crecimiento urbanístico incontrolado de las ciudades ha convertido zonas predominantemente industriales en zonas residenciales en muy poco tiempo, sin dar capacidad a las empresas a adaptarse, y obligando a muchas de ellas a reconversiones que implicaban un traslado. Estas situaciones han sido posibles, en numerosas ocasiones, gracias a negocios urbanísticos que

financiaban estas operaciones. Estos cambios implican un desarraigo de la ubicación geográfica donde la empresa inició su andadura empresarial.

La historia de la citada compañía comienza en 1963, en la pedanía murciana de Espinardo, en el límite del último barrio del norte de la ciudad, donde se construye una fábrica del sector de la alimentación, con el objetivo de abastecer de cerveza de calidad a una región en crecimiento y con una tradición gastronómica. Una zona sin urbanizar y sin ningún tipo de edificación residencial en sus alrededores. La propia fábrica genera una evolución en su entorno, que atrae hacia su zona de influencia el crecimiento del barrio, y por ende la urbanización y construcción de viviendas en su zona de influencia.

La empresa, que apostó decididamente por mantener su ubicación, pese al cambio sustancial sufrido en el escenario donde se encontraba, ha tenido que hacer frente a diversos cambios a lo largo de los años.

En este sentido, Juan Antonio López Abadía, director técnico de Estrella de Levante, explica a Técnica Industrial que “reducir los niveles de ruido de nuestra actividad industrial ha sido uno de nuestros objetivos de este siglo, tanto para minimizar la exposición de nuestros colaboradores como del entorno que nos rodea. Siguiendo la estrategia de medir, analizar y actuar, se han desarrollado más de medio centenar de actuaciones, tanto de apantallamiento de instalaciones, como de mejora de procesos y equipos que hagan que nuestra actividad no genere ninguna molestia. Contar con estudios acústicos y una plantilla muy sensibilizada con la mejora ambiental favorece que surjan muchas de estas propuestas”.

## Cambios normativos

Las modificaciones legislativas en materia de medioambiente, y en especial en el campo de la contaminación acústica, han supuesto un incremento constante de la protección en este ámbito. Este hecho se traduce en que los requisitos legales a cumplir, en cuanto a “valores límite” y consideraciones de áreas acústicas en el entorno de la industria, se han visto modificados de forma continua en busca de mayor protección del entorno y de los vecinos.

La legislación identifica el problema de las zonas acústicas colindantes, siendo las administraciones competentes, en la inmensa mayoría de las ocasiones los Ayuntamientos, los responsables de desarrollar soluciones en estas zonas de conflicto, generadas en la confluencia entre las áreas acústicas residenciales y áreas acústicas industriales. Estas zonas de transición son muy complicadas de resolver desde el punto de vista normativo, ya que el peso específico de la protección a las personas lleva en una inmensa mayoría de las ocasiones a adoptar resoluciones en contra de los intereses de las industrias, aun encontrándose en sectores del territorio de uso mayoritario industrial.

## Cambios urbanísticos

Lo que en principio era un área industrial donde la actividad principal era la propia fábrica que vertebraba la gestión del tráfico según sus necesidades, se ha convertido en un área residencial, donde nuevos requisitos demandados por el incremento de la población han supuesto remodelaciones en las vías de comunicación del barrio, con la implantación de nuevos medios de transporte público, como el tranvía, y la remodelación de accesos a las nuevas

zonas residenciales. Estas modificaciones han obligado a que la industria deba adaptarse con nuevos modelos de gestión del tráfico y transformaciones en sus patrones de organización de la logística de forma integral.

Estos cambios han sido gestionados desde la empresa con herramientas basadas en el compromiso de integrar el bienestar del entorno y de sus vecinos como un eje central más de su misión empresarial.

Para ello, han implicado a todos los actores, liderados por un departamento de Medio Ambiente, que ha sabido hacer partícipes al resto de departamentos de la empresa, y a las empresas e ingenieros externos colaboradores, de la necesidad de priorizar la reducción de la afección sonora en el entorno, por encima de otros factores.

Las actuaciones en materia de reducción de la contaminación acústica han sido continuas, y van a la par de la innovación de los procesos y servicios que la industria implementa. Las actuaciones llevadas a cabo son una muestra clara de cómo la industria puede coexistir con los entornos residenciales cuando existe una voluntad firme de adaptarse, innovar y evolucionar. La ejemplaridad de la empresa se identifica en varios campos de actuación.

### Actuaciones materiales

Entre las acciones más destacables ejecutadas, y siempre basadas en criterios técnicos de minimizar la afección acústica, se encuentran las siguientes:

- Reubicación de maquinaria ruidosa exterior a otras zonas interiores de la industria.
- Instalación de pantallas acústicas en la maquinaria ubicada en zonas exteriores.
- Cerramiento de huecos existentes en fachada, buscando soluciones alternativas de ventilación.
- Instalación de silenciadores en los huecos de fachada que no podían cerrarse.
- Instalación de silenciadores en los aireadores de cubierta.
- Refuerzo del aislamiento acústico de cubiertas de las naves industriales en las zonas de proceso identificadas como más ruidosas.
- Instalación de elementos fonoabsorbentes en el interior de las naves.

### Control y vigilancia

El control de los ruidos generados en tiempo real de cara a la identificación y adopción de medidas correctoras, y una continua vigilancia del entorno, se han conseguido mediante las siguientes acciones:

- Instalación de equipos de medición en continuo en el perímetro de la industria, con el objeto de detectar niveles sonoros anómalos e identificar los eventos ruidosos asociados. Estos equipos también permiten evaluar a largo plazo los niveles sonoros en el entorno de la industria.
- Programa de vigilancia con mediciones "in situ" en el perímetro de la industria de forma periódica.

### Gestión del tráfico y logística

El tránsito de vehículos pesados es otro foco de impacto que la empresa ha abordado mediante el rediseño de las rutas de circulación y la reubicación de las zonas de carga y descarga. Con el apoyo de modelos predictivos, se han identificado alternativas más silenciosas y eficientes para el tráfico logístico, que incluyen la modificación de horarios logísticos para minimizar el impacto en horarios de descanso de los vecinos, la reubicación de estacionamientos en espera, evitando que los vehículos se acumulen cerca de zonas residenciales, y el diseño de soluciones de movilidad adaptadas a los cambios recientes en las vías de comunicación del entorno.

Estas iniciativas no solo reducen la contaminación acústica, sino que también mejoran la eficiencia operativa.

### Modelos predictivos acústicos

La empresa es un ejemplo de organización "viva", que no se limita a reaccionar ante problemas, sino que anticipa soluciones. Cada nuevo foco de ruido es estudiado mediante modelos predictivos para aplicar medidas correctoras antes de su aparición. Este enfoque proactivo se traduce en una inversión en ingeniería acústica como herramienta clave para la sostenibilidad.

La cultura preventiva sobre el ruido ya forma parte de la organización de forma natural. En un mundo donde la sostenibilidad es cada vez más esencial, este tipo de iniciativas demuestran que el equilibrio entre desarrollo industrial y bienestar comunitario no solo es posible, sino también rentable y necesario. Lejos de considerar estas medidas como un gasto, la empresa entiende que cada euro invertido en mejoras acústicas y ambientales contribuye a fortalecer la convivencia y a generar un entorno saludable.



Siguiendo la estrategia de medir, analizar y actuar sobre el impacto acústico, se han desarrollado más de medio centenar de actuaciones por parte de la empresa Estrella de Levante.



# Innovación en la prevención del ruido: tecnología avanzada para un ambiente de trabajo saludable

José Enrique Aparisi Navarro

## ¿Es posible ver el ruido? ¿Para qué sería útil?

La prevención del ruido en el entorno laboral es un aspecto clave para garantizar la salud y el bienestar de los trabajadores. El ruido excesivo no sólo afecta la concentración y a la productividad, sino que también puede tener graves consecuencias para la salud auditiva y general.

En Asepeyo hemos buscado soluciones innovadoras que no sólo mitiguen el ruido, sino que también sensibilicen a los empleados sobre su impacto y sobre cómo controlarlo. Para ello, hemos implementado una línea de asesoramiento que desarrollan los consultores de prevención de Asepeyo en las empresas mutualistas, para sensibilizar y asesorar sobre buenas prácticas para el control del ruido.

Cuando una empresa se encuentra con niveles de ruido elevados, además de prescribir equipos de protección a los trabajadores y realizar formación y seguimiento médico, debe también aplicar medidas de prevención encaminadas a reducir la exposición de los trabajadores al ruido. Se requiere de asesoramiento experto para poder implementar un plan de reducción del ruido, y las medidas de control en ocasiones no consiguen el resultado deseado.

Nuestros ingenieros emplean en esta actuación un equipo revolucionario que está transformando la manera en que podemos abordar este desafío. Se trata de una cámara avanzada que sincroniza la grabación de los niveles de ruido y las imágenes, lo que permite visualizar con precisión dónde y cuándo se generan los picos de ruido en las áreas de trabajo.

Esta tecnología no sólo facilita la identificación de las fuentes del ruido, sino que también ofrece una herramienta poderosa para comparar cómo diferentes métodos de trabajo afectan los niveles sonoros. De esta manera podemos controlar el ruido en su origen y seleccionar las mejores prácticas para reducirlo.

## ¿Cómo funciona este equipo?

El sistema captura simultáneamente la



La cámara acústica, que incorpora 128 micrófonos, realiza una medición en la erupción volcánica de la isla de La Palma de 2021.

imagen del entorno laboral y mide el nivel de ruido en tiempo real. Esto permite correlacionar el ruido con las acciones específicas que lo generan, ayudando a detectar fuentes problemáticas que pueden ser inadvertidas o subestimadas a simple vista.

Por ejemplo, al observar a través de la cámara, se puede ver si ciertos movimientos, el uso de herramientas específicas, o procesos en cadena que generan golpes o caídas, están produciendo un nivel de ruido innecesario o peligroso.

También se detectan fugas de ruido por desperfectos en el aislamiento o rebotes del ruido en determinadas superficies. De esta manera se ponen de relieve reverberaciones no deseadas o faltas de mantenimiento de las condiciones de control del ruido, que ponen en riesgo al trabajador.

## Cámara acústica

Con la cámara acústica de Asepeyo, podemos hacer comprender a todos los implicados, prevencionistas, mandos, trabajadores, etc., de una forma sencilla, los procesos por los que se genera un nivel inadecuado de ruido, definir a qué trabajadores puede afectar y valorar la adopción de medidas correctoras.

La cámara acústica se compone de dos dispositivos:

- La cámara: es un elemento plano que incorpora 128 micrófonos que captan el ruido de una forma específicamente desarrollada para poder situar su origen. Además, obtiene una alta calidad de imagen que permite apreciar las grabaciones con un gran nivel de detalle. Este sistema se monta en un trípode para poder soportar el equipo y posibilitar buenas tomas

combinadas.

- El ordenador portátil conectado a la cámara con el software de manejo. Permite grabar en directo y procesar la información de la cámara acústica, tanto visual como de nivel acústico. El software específico integra la señal de la cámara de vídeo y los datos proporcionados por los micrófonos, que llegan mediante un cable de datos que une ambos elementos.

Las grabaciones tomadas se almacenan en archivos informáticos, lo que permite volver a reproducir, posteriormente, las grabaciones tomadas, visualizando toda la información que llegó al ordenador tanto de la cámara como de los micrófonos.

El software permite seleccionar qué frecuencias se quieren destacar, el código de colores a emplear en función del nivel de ruido alcanzado y proporcionar, simultáneamente, la información de los niveles acústicos en cada punto de la imagen de una forma comprensible, similar a un mapa de calor.

Esto hace posible que los ingenieros puedan configurar vídeos de sensibilización mostrando los niveles de ruido y potenciando la selección de las mejores prácticas para combatirlo.

### Ventajas para las empresas

Implementar este equipo en sus procesos de prevención tiene varias ventajas clave:

1. Diagnóstico preciso: al proporcionar un análisis visual y sonoro simultáneo, la cámara facilita una comprensión clara de las fuentes y momentos críticos de generación de ruido,

priorizando los focos que mayor nivel sonoro emiten.

2. Comparación de métodos de trabajo: gracias a la capacidad de grabar y comparar diferentes escenarios laborales, es posible evaluar qué métodos o herramientas producen menos ruido, permitiendo optimizar las condiciones de trabajo.
3. Sensibilización de los trabajadores: las imágenes grabadas pueden ser utilizadas como parte de las campañas de sensibilización interna, mostrando de manera clara y visual el impacto de ciertas actividades en el entorno acústico. Esto facilita la comprensión y el compromiso de los empleados con las buenas prácticas de prevención del ruido.
4. Prevención proactiva: en lugar de esperar a que los niveles de ruido excedan los límites legales o se conviertan en un problema de salud, este equipo permite adelantarse y hacer ajustes inmediatos para evitar riesgos.

### Promoción de la salud y la productividad

Las empresas que invierten en la prevención del ruido no sólo cumplen con las normativas, sino que también mejoran el bienestar de sus empleados y, por ende, su productividad.

La reducción de ruido en el entorno laboral crea un espacio más agradable y seguro, disminuyendo el estrés y la fatiga auditiva. Además, los trabajadores, conscientes de las fuentes de ruido y su impacto, tienden a ser más responsables y

cuidadosos en sus tareas diarias.

### Compromiso con la prevención del ruido

A través de nuestro servicio de consultoría para la sensibilización y el control del ruido, no sólo proporcionamos un vídeo con nuestras propuestas. Gracias a la herramienta tecnológica avanzada que empleamos, esta cámara de monitoreo visual y acústico, también trabajamos estrechamente con los responsables de las empresas para que puedan diseñar planes personalizados de reducción del ruido.

Nuestro objetivo es mejorar la calidad de vida laboral y proteger la salud auditiva de los trabajadores, todo ello mientras optimizamos la eficiencia operativa. Si una empresa está interesada en mejorar las condiciones de ruido y sensibilizar a sus empleados sobre la importancia de un ambiente de trabajo saludable, no dude en contactar con expertos en la materia, ya que cuentan con una amplia experiencia en materia de ruido laboral y pueden asesorar con la máxima solvencia y medios adicionales. De esta forma, se podrán crear espacios laborales más seguros y eficientes.

La actividad no es una evaluación de riesgos y no sustituye las obligaciones de cumplimiento de la LPRL al empresario. Para poder hacer el estudio, se necesita la autorización por parte de la empresa para la captación de imágenes y de los trabajadores, si hubiera que captar algún proceso en el que intervengan directamente. La actuación no impide, en ningún caso, que la empresa siga trabajando con normalidad. De hecho, se requiere, para poder realizar la grabación de las tareas habituales.

En el portal de prevención de Asepeyo (<https://prevencion.asepeyo.es/>), están disponibles vídeos de sensibilización grabados en empresas que han cedido estas imágenes para que se pueda mostrar, de forma abierta en su portal, buenas prácticas en prevención del ruido laboral, sensibilizando en la idea de que es posible combatir el ruido en su origen.

Este enfoque innovador es una herramienta clave para cualquier organización que busque cumplir con los estándares de seguridad y salud, mientras promueve un ambiente de trabajo productivo y armónico.

**José Enrique Aparisi Navarro** es Coordinador Territorial de Prevención Asepeyo Sureste.



Cámara acústica de ASEPEYO.



# Sensores acústicos para proteger infraestructuras marinas críticas

## Sociedad Anónima de Electrónica Submarina (SAES)

En la actualidad, la construcción de infraestructuras en entornos marinos ha aumentado significativamente debido a las crecientes demandas de recursos y servicios. Estas infraestructuras, consideradas esenciales para la seguridad, economía, salud pública y bienestar de una nación, son clasificadas como críticas. La protección de estas infraestructuras frente a posibles amenazas, tanto de superficie como submarinas, es de vital importancia.

En este contexto, los sensores acústicos juegan un papel crucial en la detección, seguimiento y clasificación de amenazas, permitiendo la protección efectiva de estas infraestructuras.

Las infraestructuras críticas en entornos marinos incluyen sistemas, activos y servicios esenciales situados en o cerca de áreas marítimas. Estas infraestructuras son vitales para la seguridad, economía, salud pública y bienestar de una nación. Ejemplos de infraestructuras críticas en España incluyen puertos y terminales marítimos (Algeciras, Barcelona, Valencia, Cartagena o Bilbao), plataformas petrolíferas y de gas (plataforma Casablanca),

cableado submarino (cables MAREA y ACE), instalaciones de energía eólica marina (Golfo de Cádiz y costa atlántica) e infraestructuras de defensa y seguridad marítima (bases navales de Cartagena, Ferrol y Rota).

Las infraestructuras críticas presentan varios desafíos, entre ellos la protección contra amenazas, el impacto ambiental durante su construcción y operación, y la necesidad de innovación tecnológica. La implementación de sensores y sistemas de monitorización es crucial para mejorar la eficiencia y seguridad de estas infraestructuras.

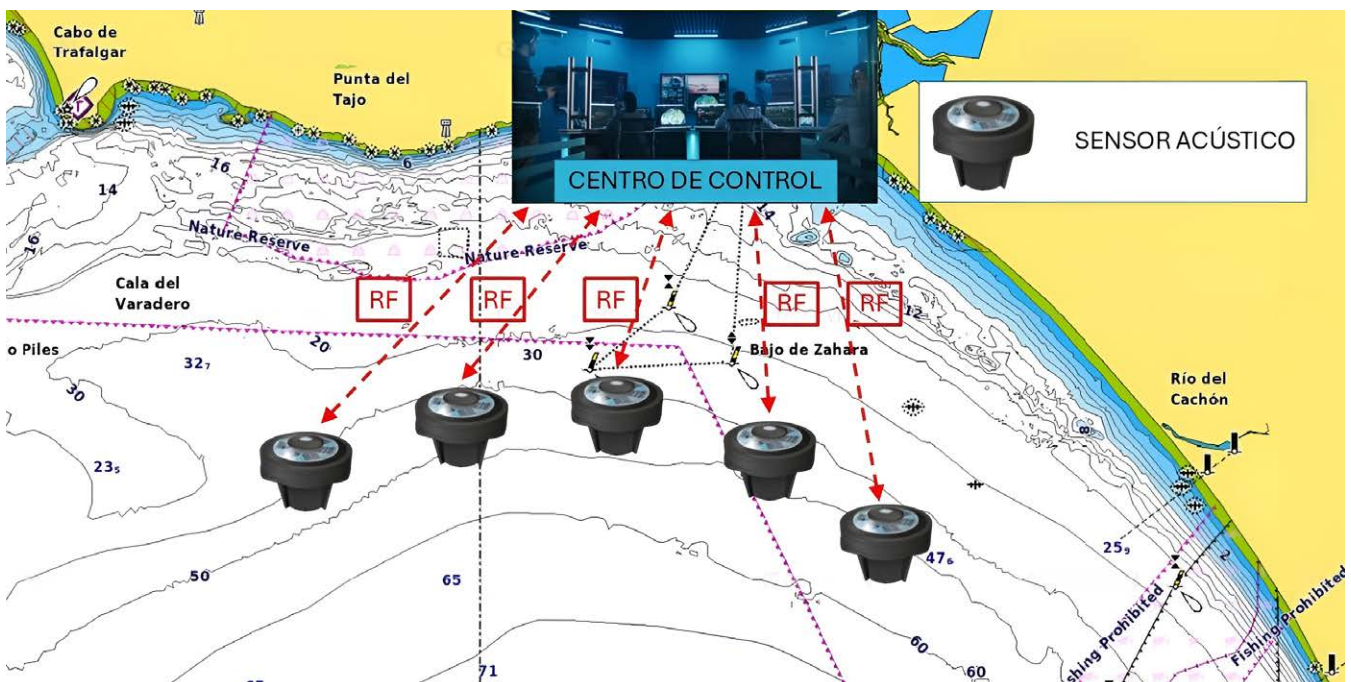
## Sensores acústicos

Los sensores acústicos son herramientas avanzadas que permiten la detección y monitorización de sonidos y vibraciones en el agua, proporcionando información crucial para la vigilancia y protección de infraestructuras marinas críticas. Algunos usos específicos incluyen la detección de intrusos submarinos mediante monitorización perimetral y análisis de firmas acústicas, la vigilancia de actividades de buceo y vehículos submarinos mediante la detección temprana y seguimiento de

buceadores o vehículos submarinos, basándose en sus firmas acústicas únicas, y la supervisión ambiental mediante el monitoreo del ruido submarino y la detección acústica de derrames de petróleo o gas.

Existen principalmente dos tipos de sensores acústicos: pasivos y activos. Los sensores pasivos, como los hidrófonos, miden las variaciones de presión en el agua, derivadas del ruido generado por embarcaciones, actividad humana o fauna marina. Los sensores activos, por otro lado, transmiten un pulso acústico y miden el eco o rebote producido por los objetos. Ambos ti-

“Las infraestructuras críticas presentan varios desafíos, entre ellos la protección contra amenazas, el impacto ambiental durante su construcción y operación, y la necesidad de innovación tecnológica”



Ejemplo de un sistema de sensores acústicos para la vigilancia costera. Fuente: SAES.



El puerto de Cartagena es un ejemplo de infraestructura marina crítica, que exige un control y una seguridad de máximo nivel. Foto: Shutterstock.

pos de sensores pueden instalarse en configuraciones array, como lineales, cilíndricos, paneles o esféricos, lo que mejora la ganancia de directividad y la probabilidad de detección.

Para diseñar un sistema de protección basado en sensores acústicos, es necesario considerar varios factores. En primer lugar, el estudio de las amenazas determinará si el sistema óptimo es pasivo o activo, en función del nivel de ruido radiado y la distancia de detección necesaria. Los sistemas pasivos son ideales para detectar amenazas a largas distancias, siempre que el nivel de ruido radiado por la amenaza sea superior al ruido ambiente. De lo contrario, se requerirán sistemas activos.

En segundo lugar, el estudio de la orografía del área a proteger determinará el número de sensores a utilizar. Además, el análisis de propagación acústica determinará las prestaciones de los sensores, y de ahí su número y ubicación, tal y como permite el SEA-PROF desarrollado por SAES.

Un ejemplo de sistema de protección es el diseñado por SAES para la detección de narcolanchas en zonas costeras. Este sistema utiliza una red de boyas inteligentes y autónomas con hidrófonos para la detección de embar-

caciones ligeras. La red de sensores pasivos permite la generación de alertas tempranas, mejorando la seguridad en la zona.

Otro ejemplo es el sistema de protección para puertos, diseñado por SAES, que integra sensores pasivos y activos, complementados con sensores electromagnéticos de detección de campo cercano. Este sistema incluye un sensor acústico pasivo de largo alcance para detección temprana de amenazas, sensores acústicos activos DDS-03 para la detección de buceadores y vehículos submarinos, y una barrera de sensores electromagnéticos.

Con el incremento de las infraestructuras marinas y las nuevas amenazas emergentes, la integración de sistemas de protección es crítica. Los sensores acústicos, debido a su discreción, durabilidad y mínimas necesidades de mantenimiento, son esenciales para la detección de amenazas en medios marítimos. Los casos de uso mencionados son ejemplos que demuestran cómo la detección de amenazas submarinas se puede realizar de manera efectiva mediante sensores acústicos distribuidos estratégicamente, basados en el análisis de amenazas, estudio de la zona y condiciones de propagación acústica.

**“El sistema de protección para puertos, diseñado por SAES, que integra sensores pasivos y activos, complementado con sensores electromagnéticos de detección de campo cercano, incluye un sensor acústico pasivo de largo alcance para la detección temprana de amenazas, sensores acústicos activos DDS-03 para la detección de buceadores y vehículos submarinos, y una barrera de sensores electromagnéticos”**

**SAES** ([www.electronica-submarina.com](http://www.electronica-submarina.com)) es una compañía líder en innovación tecnológica, especialista en acústica y multinfluencia submarina.



# Mathematical analysis of underactuated fingers for prosthetic hands

Análisis matemático de dedos subactuados para manos protésicas

Enrique Soriano-Heras<sup>1\*</sup>, Higinio Rubio<sup>1</sup> and Ramón Barber<sup>2</sup>

## Resumen

Las prótesis son un elemento de gran importancia y necesidad para muchas personas que han sufrido amputaciones o les falta algún miembro de su cuerpo; sin embargo, las prótesis suelen tener precios muy elevados, por lo que no son accesibles para todas las personas que desean utilizarlas. Por esta razón, los dedos subactuados en prótesis permiten una alternativa funcional y útil para ellos. En este artículo se realiza el diseño y análisis matemático de un dedo subactuado para prótesis de mano. Así, el dedo puede ser actuado por medio de un solo motor, siendo los dedos de las prótesis capaces de recuperar una posición preestablecida. El análisis matemático de los dedos subactuados para prótesis de mano permite comprobar el movimiento debido a los resultados de trayectoria, velocidad y aceleración. Utilizando la Matriz Jacobiana y el Método de Newton-Raphson se proporciona un modelo lineal que ayuda al posterior control de velocidades y aceleraciones de cada eslabón del dedo. Para el modelo se han considerado dimensiones de una mano de hombre y de mujer. Los resultados son apropiados para prótesis de mano, con velocidad suficiente, pero no demasiado alta, lo que ayuda a prolongar la vida útil del mecanismo.

## Palabras clave

Dedos subactuados, prótesis de mano, análisis matemático

## Abstract

Prostheses are an element of great importance and necessity for many people who have suffered amputations or lack a member of their body; however, prostheses tend to have very high prices, so they are not accessible to all people who want to use them. For this reason, underactuated fingers in prostheses allow a functional and useful alternative for them. In this article, the design and mathematical analysis of an underactuated finger for hand prostheses is carried out. Thus, the finger can be actuated by means of a single motor, being the prostheses fingers capable of recovering a pre-established position. The mathematical analysis of the underactuated fingers for prosthesis hands allows checking the movement due to the results of trajectory, velocity, and acceleration. Using the Jacobian Matrix and Newton-Raphson Method proportionate a linear model that helps the subsequent control of velocities and accelerations of each link of the finger. For the model, dimensions of a man and woman hand have been considered. Results are appropriate for hand prostheses, with sufficient velocity but not too high, which helps to prolong the useful life of the mechanism.

## Keywords

Underactuated fingers, hand prosthesis, mathematical analysis

Recibido/received: 15/09/2024

Aceptado/accepted: 20/10/2024

1. Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid, Avda. de la Universidad, 30, 28911 Leganés-Madrid, Spain; hrubio@ing.uc3m.es (H.R.)

2. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad Carlos III de Madrid, Avda. de la Universidad, 30, 28911 Leganés-Madrid, Spain; rbarber@ing.uc3m.es (R.B.)

\*Correspondence: esoriano@ing.uc3m.es



Foto: Shutterstock.

## 1. Introduction

In the United States, there are approximately 2.1 million people who suffer from an amputation, representing about 0.63% of population. It is projected that the number of people living with the loss of a limb will more than double by the year 2050 to 3.6 million, may be a result of surgery, trauma, disease, or due to a congenital manifestation (Ziegler-Graham, MacKenzie, Ephraim, Trivison, & Brookmeyer, 2008). Upper extremity amputation affects approximately 41,000 persons or 3% of the limb absence population, majority of amputees seek some type of prosthesis to replace their upper limbs (Latour, 2022). However, access to prostheses with an adequate functionality is not usually easy, although this market has been enormously boosted in recent years thanks to 3D printing, which is a powerful tool in this field, hand prostheses manufactured by 3D printing usually have a price that ranges between USD 300 and USD 5,000. Prostheses with more advanced technology, depending on many factors, such as materials, functionality or design, can be raised at prices between USD 20,000 and USD 60,000 (Gretsch et al., 2016; ten

Kate, Smit, & Breedveld, 2017). Cosmetic prostheses, with very simple mechanisms and limited functionality, but with high degree of realism, also reach high prices, in the case of the company Dianceht, the full hand cosmetic prosthesis is priced at 6,000 USD, and hand and forearm, USD 9,750 (Dianceht, 2022).

Human hands play a vital role in the daily life of any person, being one of the fundamental means of interaction with the outside world. Their complex anatomy, as result of years of evolution, is one of the most important differentiating elements of humans with multitude of movements, sensitive capacities, and possible functionalities, within the developed use that people make of them, it makes their technological reproduction very complicated (Bicchi, 2000; Cobos, Ferre, Sanchez Uran, Ortego, & Pena, 2008; Controzzi, Cipriani, & Carrozza, 2014; Li, Wang, & Liu, 2022), and for this reason expensive as shown above. The functions of prosthesis hands are divided into two main categories: motor and sensory. Motor includes grasping, holding, pushing, pulling, hitting, and manipulating; sensory considers the exploration of surfaces, the sensation of pressure, force and,

vibration (Piazza, Grioli, Catalano, & Bicchi, 2019). This paper represents a contribution to the motor capacity of the hands, seeking to achieve gripping movements in a robust and simple way, providing the model with a single actuator per finger.

Prosthesis hands are actuated by two approaches, fully actuated (Borst C, Fischer M, Haidacher S, 2003; Butterfass, J., Fischer, M., Grebenstein, M., Haidacher, S., & Hirzinger, 2004; Butterfass, Grebenstein, Liu, & Hirzinger, 2001; Kawasaki, Komatsu, & Uchiyama, 2002) and underactuated mechanisms (Birglen, Laliberté, & Gosselin, 2007; Mottard, Laliberté, & Gosselin, 2017; Sabetian, Feizollahi, Cheraghpour, & Moosavian, 2011; Sarac, Solazzi, Sotgiu, Bergamasco, & Frisoli, 2017; Soriano-Heras, Blaya-Haro, Molino, & De Agustín del Burgo, 2018). Fully actuated devices are heavy, expensive, difficult to assemble, and with sophisticated sensing elements, and complicated control laws making complex experimental implementation. Otherwise, underactuated systems have more degrees of freedom (DOF) than degrees of actuation, allowing passive motion between DOF, which are determined by the equilibrium of the



contact forces with passive elements such as springs, clutches, or brakes. In consequence, underactuated robotic hands use fewer motors, saving space, weight, and cost. Nevertheless, some disadvantages arise from the underactuated nature, i.e. the individual control of each joint is not possible, reducing dexterous capabilities (Kontoudis, Liarokapis, Vamvoudakis, & Furukawa, 2019; Ozawa & Tahara, 2017; Piazza et al., 2019). Another issue in underactuated robotic hands is adaptivity, when a new actuator generation and technology have been implemented (Aukes et al., 2014; Deimel & Brock, 2016; Odhner et al., 2014; Soriano-Heras et al., 2018).

Some previous models of the finger have been proposed previously (S. Reza Kashef, Amini, & Akbarzadeh, 2020) the cinematic configuration of two phalanges under-actuated finger is shown, but the mathematic is not provided. Birglen et al. (2007) configurations of a two and three phalange underactuated finger provided for a link-age-driven finger and a tendon-driven finger, but model and mathematical equations are focused on obtaining an analytical expression of the normal contact forces, not providing information about velocities and accelerations of the model. Massa, Roccella, Carrozza, & Dario, n.d. consider a tendon solution using a three-phalange model and Lagrange formulation with the purpose of studying the flexibility of the chain, not providing information about velocities and accelerations of the model. S. R. Kashef, Davari, & Akbarzadeh (2018) used same two-phalange finger model showing the cinematic configuration of the finger and the cinematic and dynamic equations of the finger using La-grange method, but it only compares the angular displacements of the links with the output of the software model of the finger.

In this paper we developed a matrix model using Jacobian matrix that proportionate an easy way to model the finger having easy access to position speed and acceleration that can help a subsequent control in state space. In this paper the complete design and mathematical analysis of underactuated mechanisms-ba-

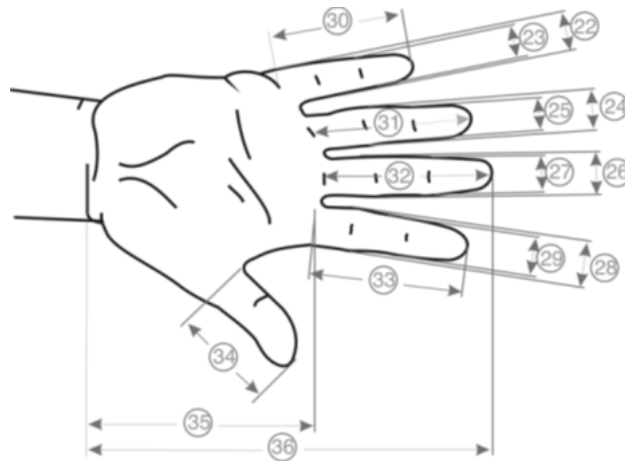


Figure 1. Human hand dimensions (DIN, 2019).

sed fingers for prosthetic hands are proposed. The designed finger, when flexed, describes an arc trajectory at its end, which is achieved due to an underactuated mechanism actuated from its lower area. It connects with the palm, and it is moved by the prosthetic hand actuator.

The model provides full information about position, velocity and acceleration of each link. Using the Jacobian Matrix and Newton-Raphson Method proportionate a linear model that helps the subsequent control of positions and velocities of each link of the finger. For the model, dimensions of a man and woman hand have been considered.

**2. Prosthetic fingers design**

Standardized dimensions according to DIN 33 402-2 of the human hand are showed in Figure 1 and Table 1 (DIN, 2019). To design a prosthesis or any element of equipment or tooling, it is necessary to know the stan-

dards in which the dimensions of the hands in men and women are located.

As a sample for our study, finger dimensions have been made considering the parameters set in the cited standard, measuring from the base to the tip of the finger 80 mm, which is the mean value between the average dimension (percentile 50%) of the longest finger in men and women. On the other hand, the front and lateral width of the finger is also the mean value between the average measurement of men and women of the width of the longest finger in the palm of the hand. However, the algorithm developed in this paper allows any measurement.

Fingers, when flexed, describe an arc trajectory at their edge, which is achieved due to an underactuated mechanism, started from its lower zone, which connects it with a mobile part activated by the prosthetic hand actuator. Figures 2, 3, and 4 show the 3D model of the stretched

Dimensions (cm)	Percentile					
	Men			Women		
	5 %	50 %	95 %	5 %	50 %	95 %
Width of the pinky in the palm of the hand	1,8	1,7	1,8	1,2	1,5	1,7
Width of the little finger near the tip	1,4	1,5	1,7	1,1	1,3	1,5
Width of ring finger on palm	1,8	2,0	2,1	1,5	1,6	1,8
Width of the ring finger near the tip	1,5	1,7	1,9	1,3	1,4	1,6
Width of the big finger in the palm of the hand	1,9	2,1	2,3	1,6	1,8	2,0
Width of the big finger close to the tip	1,7	1,8	2,0	1,4	1,5	1,7
Index finger width in the palm of the hand	1,9	2,1	2,3	1,6	1,8	2,0
Width of index finger close to tip	1,7	1,8	2,0	1,3	1,5	1,7
Little finger length	5,6	6,2	7,0	5,2	5,8	6,6
Ring finger length	7,0	7,7	8,6	6,5	7,3	8,0
Greater finger length	7,5	8,3	9,2	6,9	7,7	8,5
Index finger length	6,8	7,5	8,3	6,2	6,9	7,6
Thumb length	6,0	6,7	7,6	5,2	6,0	6,9
Palm length	10,1	10,9	11,7	9,1	10,0	10,8
Total hand length	17,0	18,6	20,1	15,9	17,4	19,0

Table 1. Men and women hand dimensions (DIN, 2019).

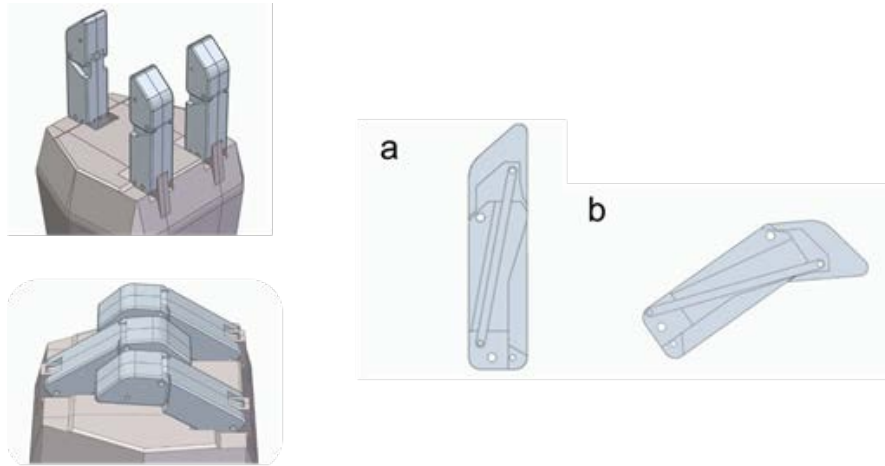


Figure 2. Finger 3D model, a) stretched, b) flexed.

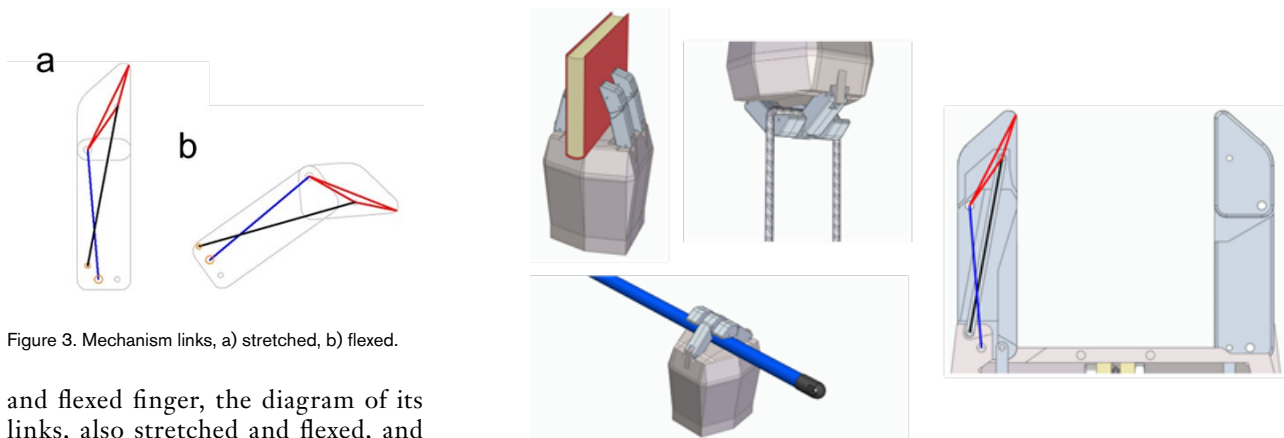


Figure 3. Mechanism links, a) stretched, b) flexed.

and flexed finger, the diagram of its links, also stretched and flexed, and the combination of the 3D and the diagram, respectively.

Once the mechanism and its 3D model have been designed, the DOFs of the mechanism can be determined using the Grübler criterion, equation 1. Where  $G$  are DOFs of the mechanism,  $N$  is the number of links,  $p_1$  is the number of kinematic pairs of 1 DOF,  $p_2$  is the number of kinematic pairs with 2 DOFs.

$$G = 3(N - 1) - 2 \cdot p_1 - p_2 \quad (1)$$

As shown in Figures 3 and 4, the underactuated mechanism has three elements plus the ground, and has

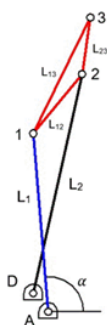


Figure 5. Mechanism parameters and coordinates

Figure 4. 3D model and mechanisms links.

four kinematic pairs of 1 degree of freedom. Therefore, applying equation 1, a result of 1 DOF is obtained. This DOF corresponds to the flexion and extension movement of each of the fingers of the prosthetic hand.

### 3. Mechanism kinematics

In the development of the mechanism of the articulated fingers for prosthetic hands, it is important to study its kinematics to examine the trajectory that the finger describes and its velocity and acceleration, thus analysing and verifying the mechanism.

To carry out the kinematic study, natural coordinates have been used, in which the reference points of each link are in the kinematic pairs. With natural coordinates, each element is located independently of the rest, which gives immediate geometric interpretation from the coordinates.

#### 3.1. Coordinate vector and initial conditions

First, it is necessary to define the vector of natural coordinates of the mechanism, in addition to the constant parameters. The coordinates are variables changing their value as the mechanism moves.

Figure 5 shows the mechanism links. Constant parameters and coordinates are pre-sented below. Points 1, 2, and 3 and the angle of rotation of link 1, which initiates the movement, are defined as natural coordinates. Hence, parameters are  $X_A, Y_A, X_D, Y_D, L_1, L_2, L_{12}, L_{13}, L_{23}$  and coordinates are  $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3, \alpha$ . Therefore, the coordinate vector is defined by equation 2.

$$\bar{q} = \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \\ X_3 \\ Y_3 \\ \alpha \end{pmatrix} \quad (2)$$



### 3.2. Constraints vector

The constraint equations are relationships between the different coordinates that have been established, thus defining the mechanism. Equation 3 is used to determine the number of constraint equations needed. Where  $r$  is the number of constraint equations,  $n$  is the number of coordinates and  $G$  is the number of DOFs of the mechanism.

$$r = n - G \quad (3)$$

The number of constraint equations obtained is 6, equations 4 to 9. They are defined by the rigid links 1, 2, 12, 13 and 23 and the equations 8 and 9 are defined by the rotation angle of link 1,  $\alpha$ .

$$\phi_2 = (X_2 - X_D)^2 + (Y_2 - Y_D)^2 - L_2^2 = 0 \quad (4)$$

$$\phi_3 = (X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 - L_{12}^2 = 0 \quad (5)$$

$$\phi_4 = (X_3 - X_1)^2 + (Y_3 - Y_1)^2 - L_{13}^2 = 0 \quad (6)$$

$$\phi_5 = (X_3 - X_2)^2 + (Y_3 - Y_2)^2 - L_{23}^2 = 0 \quad (7)$$

$$\phi_6 = (Y_1 - Y_A) - L_1 \cdot \sin \alpha = 0 \quad \text{for } \alpha < 45^\circ \quad (8)$$

$$\phi_6 = (X_1 - X_A) - L_1 \cdot \cos \alpha = 0 \quad \text{for } \alpha > 45^\circ \quad (9)$$

Therefore, the constraint vector is in equations 10 and 11.

$$\bar{\phi} = \begin{pmatrix} (X_1 - X_A)^2 + (Y_1 - Y_A)^2 - L_1^2 \\ (X_2 - X_D)^2 + (Y_2 - Y_D)^2 - L_2^2 \\ (X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 - L_{12}^2 \\ (X_3 - X_1)^2 + (Y_3 - Y_1)^2 - L_{13}^2 \\ (X_3 - X_2)^2 + (Y_3 - Y_2)^2 - L_{23}^2 \\ (Y_1 - Y_A) - L_1 \cdot \sin \alpha \end{pmatrix} \quad \text{for } \alpha < 45^\circ \quad (10)$$

$$\bar{\phi} = \begin{pmatrix} (X_1 - X_A)^2 + (Y_1 - Y_A)^2 - L_1^2 \\ (X_2 - X_D)^2 + (Y_2 - Y_D)^2 - L_2^2 \\ (X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 - L_{12}^2 \\ (X_3 - X_1)^2 + (Y_3 - Y_1)^2 - L_{13}^2 \\ (X_3 - X_2)^2 + (Y_3 - Y_2)^2 - L_{23}^2 \\ (X_1 - X_A) - L_1 \cdot \cos \alpha \end{pmatrix} \quad \text{for } \alpha > 45^\circ \quad (11)$$

### 3.3 System Linearization, Jacobian Matrix and Newton-Raphson Method

The solution for the constraint equations is obtained by means of an iterative loop. To build the iterative loop it is first necessary to linearize the system of constraint equations  $\bar{\phi}(\bar{q})$ . So, it is expanded in Taylor series from its initial position  $\bar{q}^0$ , equation 12, where  $\bar{\phi}_{\bar{q}}(\bar{q})$  is the Jacobian Matrix from constraint equations.

$$\bar{\phi}_{\bar{q}}(\bar{q}^0) \cdot (\bar{q} - \bar{q}^0) = -\bar{\phi}(\bar{q}^0) \quad (12)$$

According to equation 3 the linear system has six equations, where  $\bar{\phi}_{\bar{q}}(\bar{q})$  is the Jacobian matrix of the constraint equations 4 to 9. In the case the Jacobian matrix is in equation 13 and 14.

Once the Jacobian matrix has been determined, the values of the approximate initial position  $\bar{q}^0$ , are

$$\bar{\phi}_{\bar{q}}(\bar{q}) = \begin{pmatrix} 2(X_1 - X_A) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2(X_2 - X_D) & 2(Y_2 - Y_D) & 0 & 0 & 0 \\ -2(X_2 - X_1) & -2(Y_2 - Y_1) & 2(X_2 - X_1) & 2(Y_2 - Y_1) & 0 & 0 & 0 \\ -2(X_3 - X_1) & -2(Y_3 - Y_1) & 0 & 0 & 2(X_3 - X_1) & 2(Y_3 - Y_1) & 0 \\ 0 & 0 & -2(X_3 - X_2) & -2(Y_3 - Y_2) & 2(X_3 - X_2) & 2(Y_3 - Y_2) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -L_1 \cos \alpha \end{pmatrix} \quad \text{for } \alpha < 45^\circ \quad (13)$$

$$\bar{\phi}_{\bar{q}}(\bar{q}) = \begin{pmatrix} 2(X_1 - X_A) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2(X_2 - X_D) & 2(Y_2 - Y_D) & 0 & 0 & 0 \\ 2(X_2 - X_1) & -2(Y_2 - Y_1) & 2(X_2 - X_1) & 2(Y_2 - Y_1) & 0 & 0 & 0 \\ 2(X_3 - X_1) & -2(Y_3 - Y_1) & 0 & 0 & 2(X_3 - X_1) & 2(Y_3 - Y_1) & 0 \\ 0 & 0 & -2(X_3 - X_2) & -2(Y_3 - Y_2) & 2(X_3 - X_2) & 2(Y_3 - Y_2) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & L_1 \sin \alpha \end{pmatrix} \quad \text{for } \alpha > 45^\circ \quad (14)$$

substituted into equation 12, and the vector of coordinates  $\bar{q}$  is solved, it is the result of the first iteration, called  $\bar{q}^1$ . Next, this vector is replaced into the place where  $\bar{q}^0$  was initially, clearing up  $\bar{q}$  again, which is now called  $\bar{q}^2$ . The process is repeated until the error is small enough and the constraint equations are satisfied, by applying the Newton-Raphson method, equation 15.

$$\bar{\phi}_{\bar{q}}(\bar{q}^0) \cdot (\bar{q} - \bar{q}^0) = -\bar{\phi}(\bar{q}^0) \rightarrow \bar{q} = \bar{q}^1$$

$$\bar{\phi}_{\bar{q}}(\bar{q}^1) \cdot (\bar{q} - \bar{q}^1) = -\bar{\phi}(\bar{q}^1) \rightarrow \bar{q} = \bar{q}^2$$

$$\bar{\phi}_{\bar{q}}(\bar{q}^2) \cdot (\bar{q} - \bar{q}^2) = -\bar{\phi}(\bar{q}^2) \rightarrow \bar{q} = \bar{q}^3 \quad (15)$$

⋮

$$\bar{\phi}_{\bar{q}}(\bar{q}^i) \cdot (\bar{q} - \bar{q}^i) = -\bar{\phi}(\bar{q}^i) \rightarrow \bar{q} = \bar{q}^{i+1}$$

It is important to note that when applying the Jacobian matrix in equation 15, the DOF, defined by the angle  $\alpha$ , is a known value, since it depends on the value given to it for the initial position, time, and known angular velocity  $\omega$ , therefore, its derivative is zero. So, it is possible to cancel its column in the Jacobian matrix and its row in vector  $\bar{q}$ , the Jacobian matrix results with six rows and six columns and the vector  $(\bar{q} - \bar{q}^0)$  with six rows and one column.

Therefore, an iterative loop is solved until the solutions for the coordinate vector are found that solve the constraint equations.

### 3.4. Velocity determination

The differentiate with respect to time of  $\bar{\phi}(\bar{q}) = 0$  determines the variation of the velocity value for the coordinates, knowing the initial velocity of the underactuated mechanism, equation 16.

$$\bar{\phi}_{\bar{q}}(\bar{q}) \cdot \dot{\bar{q}} = 0 \quad (16)$$

Therefore, velocity for the finger underactuated mechanism is in equations 17 and 18.

$$(\bar{\phi}_{\bar{q}}(\bar{q})) \cdot \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \\ X_3 \\ Y_3 \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -L_1 \cdot \cos \alpha \cdot \dot{\alpha} \end{pmatrix} \quad \text{for } \alpha < 45^\circ \quad (17)$$

$$(\bar{\phi}_{\bar{q}}(\bar{q})) \cdot \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \\ X_3 \\ Y_3 \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ L_1 \cdot \sin \alpha \cdot \dot{\alpha} \end{pmatrix} \quad \text{for } \alpha > 45^\circ \quad (18)$$

Where  $\dot{\alpha}$  is the derivative of  $\alpha$ ,  $\dot{\alpha} = \omega + a \cdot t$ , considering 0 for the acceleration  $a$ . It is a simple system of equations, which can be solved directly, obtaining the values of the velocities for the coordinates.

### 3.5. Acceleration determination

The acceleration problem starts from the known acceleration of the underactuated mechanisms in a specific position and velocity. Once again, the system of velocity equations  $\bar{\phi}_{\bar{q}}(\bar{q}) \cdot \dot{\bar{q}} = 0$  is derived with respect to time, equation 19.

$$\bar{\phi}_{\bar{q}}(\bar{q}) \cdot \ddot{\bar{q}} + \dot{\bar{\phi}}_{\bar{q}}(\bar{q}) \cdot \dot{\bar{q}} = 0 \quad (19)$$

With known position and velocity and expanding the system until the DOF multiplied by the acceleration vector is obtained equations 20 and 21.

In this case, the value of  $\dot{\alpha}$ , is directly the acceleration  $\alpha$ , which is considered zero. This system of equations can also be solved directly.

## 4. Results

To perform all the calculations of the position, velocity and acceleration problem, Matlab software has been used, which facilitates the calculation of matrices and allows the loops to be carried out adequately and accurately. Figure 6 shows the flowchart for the calculation of the position problem.

For the experiments, average parameters between the man's and wo-

$$(\bar{\phi}_q(\bar{q})) \cdot \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \\ X_3 \\ Y_3 \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} 2X_1^2 + 2Y_1^2 \\ 2X_2^2 + 2Y_2^2 \\ 2X_1^2 + 2Y_1^2 + 2X_2^2 + 2Y_2^2 - 4X_2X_1 - 4Y_2Y_1 \\ 2X_1^2 + 2Y_1^2 + 2X_3^2 + 2Y_3^2 - 4X_1X_3 - 4Y_1Y_3 \\ 2X_2^2 + 2Y_2^2 + 2X_3^2 + 2Y_3^2 - 4X_2X_3 - 4Y_2Y_3 \\ L_1 \cdot \sin \alpha \cdot a^2 - L_1 \cdot \cos \alpha \cdot a \end{pmatrix} \text{ for } \alpha < 45 \quad (20) \quad (\bar{\phi}_q(\bar{q})) \cdot \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \\ X_3 \\ Y_3 \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} 2X_1^2 + 2Y_1^2 \\ 2X_2^2 + 2Y_2^2 \\ 2X_1^2 + 2Y_1^2 + 2X_2^2 + 2Y_2^2 - 4X_2X_1 - 4Y_2Y_1 \\ 2X_1^2 + 2Y_1^2 + 2X_3^2 + 2Y_3^2 - 4X_1X_3 - 4Y_1Y_3 \\ 2X_2^2 + 2Y_2^2 + 2X_3^2 + 2Y_3^2 - 4X_2X_3 - 4Y_2Y_3 \\ L_1 \cdot \sin \alpha \cdot a^2 + L_1 \cdot \sin \alpha \cdot a \end{pmatrix} \text{ for } \alpha > 45 \quad (21)$$

man's hands in cm have been considered: L1 = 50, L2 = 60, L12 = 10, L13 = 20, L23 = 10. A and D points are separate I X = 5 and Y = 5. Rotation movement is applied in A, see Figure 5.

The trajectory described by the finger in its movement and the position values with respect to the origin of coordinates for all its points, in the initial position, for 0.6 seconds, 1.2 s, 1.8 s and the total time of 2.4 s in the final position are shown in Figures 7 to 9 and in Table 3.

The trajectory described by the finger in its action is verified and validated, making a movement like the flexion of a human finger, focused on a prosthesis that performs a gripper movement. In addition, the position of its coordinates, obtained at the beginning, at the end at 25 %, 50 % and 75 % of the total action time. The position of the end of the finger being especially useful, point 3, see Figure 5, and the angle of evolution of the lower phalanx.

The values and graphs of the evolution of the velocity and acceleration of the lower phalanx in the process of finger actuation are in Figures 8 to 9 and in Tables 3 to 4.

The experiments validate the cinematic model according to the design tool, providing the velocity and acceleration of the final points of the links, that was one of the objectives of the model to be able achieve a more precise control of the finger.

The movement of the phalanx of the finger is propitiated by the simultaneous action in other finger points, 1 and 2, see Figure 5, which causes a negative variable acceleration in the lower phalanx. As the movement progresses, a decrease in the lower phalanx velocity is caused. This decrease in velocity of 16.4 %, from 40.23 mm/s to 33.63 mm/s, is favourable for the daily performance of the prosthetic hand, since it will always begin its movement with a higher velocity than the velocity with which contact with any object will occur.

Coordinate (mm)	0 s	0,6 s	1,2 s	1,8 s	2,4 s
X <sub>1</sub>	-4,1983	7,3204	18,42	28,4653	36,8811
Y <sub>1</sub>	47,9867	47,6105	44,509	38,8597	30,9859
X <sub>2</sub>	6,7037	23,5016	37,4432	47,6151	53,7474
Y <sub>2</sub>	64,0579	58,3485	48,415	35,6314	21,3596
X <sub>3</sub>	10,893	33,1737	51,11	63,2587	69,312
Y <sub>3</sub>	79,3442	70,9053	56,4426	38,181	18,3653
α (rad)	1,658	1,4182	1,1784	0,9386	0,6988

Table 2. Position coordinates.

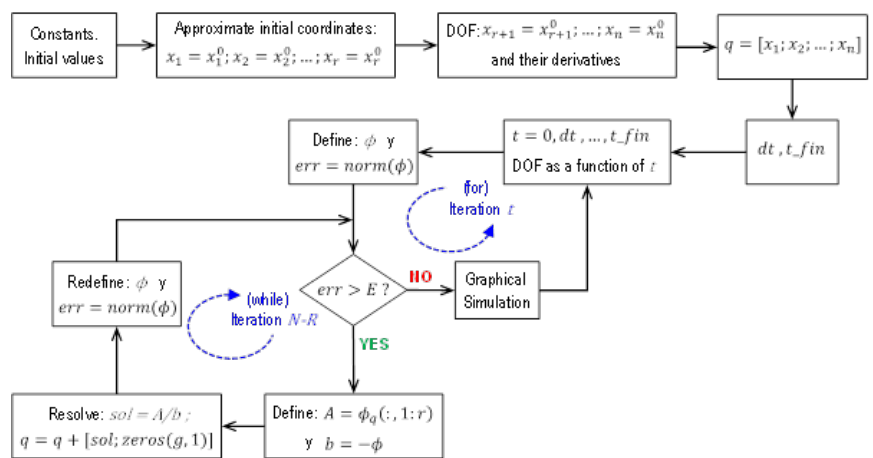


Figure 6. Flowchart for the calculation of the position problem

Velocity (mm/s)	0 s	0,6 s	1,2 s	1,8 s	2,4 s
V <sub>x3</sub>	39,4120	34,0948	25,2969	15,1244	5,1929
V <sub>y3</sub>	-8,0584	-19,6448	-27,9243	-32,3128	-33,2244
V <sub>g</sub>	40,2274	39,3494	37,6789	35,6772	33,6277

Table 3. Lower phalanx velocity.

On the other hand, the velocity and acceleration results are very consistent with the movement described, being carried out at a sufficient but not too high velocity, which contributes to prolonging the useful life of the mechanism.

## 5. Conclusions

The fingers arise in the hand from a base located in its lower part, which can be used to support objects and facilitate performance reducing the load exerted on the fingers. All this has been designed in this way to prolong the useful life of the prosthesis and to minimize maintenance, reducing costs.

A kinematic analysis of the movement described by the fingers has

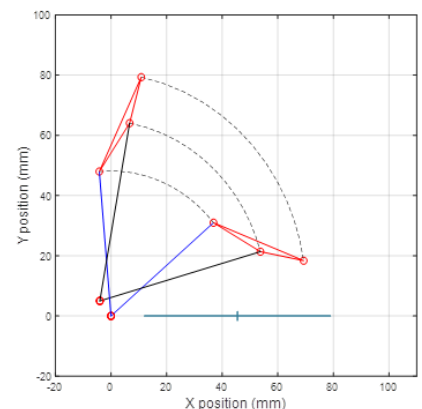


Figure 7. Movement trajectory of mechanism.

been carried out, calculating, and representing trajectory, velocity, and acceleration. Thus, the movement of

the finger is checked, which describes a trajectory like that of a real finger, sweeping the lower phalanx of the finger, which triggers the movement, an angle of 55 degrees. The velocity of the tip of the finger is reduced as the movement progresses due to a variable negative acceleration in the upper phalanx, from 40.23 mm/s to 33.63 mm/s, which re-duces the velocity at the moment of contact with the object to be grasped. These are appropriate results for a hand prosthesis, with sufficient velocity but not too high, which helps prolong the useful life of the mechanism.

The model provides full information about position, velocity and acceleration of each link. Using the Jacobian Matrix and Newton-Raphson Method proportionate a linear model that helps the subsequent control of positions and velocities of each link of the finger. As future work, it will be considered to design a state space controller that control torques considering the velocity and acceleration of the phalanges that allows grip to grasp delicate objects with precision.

Author contributions: Conceptualization, E.S., H.R. and R.B.; methodology, H.R. and R.B.; software, H.R. and E.S.; validation, H.R. and R.B.; formal analysis, E.S. and H.R.; investigation, E.S., H.R. and R.B.; resources, H.R. and E.S.; data curation, R.B.; writing—original draft preparation, E.S.; writing—review and editing, H.R. and R.B.; visualization, H.R.; supervision, E.S.; project administration, E.S.; funding acquisition, H.R. and R.B. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This publication is part of the R&D&I project PLEC2021-007819 funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by the European Union NextGenerationEU/PRTR.

Data availability statement: Not applicable.

Acknowledgments: The authors wish to acknowledge the financial support of the Spanish government's State Investigation Agency Grant Number PID2020-116984RB-C22.

Conflicts of interest: The authors declare no conflict of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses,

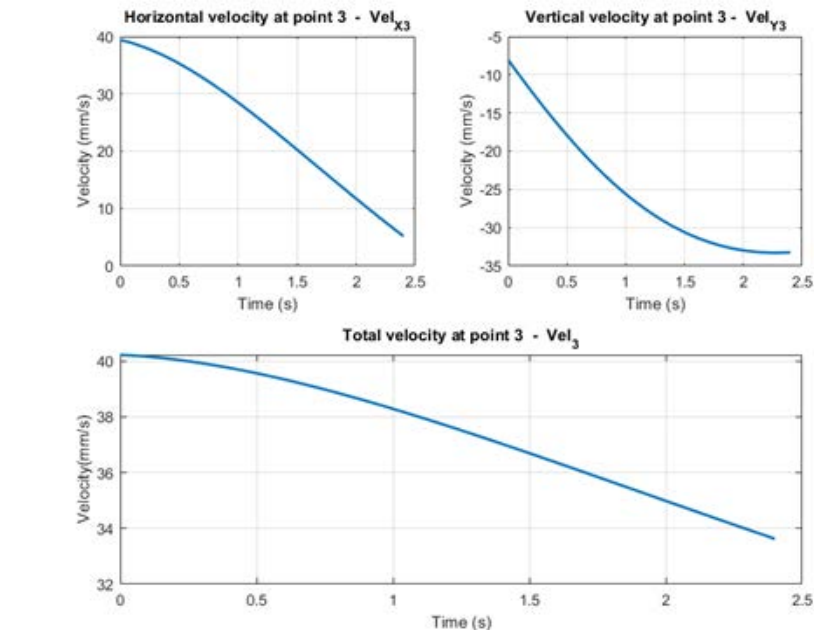


Figure 8. Lower phalanx velocity.

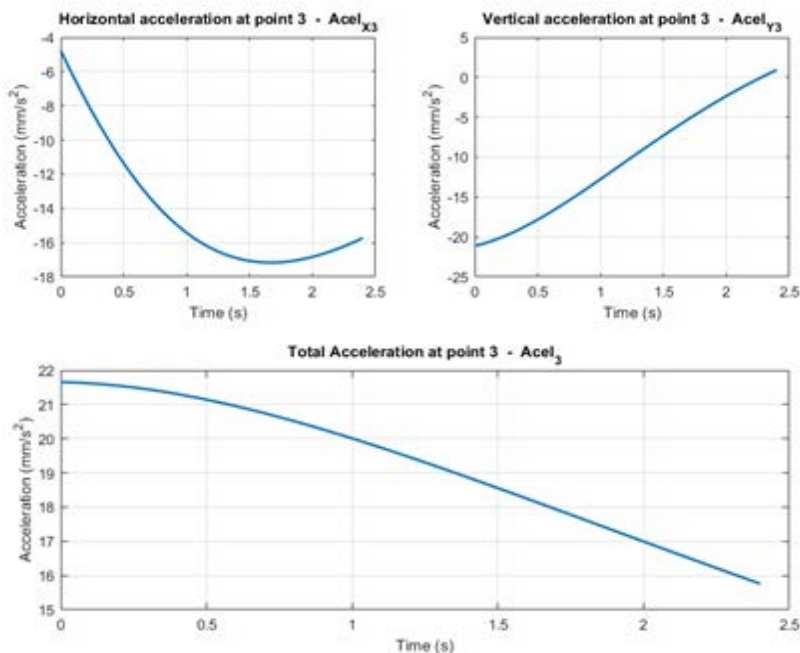


Figure 9. Lower phalanx acceleration.

Acceleration (mm/s <sup>2</sup> )	0 s	0,6 s	1,2 s	1,8 s	2,4 s
$A_{x3}$	-4,7733	-12,3777	-16,3459	-17,1101	-15,7318
$A_{y3}$	-21,1227	-16,9085	-10,5450	-4,2148	0,9317
$ A_3 $	21,6553	20,9548	19,4521	17,6215	15,7593

Table 4. Lower phalanx acceleration.

or interpretation of data; in the writing of the manuscript, nor in the decision to publish the results.

**References**

Aukes, D. M., Heyneman, B., Ulmen, J., Stuart, H., Cutkosky, M. R., Kim,

S., ... Edsinger, A. (2014). Design and testing of a selectively compliant underactuated hand. The International Journal of Robotics Research, 33(5), 721–735. <https://doi.org/10.1177/0278364913518997>  
 Bicchi, A. (2000). Hands for dexterous



- manipulation and robust grasping: a difficult road toward simplicity. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 16(6), 652–662. <https://doi.org/10.1109/70.897777>
- Birglen, L., Laliberté, T., & Gosselin, C. (2007). Underactuation between the Fingers. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-77459-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-540-77459-4_6)
- Borst C, Fischer M, Haidacher S, L. H. (2003). DLR Hand II: Experiments and Experiences with an Anthropomorphic Hand. *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation*. Taipei, Taiwan: IEEE.
- Butterfass, J., Fischer, M., Grebenstein, M., Haidacher, S., & Hirzinger, G. (2004). Design and experiences with DLR hand II. *Proceedings World Automation Congress*, 105–110. Retrieved from [https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1438537?casa\\_token=7kk6ESEgeLQAAAAA:g-n3HmEX0UDvFD1kNd-wxNBLDGyl8LQgFZ\\_uU1ASJT11kmU-vOByUSlZgI7l-5jpZvP7-LAeTQ](https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1438537?casa_token=7kk6ESEgeLQAAAAA:g-n3HmEX0UDvFD1kNd-wxNBLDGyl8LQgFZ_uU1ASJT11kmU-vOByUSlZgI7l-5jpZvP7-LAeTQ)
- Butterfass, J., Grebenstein, M., Liu, H., & Hirzinger, G. (2001). DLR-Hand II: next generation of a dextrous robot hand. *Proceedings 2001 ICRA. IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No.01CH37164)*, 1, 109–114. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2001.932538>
- Cobos, S., Ferre, M., Sanchez Uran, M. A., Ortego, J., & Pena, C. (2008). Efficient human hand kinematics for manipulation tasks. *2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2246–2251. <https://doi.org/10.1109/IROS.2008.4651053>
- Controzzi, M., Cipriani, C., & Carrozza, M. C. (2014). Design of Artificial Hands: A Review. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-03017-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-03017-3_11)
- Deimel, R., & Brock, O. (2016). A novel type of compliant and underactuated robotic hand for dexterous grasping. *The International Journal of Robotics Research*, 35(1–3), 161–185. <https://doi.org/10.1177/0278364915592961>
- Diancheht. (2022). Pricing list. Retrieved from <https://www.manosydedos.com/precios.html#>
- DIN. *Ergonomics - Human body dimensions - Part 2: Values.* (2019).
- Gretsch, K. F., Lather, H. D., Peddada, K. V., Deeken, C. R., Wall, L. B., & Goldfarb, C. A. (2016). Development of novel 3D-printed robotic prosthetic for transradial amputees. *Prosthetics & Orthotics International*, 40(3), 400–403. <https://doi.org/10.1177/0309364615579317>
- Kashef, S. R., Davari, M., & Akbarzadeh, A. (2018). A robust design of a prosthetic finger and its dynamic analysis. *2018 6th RSI International Conference on Robotics and Mechatronics (ICRoM)*, 135–140. <https://doi.org/10.1109/ICRoM.2018.8657605>
- Kashef, S. Reza, Amini, S., & Akbarzadeh, A. (2020). Robotic hand: A review on linkage-driven finger mechanisms of prosthetic hands and evaluation of the performance criteria. *Mechanism and Machine Theory*, 145, 103677. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2019.103677>
- Kawasaki, H., Komatsu, T., & Uchiyama, K. (2002). Dexterous anthropomorphic robot hand with distributed tactile sensor: Gifu hand II. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 7(3), 296–303. <https://doi.org/10.1109/TMECH.2002.802720>
- Kontoudis, G. P., Liarokapis, M., Vamvoudakis, K. G., & Furukawa, T. (2019). An Adaptive Actuation Mechanism for Anthropomorphic Robot Hands. *Frontiers in Robotics and AI*, 6. <https://doi.org/10.3389/frobt.2019.00047>
- Latour, D. (2022). *Advances in Upper Extremity Prosthetic Technology: Rehabilitation and the Interprofessional Team*. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*, 10(2), 71–76. <https://doi.org/10.1007/s40141-022-00342-x>
- Li, R., Wang, H., & Liu, Z. (2022). Survey on Mapping Human Hand Motion to Robotic Hands for Teleoperation. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 32(5), 2647–2665. <https://doi.org/10.1109/TCSVT.2021.3057992>
- Massa, B., Roccella, S., Carrozza, M. C., & Dario, P. (n.d.). Design and development of an underactuated prosthetic hand. *Proceedings 2002 IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No.02CH37292)*, 4, 3374–3379. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2002.1014232>
- Mottard, A., Laliberté, T., & Gosselin, C. (2017). Underactuated tendon-driven robotic/prosthetic hands: design issues. *Robotics: Science and Systems XIII*. <https://doi.org/10.15607/RSS.2017.XIII.019>
- Odhner, L. U., Jentoft, L. P., Claffee, M. R., Corson, N., Tenzer, Y., Ma, R. R., ... Dollar, A. M. (2014). A compliant, underactuated hand for robust manipulation. *The International Journal of Robotics Research*, 33(5), 736–752. <https://doi.org/10.1177/0278364913514466>
- Ozawa, R., & Tahara, K. (2017). Grasp and dexterous manipulation of multi-fingered robotic hands: a review from a control view point. *Advanced Robotics*, 31(19–20), 1030–1050. <https://doi.org/10.1080/01691864.2017.1365011>
- Piazza, C., Grioli, G., Catalano, M. G., & Bicchi, A. (2019). A Century of Robotic Hands. *Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems*, 2(1), 1–32. <https://doi.org/10.1146/annurev-control-060117-105003>
- Sabetian, P., Feizollahi, A., Cherahpour, F., & Moosavian, S. A. A. (2011). A compound robotic hand with two under-actuated fingers and a continuous finger. *2011 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics*, 238–244. <https://doi.org/10.1109/SSRR.2011.6106774>
- Sarac, M., Solazzi, M., Sotgiu, E., Bergamasco, M., & Frisoli, A. (2017). Design and kinematic optimization of a novel underactuated robotic hand exoskeleton. *Meccanica*, 52(3), 749–761. <https://doi.org/10.1007/s11012-016-0530-z>
- Soriano-Heras, E., Blaya-Haro, F., Molino, C., & de Agustín del Burgo, J. M. (2018). Rapid prototyping prosthetic hand acting by a low-cost shape-memory-alloy actuator. *Journal of Artificial Organs*, 21(2), 238–246. <https://doi.org/10.1007/s10047-017-1014-1>
- Ten Kate, J., Smit, G., & Breedveld, P. (2017). 3D-printed upper limb prostheses: a review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 12(3), 300–314. <https://doi.org/10.1080/17483107.2016.1253117>
- Ziegler-Graham, K., MacKenzie, E. J., Ephraim, P. L., Trivison, T. G., & Brookmeyer, R. (2008). Estimating the Prevalence of Limb Loss in the United States: 2005 to 2050. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(3), 422–429. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.11.005>

# Reutilización y valoración de residuos vítreos de naturaleza cerámica de procedencia industrial en hormigones

Reuse and recovery of glassy ceramic waste of industrial origin in concretes

Eugenio Gómez Gómez<sup>1</sup>

## Resumen

En la jerarquía de gestión de residuos se establecen varias opciones, y una de las preferentes es la recuperación de recursos a través de procesos innovadores que permitan impactar de forma positiva en la cadena de valor, mediante la valorización y conseguir que el residuo tenga una finalidad útil, pasando de residuo a recurso.

De esta forma, se puede contribuir a fomentar una estrategia muy viable en la producción y consumo responsable, como es la economía circular, la cual está orientada al uso racional de los recursos, a fomentar la capacidad científica y tecnológica a la vez que la sostenibilidad industrial.

## Palabras clave

Esmalte vítreo, residuo, economía circular, sostenibilidad, hormigón.

## Abstract

In the waste management hierarchy, several options are established, and one of the preferred ones is the recovery of resources through innovative processes that have a positive impact on the value chain, through recovery and ensuring that the waste has a useful purpose, changing from waste to resource.

Thus, we can contribute to promoting a very viable strategy in responsible consumption and production, such as the circular economy, which is oriented towards the rational use of resources, promoting scientific and technological capacity as well as industrial sustainability.

## Keywords

Vitreous enamel, waste, circular economy, sustainability, concrete.

Recibido/received: 06/09/2024. Aceptado/accepted: 13/10/2024.

(1) Ingeniero técnico químico. Máster en Gestión Ambiental de la Empresa por la Universidad Complutense de Madrid (UPM).

Autor para correspondencia: Eugenio Gómez Gómez. Email: eugeniogomezgomez52@gmail.com



Imagen cedida por el autor del artículo

## 1. Introducción

Según la Directiva 2008/98 CE y la Ley 22/2011 del Estado de España, se considera residuo cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desprenderse. Se clasifican en domésticos, comerciales, industriales, mineros y sanitarios.

Los residuos industriales son los resultantes de procesos de fabricación, transformación, utilización, consumo, limpieza, mantenimiento generados por la actividad industrial, excluidas las emisiones atmosféricas. En la Directiva 2008/98 se establece una nueva jerarquía de residuos que los Estados miembros deben aplicar.

La opción preferente es la prevención de los residuos, seguida de la valorización en su triple vertiente de reutilización, reciclaje y recuperación energética. La última

opción es la eliminación segura de los residuos en vertederos. La reutilización de residuos industriales hace posible que estos materiales sean transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con finalidad original como en cualquier otra finalidad, dando origen a la economía circular. Una vez que la industria genera un residuo, hay que preguntarse ¿cómo puede ser este residuo aprovechado? La respuesta es inmediata: el paso de residuo a recurso mediante el arte de aprovechar lo inútil.

Utilizando residuos o subproductos no solo se trata de abaratar costes, sino que también se obtiene un valor añadido de los residuos, los cuales, de otra forma, acabarían en el mejor de los casos con una gestión por gestor autorizado o por un simple abandono de estos residuos y en ambos casos su destino

final es un vertedero, lo que implica una degradación ambiental.

## 2. Objetivos del trabajo de investigación

La investigación realizada sobre la reutilización de residuos vítreos de naturaleza cerámica es novedosa y totalmente pionera en este tipo de residuos, ya que este campo de trabajo no ha sido investigado hasta el momento. Dicho trabajo se realizó durante los años 2021 y 2022 en el Laboratorio de Materiales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria (LADICIM) como tesis del autor del programa senior y dirigida por el profesor Carlos Thomas García.

El objetivo principal de este trabajo de investigación ha sido estudiar la viabilidad técnica de empleo de este



tipo de residuos como sustitutivos totales o parciales de áridos finos y *filler* calizo en hormigones. Para alcanzar los objetivos propuestos, la investigación ha tenido dos fases de trabajo:

- Caracterización de los residuos, tanto física como químicamente, conociendo su composición cualitativa y cuantitativa y su homogeneidad.
- Ensayos con hormigones autocompactantes (HAC), utilizando el residuo vítreo como reemplazo de áridos finos en los materiales de adición. Se harán distintas dosificaciones y se caracterizarán en estado fresco y endurecido, comprobando sus características físicas, mecánicas y de durabilidad en comparación con un hormigón de control al que se denomina de aquí en adelante HAC-C.

### 3. Esmalte vítreo y procedencia del residuo vítreo

Un esmalte se puede definir como una masa que solidifica en forma de vidrio, mediante fusión, de composición inorgánica y fundamentalmente integrada por óxidos metálicos que se funden sobre piezas metálicas. Sus componentes principales son fritas, arcilla, cuarzo, aditivos, colorantes y agua. Todos estos componentes se muelen en molinos de bolas de esteatita y se obtiene una mezcla homogénea (barbotina) de 1,70-1,85 g/cm<sup>3</sup> de densidad que posteriormente se aplica sobre piezas de acero y es sinterizado a 850 °C.

El principal componente de un esmalte vítreo es la frita, la cual se puede definir como una mezcla de sustancias químicas inorgánicas (fluoro y boro silicatos) que mediante un fundido (1.300-1.500 °C) y enfriamiento rápido se transforma en un compuesto vítreo insoluble que se presenta en forma de escamas.

El residuo investigado, procede de las instalaciones industriales de fabricación de productos de menaje de cocina en acero vitrificado pertenecientes a la empresa cántabra Vinitror SAL. En estas instalaciones, el esmalte molido (barbotina) es aplicado mediante pistolas neumáticas en cabinas provistas de

sistema de aspiración. Una parte de la barbotina es aplicada en las piezas a fabricar y otra es recogida por la aspiración y pasa a unos filtros de mangas que retienen las partículas en suspensión, dejando salir aire exento de partículas de esmalte. Estas partículas retenidas son las que constituyen el residuo objeto de esta investigación, en estado de polvo, que anualmente es enviado a un vertedero controlado; la cantidad de residuo generada anualmente es de 150-200 toneladas.

### 4. Caracterización del residuo vítreo

El residuo ha sido caracterizado químicamente mediante espectrometría y físicamente en los parámetros de

densidad, humedad, superficie específica, cantidad de frita existente en el residuo y morfología.

#### 4.1. Caracterización química

La caracterización química se realiza mediante la técnica denominada espectrometría de dispersión de energías de rayos X (EDX), basada en el análisis de la radiación provocada por el salto electrónico entre orbitales. La energía de los fotones emitidos está directamente relacionada con el peso atómico del elemento emisor. De este modo, se puede determinar el elemento químico por la energía de cada fotón y por el número de fotones la cantidad de cada elemento (tabla 1).

El análisis químico indica que

Porcentaje de peso									
Elemento	Na	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe	O
Muestra 1	8,40	3,38	26,51	3,83	1,20	2,98	1,30	1,68	40,25
Muestra 2	8,28	3,60	27,15	4,48	1,48	2,87	1,68	2,27	41,53
Óxidos	Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO	
Muestra 1	11,32	6,39	56,72	4,62	1,69	4,97	1,68	2,16	
Muestra 2	11,16	6,81	58,08	5,39	2,06	4,79	2,17	2,81	

Tabla 1. Elementos detectados en el análisis químico.

Material	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Humedad (%)	Superficie específica cm <sup>2</sup> /g
Residuo vítreo	2,63	2,74	5319
Filler calizo < 100 μm	2,72	0,70	3675

Tabla 2. Parámetros físicos.

Producto	Esmalte base (g)	Esmalte blanco (g)	Esmalte color (g)	Total (g)
Frita	100	100	100	300
Cuarzo	15	3	3	21
Arcilla	6,5	5	5	16,5
Aditivos	0,2	0,2	0,2	0,6
Colorantes	1	-	4	5
Total	122,7	108,2	112,2	343,1

Tabla 3. Formulaciones básicas de esmalte.

el residuo vítreo se compone mayoritariamente de SiO<sub>2</sub> (56-58 %) seguido de los óxidos de Na, Al, K y Fe; son minoritarios los óxidos de Ca, Ti y Mn.

#### 4.2. Caracterización física

Se realizan ensayos para la determinación del porcentaje de humedad, la densidad, materia vítrea existente en el residuo, la determinación de la superficie específica y caracterización morfológica.

La determinación del porcentaje de humedad sirve para determinar la cantidad de agua presente en la muestra y se basa en la pérdida de peso de dicha muestra por calentamiento durante 4 horas a 110 °C en estufa de laboratorio. La densidad ha sido determinada con el picnómetro de Le Chatelier, la determinación de la superficie específica se ha realizado por el método de Blaine, siguiendo la norma UNE-EN196-6:2010 y la caracterización morfológica, según la norma UNE-EN 12620.

En estas determinaciones se han comparado los resultados con los obtenidos sobre un filler calizo (carbonato cálcico 100 %, finamente pulverizado cuyas partículas son < 100 µm) (tabla 2).

Para la determinación de la frita existente en el residuo vítreo, se parte de tres formulaciones básicas de esmalte representadas en tabla 3.

Como se puede observar en tabla 3, en las formulaciones empleadas solo se han tenido en cuenta los sólidos que entran en la molienda y que dan origen a los residuos vítreos investigados. Con estos datos se pueden calcular los gramos de frita existente por cada kilogramo de esmalte seco:  $300 \times 1.000 / 343,1 = 874,38$ .

La cantidad de frita existente en el residuo vítreo varía con relación al dato obtenido en seco, ya que se debe tener en cuenta la humedad del residuo (2,74%):

$$343,1 \times 1,0274 = 352,50 \text{ g (frita) / kg de residuo vítreo} = 300 \times 1000 / 352,5 = 851,06.$$

El análisis morfológico (granulométrico) del residuo vítreo se hace comparándolo con el filler calizo. En la tabla 4 se expresan los resultados.

Compuesto	Filler calizo	Residuo vítreo
Tamiz mm	Porcentaje de pasante	Porcentaje de pasante
1	100	100
0,25	96	100
0,125	84	100
0,063	64	100
0,001	0	0

Tabla 4. Análisis granulométrico.

Referencias	HAC-C	HAC (100A)	HAC (100B)
Materiales	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
CEM I 52,5 R	341	333	321
Grava caliza 4/16 mm	1.060	1.036	997
Arena caliza 0/4 mm	450	439	423
Arena silícea 0/1 mm	178	174	168
Filler calizo < 100 µm	196	-	-
Residuo vítreo	-	185	178
MasterEase 5025	5	5	4,81
Agua	200	219	250
Total	2.430	2.391	2.340

Tabla 5. Dosificaciones de los HAC de control y con los residuos vítreos.

Tras la caracterización del residuo, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La caracterización química indica que el residuo es muy homogéneo.
- La densidad es muy parecida a un filler calizo y semejante a otros áridos empleados hormigones: arena de sílice, arena caliza, grava y gravilla caliza.
- El residuo tiene una elevada concentración de frita, es decir, de componente vítreo.
- El residuo tiene una morfología muy fina debido al proceso de molienda, en torno a 50 µm, como lo corrobora el análisis morfológico y la superficie específica que es el 44,7 % superior al filler calizo.

### 5. Metodología experimental

#### 5.1. Dosificaciones de hormigones autocompactantes

El HAC es un hormigón fluido que tiene la capacidad de rellenar perfectamente los encofrados por la acción de su propio peso y compactarse sin la necesidad de aplicación de energía externa, fácil colocación por gravedad o bombeo, gran capacidad de relleno de moldes, sobre todo en geometrías complicadas.

En general, un HAC se diferencia de un hormigón convencional por tener menor contenido de árido y mayor volumen de finos y aditivos plastificantes. Las dosificaciones empleadas han sido varias hasta ajustar parámetros en estado fresco, siempre comparando el HAC-C con HAC con residuos vítreos. En la tabla 5 se indican las dosificaciones empleadas en las cuales se ha reemplazado la totalidad del filler calizo y parte de los áridos finos

en los HAC100A y HAC100B con respecto a la dosificación del HAC-C.

Para la realización de las amasadas se sigue el siguiente orden al adicionar los materiales:

Primero los áridos, comenzando por el de mayor granulometría y siguiendo en orden descendente hasta homogeneizar bien. Seguidamente, se introducen las adiciones, el filler calizo, el residuo vítreo y el cemento. A continuación, el agua a la cual le hemos añadido el MasterEase 5025. Se sigue amasando durante 5 minutos hasta que la mezcla esté bien homogeneizada. Realizadas las amasadas, se procede a su caracterización en húmedo según la norma UNE-EN 12350.

Una vez realizados dichos ensayos, se procede a fabricar probetas cúbicas de 100 mm de arista y cilíndricas normalizadas de 300 mm de altura y 150 mm de diámetro de base. Las probetas son desmoldeadas a las 24 horas y se conservan en cámara de humedad en condiciones de curado controladas de  $20 \pm 2$  °C y con el 99% de humedad relativa, hasta su utilización a los 7 y 28 días. En figura 1 se muestran probetas recién desmoldeadas.

### 5.2. Ensayos realizados sobre los HAC fabricados

Se realizan ensayos tanto en estado fresco como en estado endurecido.

- Ensayos en estado fresco. Son los ensayos denominados de caracterización y sirven para evaluar el estado de la masa de hormigón recién homogeneizada. Se realizan según la norma UNE-EN 12350 y en ellos se caracterizan tres aspectos fundamentales: la capacidad de flujo, la capacidad de paso y su estabilidad. Los ensayos realizados son los siguientes:

- » Ensayo de caja en L (norma UNE-EN 12350-10). Se evalúa la habilidad de paso del HAC a través de las armaduras y su estabilidad.
- » Ensayo de embudo en V (norma UNE-EN 12350-9). Se evalúa la viscosidad y la capacidad de relleno de los moldes por la propia acción de la gravedad y el peso.
- » Ensayo de escurrimiento



Figura 1. Probetas desmoldeadas HAC-C (izquierda) y HAC-100A (derecha).

con cono de Abrams (norma UNE-EN 12350-8). Evalúa la capacidad de relleno del HAC

durabilidad.

» Propiedades físicas. A los 28 días se realizan las

Referencia	Edad (días)	Resistencia a compresión MPa	Media MPa
HAC-C 1	7	19,92	21,91
HAC-C 2		23,23	
HAC-C 3		22,59	
HAC-100A 1		27,96	27,98
HAC-100A 2		29	
HAC-100A 3		27,09	
HAC-100B 1	28	26,43	27,78
HAC-100B 2		29,43	
HAC-C 4		30,6	35,9
HAC-C 5		37,34	
HAC-C 6		39,81	
HAC-100A 4		48,28	40,43
HAC-100A 5	44,35		
HAC-100A 6	52,22		
HAC-100B 4	48,87	47,39	
HAC-100B 5		51,02	
HAC-100B 6		48,14	

Tabla 6. Resultados de rotura a compresión.

en ausencia de obstáculos.

- » Ensayo de escurrimiento con anillo japonés (norma UNE-EN 12350-12). Evalúa la resistencia de paso del HAC a través de las barras de la armadura, en condiciones de flujo libre.

- Ensayos en estado endurecido. Se realizan ensayos atendiendo a sus propiedades físicas, mecánicas, de aspecto superficial y de

determinaciones de densidad, porcentaje de porosidad y de absorción de las dosificaciones HAC-C, HAC100A y HAC100B. Estos ensayos se realizan sobre las probetas cilíndricas previamente cortadas en tres tercios con objeto de ver si los resultados son homogéneos en todos estos tercios.

» Propiedades mecánicas.



Se realiza mediante la determinación de la resistencia de rotura a compresión uniaxial según la norma UNE-EN 12390-3:2009. Este ensayo se realiza sobre las tres referencias de HAC fabricados, con una vida de 7 y 28 días, sobre probetas cúbicas de 100 mm de arista en prensa hidráulica de 1500 kN de capacidad de carga, marca SUZPECAR.

» Aspecto superficial.  
 » Ensayos de durabilidad. Son realizados sobre probetas cilíndricas a los 28 días de vida, previamente cortadas en tres tercios. Se realizan los siguientes ensayos:

o Permeabilidad al oxígeno (norma UNE-EN 83966:2008). El ensayo se basa en la capacidad que tienen los gases para penetrar en el seno de un material y circular por su interior. Consiste en aplicar una presión constante con gas (oxígeno) sobre una de las caras de la probeta para, después de un tiempo suficiente para que el gas atraviese toda la muestra, alcanzar la cara opuesta y registrar el caudal del gas de salida.

o Ensayo de penetración de agua bajo presión (norma UNE-EN 12390-8:2009). Las probetas se mantienen durante 72 horas a la actuación de una columna de agua bajo una columna de aire a una presión de 5 bares. Trascorrido ese tiempo, las probetas se rompen por tracción indirecta y se mide la profundidad de penetración del agua en el seno del hormigón.

## 6. Resultados experimentales obtenidos

### 6.1. Ensayos mecánicos de rotura a compresión

A los 7 y 28 días de vida, se realizan los ensayos de rotura a compresión según la norma UNE-EN 12390-3 en prensa hidráulica.

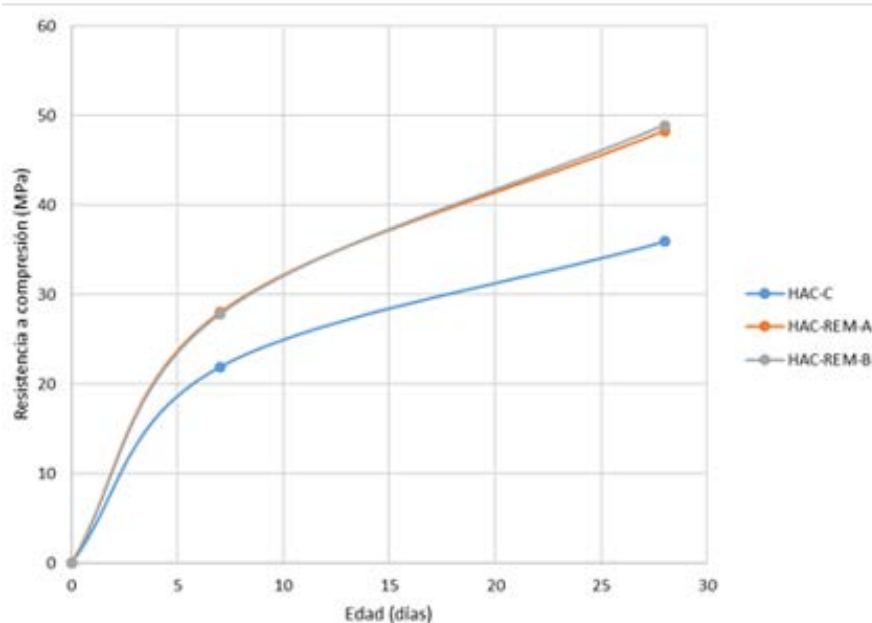


Figura 2. Gráfica de resultados de probetas HAC-C, HAC-100A y HAC-100B.

Tercio	Referencia	d g/cm³	Porcentaje de porosidad (%)	Porcentaje de absorción (%)
↑	HAC-C	2,33	10,43	5,03
→		2,31	9,99	4,80
↓		2,34	11,53	5,58
↑	HAC-100A	2,33	6,40	2,94
→		2,31	5,76	2,65
↓		2,32	5,35	2,44
↑	HAC-100B	2,38	5,16	2,28
→		2,36	4,80	2,13
↓		2,37	4,61	2,04

Tabla 7. Resultados del porcentaje de porosidad y de absorción.

Los resultados obtenidos en los ensayos han sido los siguientes según se indican en la tabla 6.

Según los datos obtenidos, se puede asegurar que las adiciones de residuo vítreo como reemplazo de filler y áridos finos mejora las prestaciones mecánicas tanto a los 7 como a los 28 días. A los 7 días, la mejora es del 31% con respecto al HAC-C y siendo muy similar la resistencia a la compresión de las referencias HAC-100A y HAC-100B; 27,98 y 27,78 MPa, respectivamente. A los 28 días, la mejora supone el 35% con respecto al hormigón de control, y los resultados permanecen muy parecidos a los obtenidos en las

referencias HAC-100A y HAC-100B; 48,28 y 48,87 MPa, respectivamente.

Las mejoras obtenidas en las prestaciones mecánicas se deben a las características del residuo vítreo y, concretamente, a la cantidad de frita/kg de residuo (85%). La frita es la parte vítrea de un esmalte y se caracteriza por su naturaleza vítrea, su dureza y su elevada resistencia a la compresión. Por ello, este dato es muy importante para poder entender estos resultados.

### 6.2. Resultados de ensayos físicos

En tabla 7 se recogen los resultados obtenidos de caracterización física de

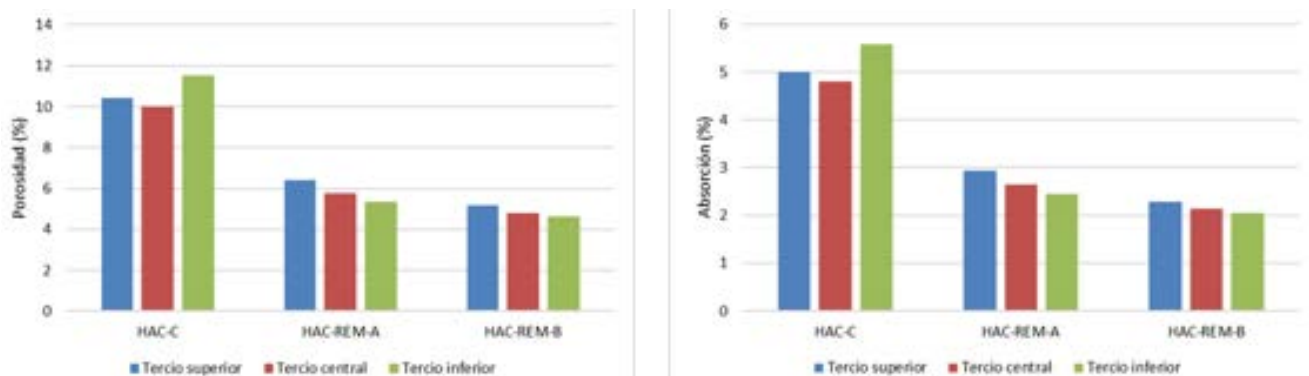


Figura 3. Representación gráfica de resultados de porosidad y porcentaje de absorción.

los hormigones fabricados HAC-C, HAC-100A y HAC-100B. Todos los ensayos se realizan en todos los tercios de cada una de las probetas para comprobar la homogeneidad de resultados de los hormigones fabricados.

Las densidades de las distintas referencias son bastante homogéneas en los diferentes tercios de cada referencia, lo cual indica que el hormigón de las distintas referencias es homogéneo.

La porosidad del HAC-C es del 10,65% de media y la del HAC-100A y HAC-100B tienen unos valores medios del 5,83% y del 4,85%, respectivamente, lo cual representa una disminución del porcentaje de porosidad del 83% y del 119% con relación con el HAC-C. Esta disminución, sin duda, se debe a que los hormigones con residuo vítreo tienen una porosidad accesible mucho menor como consecuencia de la propia naturaleza del residuo, el cual impide la penetración de aire en la estructura de los hormigones HAC-100A y HAC-100B. En figura 3 se representan gráficamente los resultados de porosidad.

Los resultados de porcentaje de absorción van en línea con los porcentajes de porosidad. En el HAC-C (5,13 de media) son semejantes a un hormigón convencional; sin embargo, en los HAC-100A y HAC-100B, la absorción es mucho menor, del 2,67% y del 2,15% de media, respectivamente, lo cual hace que el HAC-100A tenga un porcentaje de absorción del 92% menos y el HAC-100B el 138% menos con respecto al HAC-C. La naturaleza vítrea del residuo sigue mejorando



Figura 4. Probetas de las tres referencias y sus cortes transversales.

Referencia	Tercio	Huella máxima en mm	Huella media en mm
HAC-C	↑	80	80,33
	→	78	
	↓	83	
HAC-100A	↑	27,79	23,89
	→	21,44	
	↓	22,46	
HAC-100B	↑	25,78	21,56
	→	19,31	
	↓	19,59	

Tabla 8. Resultados de penetración de agua bajo presión.

las prestaciones ya que no permite absorber más agua frente al peso del hormigón. En figura 3 se presentan

los resultados de los porcentajes de absorción.

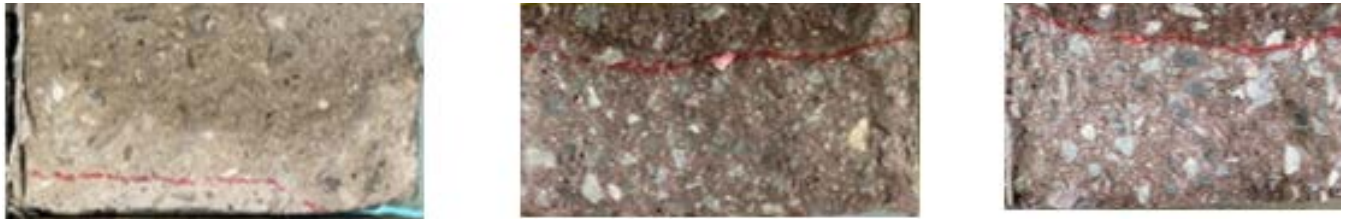


Figura 5. Huellas de penetración de agua HAC-C (izquierda) HAC-100A (centro) y HAC-100B (derecha).

### 6.3. Aspecto superficial

Se pueden destacar las siguientes cuestiones:

- Respecto al aspecto superficial del HAC-C, a pesar de ser bueno, se ven poros de burbujas de aire ocluido. Sin embargo, en los HAC-100A y HAC-100B, el nivel de poros va disminuyendo, y es menor en el HAC-100B.
- En los cortes transversales se observan homogéneamente repartidos los áridos gruesos, y no hay síntomas de segregación.
- También en los cortes transversales se observa la diferencia de color del HAC-C con respecto al HAC-100A y HAC-100B. Estos últimos toman una coloración rojiza debido a que el residuo vítreo tiene esa coloración. En los cortes transversales de la figura 4 se observan estos cambios de color.

### 6.4. Resultados de ensayos de durabilidad

Se han realizado los ensayos de permeabilidad al oxígeno y penetración de agua bajo presión.

- Permeabilidad al oxígeno. Los resultados obtenidos indican que los HAC menos permeables corresponden a los que contienen residuo vítreo en su dosificación como reemplazo de los áridos finos y filler calizo. El HAC-100A y el HAC-100B tienen un índice de permeabilidad del orden de 10-18m<sup>2</sup> y el HAC-C tiene este índice de permeabilidad en 10-17m<sup>2</sup>, con lo cual su índice de permeabilidad es 10 veces mayor. Por eso, los HAC-100A y HAC-100B son hormigones de baja permeabilidad.
- Penetración de agua bajo presión. En la tabla 8 se indican los resultados obtenidos.

A la vista de los resultados, el hormigón menos permeable es el HAC-C (no tiene residuo vítreo), mientras que los más permeables

son, por este orden, el HAC-100B y el HAC-100<sup>a</sup>, con una gran disminución de la permeabilidad sin duda originada por las adiciones de residuo vítreo como reemplazos de filler calizo y áridos finos.

Ambos hormigones se pueden catalogar como impermeables, pues el valor máximo de penetración de agua bajo presión exigido a un hormigón estructural es de 50 mm y la media de estas dos referencias es de 23,89 mm y 21,56 mm. Esto permite su exposición incluso a ambientes agresivos. En la figura 5 se observa esta diferencia de penetración de agua bajo presión en las tres referencias investigadas.

### 7. Conclusiones experimentales

Las conclusiones extraídas son:

- El acabado superficial es bueno y la distribución interna es homogénea y sin ningún signo de segregación.
- Las propiedades físicas, el porcentaje de porosidad y el porcentaje de absorción mejoran de forma sustancial en los hormigones autocompactantes con residuo vítreo en su composición, ya que se reducen estos parámetros el 83% y el 119%, respectivamente.
- Las propiedades mecánicas de resistencia a compresión, a los 7 y a los 28 días, mejoran en el 31% y el 38%, respectivamente, en los hormigones autocompactantes con residuo vítreo en su composición.
- Los ensayos de durabilidad indican que los hormigones autocompactantes con residuo vítreo son 10 veces menos permeables a los gases que el que no tiene residuo vítreo. Este residuo vítreo, a su vez, hace que en estos hormigones autocompactantes aumente la impermeabilidad, ya que la penetración de agua bajo presión es la mitad que un hormigón convencional.
- Como conclusión, se puede

afirmar que la utilización de estos residuos vítreos en hormigones autocompactantes mejora, sin duda, las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad ensayadas.

## 8. Implantación industrial de reutilización del residuo vítreo en la fabricación de hormigones

### 8.1. Objetivos de la implantación industrial

Los objetivos de la implantación industrial fijados son los siguientes:

- Comprobar industrialmente si los residuos vítreos originados en Vitrinor pueden ser reutilizados como aditivo de sustitución de filler calizo o áridos finos en la fabricación de hormigones.
- Convertir un residuo inútil en materia prima para la fabricación de hormigones, cerrando así el círculo de economía circular.
- Mejorar el deterioro ambiental, ya que el residuo vítreo estudiado es confinado en un vertedero controlado y con su reutilización se elimina esta cuestión.
- Convertir el residuo en recurso para lograr una reducción en la extracción de áridos.
- Comprobar si los excelentes resultados obtenidos en la investigación se expresan también industrialmente, mejorando las características técnicas de los hormigones a fabricar.

### 8.2. Empresas necesarias para la realización de las pruebas industriales

Evidentemente para la realización de las pruebas industriales, son necesarios tanto el que origina el residuo industrial vítreo como el posible receptor de este, es decir, una empresa fabricante de hormigones y que esté en disposición de colaborar en las pruebas industriales. Tras



las conversaciones iniciales, todas las pruebas se hacen durante el año 2023 entre Vitrinor (generador del residuo) y Hormigones Santullán (fabricante de hormigones) y con la participación directa del autor de este artículo, a petición de las partes.

### 8.3. Planteamiento de las pruebas industriales a realizar

El planteamiento de las pruebas industriales a realizar incluye:

- Hacer diferentes dosificaciones con el residuo vítreo en amasadas de 3 toneladas.
- Probar en primer lugar con hormigones de masa con el residuo vítreo como reemplazo del árido fino, y comprobar la fluidez en estado fresco y la resistencia a compresión a los 7 y a los 28 días.
- Una vez vistos los resultados de los hormigones de masa, si estos son buenos, se ha de pasar a probar en hormigones estructurales, comprobando la fluidez en estado fresco y los ensayos de durabilidad exigidos en el CTE en estado endurecido, resistencia a compresión, profundidad de penetración de agua bajo presión, aire ocluido que sustituye a los ciclos hielo-deshielo y reactividad.

### 8.4. Pruebas industriales con hormigones de masa

Este tipo de hormigones se ponen en los suelos como base de otros hormigones estructurales. Para las pruebas industriales, se parte de las dosificaciones estándar en hormigones de masa utilizados por Hormigones Santullán tipo HM-20/B/20/I. Esta nomenclatura quiere decir que es un hormigón de masa, con una resistencia a compresión a los 28 días de 20 MPa, consistencia blanda en cono de Abrams, con árido máximo de 20 mm y para ambiente de intemperie.

Evidentemente, las dosificaciones, por una cuestión de confidencialidad, no se pueden explicitar.

Se realizan tres tipos de dosificaciones con el residuo vítreo, cada una de 3 toneladas y todas ellas reemplazando el árido fino (0-2 mm) por el residuo vítreo en dosificaciones de 300, 250 y 150 kg/m<sup>3</sup>, manteniendo constantes las dosificaciones de otros áridos (0-5

Parámetros	Dosificaciones			
	HM-20/B/20/I Estándar	HM-20/B/20/I con residuo vítreo	HM-20/B/20/I con residuo vítreo	HM-20/B/20/I con residuo vítreo
Residuo vítreo kg/m <sup>3</sup>	-	300	250	150
Consistencia	8 cm blanda	8 cm blanda	8 cm blanda	8 cm blanda
Color	Normal	Normal	Normal	Normal
Curado	24 horas	24 horas	24 horas	24 horas
Resistencia a compresión 7 días MPa	11,20	18,20	15,23	13,50
Resistencia a compresión 28 días MPa	20,5	29,06	27,41	25,18

Tabla 9. Comparativa de valores obtenidos en hormigones de masa con y sin residuo.

Ensayo	Estado del hormigón	Norma
Resistencia a compresión	Endurecido 7 y 28 días	UNE-EN 12390-3:2020
Penetración de agua bajo presión	Endurecido	UNE-EN 12390-8:2020
Contenido de aire. Método de presión	Fresco	UNE-EN 12390-7:2020
Reactividad álcali- sílice y álcali silicatos. Método de mortero	Endurecido	UNE 146508:2018.

Tabla 10. Ensayos y normas que aplicar en durabilidad.

mm y 20 mm), ligeras variaciones en la dosificación de cemento (CEM II/A-M (V-L) 42,5 R y en el agua. Las relaciones agua/cemento son de 0,62, 0,63 y 0,54 y la relación residuo vítreo/cemento, de 1,37, 1,15 y 0,68, respectivamente.

Las amasadas se realizan industrialmente y son vertidas en moldes para su curado. En la tabla 9, se indican los valores requeridos para un HM-20/B/20/I estándar y los valores obtenidos para las tres dosificaciones de HM-20/B/20/I fabricados con reemplazo de árido fino por residuo vítreo.

A la vista de los resultados, se extraen las siguientes conclusiones:

- Los resultados de resistencia a compresión, a los 7 y a los 28 días, son mejores en las dosificaciones con residuo vítreo que en la estándar sin residuo vítreo.
- El incremento de resistencia a compresión es mayor en las dosificaciones con mayor cantidad de residuo, y varían del 41 % en la dosificación de 300 kg/m<sup>3</sup> al 23%

en la dosificación de 150 kg/m<sup>3</sup>.

- La relación residuo vítreo/cemento ha sido elevada; 1,37, 1,15 y 0,68, y en la parte experimental esta relación está cuantificada en 0,55.
- Rebajando esta relación a 0,55, el endurecimiento será más fiable y mejor, y se deja para posteriores pruebas industriales la dosificación de residuo vítreo en 100 kg/m<sup>3</sup>.
- Vistos estos resultados, el siguiente paso que se da será trabajar con hormigones estructurales.

### 8.5. Pruebas industriales con hormigones estructurales

El hormigón elegido para estas pruebas industriales es un hormigón armado HA-25/B/20/XC1. Se trata de un hormigón estructural de 25 MPa de resistencia mínima a compresión, consistencia blanda en cono de Abrams, y el árido de mayor granulometría es de 20 mm.

Las dosificaciones por temas de confidencialidad no se exponen, pero la dosificación del residuo vítreo es de 100 kg/m<sup>3</sup>, sustituyendo

como reemplazo parcialmente al árido de menor granulometría (arena 0-2mm). En la dosificación se mantienen los áridos de 0-5 mm, 10 mm y 20 mm. El cemento utilizado es CEM II /A-M (V-L) 42,5 R y la relación agua/cemento es de 0,52.

La amasada se realiza en hormigonera industrial y se descarga en moldes para hacer los dados que fraguaran a la vez que se fabrican las probetas cúbicas y cilíndricas para los diferentes ensayos de durabilidad a realizar. En estado fresco se comprueba el escurrimiento con cono de Abrams, obteniendo un escurrimiento de 10 cm, por lo tanto, tipo B (blando).

La durabilidad del hormigón es una forma de ver a futuro si los hormigones fabricados con residuo vítreo pueden tener alguna problemática técnica a posteriori. La realización de estos ensayos se hace en un laboratorio independiente, un laboratorio geotécnico homologado, y los ensayos prescritos por el CTE son los que se exponen en tabla 10 junto a sus normas.

El ensayo de aire ocluido sustituye los ciclos de hielo-deshielo y determina la cantidad de aire que puede contener el hormigón recién amasado (estado fresco) excluyendo el aire que puedan contener las partículas de los agregados. El resultado normal de este ensayo es de 2,5-5%. En este HA-25 con residuo vítreo el resultado es de 2,6%, lo que da idea de un hormigón muy compacto, sin duda debido a la adición del residuo vítreo, lo cual indica que al tener poco aire ocluido quedarán menos espacios para el hielo-deshielo.

El ensayo de reactividad álcali-silíce y álcali-silicato tiene por objeto evaluar la reactividad potencial de los áridos, en este caso del residuo vítreo, a través de la exposición de probetas de mortero sumergidas en una disolución de hidróxido sódico (NaOH) a 80 °C de temperatura. Una reacción álcali-silicato se produce cuando interactúan áridos que contienen minerales potencialmente reactivos con los álcalis del cemento. Esta reactividad lleva consigo la formación de geles que en presencia de humedad se expanden, y ese hecho se manifiesta en agrietamientos, lo que supone una reducción drástica de la durabilidad. Para este ensayo se

Parámetro	HA-25/B/20/XC1 sin residuo vítreo	HA-25/B/20/XC1 con residuo vítreo	Observaciones
Rotura a compresión 7 y 28 días MPa	7 días 22,94 MPa	7 días 28,46 MPa	+ 24%
	28 días 27,85	28 días 37,63 MPa	+ 35%
Penetración de agua bajo presión mm	50 mm	22 mm	Mejora en un 50%
		29 mm	
		23 mm	
Contenido de aire en masa	2,5-5%	2,6%	< porcentaje de aire, mejor resultado
Reactividad álcali-silíce y álcali-silicato	No reactivo	No reactivo	No reactivo. No altera la durabilidad

Tabla 11. Comparativa de resultados de HA-25/B/20/XC1 con y sin residuo vítreo.

parte de tres dosificaciones: una sin residuo vítreo y dos con el residuo en diferentes dosificaciones. Los resultados certifican que el residuo vítreo no presenta reactividad.

La resistencia a compresión es mayor en los HA-25 con residuo vítreo (37,63 MPa) frente a los 27,85 MPa del HA-25 sin residuo vítreo, lo que supone una mejora del 35 %.

La penetración de agua bajo presión también mejora con el residuo vítreo incorporado, ya que la profundidad de penetración es de 22 mm, 27 mm y 23 mm frente a una profundidad de penetración del HA-25 sin residuo de 50 mm.

En tabla 11 se indican los resultados obtenidos con HA-25/B/20/XC1 con residuo vítreo frente a los obtenidos con HA-25/B/20/XC1 sin residuo vítreo en su composición.

### 9. Conclusiones definitivas

A la vista de los resultados obtenidos tanto en fase experimental como industrial, las conclusiones son las siguientes:

- El residuo vítreo es totalmente apto para su utilización como reemplazo total o parcial tanto de filler calizo como de áridos finos.
- Su utilización mejora las características técnicas de hormigones autocompactantes, de masa y estructurales.
- Estas mejoras consisten en una menor porosidad y absorción, mayor resistencia a compresión, menor penetración de agua bajo presión, menor contenido de aire ocluido en masa y su nula reactividad.
- Actualmente se está empezando a utilizar el residuo en la fabricación

de hormigones, y hasta el momento se han reutilizado 40 toneladas.

- Una vez acabadas las pruebas industriales, y previa solicitud, ha sido concedida la patente bajo la forma de modelo de utilidad ES 1305851 en todo el territorio nacional durante 10 años.
- El objetivo final cumplido es que un residuo inútil se ha conseguido valorizar y se ha cerrado el ciclo de economía circular.

### Agradecimientos

A la Universidad de Cantabria, y concretamente a LADICIM, por poner a disposición del autor de este artículo sus laboratorios y personal para la realización de las investigaciones.

Al profesor Carlos Thomas García por dirigir la tesis del Programa Sénior del autor de este artículo.

A las empresas Vitrinor y Hormigones Santullán por su involucración y convicción de que la innovación y la sostenibilidad son una oportunidad de negocio y de mejora.

### Bibliografía

- Gómez Gómez, Eugenio (2022). Tesis Programa Sénior. “Reciclado y valorización de residuos vítreos procedentes del esmaltado de acero vitrificado en materiales de construcción. Morteros y hormigones”.
- Gómez Gómez, Eugenio (2023). “Memoria de la aplicación industrial de residuo vítreo en hormigones de masa y estructurales”.
- Sosa Yépez, Israel (2017). Tesis doctoral. “Incorporación de escorias siderúrgicas en hormigones autocompactantes de altas prestaciones”.

# Analysis and improvement of the finite element simulation with Inventor of 3D-printed PLA parts

Análisis y mejora de la simulación por elementos finitos con Inventor de piezas de PLA obtenidas por impresión 3D

Iván Prada<sup>1</sup> y Manuel Domínguez<sup>1</sup>

## Resumen

El modelado por deposición fundida (MDF) es un proceso de fabricación aditiva capa a capa por el que se obtienen piezas de naturaleza anisotrópica. Debido a este comportamiento, es difícil predecir la respuesta mecánica de las piezas obtenidas una vez que están sometidas a esfuerzos exteriores. La tendencia actual es utilizar las piezas obtenidas por MDF no solo como prototipos estéticos o visuales, sino como piezas completamente funcionales. Se ha observado que de los diversos parámetros que influyen en la respuesta mecánica de las piezas obtenidas por impresión 3D, el relleno interior desempeña un papel fundamental. El uso de programas de análisis por elementos finitos para la simulación de modelos que incluyan la compleja geometría de relleno interior requiere de un alto tiempo de elaboración del modelo virtual, potentes medios técnicos y mucho tiempo de análisis, sin tener garantías de una predicción correcta del comportamiento de la pieza. En este artículo, mediante la combinación de técnicas experimentales y de simulación, se propone una metodología para simplificar el proceso de modelado y análisis por elementos finitos, que permite ajustar los parámetros de la simulación a unos valores, en función de la geometría de relleno interior, que dan como resultado una predicción precisa del comportamiento de piezas impresas en PLA sometidas a flexión.

## Palabras clave

Fabricación aditiva, impresión 3D, modelado por deposición fundida, geometría de relleno, propiedades de flexión, análisis por elementos finitos.

## Abstract

Fused deposition modelling (FDM) is a layer-by-layer additive manufacturing process, by which we obtain parts of an anisotropic nature. Due to this behaviour, it is difficult to predict the mechanical response of the parts obtained once they are subjected to external stresses. The current trend is to use the parts obtained by MDF not only as aesthetic or visual prototypes, but also as fully functional parts. It has been observed that of the various parameters that influence the mechanical response of 3D printed parts, the internal filling plays a fundamental role. The use of finite element analysis programs for the simulation of models that include the complex geometry of the internal filling requires a long time for the elaboration of the virtual model, powerful technical means and a long analysis time, with no guarantee of a correct prediction of the behaviour of the part. In this article, by combining experimental and simulation techniques, we propose a methodology to simplify the modelling and finite element analysis process, which allows us to adjust the simulation parameters to certain values, depending on the internal filling geometry, resulting in an accurate prediction of the behaviour of parts printed in PLA subjected to bending.

## Keywords

Additive manufacturing, 3D printing, fused deposition modeling, infill geometry, flexural properties, finite element analysis.

Recibido/received: 24/03/2024

Aceptado/accepted: 27/10/2024

1. Ingeniería del Diseño. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Calle Juan del Rosal, 12. 28040 Madrid. España.

Autor para correspondencia: Iván Prada. E-mail: iprada1@alumno.uned.es



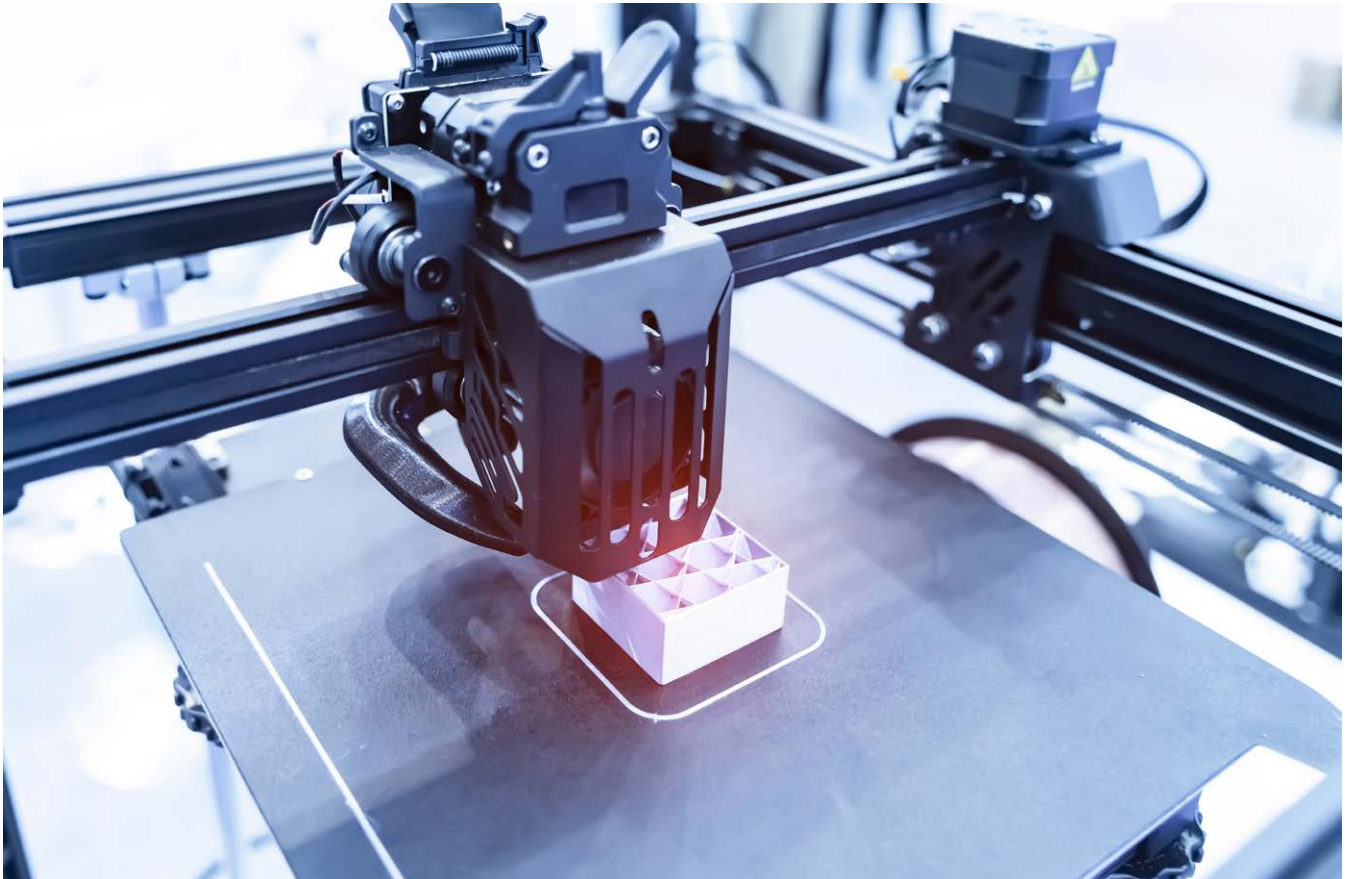


Foto: Shutterstock.

## 1. Introduction

### 1.1. The infill in 3D printed parts

Additive manufacturing is the “process of creating or manufacturing a three-dimensional object directly from a model obtained by computer-aided design through layer-by-layer manufacturing” (Qamar Tanveer et al., 2022). Among the additive manufacturing techniques, the most common and widespread today is called fused deposition modelling (FDM), in which a thermoplastic material is heated to its semi-molten state and then extruded through a nozzle into a very thin filament, depositing it layer by layer to build the three-dimensional object (figure 1), following the trajectories defined by a file obtained from the computer-aided design software (File:Prusai3-metalframe.jpg - RepRap, s. f.).

The raw material is a continuous wire wound on a bobbin, with a diameter of approximately 1.75 mm, which passes through a feeder that takes it to the extruder nozzle, where it is heated and directed towards a base on which the wires are deposited in a state of semi-melt, which solidifies when it cools on a flat base. The following layer is

placed on top of the first, and the two are welded together. The movements of the extruder head and the base are electronically controlled, allowing movements in the three X-Y-Z axes and the three-dimensional construction of the part (Fig. 1).

In traditional manufacturing processes you have control mainly of the

outside of the part, but in 3D printed parts you can control very precisely both the outer walls and the inner filling of the object, which can contain a mixture of hollow and solid parts following a given geometry. The inner filling can follow any geometry that the software we are using allows us to select. By connecting to each other,

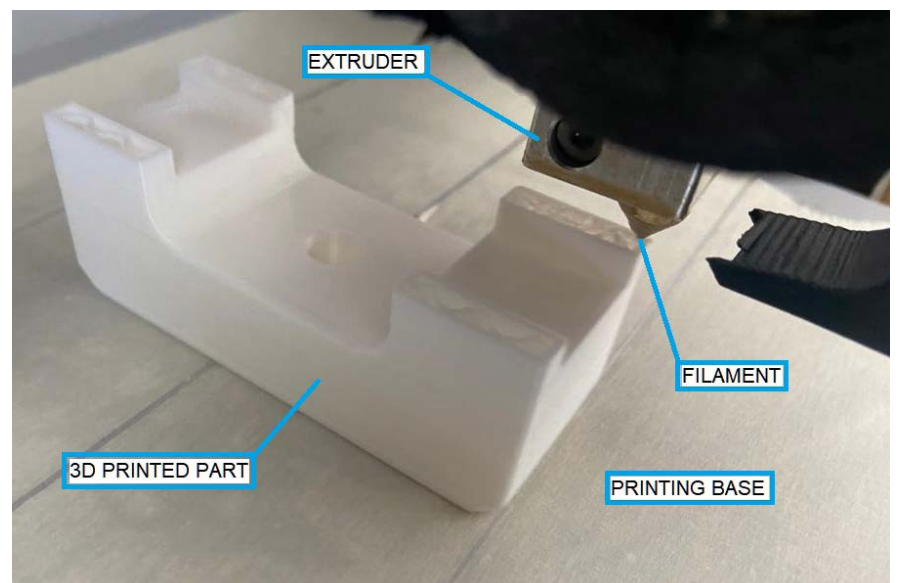


Figure 1. Fused deposition modelling.

and in turn connecting and joining the outer shell of the part, the different geometries or infill patterns provide different characteristics, such as lightness, greater resistance to certain loads, greater or lesser elasticity, among others. The filling density refers to the solid part of the inner structure of the part, and it is expressed as a percentage between 0%, i.e. the entire hollow interior, and 100%, which indicates that the interior is completely solid.

The infill percentage directly influences the amount of material used in its manufacture: the higher the percentage of infill, the lower the percentage of voids and, therefore, the heavier the finished part. The infill density also influences the printing time as well as the mechanical properties of the finished part.

The following figure (Fig. 2) shows an example of the interior filling of a part, in orange, with a filling percentage of 30%, using the geometry called triangles in the Ultimaker Cura programme.

## 1.2. Flexural properties of 3D printed parts

Fused deposition modelling is a very useful alternative for manufacturing components with very complex geometries, which are quite difficult to produce using traditional methods. Although FDM was originally used to produce conceptual or aesthetic prototypes, with the development of new materials and techniques it is now possible to produce functional or real prototypes. The current trend is towards the manufacture of small series of fully functional parts, using materials in accordance with the mechanical requirements and the final function of the part.

The parts obtained by FDM are anisotropic, due to the layer-by-layer manufacturing process itself (Carvajal Loaiza et al., 2020). In addition, FDM additive construction can be configured to obtain parts that, while having the same external dimensions and using the same material, have different mechanical properties. This is achieved by modifying the parameters of the printing process (Stechina et al., 2020). Several studies carried out in recent years have attempted to characterise the mechanical properties of 3D printed parts (Hande Güler Özgül & Onur Tatlı, 2021), (Rosnitschek et al., 2021).

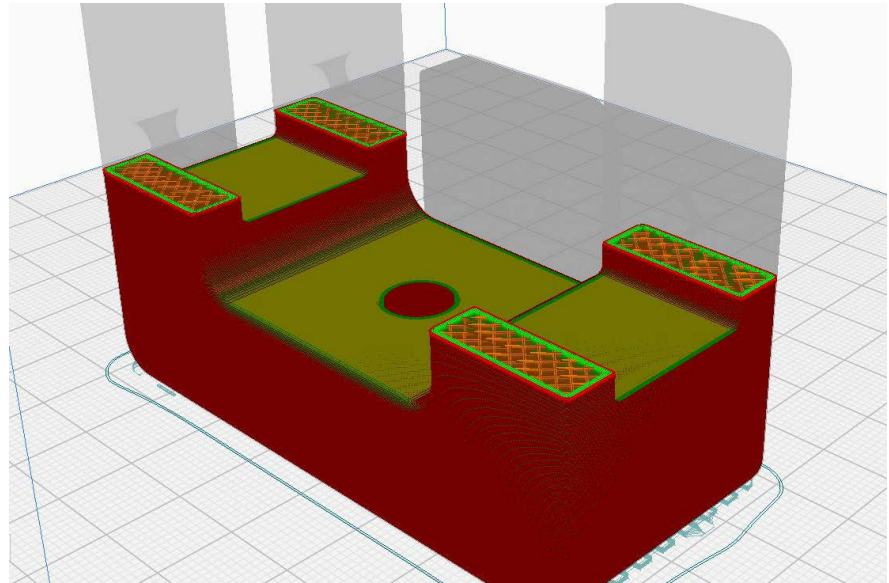
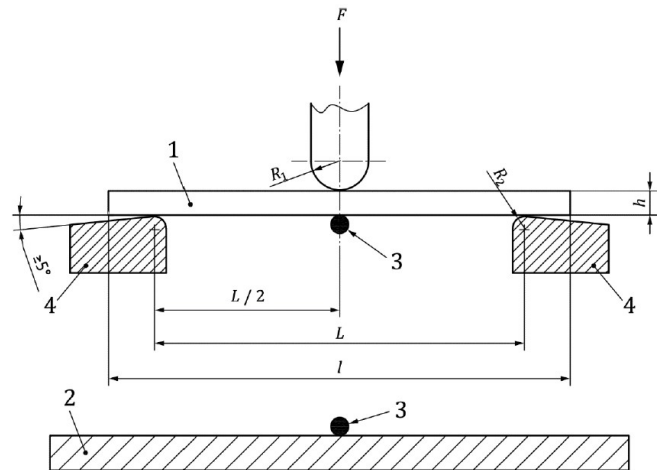


Figure 2. Structure of the infill, in orange.



### Leyenda

1	Probeta	$h$	Espesor de la probeta
2	Placa base soporte	$F$	Fuerza aplicada
3	Posición del deflectómetro	$l$	Longitud de la probeta
4	Soportes	$L$	Longitud de la distancia entre soportes

Figure 3. Three-point flexural test (UNE-EN ISO 178:2020 | Normas AENOR, s.f.).

In particular, it has been observed that the geometry and the density of the inner filling of the part are particularly relevant in the final behaviour of the part subjected to loads.

In order to be able to use 3D printed parts as functional parts, it is essential to be able to predict the final mechanical behaviour of the part to be used in a specific application. One of the most important aspects from a functional point of view is the flexural behaviour of the parts when subjected to loads during use in real situations.

In the case of MDF manufacturing, there are currently no specific standards or methods for the experimental study of the bending behaviour of these parts. Some studies (Stechina et

al., 2020) recommend following the guidelines of UNE-EN ISO 178:2020 Plastics. Determination of flexural properties (UNE-EN ISO 178:2020 | Normas AENOR, s.f.), by means of a three-point flexural test on a series of specimens (Fig. 3).

## 1.3. Finite element analysis

Finite element analysis (FEA) is a computer-based method for predicting the reaction of a product to forces, vibration, heat, fluid flow and other physical effects under real-world conditions (Software de análisis de elementos finitos, Autodesk, s.f.). This virtual analysis shows whether the part will break, deform or perform as intended. It is, therefore, used to predict what will



happen when the product is used in real conditions.

To perform this analysis, the software applies the finite element numerical method, decomposing the virtual object into a large number of finite elements, i.e., small cube or pyramid-shaped parts, and then approximately solving differential equations associated with the physical behaviour of the problem. In this way, the program calculates the displacements, deformations and stresses of the individual elements, and it is able to predict the behaviour of the real object (Fig. 4).

To obtain accurate results, all the variables of the problem must be correctly defined in the programme: from the correct definition of the materials used and their physical properties, the movement restrictions of the geometry to be studied, the external loads to which the object is subjected, the contact conditions between the elements involved, the density of the mesh in which the objects to be studied are decomposed, etc. The correct configuration of the simulation will give reliable results that serve to correctly predict the behaviour of the physical part under real conditions.

On the other hand, finite element analysis can require powerful computer equipment and the use of a lot of modelling and calculation time during the simulation, which is greater the more complex the geometry and conditions of the system to be studied.

## 2. Methodology

### 2.1. Objectives of the study

This work has had two main objectives. Firstly, to evaluate the finite element simulation process and the results obtained with a commonly used software, such as Autodesk Inventor, to predict the flexural behaviour of parts obtained by fused deposition modelling in PLA, depending on the geometry of the infill of the part. The second objective has been to find a methodology that simplifies and speeds up the modelling and simulation process of the virtual parts, and that allows reliable predictions to be obtained of the bending behaviour of the parts, with different configurations of the inner filling of the same. In other words, the aim is to find a way of simulating 3D printed parts, configuring the programme parameters and assuming some simplifications, which

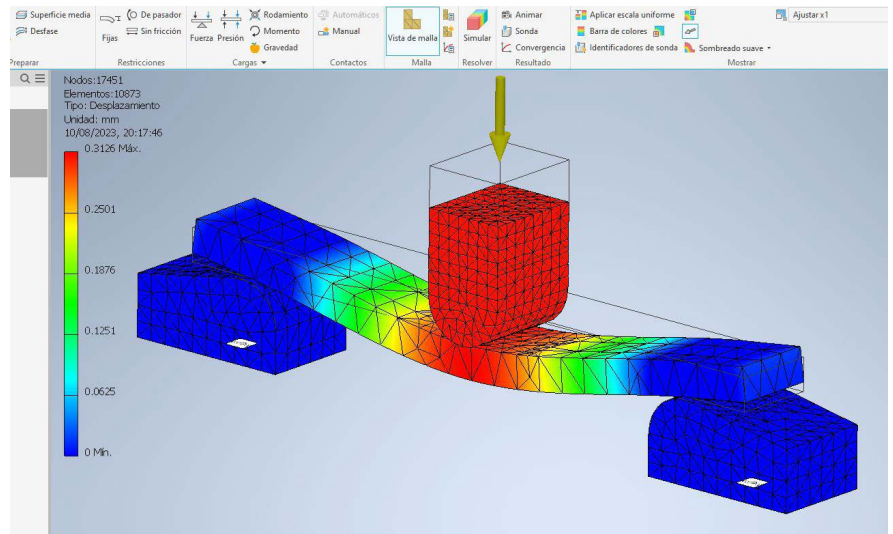


Figure 4. Finite element analysis using Autodesk Inventor software.



Figure 5. Specimen in the testing machine, unloaded (left) and loaded (right).

will help us save modelling and simulation time resources, but at the same time we will obtain reliable predictions of the mechanical behaviour when we subject the real physical parts to bending loads.

### 2.2. Experimental analysis: flexure testing of physical specimens

An experimental analysis (Fig. 5), which is not the subject of this article, has been carried out to evaluate the flexural properties of PLA specimens manufactured by FDM with a low-cost printer. In this study, specimens constructed with infills of different geometries and densities are compared in order to relate how the modulus of elasticity in flexure is modified by different configurations of the geometry of the infill of the part. Three-point bending tests were carried out on  $10 \times 4$  mm rectangular section specimens of 80 mm length, supported at a distance of 64 mm between supports. Both the force applied to the central section of the specimen and the resulting deflection in this section were measured.

For this article, we will use the results obtained for the fill pattern “lines” of the Cura program, with fill densities of 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, and

100%.

### 2.3. Preparation of the virtual model

FDM manufacturing begins with the modelling of the part in a computer-aided design program, such as Autodesk Inventor, Solid Works, Freecad or others, with which we obtain a file of the model, which are converted into STL format (standard tessellation format) containing the geometric information of the model.

A program is then used to convert the geometry of the STL files into superimposed layers, which define how the three-dimensional model is constructed according to the adjustment of the different parameters according to the additive manufacturing technology used. These programs are called slicing programs for 3D printing and are able to generate command lines in so-called “G-code” that the 3D printer is able to read. The most widespread slicing programs for use with low-cost home 3D printers are Ultimaker’s Cura, PrusaSlicer or OctoPrint, among others (Los mejores programas para impresoras 3D de 2023, 2023). Once the part has been manufactured, some post-processing may be necessary to improve its





Figure 6. Steps in additive manufacturing.

strength or functional properties (Domínguez et al., 2013). The following schematic summarises the additive manufacturing process (Fig. 6):

The slicing program is able to perform different types of infill of the part, modifying the parameters of the infill geometry and the infill density, so that the constructed part will have an infill of a given geometry. In the following figure (Fig. 7), as an example, the fill configuration called “lines” is shown in the Cura programme, with a density of 20%:

In order to carry out the virtual modelling of the part in the simulation program, both the outer casing and the inner filling should be modelled, with the complex geometry existing in the interior. However, at present, there is no software capable of converting the “G-code” programming, which, as explained above, contains the precise information on the geometry of the part, both inside and outside. Although some software applications, such as “gcode2l” (gcode2l, s.f.) are able to retrieve the information of the outer geometry, they do not reproduce the infill in any way, resulting in completely solid parts.

Therefore, if you want to accurately model the inside of the infill geometry of the part, you need to do it directly by studying how the specific geometry of the infill pattern is and how it varies with the percentage of infill. This modelling, except in very simple cases, will require a lot of modelling time and will result in a very complex virtual model.

**2.4. Specimen modelling with the “lines” infill geometry**

The Cura “lines” infill pattern contains lines printed in one direction along the X or Y axis every other layer, with the following layer being placed on lines perpendicular to the previous ones. The thickness of the fill lines is always the same, and as the infill percentage increases, more lines are added, evenly distributed, until the total space is filled with the percentage of 100%. This pattern can be modelled in Inventor in a relatively simple way. For this article,

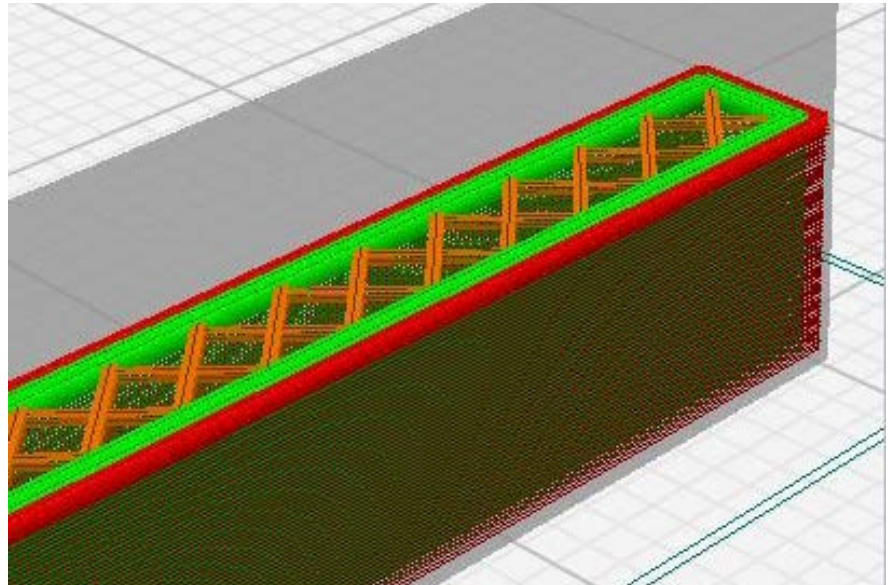


Figure 7. Infill geometry “lines” at 20% de density in Ultimaker Cura.

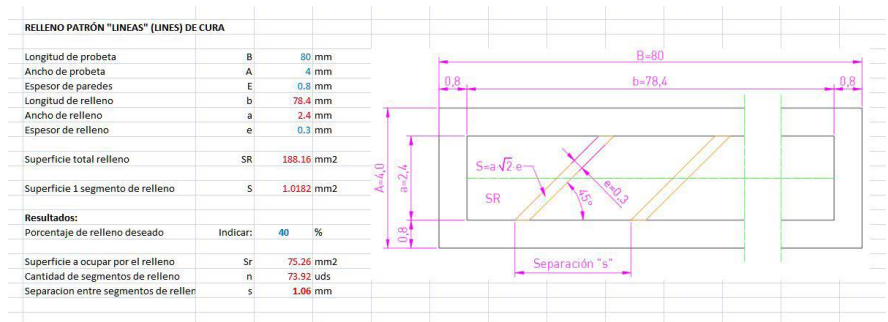


Figure 8. Modelling of the infill pattern “lines” at 20%: A) calculation of the infill distribution.

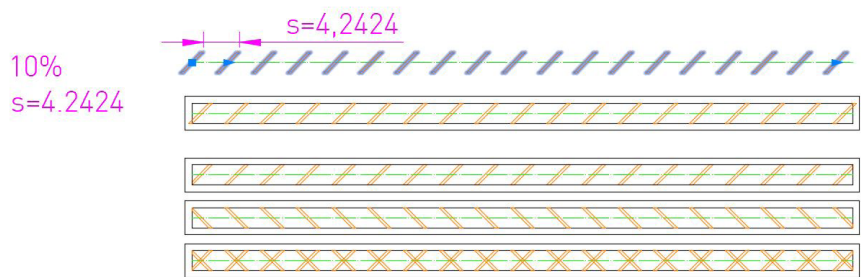


Figure 8. Modelling of the infill pattern “lines” at 20%: B) sketching in Autocad

we first made a datasheet to obtain the exact distribution of the infill lines according to the indicated percentage, and then we sketched in AutoCAD the surface occupied by each of the layers, and finally we took this pattern to Inventor and modelled the inner infill

area, in this case with a percentage of 20%, with layer thicknesses of 0.1 mm. The outer walls of the specimen are always 0.8 mm thick (Fig. 8):

**2.5. Creating PLA material in Autodesk Inventor**

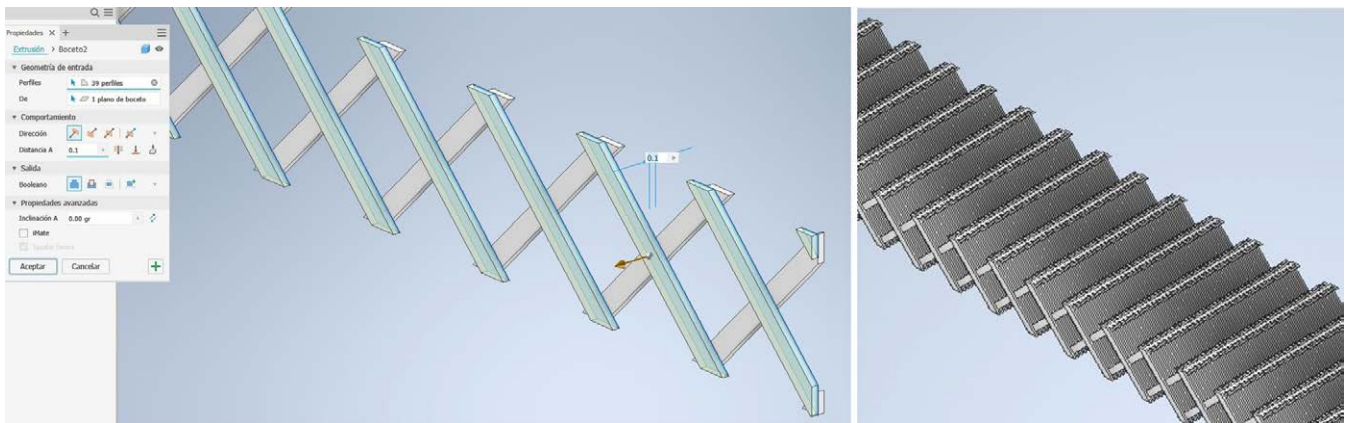


Figure 8. Modelling of the infill pattern "lines" at 20%: C) modelling of the infill in Autodesk Inventor.

Infill pattern	Infill 0%	Infill 20%	Infill 40%	Infill 60%	Infill 80%	Infill 100%
LINES	2.353	2.726	2.948	3.084	3.257	3.030

Table 1. Modulus of elasticity expressed in megapascals.

The Autodesk Inventor program does not have PLA (polylactic acid) plastic among its standard materials. Therefore, it must be created with the material editor as a new material, defining mainly the values of: bending modulus or Young's modulus (E), Poisson's coefficient (ν) and shear modulus (G). The values of the base material of the PLA filament should not be used initially, as this would not reflect the transformation process of the material during layer-by-layer printing.

Therefore, we start from the results obtained in the tests of real PLA specimens, which gave us the flexural modulus of elasticity in MPa, which can be considered as an approximation of Young's modulus (E). (UNE-EN ISO 178:2020, Normas AENOR, s.f). For the case of the pattern "lines" we obtained (Table 1):

Poisson's coefficient is taken as 0.42 as described in the work of F. Rezgui. (Rezgui et al., 2005), and the value of the shear modulus G is obtained from the relation:

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

Finally, the material is defined as isotropic, although we know that its behaviour is not, it is a simplification that we will make in order to speed up the simulation process.

## 2.6. Simulation of models with 0%,

### 20%, and 100% infill percentage

After modelling three specimens with infill "lines" and percentages of 0% (hollow), 20% (with infill "lines" modelled at 20%) and 100% (completely solid), we proceed to simulate in Inventor the three-point bending of the virtual specimens (Fig. 9). For this purpose we take into account the following conditions in order to faithfully reproduce the real test conditions:

- A support is modelled with two supports located 64 mm from each other, with a cylindrical contact surface with a radius of 5 mm with the specimen. The central load-bearing support is also modelled in steel, located in the central area

between the two lower supports, and also with a contact radius of 5 mm with the specimen.

- The two lower supports are set as "fixed".
- The load is placed on the flat face of the upper part, vertically (Z-axis) and downwards.
- The virtual specimen is placed on the two supports, with the load-bearing part making contact in the centre of its upper face.

The simulation process is repeated five times for each of the three specimens, with loads of 10 N, 20 N, 30 N, 40 N, and 50 N. These loads are taken as being in the range of those used during the experimental test with real specimens. These loads are taken as they are in the range of those used during the experimental test with real specimens. In each of the simulations

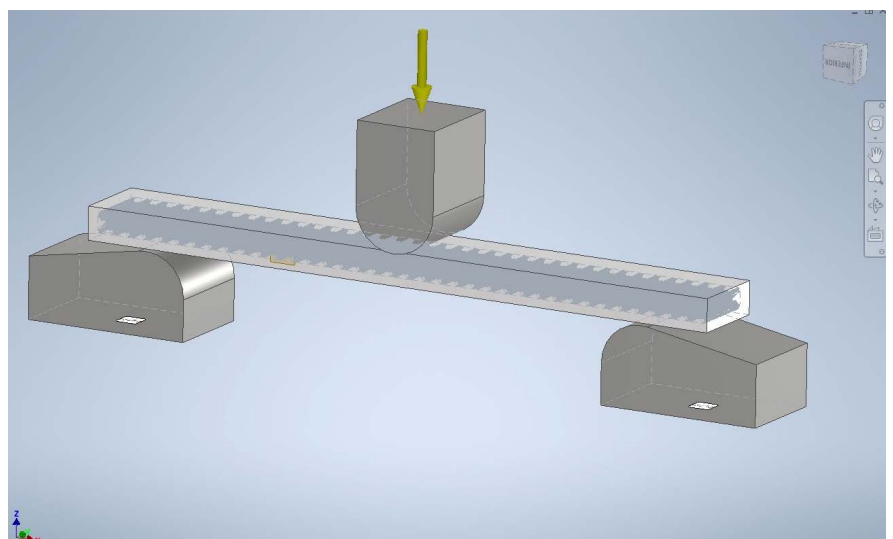


Figure 9. Simulation of the virtual specimen with 20% infill percentage.

with Inventor, the maximum displacement in the Z axis of the bottom face of the specimen is taken. In this way, we obtain displacement values as a function of the applied load (Fig. 10).

During the simulation, the modelled specimen with 20% infill caused a great slowdown in the calculation, due to the complexity of the infill geometry which results in a huge number of individual elements and calculations in the finite element analysis. The calculation process took between 30 and 40 minutes for each of the applied loads. However, for the 0% or 100% infill specimens, with a very simple geometry, the calculation process took less than 1 minute.

The following graphs (Fig. 11) show the results after the simulations in grey, together with the results obtained experimentally with the real physical specimens and the three-point bending tests. It can be seen that the results obtained are far from reality, in all cases the virtual specimens deform less than the real ones under the same loads, so that the analysis carried out by the simulator is not valid for predicting the bending behaviour of the parts. In addition to the high consumption of time and resources that has been mentioned above.

**2.7. Alternative method to improve simulation results**

In view of the enormous amount of time spent on modelling and simulation for parts of low complexity such as these specimens, it is necessary to establish a methodology that simplifies the simulation process and, at the same time, achieves satisfactory results, comparable with the results obtained experimentally with real physical specimens.

On the one hand, the virtual part will be modelled as completely solid, regardless of whether we are trying to

simulate a partial or total infill percentage, without differentiating between the outer walls and the inner infill. This simplification saves an enormous amount of time analysing the infill and modelling it, and greatly simplifies the geometry of the virtual model, as it becomes a solid and homogeneous rectangular prism in all cases.

On the other hand, it is observed that the virtual specimens deform less than the real specimens, the bending deformation being inversely proportional to the modulus of elasticity of the material (Budynas & Nisbett, 2011). The elastic equation for a beam biaxially supported between the points A and C as in this case, is determined by:

$$Y_{AC} = \frac{Pl^2x}{16EI} \left( 1 - \frac{4x^2}{3l^2} \right)$$

The maximum deflection in the centre section is:

$$f_c = \frac{Pl^3}{48EI}$$

In the finite element simulation, these equations are present and, therefore, by properly configuring the parameters that define the virtual material, we can adjust the behaviour of the simulation to obtain accurate results that are adjusted to the real behaviour of the part. For this purpose, we take as a reference the deformation values of the real specimens produced for the load values of 10 N, 20 N, 30 N, 40 N, and 50 N. We interpolated to find these values when we do not have exact data for these loads. We took the modulus of elasticity of the real specimen with 100% infill, which experimentally we obtained a value of 3030 MPa. We compared the deformations of the physical specimens with the deformation of the

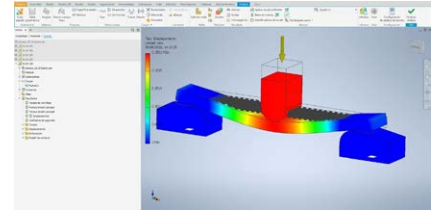


Figure 10. Simulation of the virtual test tube with "lines" filling at 20%.

virtual specimen with 100% infill, i.e. the fully solid modelled specimen. The corrected value E' for each of the strain cases will be:

$$E' = E \cdot S_{VIRTUAL} / S_{REAL}$$

Where:

E' = corrected modulus of elasticity (MPa)

E = modulus of elasticity of the real specimen with 100% infill (3030 MPa)

S<sub>VIRTUAL</sub> = deflection obtained in the initial simulation

S<sub>REAL</sub> = deflection obtained in the real specimen

**3. Results**

**3.1. Calculation of corrected PLA properties**

We applied the calculation procedure described above for each of the infill percentages studied: 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, and 100%, obtaining the following values of corrected modulus of elasticity E' (Table 2):

Once we have the corrected modulus of elasticity values E', we obtain the corrected shear modulus values G', and we proceed to enter these values in the creation of new PLA plastic materials in Inventor (Table 3):

**3.2. Simulations with corrected PLA properties**

With the materials defined in Inventor according to table 3 above, we proceed

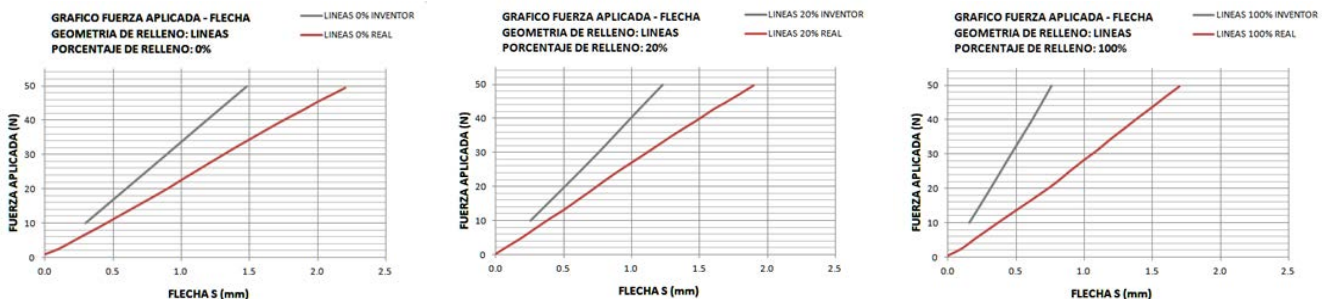


Figure 11. Simulation results with specimens with infill "lines" and percentage of infill 0% (A), 20% (B), and 100% (C).



to repeat the simulations, under the same conditions as explained in section Simulation of models with 0%, 20%, and 100% infill percentage, but applying the corrected material for the infill pattern lines and infill percentages 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, and 100% to the specimen. For each of the new materials, simulations are carried out with loads of 10 N, 20 N, 30 N, 40 N, and 50 N, noting in each case the maximum deformation suffered by the specimen on its lower face.

The results obtained are shown in the following graphs (Fig. 12):

Comparatively, the following graph (Fig. 13) shows the difference between the actual values of the physical specimens with 100% infill, with the initial simulation with the initial materials E and G, and with the corrected values E' and G' according to the proposed method:

#### 4. Conclusions

Fused deposition modelling, and additive manufacturing in general, results in parts with anisotropic behaviour, due to the layer-by-layer manufacturing process itself, which means that the part does not have the same properties in all directions. This particularity means that virtual simulations of 3D printed parts, carried out using finite element programs, give results that are not expected or that do not coincide with the behaviour of the real part. Although finite element analysis is a reliable procedure that provides accurate results in conventional materials, in order to be able to predict the real behaviour of a part obtained by FDM, with all the geometric complexity that it implies, a huge amount of modelling and preparation time would have to be spent to carry out the exact simulation of the geometry, both internal and external, of the part. Simulation programs, such as Autodesk Inventor, also have the ability to perform complex configurations to simulate materials that do not have the same properties in all directions, but this, in turn, requires a great deal of analysis time and subsequent high calculation times, while powerful computer systems are needed to solve the simulations.

As the parts obtained by FDM have, in addition to the outer geometry, an inner infill of very complex geometry, trying to make an exact simulation of

LINEAS 0%			LINEAS 20%			LINEAS 40%		
S real (mm)	E (Mpa)	E' (Mpa)	S real (mm)	E (Mpa)	E' (Mpa)	S real (mm)	E (Mpa)	E' (Mpa)
0.45	3030	1045	0.38	3030	1259	0.32	3030	1508
0.9	3030	1050	0.7486	3030	1262	0.742	3030	1274
1.3131	3030	1066	1.1186	3030	1251	1.006	3030	1392
1.7435	3030	1070	1.5424	3030	1210	1.4315	3030	1304
2.2222	3030	1034	1.915	3030	1200	1.738	3030	1323
Promedio:		1053 Mpa			1237 Mpa			1360 Mpa

LINEAS 60%			LINEAS 80%			LINEAS 100%		
S real (mm)	E (Mpa)	E' (Mpa)	S real (mm)	E (Mpa)	E' (Mpa)	S real (mm)	E (Mpa)	E' (Mpa)
0.34	3030	1397	0.30	3030	1584	0.3500	3030	1357
0.67	3030	1411	0.62	3030	1524	0.7500	3030	1260
0.99	3030	1414	0.93	3030	1505	1.0500	3030	1333
1.32	3030	1414	1.24	3030	1505	1.3800	3030	1352
1.65	3030	1393	1.45	3030	1585	1.7000	3030	1352
Mpa		1406 Mpa	Mpa		1541 Mpa	Mpa		1331 Mpa

Table 2. Corrected modulus of elasticity E' expressed in megapascals.

Autodesk Inventor	LINEAS 0%	LINEAS 20%	LINEAS 40%	LINEAS 60%	LINEAS 80%	LINEAS 100%
Comportamiento	isótropo	isótropo	isótropo	isótropo	isótropo	isótropo
Modulo de Young E (Mpa)	1053	1237	1360	1406	1541	1331
Coefficiente de Poisson V	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Modulo cortante G (Mpa)	371	435	479	495	542	469
Densidad (g/cm3)	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24

Table 3. Corrected mechanical properties for PLA in Inventor.

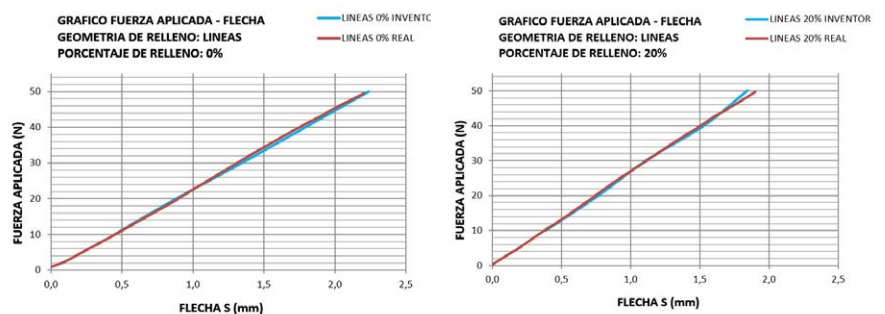


Figure 12. Simulation results with corrected material definition. Specimens with infill "lines" and percentage of infill 0% (A), 20% (B).

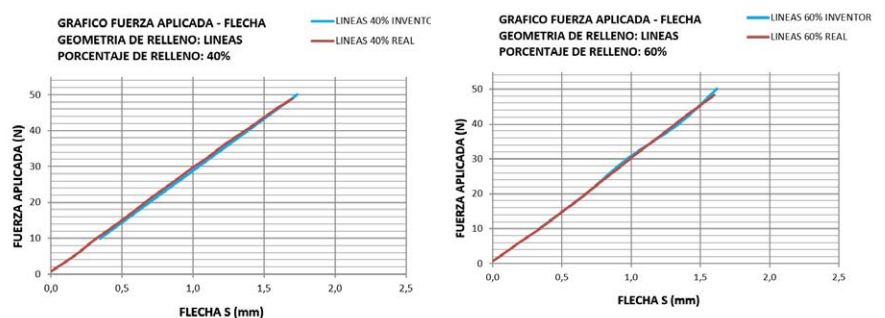


Figure 12. Simulation results with corrected material definition. Specimens with infill "lines" and percentage of infill 40% (C), 60% (D).

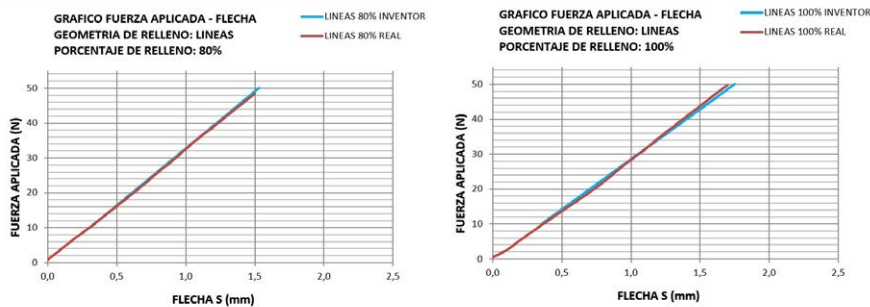


Figure 12. Simulation results with corrected material definition. Specimens with infill “lines” and percentage of infill 80% (E), and 100% (F).

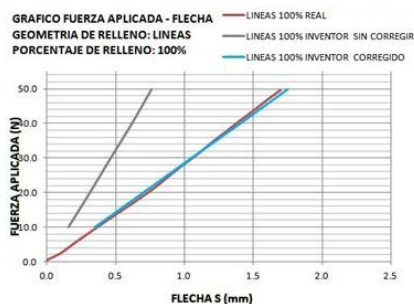


Figure 13. Comparative graph between uncorrected and corrected values for a specimen with 100% infill percentage.

this geometry involves a high level of modelling and computer calculation time, which is not feasible with conventional computer equipment.

To solve this problem, in this work we have proposed a methodology that, assuming some simplifications, allows us to obtain very accurate results in the simulations carried out by finite element analysis on PLA elements subjected to bending. By correctly defining the parameters of the materials, we are able to obtain very accurate results of the behaviour of the part, with the help of a previous experimental analysis. The great advantage of this method is that it eliminates the modelling of the inner infill of the part, whose geometry is very complex, being able to simplify the modelling to the outer geometry, and leaving the inner part completely solid. This saves a considerable amount of modelling time and subsequent analysis. This method is able to predict very accurately the bending behaviour as a function of the different percentages of the infill. The study has been carried out for the infill pattern called “lines”, but it can be done with any other pattern or interior geometry available.

In view of the results obtained, it can be affirmed that this methodology is valid, and allows to accurately predict

the flexural behaviour of PLA parts obtained by fused deposition modelling with different infill patterns and densities. Future work can apply this methodology to corroborate the results with other additive manufacturing techniques, or other loading situations such as tension, compression or torsion. Studies such as the present one will help additive manufacturing technologies to be used to produce fully functional parts. Just as in metallic materials, manufacturing and performance standards were reached for the different alloys, in the future the materials used for additive manufacturing should go through processes of standardisation of mechanical properties and standardisation of manufacturing procedures, so that designers can correctly choose the material and the process to follow in order to obtain the expected mechanical response.

## References

- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2011). Shigley’s mechanical engineering design (9th ed). McGraw-Hill.
- Carvajal Loaiza, M. J., González Díaz, P., Mejía Blandón, C. A., Bustamante Góez, L. M., & Villarraga Ossa, J. A. (2020). Influencia de la posición de impresión y la densidad de relleno en las propiedades mecánicas de probetas fabricadas en ABS. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 19(37), 179-193. <https://doi.org/10.22395/riium.v19n37a9>
- Domínguez, I. A., Romero, L., Espinosa, M. M., & Domínguez, M. (2013). Impresión 3D de maquetas y prototipos en arquitectura y construcción. *Revista de La Construcción*, 12(2), 39-53. <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2013000200004>
- File:Prusai3-metalframe.jpg—Reprap. (s. f.). Recuperado 2 de abril de 2023, de <https://reprap.org/wiki/File:Prusai3-metalframe.jpg>
- Gcode2l. (s. f.). *gcode2l.com*. Recuperado 11 de agosto de 2023, de <https://gcode2l.com/login>
- Hande Güler Özgül & Onur Tatlı. (2021). Caracterización mecánica de materiales impresos en 3D de polímero de ácido poliláctico: Los efectos de la geometría del relleno. *Revista de Metalurgia (Madrid)*, 57(3). <https://doi.org/10.3989/rev-metalm.202>
- Los mejores programas para impresoras 3D de 2023. (2023, febrero 6). All3DP. <https://all3dp.com/es/1/programas-software-impresora-3d-printer-software-3d-gratis/>
- Qamar Tanveer, M., Mishra, G., Mishra, S., & Sharma, R. (2022). Effect of infill pattern and infill density on mechanical behaviour of FDM 3D printed Parts- a current review. *Materials Today : Proceedings*, 62, 100-108. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.310>
- Rezgui, F., Swistek, M., Hiver, J. M., G’Sell, C., & Sadoun, T. (2005). Deformation and damage upon stretching of degradable polymers (PLA and PCL). *Polymer*, 46(18), 7370-7385. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2005.03.116>
- Rosnitschek, T., Seefeldt, A., Alber-Laukant, B., Neumeyer, T., Altstadt, V., & Tremmel, S. (2021). Correlations of Geometry and Infill Degree of Extrusion Additively Manufactured 316L Stainless Steel Components. *Materials*, 14(18), 5173-. <https://doi.org/10.3390/ma14185173>
- Software de análisis de elementos finitos | Autodesk. (s. f.). Recuperado 9 de agosto de 2023, de <https://www.autodesk.es/solutions/finite-element-analysis>
- Stechina, D., Mendoza, S. M., Martín, H. D., Maggi, C. N., & Piovan, M. T. (2020). Determinación de propiedades elásticas de piezas poliméricas construidas por impresión 3D, sometidas a flexión. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 25(2), e-12617. <https://doi.org/10.1590/s1517-707620200002.1017>
- UNE-EN ISO 178:2020 | Normas AENOR. (s.f.). Recuperado 23 de julio de 2023, de <https://tienda.aenor.com/norma-une-en-iso-178-2020-n0063218>.

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

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

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

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

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

**Estructura** Los trabajos constarán de tres partes diferenciadas:

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

**2. Texto.** En la primera página se incluirá el título (máximo 60 caracteres con espacios), resumen (máximo 250 palabras) y 4-8 palabras clave. Se recomienda que el título, el resumen y las palabras clave vayan también en inglés. Los artículos originales deberán ajustarse en lo posible a esta 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 la introducción no son necesarias tablas ni figuras.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



# Conexión de transistores en paralelo

## Connection of transistors in parallel

Félix Mateo Lázaro<sup>1</sup>

### Resumen

El objeto del presente trabajo es el estudio de las técnicas existentes para la conexión de transistores de potencia en paralelo, así como el estudio de técnicas nuevas basadas en resistencias de control.

### Palabras clave

Transistor BJT, transistor MOSFET, conexión en paralelo.

### Abstract

The object of this work is the study of existing techniques for connecting power transistors in parallel, as well as the study of new techniques based on control resistors.

### Keywords

BJT transistor, MOSFET transistor, parallel connection.

Recibido/received: 28/06/2024    Aceptado/accepted: 27/10/2024

[1] Ingeniero Técnico Industrial (electrónica). Ha trabajado en EGI Audio Solutions, en el departamento de fabricación (diseño de máquinas para la verificación de circuitos basadas en conexiones de cama de clavos).

Autor para correspondencia: Félix Mateo Lázaro; E-mail: [ateing25@gmail.com](mailto:ateing25@gmail.com)

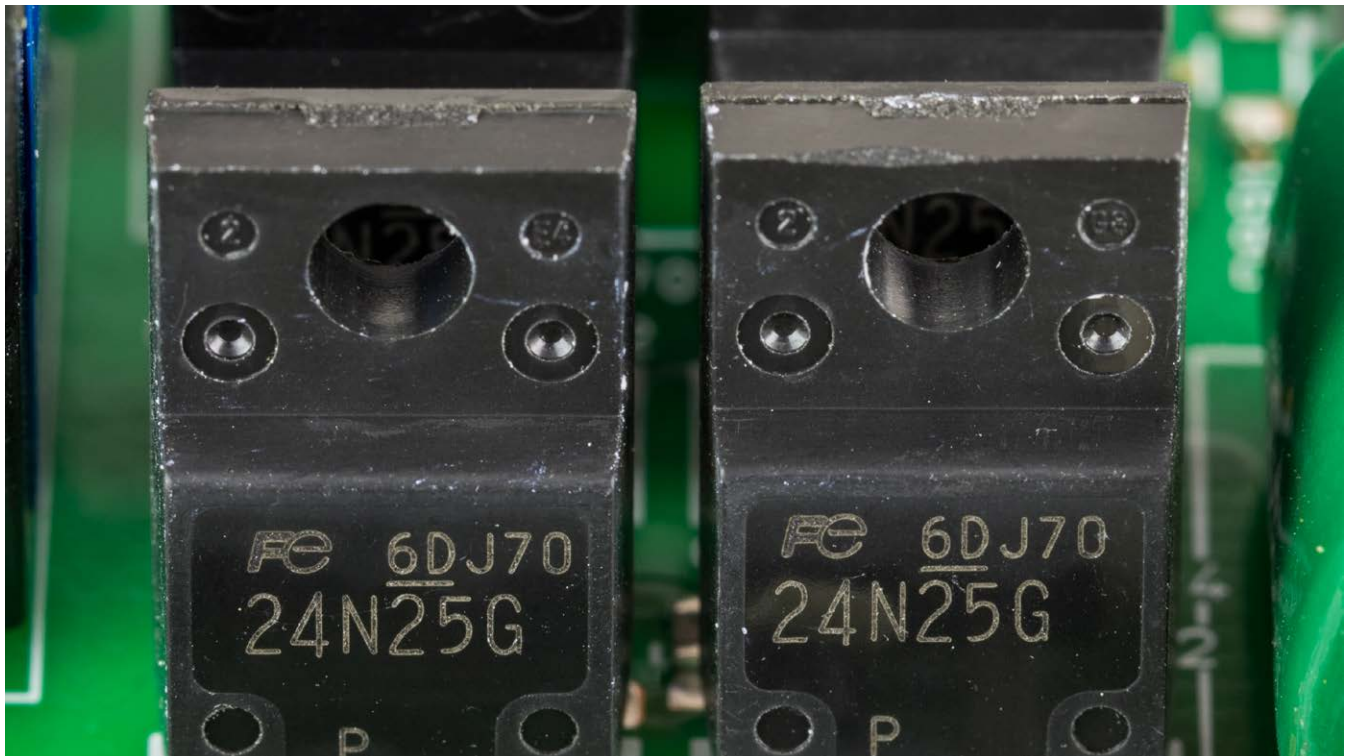


Imagen facilitada por el autor del artículo. Attribution: © Raimond Spekking / CC BY-SA 4.0 (via Wikimedia Commons): [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ep-son\\_EB-U04\\_-\\_power\\_supply\\_board\\_2\\_-\\_Fuji\\_Electric\\_24N25G-4710.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ep-son_EB-U04_-_power_supply_board_2_-_Fuji_Electric_24N25G-4710.jpg)

## 1. INTRODUCCIÓN

En circuitos en los que se requieren altas corrientes de control es usual disponer conexiones de transistores en paralelo, con el objeto de conseguir elevadas corrientes de carga con componentes que no las soportan totalmente por sí solos.

Normalmente, la disposición de transistores en paralelo se ha venido haciendo con transistores de unión bipolares, pero actualmente con más frecuencia se están utilizando estas disposiciones con transistores MOSFET. En este estudio se tratan varias técnicas disponibles para la conexión de transistores, tanto bipolares como MOSFET, en paralelo, sin perjuicio de los parámetros de funcionamiento de un solo transistor con respecto al resto de transistores por diferencias de construcción o temperatura de funcionamiento entre ellos, aun cuando se trate de transistores con las mismas características y modelo.

Antes de continuar con el estudio, se procede a realizar una puntualización con respecto a la diferencia principal de usar transistores bipolares o MOSFET.

### 1.1. Funcionamiento en régimen lineal

En principio, en un funcionamiento

en régimen lineal, el comportamiento de cara a la corriente principal de un transistor bipolar y un transistor MOSFET es muy parecida. La potencia que tiene que disipar el transistor será igual a:

$$P_b = I_c \cdot V_{ce} \quad \text{Potencia igual a corriente de colector por voltaje colector-emisor}$$

$$P_m = I_d \cdot V_{ds} \quad \text{Potencia igual a corriente de drenador por voltaje drenador-fuente}$$

Las corrientes y los voltajes de los transistores pueden alcanzar cualquier valor dentro de los límites de alimentación y control de la carga, lo que significa que las potencias disipadas pueden ser considerablemente grandes, aun para corrientes y voltajes relativamente bajos.

Dado que normalmente el circuito de control de cada transistor (bipolar o MOSFET) se encarga de mantener la corriente  $I_c$  o  $I_d$  al valor de interés, no es relevante el uso de transistores bipolares o transistores MOSFET en un circuito de potencia.

### 1.2. Funcionamiento en régimen de conmutación

Como se sabe, en régimen de conmutación, las pérdidas en potencia

de un transistor son mínimas tanto para transistores bipolares como MOSFET, aunque hay que tener en cuenta las siguientes cuestiones:

Las pérdidas en régimen de corte para ambos tipos de transistor son prácticamente nulas, y se pueden considerar cero para ambos transistores:

- Las pérdidas en régimen de saturación para un transistor bipolar son:

$$P_b = V_{cesat} \cdot I_c$$

En este caso, el voltaje colector-emisor permanece prácticamente constante, aun cuando la corriente de colector sea muy elevada, por lo que la potencia de pérdida (y que tiene que disipar en forma de calor) es lineal con la corriente  $I_c$  de colector.

- Las pérdidas en régimen de conducción total para un transistor MOSFET son:

$$P_m = R_{on} \cdot I_d^2$$

En este caso, la resistencia  $r_{on}$  del transistor es constante y de un valor muy bajo (del orden de 0,010 Ohms), por lo que la potencia de pérdida (y que tiene que disipar en forma de calor) es de forma cuadrática con la corriente de drenador.

De los dos planteamientos realizados, se deduce que para corrientes muy grandes el comportamiento de

transistores bipolares es más adecuado, ya que la potencia disipada será menor a la disipada por un transistor MOSFET.

Puede establecerse el punto para la corriente de carga desde el cual la potencia del transistor bipolar será menor que la del transistor MOSFET. Este será cuando las corrientes de colector y de drenador sean iguales:

$$P_b = P_m \quad \text{de donde}$$

$$V_{cesat} \cdot I_c = R_{on} \cdot I_d^2$$

Puesto que las corrientes deben de ser iguales a  $I$  se tiene:

$$V_{cesat} \cdot I = R_{on} \cdot I^2 \quad \text{de donde}$$

$$I = V_{cesat} / R_{on}$$

Si se considera una  $V_{cesat} = 1 \text{ V}$  y una  $R_{on} = 0,010$ , se obtiene una  $I = 100 \text{ A}$ .

Esto quiere decir que para corrientes menores a  $100 \text{ A}$  la potencia disipada será menor por el transistor MOSFET que la disipada por el transistor bipolar, mientras que para corrientes mayores de  $100 \text{ A}$ , la potencia disipada será menor por el transistor bipolar que la disipada por el transistor MOSFET. De aquí se extrae que para corrientes muy grandes es mejor utilizar transistores bipolares.

No obstante, hay que tener en cuenta que los transistores bipolares y los transistores IGBT (bipolares de puerta aislada) de alta corriente suelen ser del tipo Darlington, lo que significa que el voltaje  $V_{ce}$  suele ser del orden de  $2 \text{ V}$  o más, lo que no los hace tan atractivos como en un principio pudiera parecer.

## 2. TRANSISTORES BJT EN PARALELO

En una conexión de transistores bipolares en paralelo el problema principal es que un transistor conduce más que otro, debido a diferencias de construcción (principalmente la ganancia de corriente de cada transistor), por lo que uno de ellos se calienta más y da como resultado menor  $V_{be}$ , pues acapara más corriente de base y, por tanto, de colector y conduce aún más y se llega a producir avalancha térmica o acaparamiento de corriente.

Este problema se presenta mayormente cuando los transistores trabajan en la zona central del régimen lineal. Algunas soluciones para evitar el acaparamiento de corriente se describen a continuación.

### 2.1 Compensación por resistencia de emisor

Una resolución del problema es la

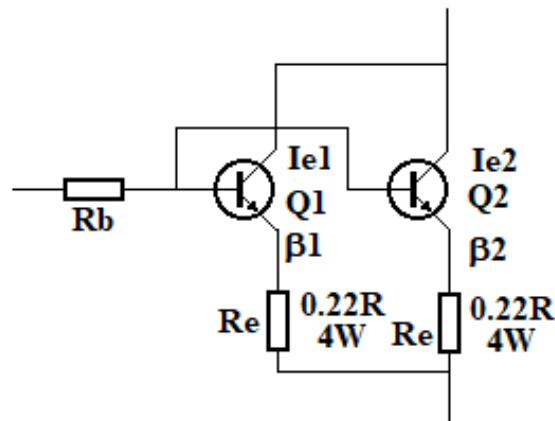


Figura 1. Compensación por resistencia de emisor con bases unidas.

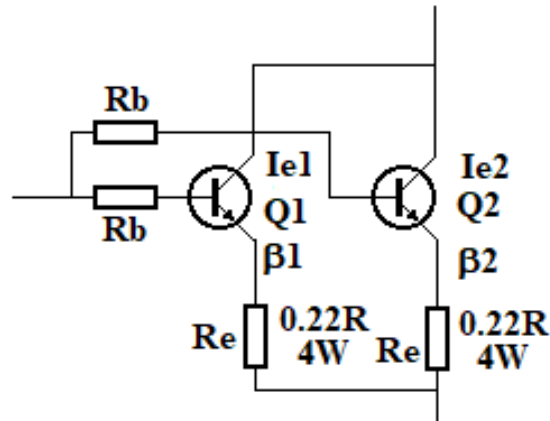


Figura 2. En este montaje las resistencias de emisor no tienen efecto.

inserción de resistencias de emisor (de  $0,22 \Omega$  o  $0,33 \Omega$ ) que produzcan una caída de voltaje entre  $0,3$  y  $0,5 \text{ V}$  con la corriente máxima en cada uno de los transistores.

Se deben de poner resistencias de emisor con los colectores y las bases unidas (fig. 1).

Un aumento de la corriente  $I_e$  en un transistor produce mayor caída de voltaje en la resistencia  $R_e$ , con lo que la  $V_{be}$  disminuye y, por tanto, la corriente de base con respecto al otro transistor se compensa.

Una diferencia de  $0,5 \text{ A}$  en emisores provoca una diferencia de  $0,1 \text{ V}$  en los voltajes  $V_{be}$ , y se compensa la diferencia al compensarse las corrientes de base.

El efecto de la resistencia de emisor con resistencia de base común es mayor que con resistencias de base separadas. En consecuencia, es importante no utilizar resistencias de base separadas, ya que el efecto de compensación producido por la resistencia de emisor se enmascara y el efecto de compensación

no es apreciable. Por ejemplo, para una diferencia de corriente de emisor de  $0,5 \text{ A}$  habrá una caída en la  $R_e$  de  $0,1 \text{ V}$ , pero la diferencia  $V_{be}$  no afecta al transistor contiguo, ya que las resistencias de base lo impiden (el efecto es inapreciable), pues las corrientes de base permanecen prácticamente iguales (fig. 2).

A título de ejemplo, en un montaje para dos transistores 2N3055 de  $h_{fe}$  15 y 120, con resistencia de emisor y base separadas se obtiene una relación de corrientes de emisor del orden de 3,6. Sin embargo, en los mismos transistores con las bases unidas, la relación obtenida es del orden de 1,3. En caso de que el ajuste no sea todo lo necesariamente preciso, es posible sobredimensionar cada transistor multiplicando la corriente por un factor de seguridad (p. ej., corriente de emisor esperada  $I_{e-1,3}$ ).

### 2.2 Compensación por ajuste de resistencia de base

Una solución alternativa a la resistencia de emisor consiste en variar la resistencia



de base de cada transistor de manera que se compensen las corrientes de base con el  $h_{fe}$  de cada transistor, lo que da como resultado corrientes de colector (y, por tanto, de emisor) iguales.

Para montajes de transistores “con resistencia de base independiente”, se ha de usar una resistencia ajustada del valor adecuado.

Para montajes de transistores “con resistencia de base común”, se ha de usar una resistencia de base personalizada que provoque caída de voltaje de 1 V (mínima) en cada transistor para la corriente de colector máxima (fig. 3).

Por ejemplo, si se quiere que  $I_{c1} = 5A$  e  $I_{c2} = 5A$ ,

$h_{feQ1} = 20$   $h_{feQ2} = 33$ , se tendrá  
 $I_{b1} = 0,25 A$   $I_{b2} = 0,1515 A$ , por lo que las  $R_b$  serán

$R_{b1} = 1/0,25 A = 4 \Omega$  de  $0,25 W$

$R_{b2} = 1/0,1515 A = 6,6 \Omega$  de  $0,15 W$

Otra forma sería fijar la resistencia menor a  $3,3 \Omega$  ( $0,2 W$ ) y hacer la resistencia mayor con la relación de los  $h_{fe}$ . En este caso, sería  $R_{b2} = R_{b1} \cdot 33/20 = 5,45 \Omega$  ( $0,15 W$ ).

A título de ejemplo, la resistencia de base  $R_{bi}$  debe ser del orden de  $h_{fe}$  veces mayor a la resistencia que se utilizaría de emisor. Cuanto mayor sea el voltaje en las resistencias  $R_{bi}$ , mayor será la estabilidad respecto a la temperatura. Unas resistencias  $R_{bi}$  muy pequeñas pueden no tener efecto compensatorio.

Después de estas resistencias de base independientes, se puede poner una resistencia de base común  $R_{bc}$  por la que circulen las dos corrientes de base, o usar dos resistencias de base separadas completamente de la relación adecuada (fig. 4).

En un montaje para dos transistores 2N3055 de  $h_{fe}$  15 y 120, con resistencia de base ajustada, la relación de corrientes de emisor que se obtiene es prácticamente 1.

### 2.3. Conexión en paralelo en régimen de conmutación

En régimen de conmutación la conexión en paralelo de transistores bipolares presenta los mismos inconvenientes que en régimen lineal. Pero hay que tener en cuenta que la corriente de base es mucho mayor (del orden de dos o tres veces o mayor) a la corriente de base máxima en régimen lineal para la misma carga, con el fin de saturar completamente el transistor.

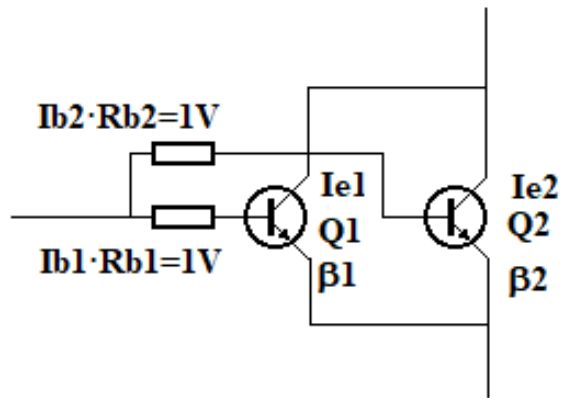


Figura 3. Resistencias compensadoras de base pequeñas. También pueden ser grandes.

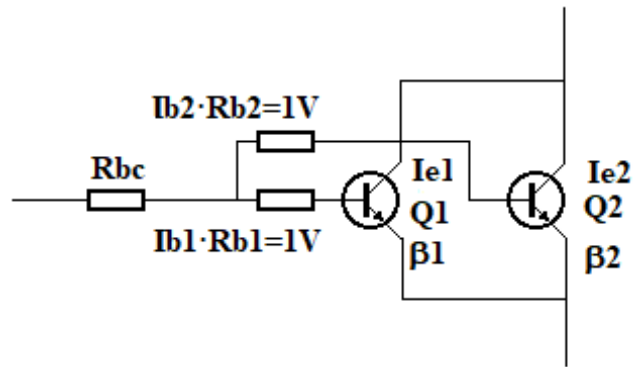


Figura 4. Resistencias de base ajustadas con resistencia común.

Si se observan las curvas de características de transistores bipolares, se ve que el voltaje  $V_{ce}$  de saturación aumenta con la corriente de colector. Esto realiza un efecto compensatorio entre la distribución de las corrientes entre transistores, pero no es suficiente esta compensación para igualar las corrientes.

A título de ejemplo, para dos transistores 2N3055 con  $h_{fe}$  de 15 y 120, en paralelo y sin resistencia de emisor, la relación de las corrientes de colector llega a ser del orden de 3, lo que hace necesario también el uso de alguna técnica de compensación.

### 3. TRANSISTORES MOSFET EN PARALELO

El mayor problema se presenta cuando los MOSFET trabajan en régimen lineal, ya que en régimen de conmutación una diferencia en la corriente tiende a autocompensarse por presentar una resistencia  $r_{ds(on)}$  muy parecida en todos los transistores. Incluso si un transistor

se calienta más, al poseer  $R_{on}$  un coeficiente de temperatura positivo, este produce un efecto de autocompensación.

En régimen lineal cada transistor tiene un voltaje  $V_{gs}$  umbral ligeramente diferente, que provoca corrientes  $I_{ds}$  diferentes para cada transistor para  $V_{gs}$  iguales. En el caso de solicitar la máxima potencia al circuito, el transistor que conduzca más puede dañarse si no se tienen las consideraciones necesarias.

#### 3.1. Compensación por resistencia de fuente

En principio la resistencia de emisor utilizada para los transistores bipolares también es válida para transistores MOSFET (resistencia de source). Pero el valor de esta resistencia tiene que ser mucho mayor para que tenga efecto compensatorio (fig. 5).

En simulaciones realizadas con NgSpice se comprueba que esta resistencia tiene que ser considerablemente grande para que tenga un efecto apreciable. Si se considera que el voltaje umbral entre

transistores puede diferir en hasta 2 V, en un caso de mayor desventaja, el voltaje diferencia de  $R_{s1}$  y  $R_{s2}$  por diferentes corrientes de fuente debe de proporcionar una compensación de  $V_{gs1}$  y  $V_{gs2}$  de hasta 2 V para igualar las corrientes, lo cual significa que el valor de  $R_s$  debe de ser de varios ohmios para que sea apreciable.

En una simulación se comprueba que la eficacia de esta compensación es mínima para valores de  $R_s$  en torno a  $0,33 \Omega$ ; incluso el funcionamiento está fuera de la zona lineal. A título de ejemplo, para resistencias de fuente de  $10 \Omega$  la relación de corrientes en el punto crítico (o de mayor potencia disipada) es de 2,1. Pero, en realidad, lo que interesa es el valor de la potencia en este punto, y la relación de potencias es de 1,6.

### 3.2. Compensación por calibrado de vgs

Otra solución más efectiva consiste en calibrar el  $V_{gs(th)}$  (voltaje de puerta fuente umbral) de cada transistor por medio de un sumador (realizado con un amplificador operacional) a la entrada de puerta de cada MOSFET, de manera que para una  $V_g$  común a todos MOSFET se obtengan corrientes de drenador  $I_d$  iguales en todos transistores. Esto, básicamente, consiste en compensar el voltaje de puerta de cada transistor de forma que se alcance el voltaje umbral al mismo tiempo en todos los transistores.

Esta técnica permite conseguir un ajuste preciso de las corrientes de drenador para que las potencias de cada transistor sean iguales.

Puede realizarse un circuito sumador para conseguir un voltaje umbral mínimo para todos los MOSFET o realizarse un circuito restador para conseguir un voltaje umbral máximo para todos los MOSFET.

### 3.3 Compensación por variación del voltaje de puerta

La compensación por calibrado del voltaje umbral  $V_{gs(th)}$  es perfecta, pero presenta el problema de requerir un circuito sumador con uno o dos AO para cada transistor. Una alternativa es el uso de un trimmer de ajuste de la  $V_{gs}$  para conseguir disipar la misma potencia por todos los MOSFET en el punto más crítico de funcionamiento para los MOSFET. En el resto de la zona de funcionamiento las corrientes de los MOSFET se desequilibran, pero

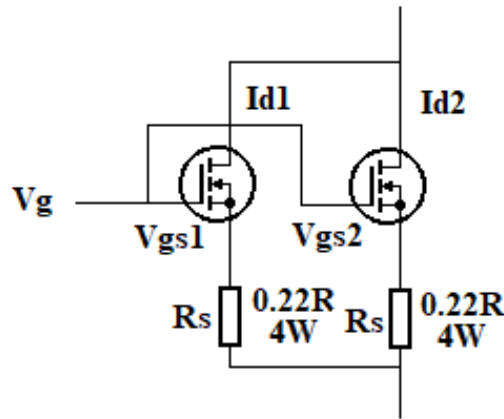


Figura 5. Compensación por resistencia de source.

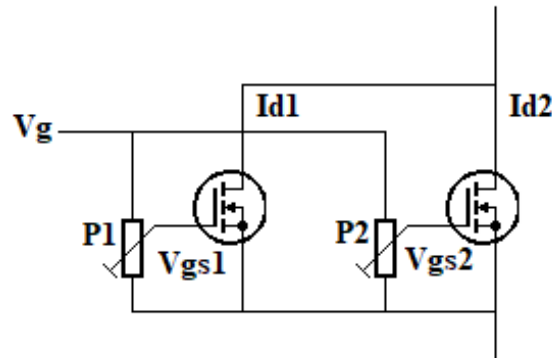


Figura 6. Compensación por trimmer.

al ser las potencias disipadas menores a la del punto más crítico, los MOSFET pueden soportar este régimen de funcionamiento.

En la figura 6 se muestra un circuito con compensación por trimmer. El ajuste se realiza para alcanzar una potencia máxima para el conjunto de todos MOSFET e igual por cada uno de ellos.

## 4. CONCLUSIONES

La resistencia del emisor permite el uso de cualquier transistor independientemente de su hfe personal. Permite cambios de transistores por avería fortuita. La pérdida de potencia en la resistencia es elevada, del orden de 5 a 10 W. Los colectores y las bases tienen que estar unidos para obtener el efecto deseado, pues resistencias de emisor con resistencias de base separadas no producen el efecto buscado.

La resistencia de base permite el uso de transistores ajustando la resistencia de base para cada hfe de cada uno de ellos.

Un cambio fortuito de un transistor podría ser catastrófico si no se reajusta la resistencia de base nuevamente. La pérdida de potencia en la resistencia es pequeña, del orden de 0,25 W máximo.

Al igual que para transistores bipolares, la resistencia de source en transistores MOSFET permite la sustitución de un transistor si este se avería, pero el valor de esta resistencia debe ser muy elevado para producir el efecto deseado, del orden de  $10 \Omega$ , lo que produce una disipación de potencia muy elevada.

En el calibrado de  $V_{gs}$  se produce la misma situación que para los transistores bipolares con resistencia de base diferente; se obtiene un ajuste perfecto.

En transistores bjt en régimen de conmutación también se hace necesario algún tipo de compensación.

En transistores MOSFET en régimen de conmutación no es necesario ningún sistema de compensación, ya que la resistencia on de todos los MOSFET es de un valor prácticamente igual.

ONLINE

# CIBERSEGURIDAD EN LA INDUSTRIA 4.0



**Formación 100% GRATUITA**

¡Conviértete en perfil muy demandado y consigue 3 certificaciones!

 <https://grupomainjobs.com/cogiti/>

 657 096 483 / 635 59 31 46



## REQUISITOS:

- ✓ Residente en España
- ✓ Título de Bachillerato o Grado en Ingeniería
- ✓ Persona desempleada, trabajadora, autónoma o funcionaria.



# Normas y ensayos acústicos para la legalización de actividades

## Acoustic rules and tests for the legalization of activities

Antonio Matías Navarro-Torres<sup>1</sup>, Miguel Tamayo-Monedero<sup>2</sup>

### Resumen

La implantación de actividades genera riqueza y empleo. Su legalización en cualquier municipio se realiza mediante licencia o presentación de declaración responsable y en cualquiera de los casos es necesaria la redacción de un proyecto técnico.

Todos los actores implicados, administración local, titulares de las actividades y ciudadanos se ven afectados por el cumplimiento normativo de los requisitos legales urbanísticos y medioambientales que establecen las administraciones competentes para este tipo de proyectos. Las numerosas deficiencias detectadas en las inspecciones a posteriori por técnicos municipales derivan en un alto porcentaje de incumplimientos, que hacen que la implantación de las actividades en muchos casos no sea viable y sean paralizadas debido a incumplimientos en aspectos como la accesibilidad de personas con discapacidad, incorrecta ubicación de las máquinas de las distintas instalaciones, salidas de humos, gases, déficit de aislamiento acústico, etc.<sup>[1]</sup> Esta situación trae consigo retrasos en la apertura de los establecimientos o, incluso, que los promotores de dichos proyectos desistan de emprender la actividad al ser algunos de los incumplimientos difíciles de subsanar. Este artículo se centra en revisar la normativa aplicable a los estudios acústicos en los proyectos técnicos de actividades en los municipios de Andalucía y propone unos modelos tipo de certificados de ensayos acústicos que garantizan el cumplimiento de dichas normas, para contribuir a evitar el alto porcentaje de deficiencias acústicas detectadas en el control e inspección de actividades realizadas por técnicos municipales.

### Palabras clave

Ruido, contaminación acústica, normativa acústica, estudio acústico, ensayo acústico, certificado acústico, proyecto técnico.

### Abstract

The implementation of activities generates wealth and employment. Its legalisation in any municipality is carried out by means of a licence or by submitting a responsible declaration. In any case, the drafting of a technical project is necessary.

All the actors involved, local administration, owners of the activities and citizens are affected by the regulatory compliance of the legal urban and environmental requirements established by the competent administrations for this type of project. The numerous deficiencies detected in the a posteriori inspections by municipal technicians result in a high percentage of non-compliance, which means that the implementation of the activities in many cases is not viable and is paralysed due to non-compliance in aspects such as accessibility for people with disabilities, incorrect location of the machines in the different facilities, smoke and gas outlets, lack of acoustic insulation, etc.<sup>[1]</sup> This situation leads to delays in the opening of establishments, or even to the promoters of such projects giving up on undertaking the activity, as some of the non-compliances are difficult to correct. This article focuses on reviewing the regulations applicable to acoustic studies in technical projects for activities in the municipalities of Andalusia and proposes some standard models of acoustic test certificates that guarantee compliance with these regulations, helping to avoid the high percentage of acoustic deficiencies detected in the control and inspection of activities carried out by municipal technicians.

### Keywords

Noise, noise pollution, acoustic regulations, acoustic study, acoustic test, acoustic certificate, technical project.

Recibido/received: 06/11/2024    Aceptado/accepted: 11/11/2024

(1) Doctor, ingeniero industrial e ingeniero técnico industrial, jefe del Negociado de Inspección Ambiental. Ayuntamiento de Sevilla. Servicio de Protección Ambiental. E-mail: amnavarro@sevilla.org <https://orcid.org/0000-0003-2870-1696>

(2) Ingeniero técnico industrial, jefe de Negociado, redactor de la Ordenanza contra la Contaminación Acústica, Ruidos y Vibraciones del Ayuntamiento de Sevilla. Servicio de Protección Ambiental. Autor para correspondencia: Miguel Tamayo Monedero. Email: mtamayo.mambiente@sevilla.org

[1] Documento suscrito por la persona titular de una actividad empresarial o profesional en el que declara, bajo su responsabilidad, que cumple con los requisitos establecidos en la normativa vigente, que dispone de la documentación que así lo acredita y que se compromete a mantener su cumplimiento durante la vigencia de la actividad.



Imagen cedida por los autores del artículo (medición acústica).

## 1. Introducción

La puesta en marcha de nuevas actividades se debe hacer aglutinando los objetivos económicos, sociales y medioambientales. Para ello deben cumplirse las normas establecidas que hacen viable su funcionamiento y desarrollo en el medio urbano, garantizando el *compliance*<sup>2</sup>.

La incorporación al ordenamiento jurídico español de la Directiva 2006/123/CE de la Unión Europea [2] ha cambiado drásticamente el procedimiento de legalización de nuevas actividades. Esto implica que la legalización de la mayoría de las actividades se realice mediante la presentación de una declaración responsable, se ha eliminado el control a priori que realizaban los ayuntamientos y se ha sustituido por un control posterior por parte de los técnicos municipales [3].

La eliminación del control previo en la legalización por declaración responsable, ha supuesto que un gran número de actividades, tras realizar el control posterior, presenten deficiencias o sean inviables respecto a cómo fueron inicialmente proyectadas o construidas [4]. Estos incumplimientos que se detectan en el control posterior hace que en muchas actividades la declaración responsable presentada quede sin efecto hasta que subsanen dichas deficiencias en una nueva declaración responsable, de manera que el desarrollo de la actividad no suponga riesgos por daños al medio

ambiente o a los ciudadanos.

Uno de los aspectos más problemáticos en nuestras ciudades es el daño que produce el ruido por los incumplimientos de las actividades, que puede ir desde simples molestias hasta llegar a suponer un riesgo grave para la salud de las personas y para el medio ambiente. Sin perjuicio de las competencias autonómicas y estatales que correspondan, la ordenación, planificación, programación y ejecución de actuaciones en materia de protección del medio ambiente contra ruidos y vibraciones en las ciudades es de competencia municipal conforme al artículo 9 de la Ley 5/2010, de 11 de junio, de Autonomía Local de Andalucía (LAULA).

Es por ello por lo que la lucha contra la contaminación acústica ha de abordarse en todas sus vertientes (prevención, vigilancia, control y disciplina).

El objetivo del artículo es ayudar a prevenir los incumplimientos acústicos en las actividades de nueva implantación que se legalizan por declaración responsable en los municipios andaluces, y dar a conocer el estado de la normativa acústica de aplicación actualmente en vigor y elaborar una relación de modelos tipo de certificados de ensayos acústicos in situ que permita a los técnicos redactores de los proyectos y estudios acústicos predictivos validar el

cumplimiento de los requisitos acústicos necesarios que cumplir para la correcta puesta en marcha de las actividades.

## 2. Marco normativo en Andalucía

La Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, desarrollada por el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental y el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, sobre zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, se consideran junto con el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, que aprueba el documento básico DB-HR del Código técnico de la edificación, legislación básica en materia de ruido en el ámbito nacional.

Esta legislación básica fue incorporándose posteriormente al desarrollo normativo en las distintas comunidades autónomas. En Andalucía, el Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía, constituye el actual marco normativo en materia de contaminación acústica, aglutinando la legislación básica estatal. Por otra parte, dicho decreto establece en su artículo cuatro competencias específicas para los municipios conforme a lo dispuesto en el artículo 9 de la LAULA, el artículo 69.2 de la Ley 7/2007, de 9 de julio, y el artículo 4 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre.

2. Cumplimiento normativo.

Entre dichas competencias se encuentra la aprobación de ordenanzas municipales de protección contra la contaminación acústica. En este sentido la Federación Andaluza de Municipios y Provincias (FAMP) tiene a disposición de los municipios andaluces una ordenanza

municipal tipo de protección contra la contaminación acústica que sirve de referencia para la elaboración por dichos municipios de su propia ordenanza [5].

### 2.1. Relación de normativa acústica en vigor

Para una correcta justificación de los requisitos acústicos, es imprescindible conocer la normativa de aplicación en la legalización de actividades, por lo que se realiza una recopilación de la misma en la tabla 1 [6].

NORMAS DE LA ADMINISTRACIÓN CENTRAL	
	Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
	Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
	Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
	Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico "DB-HR Protección frente al ruido" del Código Técnico de la Edificación.
	Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología (Art. 8.1).
	Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, por el que se desarrolla la Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología (Art. 6).
	Orden ITC/155/2020, de 7 de febrero, por la que se regula el control metrológico del Estado de determinados instrumentos de medida (Anexo XIV).
NORMAS DE LA ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA	
	Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.
	Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía.
NORMAS DE LA ADMINISTRACIÓN LOCAL	
	Ordenanza contra la Contaminación Acústica, Ruido y Vibraciones de 25 de julio de 2014, del Ayuntamiento de Sevilla (OCCARV).
NORMAS TÉCNICAS	
	UNE-EN ISO/IEC 17025:2017.- Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
	UNE-ISO 1996-1:2020.- Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: magnitudes básicas y métodos de evaluación.
	UNE-ISO 1996-2:2020.- Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: determinación de los niveles de presión sonora.
	UNE-EN ISO 16283-1:2015.- Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.
	UNE-EN ISO 16283-3:2016.- Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 3: Aislamiento a ruido de fachada. (solo en DB-HR-CTE)
	UNE-EN ISO 717-1:2021.- Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.
	UNE-EN ISO 16283-2:2021. - Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos.
	UNE-EN ISO 717-2:2021.- Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos.
	UNE-EN ISO 3382-2008.- Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios.
	UNE-EN ISO 8.041-1:2018.- Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida. Parte 1: Instrumentos de medida para uso general.
	UNE-ISO 2631-2:2011: Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. Parte 2: Vibración en edificios (1 Hz a 80 Hz).
	UNE-EN 61672-1:2014.- Electroacústica. Sonómetros. Parte 1: Especificaciones.
	UNE-EN 61672-2:2014.- Electroacústica. Sonómetros. Parte 2: Ensayos de evaluación de modelo.
	UNE-EN 61672-3:2014.- Electroacústica. Sonómetros. Parte 3: Ensayos periódicos.
	UNE-EN 61672-2:2014/A.- Electroacústica. Sonómetros. Parte 2: Ensayos de evaluación de patrón. (Ratificada por AENOR en agosto de 2017).
	UNE-EN IEC 60942:2019.- Electroacústica. Calibradores acústicos.
	UNE-EN 61260-1:2014.- Electroacústica. Filtros de bandas de octava y de una fracción de octava. Parte 1: Especificaciones (Ratificada por AENOR en agosto de 2014).
	UNE-EN 61260-2:2014.- Electroacústica. Filtros de bandas de octava y de una fracción de octava. Parte 2: Ensayos de evaluación de patrón (Ratificada por AENOR en julio de 2016).
	UNE-EN 61260-3:2014.- Electroacústica. Filtros de bandas de octava y de una fracción de octava. Parte 3: Ensayos periódicos (Ratificada por AENOR en julio de 2016).
	UNE-EN 61260-2:2016/A1:2017.- Electroacústica. Filtros de bandas de octava y de una fracción de octava. Parte 2: Ensayos de evaluación de patrón (Ratificada por AENOR en agosto de 2017).
	UNE-EN ISO/IEC 17025:2017.- Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

Tabla 1. Relación de la normativa en vigor a fecha de noviembre de 2024.



LÍMITES ACÚSTICOS	ÍNDICE DE EVALUACIÓN	MODELO DE CERTIFICADO PROPUESTO
Nivel de inmisión de ruido en el exterior (NIE)	LKd, LKe, LKn	Nivel de inmisión de ruido en el exterior (NIE)
Nivel de inmisión de ruido en el interior (NII)	LKd, LKe, LKn	Nivel de inmisión de ruido en el INTERIOR (NII).
Aislamiento acústico a ruido de impacto (AARI)	L'nT,w	Aislamiento acústico a ruido de impacto.
Tiempo de reverberación (TR)	T	Tiempo de reverberación de actividades sujetas a exigencias de acondicionamiento acústico.
Nivel de inmisión de vibraciones (NIV)	Law	Nivel de inmisión de vibraciones estacionarias (NIV).
		Nivel de inmisión de vibraciones transitorias (NIV).
EXIGENCIAS ACÚSTICAS	ÍNDICE DE EVALUACIÓN	(NIV).
Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos	DnT,A	Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos
Aislamiento acústico a ruido aéreo interior-exterior de actividades	DA = Dw + C	Aislamiento acústico a ruido aéreo entre el interior y el exterior de actividades.
OTRAS EXIGENCIAS ACÚSTICAS	ÍNDICE DE EVALUACIÓN	MODELO DE CERTIFICADO PROPUESTO
Instalación y ajuste de limitadores controladores de sonido	PA(E-R)	Parte I: ensayo de mediciones y valoraciones acústica previas.
	NSIAL LAeq5"rr	Parte II: configuración de parámetros y ensayo de comprobación de límites acústicos.
Comprobación de niveles sonoros en el interior de actividades (específico para la Ordenanza contra la Contaminación Acústica, Ruidos y Vibraciones de Sevilla (OCCARV)	LAeq,1m	Nivel sonoro de receptores de tv en establecimientos de hostelería sin música ubicados en edificios de viviendas o colindantes con viviendas.

Tabla 2. Relación de límites y exigencias acústicas en vigor a fecha de noviembre de 2024.

### 3. Requisitos acústicos para la legalización de actividades sujetas al decreto 6/2012 y modelos tipo de certificados de ensayo

Teniendo en cuenta el Decreto 6/2012 de 17 de enero, las actividades en función de su tipología quedan sujetas al cumplimiento de los siguientes límites y exigencias acústicos (tabla 2).

No obstante, hay actividades a las que además del Decreto 6/2012 le es aplicable el Real Decreto 1371/2007 DB-HR del CTE, concretamente, se trata de las edificaciones de nueva planta destinadas a uso docente, administrativo, residencial público y sanitario. Para los usos indicados anteriormente, la verificación in situ de los límites de inmisión de ruido y límites de inmisión de vibraciones se efectúa conforme establece el Decreto 6/2012 y en relación con la verificación in situ de aislamientos acústicos (aislamiento acústico a ruido aéreo, aislamiento a ruido de impactos y aislamiento a ruido de fachada) y del tiempo de reverberación, se efectúa conforme establece el Real Decreto 1371/2007 DB-HR del CTE.

Es necesario distinguir las diferencias existentes entre el decreto y real decreto anteriores respecto a la verificación de los índices que evalúan el aislamiento a ruido de fachada y aislamiento a ruido de impacto:

- En la evaluación del aislamiento a ruido de fachada, tanto el índice de evaluación como la norma UNE-EN-ISO de medición a aplicar son diferentes según corresponda el Decreto 6/2012 o el Real Decreto 1371/2007, ya que en el Decreto 6/2012 la medición para valorar el aislamiento acústico de fachada se efectúa siempre desde el interior de la actividad hacia el exterior y en el Real Decreto 1371/2007 se efectúa desde el exterior de la edificación hacia el interior. La segunda diferencia estriba en el índice de evaluación utilizado por el Decreto 6/2012 ( $DA = Dw + C$ ) respecto al utilizado por el Real Decreto 1371/2007 DB-HR del CTE (" $D2m,nT,A$ " para ruido predominante ferroviario y  $D2m,nT,Atr$  para ruido exterior dominante de automóviles o

aeronaves). La tercera diferencia es bastante significativa, pues estriba en los límites exigidos en función de que corresponda aplicar el decreto o el real decreto.

El motivo de la diferencia respecto a la forma de medir radica en el enfoque de las normas citadas. Mientras que el Decreto 6/2012 pretende evitar la contaminación acústica que pueden transmitir las actividades hacia el exterior, el Real Decreto 1371/2007 DB-HR del CTE pretende evitar la transmisión de ruido desde el exterior hacia el interior de la edificación.

- En la evaluación del aislamiento a ruido de impacto, aunque el índice de evaluación es el mismo ( $L'nT,w$ ) en uno y otro caso, la primera diferencia esencial estriba en la aplicación de la norma UNE-EN ISO 16283-2:2021 respecto a la forma de medir, ya que conforme establece el Decreto 6/2012, dicha norma se aplica independientemente de la posición del recinto receptor respecto al recinto emisor donde se posiciona la máquina de impactos para

realizar el ensayo. Sin embargo, la aplicación de la citada norma UNE, conforme establece el Real Decreto 1371/2007, se efectúa en dirección descendente en los casos de recintos superpuestos o con una arista horizontal común y en dirección horizontal en los casos de recintos adyacentes. La segunda diferencia esencial estriba en que los límites máximos permitidos en el decreto y real decreto mencionados son distintos.

#### 4. Modelos de certificados de ensayos acústicos propuestos

Con el objeto de facilitar la labor de los técnicos que efectúan certificaciones y ensayos acústicos, se proponen unos modelos tipo de certificados que abarcan la totalidad de posibles ensayos a realizar conforme al Decreto 6/2012. Dado que los municipios andaluces deben disponer de una ordenanza municipal de protección contra la contaminación acústica, dichos certificados de ensayo, a modo de aplicación práctica, están referidos al Decreto 6/2012 y en algunos de sus aspectos particularizados a la Ordenanza contra la Contaminación Acústica, Ruidos y Vibraciones del municipio de Sevilla,

por lo que estos modelos son fácilmente adaptables a cualquier municipio de Andalucía.

En el siguiente enlace se ponen a disposición para su descarga los modelos expuestos en la tabla 2: <https://goo.su/gmpNKPu>

#### 5. Conclusiones

Con el análisis efectuado en este artículo se ha conseguido dar a conocer una relación de la normativa acústica vigente aplicable a las actividades, poniendo a disposición una relación de modelos tipo de certificados de ensayos acústicos que permiten verificar in situ el cumplimiento de los límites y exigencias acústicas establecidas en el Decreto 6/2012.

#### 6. Referencias

- [1] Navarro-Torres, A., Mena-Nieto, A., Bravo-Aranda, G., Hernandez-Rodriguez, F. (2021). Carbon Footprint of the Legalization of Activities at the City of Seville. *DYNA*, 96(2); p. 134-139. <https://doi.org/10.6036/9885>
- [2] Unión Europea. Directiva 2006/123/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a los servicios en el mercado interior. DOUE, L 376 de

27 de diciembre de 2006.

- [3] Mena-Nieto, A., Navarro-Torres, A., Bravo-Aranda, G.. (2013). Improving Municipal Licenses Management Forced by the Services Directive. *DYNA*, 88(3); p. 352-360. <https://doi.org/10.6036/5264>
- [4] Navarro-Torres, A., Mena-Nieto, A., Bravo-Aranda, G. (2022). Use of Semantic Technologies in the Development of an Ontology for the Management of Urban Projects. The Case of the Seville City Council. *DYNA*, 97(3); p. 234-238. <https://doi.org/10.6036/10383>
- [5] Ordenanza Municipal Tipo de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía, inscrita en el Registro de la Propiedad Intelectual de Andalucía por D. Miguel Tamayo Monedero, con nº de asiento registral 04/2013/6829. [https://www.famp.es/export/sites/famp/galleries/documentos-ordenanzas/OMT\\_Contam\\_Acustica-FAMP.pdf](https://www.famp.es/export/sites/famp/galleries/documentos-ordenanzas/OMT_Contam_Acustica-FAMP.pdf)
- [6] Normativa acústica en vigor a fecha 05/11/2024. [https://www.boe.es/biblioteca\\_juridica/codigos/codigo.php?id=184\\_Codigo\\_del\\_Ruido&tipo=C&modo=2](https://www.boe.es/biblioteca_juridica/codigos/codigo.php?id=184_Codigo_del_Ruido&tipo=C&modo=2)

# Exclusivo para autónomos en el RETA o en MUPITI

Incrementa tus aportaciones y  
aumenta la desgravación fiscal con el  
**Plan de Ahorro para Autónomos de Mupiti**



**Mejora ya tu  
futura jubilación**

## Atractivo fiscal:

Puedes aportar y desgravar hasta 4.250 €\*

\*Adicionales a los 1.500 €/anuales establecidos en los sistemas de previsión social complementarios individuales.

## Flexibilidad:

Haz aportaciones mensuales o en el momento que quieras.

## Rentabilidad:

Tendrás garantizado el tipo de interés y participación en los beneficios.

INDICADOR DE RIESGO Y ALERTAS DE LIQUIDEZ	
Indicador de Riesgo	Alertas de Liquidez
1 / 6 <small>Este número es indicativo del riesgo del producto, siendo 1/6 indicativo de menor riesgo y 6/6 de mayor riesgo.</small>	<b>66</b> <small>El reembolso, rescate o la devolución anticipada de una parte o de todo el principal invertido está sujetos a comisiones o penalizaciones.</small>

Más Info:  
Virginia Postiguillo  
virginia@mupiti.com  
☎ 900 820 720





# El Comité UNE de Servicios de mediación, cuya secretaría lidera el COGITI, presenta su nueva Norma

**La Asociación Española de Normalización (UNE) y el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) celebraron el pasado 10 de octubre, en la sede del COGITIM, la Jornada Informativa UNE-COGITI: “Nueva Norma para la mediación”, en la que presentaron la nueva Norma UNE 197301.**

Esta Norma establece los requisitos y criterios para unificar los procedimientos y los documentos que se utilizan en los procesos de mediación civil y mercantil, concursal y de consumo. Tiene como objetivo estandarizar estos procesos de mediación para gestionarlos de una manera más sistematizada, minimizar sus riesgos y generar confianza en todas las partes implicadas, en un contexto en el que la mediación se ha convertido en una herramienta fundamental en la resolución de conflictos. El Comité UNE de Servicios de mediación, cuya secretaría lidera el COGITI, ha sido el responsable de su elaboración.

En las últimas décadas, España ha experimentado un aumento de la litigiosidad, acompañado de una mayor complejidad social, conciencia legal y desarrollo económico. Todo ello ha motivado que los procedimientos judiciales se hayan ralentizado y encarecido, siendo inaccesibles para muchas empresas y personas. Además, cuando se trata de temas delicados, las partes no optan por la vía judicial para evitar que los detalles del conflicto y las deliberaciones judiciales sean de acceso público.

En este contexto, la mediación ha experimentado un gran crecimiento, suponiendo una alternativa al sistema judicial tradicional y una herramienta fundamental en la resolución de conflictos en varios ámbitos, entre ellos, civil y mercantil, concursal y de consumo.

En la Jornada intervinieron José Antonio Galdón, presidente del COGITI; Alfredo Berges, presidente de UNE; María José Costa, vocal asesora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Justicia del Ministerio de Justicia; Cristina Hernán, gestor de Proyectos de UNE; Francesc Amer, presidente del CTN-UNE 197; Juan Ignacio Gutiérrez, de la Asociación Madrileña de Mediadores;



José Antonio Galdón, María José Costa y Alfredo Berges (en primer plano), acompañados de los ponentes que participaron en la presentación de la Norma UNE.

Ángel Luis Vázquez y Alberto Velasco, del Consejo General de Economistas, y Noemí de Córdoba e Israel Barroso, del Instituto de Censores Jurados de Cuentas de España.

José Antonio Galdón Ruiz, presidente de COGITI, agradeció a Alfredo Berges, presidente de UNE, su presencia en la jornada. En este sentido, expresó que “tenemos una relación fructífera con UNE y todos sabemos la importancia que tiene la normalización. Por ello, quiero felicitar a todos los miembros del Comité que han estado más de dos años trabajando en esta norma, y en el que han tenido un papel relevante Francesc Amer y Luis Francisco Pascual. En 2013 se puso en marcha nuestra Institución de Mediación y tenemos más de 200 profesionales formados en el ámbito de la mediación, sobre todo, en los ámbitos civil y mercantil. Tenemos que tratar, entre todos, de

tener un mundo mejor; nosotros lo hacemos en la parte técnica, y como profesionales, tenemos que intentar mejorar la vida de las personas que están a nuestro alrededor”.

En cuanto a la mediación, destacó que “rebaja la tensión y estamos muy esperanzados en que la norma ayude a todos los agentes de la mediación a que esto pueda llevarse a cabo, por lo que animo al CTN 197 a seguir trabajando”.

Por su parte, Alfredo Berges, presidente de UNE, manifestó que es “un placer el entendimiento entre UNE y el Colegio, y la colaboración ha sido siempre muy de agradecer”. En lo que respecta a la mediación, señaló que es una “alternativa clara al sistema judicial tradicional. UNE es una organización global que tiene como objetivo contribuir al progreso compartido de la sociedad y la creación de un mundo más seguro, sos-

tenible y competitivo, a través del desarrollo de normas técnicas o estándares”.

“El COGITI, como miembro de UNE y de su Junta Directiva, siempre ha aportado la innovación y el conocimiento general por parte de sus profesionales, los ingenieros técnicos industriales, para impulsar la competitividad de las empresas a través de la normalización. La industria y la sociedad evolucionan, y coherentemente la normalización lo hace para ayudar a la sociedad y a los sectores económicos españoles a superarlo con éxito”, añadió.

María José Costa, vocal asesora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Justicia del Ministerio de Justicia centró su intervención en una ponencia sobre “La mediación en España”. Puso el énfasis en que en nuestro país tenemos un problema con la resolución de conflictos, debido al aumento de la litigiosidad. Según datos del Consejo General del Poder Judicial, a finales de 2023 se constató que se había producido un incremento del 4,8% con respecto al año anterior. “Aunque se están incrementando las tasas de resolución dentro de los órganos judiciales, hay un gran volumen de asuntos que no encuentran una solución adecuada en el sistema judicial”, señaló.

Asimismo, hizo referencia a las carencias y déficit actuales del sistema judicial, y hay

otra realidad como es la mediación, que no acaba de cuajar, y que ofrece soluciones más satisfactorias porque se construyen desde la voluntad de las partes a encontrar una solución al conflicto.

En su opinión, “no se acude a la mediación pese al valor que aporta con una sociedad más pacificada. Hace falta impulsar la cultura de la mediación y establecer una conexión con el sistema judicial. Habrá conflictos que serán más propios de la jurisdicción y otros de la mediación”.

Además, se refirió al Anteproyecto de Ley Orgánica de medidas en materia de eficiencia del servicio público de Justicia y de acciones colectivas para la protección y defensa de los derechos e intereses de los consumidores y usuarios, aprobado este año en Consejo de Ministros, y que regula los mecanismos alternativos de solución de controversias (MASC), que ya se contemplaban en la Ley de Eficiencia Procesal que el Ejecutivo presentó la pasada legislatura. La aplicación de estos medios en vía no jurisdiccional, en el ámbito mercantil y civil, se contempla para evitar la sobrecarga de los juzgados y tribunales, limitando su intervención a aquellas causas en las que sean imprescindibles, y garantizado, a su vez, los derechos y las plenas garantías jurídicas de las partes. Según anunció, se está trabajan-

do en la nueva ley para aprobarla en este periodo de sesiones.

La jornada continuó con las intervenciones de los ponentes que explicaron y detallaron los aspectos fundamentales de la Norma. En primer lugar, intervino Cristina Hernán, gestor de Proyectos de UNE, que centró su ponencia en “Cómo se ha elaborado la Norma”. A continuación, tomó la palabra Francesc Amer, presidente del CTN-UNE 197, que realizó la presentación general de la Norma y explicó por qué se inició.

Por su parte, Juan Ignacio Gutiérrez, de la Asociación Madrileña de Mediadores, centró su intervención en el “Proceso de mediación civil y mercantil”. Las siguientes ponencias corrieron a cargo de Ángel Luis Vázquez y Alberto Velasco, del Consejo General de Economistas, que hablaron sobre el “Proceso de mediación concursal”, y Noemí de Córdoba e Israel Barroso, del Instituto de Censores Jurados de Cuentas de España, que se centraron en el “Proceso de mediación de consumo”.

Por último, hubo un coloquio entre los ponentes, que estuvo moderado por Paloma García, directora de Programas de Normalización y Grupos de Interés de UNE, y se abrió un turno de preguntas entre los asistentes a la jornada.

## José Antonio Galdón, reelegido presidente del Instituto de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España (INGITE)

El presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) ha tomado posesión de su cargo en la Asamblea Extraordinaria celebrada el pasado 20 de noviembre, aceptado por pleno consenso y sin necesidad de acudir a las urnas.

Tras unas elecciones en las que se han presentado unos únicos candidatos, han sido reelegidos, para los próximos cuatro años de mandato en el INGITE, los cargos de presidente (José Antonio Galdón Ruiz, presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España), vicepresidente (Carlos Dueñas Abellán, presidente del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas), secretario general (Andrés Díez Galilea, presidente del Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica), y tesorero (José Luis Leandro Rodríguez, presidente del Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos y Grados en Minas y Energía).

Todos ellos tomaron posesión de sus cargos en la citada Asamblea Extraordinaria. El recién elegido presidente del INGITE, José Antonio Galdón Ruiz, señaló que agradece a todas las entidades el apoyo y se compromete a seguir trabajando “unidos”, como se ha hecho en estos últimos cuatro años. “Inicio esta nueva legislatura con mucha ilusión y pretendo seguir trabajado en las acciones ya emprendidas en los últimos años, como es el impulso a la Función Pública”, manifestó.

El Instituto de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España (INGITE) es una entidad de carácter científico en la que están integradas las asociaciones que representan a las distintas ramas de la Ingeniería Técnica, y que actualmente representa a más de 300.000 profesionales y estudiantes. Entre sus funciones destacan las siguientes: defender a los profesionales a los que representan, representar a la Ingeniería Técnica a



José Antonio Galdón Ruiz toma posesión del cargo de presidente del INGITE.

nivel institucional, certificar a profesionales facilitando su movimiento internacional y estar presente en Europa a través del Comité Nacional Español de ENGINEERS EUROPE (antigua FEANI).

# El Foro de Seguridad Industrial trasladada al Ministerio de Industria y Turismo sus propuestas para la mejora constante en este ámbito

**En el marco de las reuniones periódicas que celebra este Foro, el COGITI ha vuelto a ser la entidad anfitriona de este encuentro, con el objetivo de debatir sobre diversos aspectos del ámbito de la seguridad industrial, y avanzar en la mejora de la seguridad de equipos, productos e instalaciones.**

Las entidades que forman parte de este Foro (FSI) coinciden en la necesidad de garantizar la seguridad de la ciudadanía y la preservación del medioambiente, así como de incrementar la vigilancia y establecer un control más efectivo por las administraciones competentes, sobre el ejercicio de las actividades de Seguridad Industrial. El COGITI es miembro del Foro desde 2019, cuando prácticamente acababa de constituirse.

La última reunión, celebrada el pasado 4 de septiembre, comenzó con las palabras del presidente del COGITI, José Antonio Galdón Ruiz, que dio la bienvenida a los representantes de las entidades participantes. Por su parte, el secretario técnico de la Federación Española de Asociaciones de Organismos de Control (FEDAOC), Jesús Métrida, presentó y explicó las actividades e iniciativas realizadas y las propuestas del Foro de Seguridad Industrial.

La jornada contó también con la participación del subdirector general de Calidad y Seguridad Industrial del Ministerio de Industria y Turismo, José Manuel Prieto Barrio, a quien las entidades que forman parte del FSI trasladaron sus propuestas para la mejora de la seguridad industrial.

Una de ellas es la creación del Observatorio de Seguridad Industrial, en el marco de la nueva Ley de Industria, como órgano consultivo de ayuda y colaboración con la Administración, y para la recopilación y análisis de datos y estadísticas. El FSI considera que sería un buen instrumento para la puesta en marcha de las propuestas del Foro,



Reunión del Foro de Seguridad Industrial, celebrada el pasado 4 de septiembre en la sede del COGITI.

así como fuente de información y difusión de gran utilidad para la sociedad; además les permitiría realizar acciones más efectivas y eficientes.

El Foro de la Seguridad Industrial se creó como foro permanente y vehículo de comunicación con la Administración. Desde su constitución, el FSI ha consensuado un total de 11 propuestas constructivas y relevantes, para elevarlas a la Subdirección General de Calidad y Seguridad Industrial, en aras de encontrar ideas y acciones que permitan su materialización. Des-

de el Foro aseguran que "conseguirlo supondrá alcanzar varios de los objetivos establecidos en el FSI, como son, dentro de la promoción de políticas y acciones de la seguridad industrial, la mejora de las condiciones de seguridad de personas e instalaciones; y dentro de las actitudes éticas, competencia leal y buena praxis profesional en los sectores, la mejora de la actividad económica y competitividad de las empresas".

Uno de los objetivos del Foro de la Seguridad Industrial es, por tanto,



afianzar y extender cauces de comunicación y de colaboración con la Administración para detectar prácticas fraudulentas a través de las inspecciones obligatorias en instalaciones; así como estandarizar criterios técnicos para la definición e interpretación de requisitos reglamentarios, con el establecimiento de un marco uniforme.

### Sobre el Foro de Seguridad Industrial (FSI)

El FSI representa a fabricantes, ingenieros, instaladores, mantenedores, evaluadores de la conformidad, y colaboradores en reglamentación técnica. En la actualidad está integrado por 16 organizaciones, que representan a algo más de 40.000 empresas, con unos 708.000 empleados.

El FSI agrupa a destacadas organizaciones pertenecientes al sector de la Seguridad Industrial: la Federación Española de Asociaciones de Organismos de Control (FEDAOC), la Asociación de Entidades de Ensayo, Calibración y Análisis (FELAB), la Asociación Nacional de Normalización de Bienes de Equipo y Seguridad Industrial (BEQUINOR), la Federación Empresarial Española de Ascensores (FEEDA), la Asociación Española de Sociedades de Protección contra Incendios (TECNIFUEGO), la Confederación Nacional de Instaladores y Mantenedores (CNI), el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), la Asociación de Empresas de Frío y sus Tecnologías (AEFYT), la Plataforma Tecnológica Española de

Seguridad Industrial (PESI), el Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales (CGCOII), la Confederación Nacional de Asociaciones de Empresas Instaladoras y Mantenedoras de Energía y Fluidos (CONAIF), la Federación Nacional de Empresarios de Instalaciones de España (FENIE), la Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización (AFEC), la Asociación de los Fabricantes de Generadores y Emisores de Calor (FECECA), la Federación Española de Asociaciones de Pequeñas y Medianas Empresas del Ascensor (FEPYMA) y la Asociación Española de Certificadores y Verificadores de la Evaluación de la Conformidad (ACERTES).

## El XXV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica se celebrará en junio

El XXV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, que se realiza bienalmente y está promovido por la Asociación Española de Ingeniería Mecánica (AEIM,) se celebrará del 10 al 13 de junio de 2025, en Santander. En su XXV edición, la conferencia está organizada por los grupos vinculados a la Ingeniería Mecánica de la Universidad de Cantabria (UC), y tendrá lugar en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación de la citada universidad.

El XXV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica es el principal lugar de encuentro para el intercambio de conoci-

miento científico y técnico, experiencias profesionales, proyectos competitivos y principales avances en el campo de la Ingeniería Mecánica en España. El principal objetivo es ofrecer, por tanto, un foro para la presentación y discusión de los últimos desarrollos científicos y tecnológicos en esta materia, y de modo específico en las siguientes áreas temáticas: biomecánica, cinemática computacional, dinámica de sistemas multicuerpo, educación en ingeniería mecánica, fiabilidad y mantenimiento, historias de las máquinas y los mecanismos, ingeniería de fabricación y metrología, o ingeniería ferroviaria, entre

muchas otras.

Todos los resúmenes y trabajos que se reciban serán revisados por el Comité Científico del Congreso. Los que sean finalmente aceptados deberán ser presentados en el Congreso por uno de los autores, bien como presentación oral, o bien como póster, y serán publicados en las actas del Congreso, en la revista "Anales de Ingeniería Mecánica", que edita la Asociación Española de Ingeniería Mecánica.

Para más información: <https://cnim25.unican.es/informacion-general/>

**XXV**  
**CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
 Santander, 10-13 junio 2025

UC | Universidad de Cantabria

AEIM

IFTOMM

# El jurado calificador del III Premio a la Innovación Tecnológica Empresarial y Sostenibilidad de la Fundación Técnica Industrial elige a la empresa ganadora

El jurado calificador de III Premio a la Tecnológica Empresarial y Sostenibilidad, que concede la Fundación Técnica Industrial, se reunía el pasado 16 de octubre, en Madrid, para deliberar sobre el proyecto y la empresa ganadora de este galardón.

Tras realizar la correspondiente valoración y puntuación de los trabajos presentados al concurso, todos ellos de gran calidad, el jurado designaba a la innovación tecnológica empresarial ROTARflow, de ACTEGA Artística, como la candidatura ganadora de esta tercera edición del Premio.

El principal objetivo de este reconocimiento es dar a conocer el esfuerzo empresarial que representa la innovación tecnológica aplicada a las mejoras de los procesos industriales y a la sostenibilidad. Por ello, va dirigido a proyectos desarrollados y aplicados en España por las grandes, pequeñas y medianas empresas.

ACTEGA Artística es una empresa con más de cien años de historia, que en la actualidad centra su actividad en el diseño, fabricación, distribución y servicio postventa de compuestos sellantes base agua para envases metálicos, así como en el diseño, fabricación, distribución y servicio postventa del equipamiento de aplicación de sellantes.

El campo de aplicación de las tecnologías diseñadas por ACTEGA Artística incluye a los grandes grupos multinacionales fabricantes de latas de aluminio de bebidas. Esta empresa ha desarrollado una tecnología disruptiva que permite el diseño, desarrollo, implantación y digitalización del proceso de monitorización y ajuste automático del peso de compuesto sellante aplicado en tapas de envases metálicos (latas). La innovación incluye el tratamiento de la enorme cantidad de datos generados (Big Data) por el sistema para su análisis, pudiendo mostrar resultados estadísticos de una forma comprensible, así como habilitar la monitorización remota en tiempo real.



El jurado calificador estuvo formado por José Antonio Galdón Ruiz, presidente de COGITI y de la Fundación Técnica Industrial; Maria Àngels Pèlach Serra, presidenta de la Conferencia de Directores de Escuelas de Ingeniería de Àmbito Industrial; José Manuel Prieto Barrio, subdirector general de Calidad y Seguridad Industrial del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, y José Miguel Guerrero, presidente de CONFEMETAL (de izquierda a derecha de la imagen).

En la industria de la fabricación del envase metálico alimentario no existe, para engomadoras rotativas, un sistema que permita la monitorización y el ajuste del peso de engomado, que es precisamente la propuesta central del proyecto ROTARflow; la única tecnología en la industria mundial de envases metálicos que permite monitorizar y ajustar en tiempo real el peso de la película seca del sellante.

ROTARflow tiene, además, un impacto muy positivo en la sostenibilidad, pues elimina los desperdicios provenientes de pesos excesivos de película, y tiempo sin valor añadido de los operadores y control de calidad. Por tanto, es una herramienta de productividad eficaz para la industria de fabricación de tapas, que reduce drásticamente los tiempos de inactividad.

Además, es un proyecto digital en el sentido más amplio del concepto, ya

que transforma un proceso manual (analógico) en un proceso totalmente automático (digital).

La entrega del Premio a la empresa ganadora se llevará a cabo próximamente, en el transcurso de un acto organizado por la Fundación Técnica Industrial.

La primera edición del premio tuvo como galardonada a la Empresa Jeanológica S.L., creada con la misión de transformar la industria textil, mediante el desarrollo de tecnologías y modelos de producción eco-eficientes.

En la segunda edición resultó ganadora la empresa GeoCENmap, por haber desarrollado una tecnología disruptiva que permite detectar la presencia de contaminación por hidrocarburo en el subsuelo desde la superficie, de una forma no invasiva, rápida y fiable, lo que constituye una importante mejora con respecto a las técnicas de investigación actuales.

# Estudiantes universitarios muestran su talento en la IV edición de MadridMotorStudent

Tecnología, innovación, talento y sostenibilidad son las señas de identidad de este evento único en el ámbito de la ingeniería, donde los equipos han mostrado los prototipos propulsados por energía no contaminante, ya sea eléctrica o de propulsión de combustión con biocombustibles 100% renovables (0% emisiones netas).

Un año más, MadridMotorStudent se consolida como el evento de referencia en el ámbito universitario de la ingeniería y el motor en la Comunidad de Madrid. Un total de 13 equipos de 8 universidades madrileñas, formados por más de 500 estudiantes de diferentes ramas de ingeniería y otras carreras universitarias, se han dado cita, el pasado mes de octubre, en la IV edición de MadridMotorStudent en el mítico Circuito de Madrid Jarama – Race para mostrar los prototipos que han diseñado para competir en Fórmula Student y MotoStudent; las competiciones universitarias más importantes a nivel internacional, en las que los alumnos aplican los conocimientos adquiridos durante sus estudios universitarios en un proyecto industrial, mediante el diseño, desarrollo y fabricación de un prototipo para la competición real.

Con esta iniciativa, el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos

Industriales de Madrid (COGITIM) pretende visibilizar el enorme potencial de la Ingeniería madrileña en el sector de la automoción, fomentar el tejido industrial y la competitividad empresarial. Para ello, cuenta con la participación de las universidades de la Comunidad de Madrid, tanto públicas como privadas, que imparten algún Grado en Ingeniería de la rama Industrial, así como empresas asociadas de entidades tan destacadas como la Asociación de Empresas del Metal (AECIM), la Asociación de Empresas del Sector de las Instalaciones y la Energía (AGREMI) y de la Asociación Profesional de Empresarios de Instalaciones Eléctricas y de Telecomunicaciones (APIEM).

A la cita han acudido 2.600 estudiantes madrileños de Formación Profesional (rama Tecnología) y Bachillerato Tecnológico, que han tenido la oportunidad de asistir en directo a todas las actividades programadas, y conocer la oferta formativa de titulaciones STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) de todas las universidades madrileñas, pues el evento tiene también como objetivos principales tanto el fomento de las vocaciones de los estudiantes por la Ingeniería, como mostrar a los estu-



diantes las distintas salidas profesionales que a día de hoy se ofertan en la Comunidad de Madrid. Para ello, han podido visitar la zona destinada a la Dirección General del Servicio de Empleo Público de la CAM, en la que han podido acceder al tráiler del "empleabús", así como participar en la dinámica de juego "Conoce tus Competencias", donde han recibido asesoramiento personalizado en materia de empleo de una forma amena.

La jornada comenzó con el acto inaugural, que contó las intervenciones de José Antonio Galdón Ruiz, decano del COGITIM; Luis Collado, presidente de la Asociación de Empresas del Metal (ACEIM), colaboradora de MadridMotorStudent, y Rocio Albert López-Ibor, consejera de Economía, Hacienda y Empleo de la Comunidad de Madrid.

## El COGITI habilita un portal de ayuda para afectados por la DANA de Valencia

Ante la dramática situación que se afronta en Valencia, con las terribles consecuencias de la DANA acontecida el pasado 29 de octubre, desde el COGITI se ha habilitado un Portal informativo y operativo con objeto de dar respuesta a la demanda de los afectados.

El COGITI (Consejo General de Colegios Oficiales de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de España), en colaboración con COGI-

TIVAL (Colegio Oficial de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos Industriales de Valencia), pone a disposición de los afectados por la DANA de Valencia un servicio gratuito de ayuda, consulta y tramitación para la peritación de daños.

En dicho portal encontrarán el siguiente contenido:

- Información de utilidad y FAQs sobre el Consorcio de Compensación de Seguros, cómo iniciar

el trámite ante un siniestro consorciable y documentación requerida.

- Formulario de consultas, vía correo electrónico, para poner en contacto de forma automática y gratuita a afectados y expertos que puedan resolver sus preguntas.

**PORTAL DE AYUDA PARA LOS AFECTADOS POR LA DANA:** <https://cogiti.es/portal-afectados-dana>



# Ginés Ángel García López

Presidente de la Asociación de Empresas de Eficiencia Energética (A3e)

## “Transitamos hacia un nuevo modelo energético en el que la acumulación de energía desempeñará un papel protagonista en los próximos años”

**Mónica Ramírez**

Unir esfuerzos y trabajar por un consumo de energía más eficiente, con un nuevo modelo energético que mejore la sostenibilidad y la competitividad, es el “buque insignia” de las compañías que forman parte de la Asociación de Empresas de Eficiencia Energética (A3e).

Ginés Ángel García López, Ingeniero Técnico Industrial por la Universidad Politécnica de Cartagena -UPCT- (especialidad en Electricidad), es el presidente de dicha asociación, que pretende favorecer la visibilidad de las empresas o entidades de cualquier sector que están realizando proyectos e inversiones en eficiencia energética y energías renovables.

Su trayectoria profesional siempre ha estado vinculada al sector energético. En 2011 fundó Konery, empresa en la que continúa como CEO, con el objetivo de ser un “partner” estratégico para todos aquellos grandes consumidores de energía. Desde muy joven, ha sido un fiel defensor del asociacionismo, en el que ha estado involucrado, primero, como delegado de A3e en la Región de Murcia y miembro del consejo directivo, y posteriormente, como presidente de la Asociación de Jóvenes Empresarios de la citada Región (AJE), y vicepresidente de la Confederación Nacional de Jóvenes Empresarios (CEAJE), hasta llegar a presidir, en la actualidad, la Asociación de Empresas de Eficiencia Energética.

### ¿Cuándo y con qué objetivos se constituyó la Asociación de Empresas de Eficiencia Energética (A3e)?

Nuestra asociación inició su actividad en 2009 con el objetivo de impulsar la eficiencia energética en nuestro país, algo que no solo era una demanda de las empresas del sector, sino también del conjunto del tejido económico. Nos encontramos en un contexto donde optimizar los costes energéticos era crucial.

De esta forma, se constituyó una aso-



Ginés Ángel García López

**“Nuestra asociación inició su actividad en 2009 con el objetivo de impulsar la eficiencia energética en nuestro país, algo que no solo era una demanda de las empresas del sector, sino también del conjunto del tejido económico”**

ciación sin ánimo de lucro, que agrupa a todas las empresas que forman parte del ecosistema de la eficiencia energética: consultoras, ingenierías, fabricantes, instaladoras, certificadoras, etc. El propósito es trabajar de forma conjunta en el desarrollo del sector, fomentar las

alianzas y ser una voz única frente a las administraciones.

### ¿Cuántas empresas forman parte de la Asociación?

Actualmente representamos a más de 130 empresas repartidas por todo el territorio nacional, y esperamos aumentar significativamente esa cifra en los próximos meses, gracias al impulso que estamos dando al sistema de Certificados de Ahorro Energético (CAE), a través de nuestras delegaciones territoriales. En A3e hemos creado el marco perfecto para que todas las empresas vinculadas al mecanismo de los CAE encuentren su “casa” dentro de nuestra asociación.

### ¿Qué tipo de actividades desarrolla A3e?

Nuestras actividades se centran, por un lado, en la difusión del sector y, por otro, en ofrecer servicios a nuestros asociados. Este año, por ejemplo, tenemos el reto de impulsar el mecanismo de los CAE. Por ello, hemos desarrollado más de diez jornadas a lo largo de toda la geografía nacional, con la participación de más de 1.500 asistentes en total.

Además, trabajamos en la generación de conocimiento para el sector, a través de grupos de trabajo y formaciones específicas. Esto no solo beneficia a nuestros asociados, sino también a los diferentes actores del sector.

Por último, siendo una asociación tan diversa en la tipología de empresas que agrupa, uno de nuestros mayores retos es fomentar el networking entre los asociados, algo que cuidamos especialmente en cada uno de nuestros eventos.

**La Asociación celebra este año su 15º aniversario. ¿Qué actuaciones se llevarán a cabo con motivo de este acontecimiento? ¿Con qué instituciones y entidades cuentan como colaboradoras en estos eventos?**

## “Nuestra gala de premios se ha consolidado como el evento más importante de la asociación, además de ser un espacio ideal para el networking”

Nuestra gala de premios se ha consolidado como el evento más importante de la asociación. Además de ser un espacio ideal para el “networking”, es un escape magnífico para mostrar a la sociedad la fortaleza de un sector tan tecnológico y comprometido como el nuestro.

Este año hemos recibido más de 50 candidaturas, con las que reconocemos el trabajo de estudiantes, startups, proyectos de eficiencia energética y el compromiso de compañías con la sostenibilidad. Hemos producido un excelente contenido audiovisual, que compartiremos en redes sociales para dar visibilidad al sector, destacando a los finalistas y premiados.

Asimismo, este año contamos con una gran representación institucional del Ministerio para la Transición Ecológica, encabezada por la ministra Sara Aagesen, y con la Subdirección General de Eficiencia Energética, que será reconocida en la gala por su labor en el desarrollo de los CAE.

### ¿Cuáles son las principales reivindicaciones de la Asociación?

Queremos poner en valor el lema de la Unión Europea: “La eficiencia energética, lo primero”. Estamos convencidos de que la energía más sostenible es aquella que no se consume, y deseamos que esta idea trascienda a toda la sociedad mediante la difusión y los incentivos hacia nuestro sector.

El sistema de los CAE ha sido una de nuestras principales reivindicaciones, ya materializada. Sin embargo, aún queda mucho por hacer en aspectos como la implantación de sistemas de gestión energética o la realización de auditorías energéticas.

### ¿Cómo valora el momento actual en el ámbito energético, en líneas generales?

El sector energético siempre ha estado condicionado por marcos regulatorios, cambios geopolíticos y avances tecnológicos. Esto lo convierte en un sector especialmente dinámico, y actualmente no es una excepción.

Estamos transitando hacia un nuevo modelo energético, en el que la demanda estará más vinculada a la generación de energías renovables, y donde la acumulación de energía desempeñará un papel protagonista en los próximos años.

El sistema CAE, por ejemplo, está siendo un elemento disruptivo en el sector, impulsando inversiones de una magnitud similar o incluso superior a las que en su día generaron los incentivos en renovables.

### La Agencia Internacional de la Energía (AIE) advierte de que se necesitan avances más rápidos en eficiencia energética para alcanzar los objetivos globales de 2030. ¿Qué opina sobre la transición ecológica en España y Europa?

Los planes son, sin duda, ambiciosos, tanto en generación renovable como en eficiencia energética. No obstante, si no acometemos inversiones en redes que permitan el acceso de este tipo de energía o no generamos un marco favorable para la inversión, podríamos frenar el desarrollo tan impresionante que hemos vivido en los últimos años.

En cuanto a eficiencia energética, los objetivos del último PENIEC no han cambiado porque partíamos de una posición desfavorable. Sin embargo, gracias al sistema CAE, en los próximos años veremos avances significativos en esta área.

### ¿Cuáles son las principales claves en eficiencia energética para lograr los avances esperados?

La eficiencia energética es transversal a toda la economía, como reflejan las tecnologías incluidas en las fichas estandarizadas para el cálculo de ahorros en el sistema CAE.

Sectores como el transporte, la industria y el parque de edificios representan más del 80% del consumo energético del país y, en todos ellos, la electrificación será fundamental para avanzar en la descarbonización.

### ¿Cómo imagina el sector de las empresas de eficiencia energética dentro de 10 o 15 años?

Estoy convencido de que la gestión

energética, apoyada por la inteligencia artificial, será nuestra herramienta clave para aportar valor a los clientes. Tendremos máquinas más eficientes, sistemas avanzados de acumulación y generación renovable, todos gestionados de forma óptima para reducir costes y mejorar la sostenibilidad. Las empresas expertas en gestión energética serán protagonistas de esta revolución.

### Como presidente de A3e, ¿cuáles son sus próximos proyectos?

Nuestro principal reto es seguir impulsando el sistema de Certificados de Ahorro Energético a través de las jornadas de la Ruta CAE 2025 por todo el territorio nacional. Estas concluirán con un gran congreso sobre los CAE. También lanzaremos una formación específica sobre los CAE, dirigida a técnicos del sector, para satisfacer una demanda creciente.

Además, aprovechando que este año la feria Genera se celebra junto con Ma-telec, crearemos un gran espacio dedicado a la eficiencia energética, con oportunidades para que nuestros asociados expongan sus proyectos y fomentar así el “networking”.

Finalmente, nuestro premio anual volverá a realizarse en alguna de nuestras delegaciones territoriales. En breve lanzaremos las bases para nuevas candidaturas y seguiremos destacando los mejores proyectos de eficiencia energética del país.

“El sistema de los Certificados de Ahorro Energético ha sido una de nuestras principales reivindicaciones, ya materializada. Sin embargo, aún queda mucho por hacer en aspectos como la implantación de sistemas de gestión energética o la realización de auditorías energéticas”

# Fernando Martínez

General Manager de IAC Group S.L.

## “El papel que juegan nuestros ingenieros en el desarrollo y concepción de los diferentes procesos productivos es crucial”

**Mónica Ramírez**

Fernando Martínez, Ingeniero Técnico Industrial, con especialidad en Electrónica, por la Universidad de La Rioja, es un claro ejemplo de cómo con esfuerzo, tesón, responsabilidad en el trabajo y dotes de liderazgo se pueden alcanzar las metas que uno se proponga. El desarrollo de su carrera profesional como ingeniero le ha llevado a desempeñar en la actualidad el cargo de General Manager en la empresa IAC Group S.L.

Esta compañía es fabricante de componentes de automóviles a nivel mundial. Cuenta con 40 fábricas, en el ámbito internacional (y 13 centros de ingeniería y desarrollo), ubicadas en 15 países, con presencia en Norteamérica, Asia y Europa, y una plantilla de 17.000 empleados. En España tiene una planta en La Rioja (Agoncillo) y un centro de secuenciación (SILS) en Figueruelas (Zaragoza).

**¿Cómo ha sido su evolución profesional hasta llegar a ser General Manager de IAC Group S.L. en la planta de Agoncillo, en La Rioja, donde además está colegiado?**

Al terminar mis estudios, en el año 1987, comencé a trabajar en la empresa Poliesa (grupo CEPSA), fabricante de envases de PET, en su factoría de Hostalric (Gerona), como encargado de un turno de producción. En 1989, fui contratado por la empresa Ericsson Telecomunicaciones, como ingeniero de instalaciones, donde participé en la construcción y puesta en marcha de centrales digitales de conmutación (de Telefónica) en el norte de España.

En el año 1991 comienza mi carrera en IAC Group (entonces GM), como supervisor de mantenimiento y, posteriormente, a lo largo de los años, fui tomando responsabilidades en áreas de producción, ingeniería y participando



Fernando Martínez

**“Mi formación como ingeniero me aporta una visión global de un proceso productivo y su cadena de suministro, así como la comprensión de sistemas y procesos de fabricación de índole más compleja”**

en diferentes proyectos hasta 2003, cuando tomé la responsabilidad de director de Operaciones, con responsabilidad sobre las áreas de Producción, Mantenimiento y Logística de las plantas de Agoncillo y del SILS. Entre 2010 y 2015, combiné mi responsabilidad en Operaciones con la de director del departamento de ingeniería de

manufactura. Finalmente, en 2022 fui promocionado a mi puesto actual, general manager.

**¿Qué funciones desempeña principalmente? ¿Cómo es su día a día en la empresa?**

Las principales funciones que desempeño en la actualidad se centran en la confección del presupuesto anual y su cumplimiento, así como responsable de la cuenta de resultados de los centros productivos, liderazgo en materia de seguridad y sostenibilidad, búsqueda y consecución de nuevos proyectos comerciales, coordinación entre la planta y la multinacional en materia de proyectos, y relaciones con los clientes y proveedores.

**¿Con qué dificultades y retos se encuentra a la hora de realizar su trabajo?**

Principalmente destacaría la incertidumbre del mercado del automóvil, generando inseguridad en el futuro. Además, la gestión del tiempo es muy importante para realizar las tareas con seguridad, así como la gestión de las personas y la motivación de los empleados.

**¿Qué aspectos son los que más valora de su desempeño profesional? ¿En qué sentido piensa que le ayuda su formación como ingeniero?**

Mi formación como ingeniero me aporta una visión global de un proceso productivo y su cadena de suministro. También facilita la comprensión de sistemas y procesos de fabricación de índole más compleja, con un mayor grado de tecnología.

**¿Cuántas personas trabajan actualmente en IAC Group S.L.?**

IAC en España cuenta con dos centros productivos, Agoncillo y Figueruelas,



## “El hito más destacado ha sido la incorporación de nuevas aplicaciones en materia de digitalización de procesos productivos”

en los que trabajamos 470 empleados en total, distribuidos en 400 y 70, respectivamente.

### ¿Qué capacidad productiva tiene la factoría en la actualidad?

En estos momentos, la factoría se encuentra a un 60% de capacidad productiva, siendo el máximo el equivalente a 6.000 paragolpes/día, más sus piezas secundarias, como pueden ser rejillas, molduras, spoilers, etc. También podemos producir piezas de interior del vehículo, como paneles de instrumentos, consolas, guanteras, etc.

### ¿Quiénes son sus principales clientes?

En lo que se refiere a productos de exteriores, entre nuestros clientes se encuentran Stellantis y el Grupo VW. Stellantis con paragolpes delanteros, traseros, molduras y rejillas pintadas para los modelos Opel Corsa y Crossland, así como para el modelo Lancia Ypsilon. Y el Grupo VW con spoilers de techo, molduras y paragolpes para diferentes modelos, como el Seat Arona, Seat León, VW T-Cross y VW Taigo.

En cuanto a productos de interiores, tenemos como clientes a Mercedes, con el modelo Viano (consola central), e IVECO, con el modelo Stralis (panel de instrumentos).

### ¿Cuáles son los hitos más destacados que se han producido recientemente en la factoría en lo que a innovación y nuevas tecnologías se refiere?

Los hitos más destacados han sido la incorporación de nuevas aplicaciones en materia de digitalización del proceso productivo: trazabilidad, gestión de almacenes, poka-yoke, etc., y la instalación de paneles solares en el tejado de la factoría, que proporcionan un

15% de autoconsumo. También destaca el lanzamiento de la utilización de vehículos robotizados para el movimiento de piezas entre los procesos, y la construcción de estaciones de inspección de calidad, incorporando elementos de visión artificial.

### ¿Qué papel juega la ingeniería y el departamento de I+D en este ámbito de la innovación e investigación? ¿Cuántos ingenieros trabajan en IAC Group?

En nuestra empresa, el papel que juegan nuestros ingenieros en el desarrollo y concepción de los diferentes procesos productivos es crucial. La ingeniería, dentro de sus múltiples ramas, es transversal a muchos de los departamentos que conforman nuestra empresa. Tenemos ingenieros en las áreas de producción, mantenimiento, ingeniería (organización, inyección de plástico, pintura, producto...), logística, calidad, IT, compras, seguridad, comercial etc.; lo que da una idea de lo necesaria que es esta formación en nuestra industria. Prácticamente en todas las disciplinas de nuestra empresa pueden ser necesarios los perfiles de ingeniería. Concretamente, en nuestra empresa en Agoncillo trabajan alrededor de 35 ingenieros.

### ¿Encuentran dificultades a la hora de contratar determinados perfiles?

Si, hemos tenido ciertas dificultades para conseguir plazas concretas de ingenieros con experiencia en áreas de calidad, gestión de proyectos, pro-

cesos, etc.

### ¿Cómo se compagina la necesidad de lograr una determinada producción con la preservación del medioambiente y el cumplimiento de la normativa vigente en este sentido?

No hay otra forma que afrontarlo desde la perspectiva de obligado cumplimiento de la normativa, haciendo necesario tener en cuenta aquellos requerimientos desde etapas muy tempranas de concepción del proyecto.

### ¿Cuáles serán sus proyectos más inmediatos?

En estos momentos estamos dedicados plenamente al lanzamiento del proyecto de paragolpes traseros de los vehículos de la plataforma Small BEV, cuya producción se espera comience en el primer trimestre del año 2026.

“Hemos tenido ciertas dificultades para conseguir plazas concretas de ingenieros con experiencia en áreas de calidad, gestión de proyectos, procesos, etc.”



# Ingrid de la Fuente Lööf

Directora general de Industria y Polígonos Industriales del Gobierno de las Islas Baleares

## “Si quieres cambiar algo, no vale con quejarse porque sí, hay que arremangarse y ponerse manos a la obra”

### Mónica Ramírez

Su vocación de servicio público hizo que cuando el Gobierno de las Islas Baleares le propusiera ser directora general de Industria y Polígonos Industriales de dicha comunidad, no lo dudara ni un momento, ya que según afirma, lo que más le gusta “es poder llevar a cabo proyectos que tienen gran repercusión en toda la sociedad”.

Ingeniera Técnica Industrial Mecánica y Grado en Ingeniería Mecánica, Ingrid de la Fuente Lööf forma parte del elenco de ingenieras que han sido elegidas para participar en la iniciativa “Mujeres ingenieras de éxito y su impacto en el desarrollo industrial”, el programa que hace varios años puso en marcha la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAITIE), y que incluye la exposición itinerante “Mujeres ingenieras de éxito”, que recorre los distintos Colegios Oficiales de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de España.

Antes de dedicarse por completo a su comunidad, Ingrid de la Fuente trabajó en el sector privado como directora del departamento de Energía y Medioambiente en Meliá Hotels International, donde implantó medidas para mitigar el cambio climático, en línea con los compromisos de las Naciones Unidas, en más de 300 hoteles. Asimismo, durante varios años fue la responsable de mantenimiento, impulsando exitosamente la cultura del “compliance”, la estandarización de sistemas técnicos y la optimización de procesos, siempre trabajando “mano a mano” con los equipos de mantenimiento.

Además, ha compaginado su actividad con la docencia en la Escuela Superior de formación de técnicos de mantenimiento HOTECEMA, con la finalidad de apostar por la calidad y la exce-



Ingrid de la Fuente Lööf

lencia de la profesión. Por otra parte, en su vertiente más emprendedora, ha realizado, por cuenta propia, consultorías técnicas tanto para empresas públicas como privadas. Y como “amante de la ingeniería” desde pequeña, no duda en hacer “mentoring” para ayudar a futuros ingenieros, transmitiendo siempre su pasión por la profesión.

### ¿Qué le llevó a estudiar una Ingeniería Técnica Industrial en especialidad Mecánica?

Uno de los principales motivos fue mi padre. Desde pequeña, nos encantaba hacer inventos para programar equipos. Me enseñó cosas de mecánica, como cambiar las bujías del coche, le ayudaba a arreglar aparatos, temas de bricolaje, etc. Ya en el instituto, al hacer el bachiller tecnológico, destacaba sobre todo en física y mecánica, por eso decidí hacer la Ingeniería Mecánica, carrera que me encantó, la disfruté muchísimo y sin duda la volvería a estudiar.

¿Qué es lo que más valora de la pro-

### fesión de ingeniero?

La gran versatilidad que tiene, ya que la ingeniería está en todo. Sin la ingeniería, la humanidad no habría tenido los avances que tiene ahora. Además, está en continua evolución como, por ejemplo, hoy en día temas como la inteligencia artificial o la sostenibilidad, donde es muy importante buscar tanto la eficiencia energética, como energías más limpias, mejora de procesos etc.

### Su pasión por la ingeniería le ha llevado también a hacer funciones de mentoring dirigidas a futuros ingenieros, ¿cuáles son los principales valores y capacidades que han de desarrollar para ser un buen profesional?

La carrera de ingeniería te enseña a pensar de manera diferente, analizar los problemas para encontrar soluciones y a hacer las cosas de otra manera, pero, sin duda, lo más importante son las ganas continuas de aprender, la ilusión y la perseverancia.

### En julio de 2023 fue nombrada directora general de Industria y Polígonos Industriales del Gobierno de Baleares, ¿cómo ha sido su trayectoria profesional hasta llegar a este puesto de responsabilidad?

Estudié la carrera en Zaragoza, y ya en el último año empecé a hacer prácticas en una ingeniería de allí, haciendo proyectos. Enseguida ya me contrataron en una hotelera en Mallorca como analista energético, ya que había un importante proyecto que se llamaba proyecto SAVE, el cual era a nivel mundial, y cuya finalidad era reducir energía, agua y emisiones de CO2 en más de 250 hoteles.

Debido a la crisis del 2008, la empresa tuvo que prescindir de bastantes empleados, por lo que amplí mis funciones pasando a llevar temas como la seguridad industrial de los estable-

cimientos, estandarización de sistemas y materiales técnicos, contratación de energía a nivel mundial, temas de iluminación, domótica y algún tema de obra civil. Fueron años de mucho trabajo y esfuerzo, pero, cuando la situación se recuperó, me hicieron directiva y pude montar un equipo multidisciplinar para la implantación de proyectos de gran envergadura en todos los hoteles de la compañía.

Además, dada la experiencia en el sector, empecé a dar clases en la Escuela Superior de Técnicos de Mantenimiento de Baleares, impartiendo módulos como el de Gestión del mantenimiento preventivo, normativo y correctivo, el de Compliance del mantenimiento normativa técnico legal en instalaciones hoteleras o el de Gestión económica del mantenimiento técnico hotelero.

Por otra parte, durante la pandemia, empecé a emprender y me di de alta como autónoma para hacer consultorías en temas de mantenimiento preventivo y correctivo, temas de sostenibilidad en establecimientos como hospitales y centros comerciales. También tuve la suerte de poder formar parte del Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Baleares, como vocal en la Junta de Gobierno.

**¿Qué es lo que más le gusta de su trabajo? ¿Cuáles son los principales retos a los que tiene que hacer frente en su día a día?**

Lo que más me gusta, sin duda, es poder llevar a cabo proyectos que tienen gran repercusión en toda la sociedad. Por otra parte, siempre es enriquecedor tener otra perspectiva, pues te ayuda a tener una visión más transversal.

Son muchos los retos, pero destacaría el aumentar la competitividad de la industria en Baleares, ya que es una Comunidad Autónoma muy enfocada al turismo, y es necesario diversificar la economía ayudando a la industria, trabajar por la seguridad de las personas, activos y medioambiente, a través de políticas de seguridad industrial, y luchar contra el intrusismo en las profesiones técnicas.

**¿Se imaginaba alguna vez que llegaría a ocupar un puesto de responsabilidad en la Administración autonómica?**

No es algo que tuviera en mente, aun-

**“La ingeniería está en constante evolución en temas como la inteligencia artificial o la sostenibilidad, donde es muy importante buscar tanto la eficiencia energética, como energías más limpias o la mejora de procesos”**

que soy de las personas que opina que no vale quejarse por quejar, así que si quieres cambiar algo hay que arremangarse y ponerse manos a la obra, por eso, cuando el consejero me lo propuso, no lo dudé.

**¿Cuáles son los principales proyectos que lleva a cabo en la actualidad?**

Son muchos los proyectos que estamos llevando a cabo, pero quizás destacaría los siguientes: la elaboración de una ley de polígonos industriales con la finalidad de mejorar sus infraestructuras, la competitividad de las empresas y la vida de los trabajadores que trabajan en estas áreas; ayudar e incentivar proyectos industriales estratégicos en Baleares para impulsar la innovación tecnológica, la capacidad exportadora, la sofisticación de los procesos productivos y, en definitiva, para aumentar el crecimiento económico; la realización de un reglamento sobre la gestión de la Inspección Técnica de Vehículos (ITV) para poder solventar los problemas que tenemos actualmente en Baleares, en la gestión del servicio, asegurando así que los usuarios puedan pasar las inspecciones obligatorias y aumentando la seguridad en las carreteras, y un plan de inspecciones a locales de pública concurrencia para asegurar que son establecimientos seguros.

**¿Y los próximos que están previstos?**

El más importante es, sin duda, el Plan Director de la Industria 2026-2033. El actual plan director finaliza en el 2025, y es por ello que tenemos que empezar a trabajar en el nuevo. El Plan Director de la Industria es la base de todo, ya que establece las líneas generales y las directrices básicas de la política

industrial, identificando los objetivos y prioridades por sectores o ramas de la industria, y asociándolo a los presupuestos de la Comunidad Autónoma para poder alcanzarlos.

**Hace unos meses se celebró la exposición “Mujeres ingenieras de éxito de la UAITIE” en Palma de Mallorca, Lluçmajor y Alcudia, a iniciativa de la Dirección General de Industria y Polígonos Industriales, en colaboración COGITI Balears, para celebrar el Día Internacional de la Mujer. ¿Cómo fue la participación? ¿Qué objetivos se persiguen con este tipo de iniciativas y actividades?**

El objetivo principal era el de promover la tecnología y la ingeniería desde diferentes perspectivas para inspirar, educar y empoderar a niñas y jóvenes, con el fin de que desarrollen su talento como ingenieras. Todavía hay pocas mujeres en este mundo, y tal y como ya está pasando, y estoy convencida irá a más, los puestos de gran responsabilidad serán ocupados por ingenieros, por lo que asegurando más mujeres ingenieras, obtendremos una mayor inclusión e igualdad de género.

Además de visitas guiadas a la exposición, durante dos semanas realizamos distintas actividades, como, por ejemplo, talleres donde ingenieras de ámbitos diferentes (industria, ferrocarriles, minas, energía, etc.) hablaron de su profesión a grupos de estudiantes de secundaria. Más de 500 alumnos y alumnas de la ESO visitaron la exposición y participaron en las actividades programadas.

También se realizó el primer evento en Mallorca dirigido a colegios profesionales de distintas ramas de la ingeniería, con la finalidad de poner en valor el papel de la mujer en el mundo de la ingeniería, y que los profesionales establezcamos lazos entre nosotros. Sin duda fueron dos semanas de auténtica locura, pero muy gratificantes.

**¿Qué les diría a las jóvenes estudiantes de educación secundaria que estén dudando si estudiar una ingeniería?**

Les diría que ni se lo piensen y que trabajen duro, ya que con una ingeniería podrán conseguir todo aquello que se propongan en cualquier ámbito, y es que, como comentaba inicialmente, la ingeniería está en todo.



# Retos y oportunidades en el sector de la construcción

Jorge Jaime Royo

## Contexto actual

El sector de la construcción es uno de los más importantes de la economía mundial, representando alrededor del 3% del PIB global. A nivel nacional, el sector de la construcción supone en torno al 5% del PIB empleando en torno a 1,3 millones de personas.

Tras la crisis financiera del 2007-2008, el sector de la construcción fue uno de los más perjudicados. Muchos trabajadores tuvieron que cambiar de sector y se perdió aproximadamente un 60% de fuerza laboral.

Actualmente, el sector de la construcción se enfrenta a una serie de retos, como la escasez de mano de obra cualificada, el aumento de los costes de los materiales y la preocupación por la sostenibilidad.

Según datos de Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de infraestructuras (SEOPAN), el volumen de licitación en obra pública asciende, entre enero y junio de 2024, a 13.715 millones de euros. De los cuales, 4.071 millones de euros han sido licitados por la Administración general, 4.218 millones por las comunidades autónomas y 5.426 millones por la administración local.

En los primeros seis meses de 2024, se han invertido 1.697 millones de euros en obras de carreteras y 1.634 millones de euros en obra ferroviaria. Con respecto al año pasado, se observa una disminución importante de inversión por parte de la Administración General (-16,2%), un leve aumento de inversión de las comunidades autónomas (+3,2%) y un incremento significativo de inversión de las administraciones locales (+18%).

La inversión total en los primeros seis meses del año 2024 está un 1,3% por encima de la inversión en el mismo periodo del año pasado.

## Retos en el sector de la construcción

La construcción en España se enfrenta a una serie de retos que deberán ser resueltos para no entrar en una dinámica de subida de precios desmesurada y problemas en el suministro de materias primas.

## Escasez de mano de obra especializada

El empleo en la construcción está prácticamente en mínimos. En términos absolutos, la pérdida también es sustancial: en 2007 había 2,68 millones de empleados en la construcción, mientras que en 2023 son 1,3 millones, menos de la mitad.

Uno de los retos más importantes a los que se enfrenta el sector de la construcción es la escasez de mano de obra cualificada. Muchos trabajadores de la construcción se han formado en otras actividades, dejando atrás la construcción. Esto se debe a una serie de factores, como el envejecimiento de la población, la falta de formación y la competencia de otros sectores.

La escasez de mano de obra cualificada tiene una serie de consecuencias negativas para el sector de la construcción, como el aumento de los costes, los retrasos en los proyectos y la reducción de la calidad de la construcción.

Para abordar este problema, es necesario implementar políticas que promuevan la educación y la formación en habilidades especializadas. Esto incluye aumentar la inversión en programas educativos relevantes, ofrecer incentivos a las empresas para que formen a sus empleados y desarrollar programas de aprendizaje que permitan a las personas adquirir experiencia en el campo. Además, es importante trabajar con las empresas para identificar las habilidades específicas que necesitan y desarrollar programas educativos que aborden esas necesidades.

La falta de mano de obra cualificada ha tenido un impacto significativo en la calidad y los tiempos de entrega de los proyectos. Esto se debe a que la falta de personal cualificado ha provocado que las empresas contraten personal con menos experiencia y habilidades, lo que ha llevado a una disminución en la calidad del trabajo y a retrasos en la finalización de los proyectos.

## Incremento de costes

El incremento en el precio de los materiales de construcción es un fenómeno multifactorial, impulsado por una fuerte demanda, una escasez de suministros debido a interrupciones en las cadenas de suministro globales y un entorno in-

flacionario caracterizado por el aumento generalizado de los precios.

El aumento de los costes de los materiales tiene una serie de consecuencias negativas para el sector de la construcción, como el aumento de los costes de construcción y la reducción de la rentabilidad de los proyectos.

Esto provoca una desincentivación de inversión por parte de empresas privadas. Al aumentar los costes de construcción, las empresas privadas están paralizando proyectos de ampliación de instalaciones e infraestructuras, lo que podría provocar una ralentización económica.

## Innovación tecnológica

La necesidad de adopción de nuevas tecnologías es un reto importante en el sector de la construcción. Para abordar estos retos, la industria necesita adoptar nuevas tecnologías que puedan mejorar la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad.

BIM (Building Information Modeling) es una tecnología que permite crear un modelo digital de un edificio antes de su construcción. Este modelo puede utilizarse para coordinar el trabajo de los distintos profesionales involucrados en el proyecto, detectar conflictos potenciales y optimizar el diseño. BIM puede ayudar a reducir los costes y los plazos de entrega de los proyectos.

La construcción modular o prefabricada es un método de construcción que implica la fabricación de los componentes de un edificio o infraestructura en una fábrica y luego su ensamblaje en el lugar de construcción. Con este tipo de construcción conseguimos un aumento de rendimiento significativo con respecto a la construcción "in situ".

La impresión 3D es una tecnología que permite crear objetos físicos a partir de un modelo digital. Esta tecnología está en fases muy tempranas y todavía no es utilizada de forma generalizada.

La innovación tecnológica en el sector de la construcción es crucial para enfrentar los retos actuales de eficiencia, productividad y sostenibilidad. Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos, la resistencia al cambio sigue siendo un desafío importante en este sector. Los profesionales de la construcción

suelen depender de métodos tradicionales y pueden mostrarse reticentes a adoptar nuevas tecnologías, debido a factores como la falta de formación adecuada, la percepción de altos costos iniciales o la simple inercia hacia lo conocido.

### Seguridad en las obras

La seguridad en las obras es un aspecto crucial en el sector de la construcción, ya que este campo es uno de los que presentan mayores riesgos laborales. La naturaleza del trabajo en obra implica la exposición a múltiples peligros, que pueden derivar en accidentes graves, e incluso mortales, si no se gestionan adecuadamente.

Garantizar un entorno seguro es una prioridad tanto para las empresas constructoras como para los trabajadores.

### Impacto del cambio climático

El impacto del cambio climático en el sector de la construcción es cada vez más evidente, obligando a las empresas y administraciones a adaptarse a las nuevas condiciones ambientales. Los fenómenos climáticos extremos, como inundaciones, olas de calor y tormentas, están afectando en la durabilidad de las infraestructuras y elevando los costes de mantenimiento y reparación.

La construcción contribuye de manera significativa a las emisiones de gases de efecto invernadero, tanto en el proceso de construcción, como en el uso de materiales que generan una alta huella de carbono. Es crucial que el sector adopte estrategias que reduzcan su impacto ambiental, como la utilización de materiales sostenibles y métodos de construcción menos contaminantes.

### Oportunidades en el sector de la construcción

El sector de la construcción está en una fase de transformación, impulsada por la creciente demanda de infraestructuras modernas, sostenibles y eficientes. La adopción de nuevas tecnologías y el enfoque en la sostenibilidad ofrecen numerosas oportunidades para empresas y profesionales que buscan innovar y mejorar su competitividad en este entorno dinámico.

### Adopción de tecnologías emergentes

La construcción 4.0 se refiere a la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, la automatiza-

ción, el IoT y la robótica en los procesos de construcción. Este concepto toma inspiración de la Industria 4.0, pero adaptado a las necesidades y particularidades de la construcción.

La digitalización y automatización están mejorando significativamente la productividad y eficiencia en el sector de la construcción. El uso de software de gestión de proyectos, plataformas BIM (Modelado de Información de Construcción) y herramientas colaborativas permiten a los equipos coordinarse mejor y evitar costosos errores.

La inteligencia artificial (IA) en la construcción se está aplicando de múltiples maneras:

- **Gestión de proyectos:** algoritmos de IA pueden predecir retrasos y sobrecostes en las etapas iniciales del proyecto, permitiendo ajustes en tiempo real.
- **Optimización de recursos:** mediante el análisis de datos históricos, la IA puede predecir la demanda de materiales y recursos, optimizando su uso.
- **Mantenimiento predictivo:** sensores conectados a sistemas de IA pueden identificar fallos en equipos antes de que ocurra una avería, reduciendo el tiempo de inactividad de maquinaria.
- **Seguridad:** sistemas de IA pueden monitorear sitios de construcción en tiempo real, detectando comportamientos peligrosos y emitiendo alertas.

### Construcción sostenible

La construcción sostenible busca reducir el impacto ambiental de las edificaciones mediante el uso eficiente de recursos, la disminución de residuos y la integración de energías renovables. Este enfoque promueve edificios que respeten el entorno y sean más saludables para sus ocupantes, al tiempo que mejoran la eficiencia energética.

Cada vez más gobiernos, empresas y consumidores exigen edificios ecológicos que reduzcan su huella de carbono y consuman menos energía. Las certificaciones como LEED o BREEAM son cada vez más valoradas, lo que impulsa a las constructoras a adoptar prácticas más sostenibles.

El uso de materiales innovadores, como el hormigón reciclado, la madera laminada cruzada (CLT) y los aislantes ecológicos, permite construir de manera más respetuosa con el medio ambiente. A esto se suman prácticas sostenibles como la construcción modular o prefabricada y la gestión eficiente del agua

y la reutilización de materiales, que reducen tanto los costes como el impacto ambiental.

### Proyectos públicos al alza

El incremento de los proyectos públicos está impulsado por la necesidad de mejorar las infraestructuras existentes y adaptarse al crecimiento urbanístico. Gobiernos de todo el mundo están aumentando las inversiones para modernizar carreteras, puentes, hospitales y sistemas de transporte, generando múltiples oportunidades para las empresas constructoras.

Las inversiones públicas en infraestructuras están en auge, con planes masivos de desarrollo que buscan revitalizar la economía, mejorar la conectividad y asegurar un crecimiento sostenible. Estas inversiones se centran en la modernización de carreteras, infraestructuras ferroviarias y equipamientos públicos.

Las áreas de transporte, energía y urbanismo ofrecen amplias oportunidades, con proyectos de construcción de nuevas autopistas, trenes de alta velocidad, proyectos de energía renovable, centros educativos y urbanizaciones. Estos sectores son esenciales para el desarrollo de ciudades sostenibles y eficientes, abriendo el camino a grandes contratos y avances tecnológicos en la construcción.

### Perspectivas futuras del sector

El sector de la construcción se encuentra en un punto de inflexión. En los próximos años, aquellos que abracen la innovación, la sostenibilidad y las tecnologías emergentes no sólo sobrevivirán, sino que liderarán una transformación sin precedentes. Los retos, como la competencia global, la escasez de mano de obra y el cambio climático, son inmensos, pero también lo son las oportunidades para reinventar la forma en que construimos nuestras ciudades, nuestras infraestructuras y nuestro futuro. La construcción del mañana no será sólo más rápida o eficiente, será más inteligente, verde y resiliente. Quienes se atrevan a evolucionar no solo construirán edificios, sino las bases de un mundo más sostenible y próspero. El futuro está en nuestras manos y el sector de la construcción tiene las herramientas para moldearlo.

**Jorge Jaime Royo** es responsable de JyRingenieros. Expertos en memorias técnicas para licitaciones.

# FERIAS Y CONGRESOS

## BARCELONA

### >> Advanced Factories 2025 pondrá el foco en tecnologías 'greentech' para la descarbonización de la industria



El Advanced Factories, el evento líder en automatización y robótica industrial, volverá un año más a Barcelona y lo hará simultáneamente con AMT – Advanced Machine Tools, la feria de máquina-herramienta para la industria metalmeccánica que se celebra cada dos años. Del 8 al 10 de abril de 2025, Advanced Factories prevé reunir a más de 30.000 profesionales industriales que acudirán en busca de soluciones para mejorar la productividad a través de fábricas automatizadas y sostenibles.

Para ello, más de 570 firmas expositoras mostrarán sus últimas novedades en robótica, automatización, IA, visión artificial, 3D Printing, gemelos digitales, IoT, big data, cloud industrial, blockchain, etc., así como soluciones para la integración de los sistemas de producción, ciberseguridad, mantenimiento predictivo, control de calidad y la mejora de la eficiencia energética.

Bajo el lema "Redefining Automation with Green Tech", la novena edición de Advanced Factories pondrá el foco en la sostenibilidad y descarbonización de la industria. "En un mundo cada vez más globalizado y exigente, la automatización industrial, la robótica y la industria 4.0 se han convertido en herramientas fundamentales para alcanzar altos niveles de eficiencia y productividad. Sin embargo, la industria debe ir un paso más allá y llegar a 2030 cumpliendo los objetivos del Pacto Verde Europeo", destaca Víctor Blanc, Event Manager de Advanced Factories.

En este sentido, el Industry 4.0 Congress centrará el debate en cómo la tecnología es un aliado para mejorar la eficiencia energética, redefinir los procesos de producción y avanzar hacia una industria más sostenible y descarbonizada. Cinco auditorios simultáneos en los que más de 420 expertos subirán al escenario para analizar las últimas tendencias del sector industrial: desde procesos de fabricación inteligente impulsados por la automatización, la robótica o la inteligencia artificial, pasando por la conectividad, la realidad virtual, visión artificial o gemelo digital.

Asimismo, el congreso contará con 10 foros verticales enfocados a diferentes industrias como automoción, aeronáutica y naval, ferroviario, electrónica, health y pharma, metal, textil, alimentación y bebidas, y movilidad y logística, así como un foro dedicado a la energía y las tecnologías "greentech". También volverá a acoger foros específicos como el CIO's Sum-

mit, el Foro de Ciberseguridad Industrial, el Foro de Inteligencia Artificial, el 3D Printing Forum o el Congreso Nacional de Gestores de Polígonos Industriales.

### Vuelve la feria de máquina-herramienta después de dos años

Este 2025 volverá a celebrarse una nueva edición de AMT – Advanced Machine Tools, el encuentro bienal de referencia para el sector del metal en el que descubrir las últimas novedades en máquina-herramienta para la renovación de los equipos. Con esta celebración conjunta, se fomentan las sinergias entre ambos eventos, ya que los profesionales de la industria metalúrgica o de los componentes de automoción, ferroviario, naval, electrónica, química, etc., que cada año acuden a Advanced Factories, podrán encontrar también maquinaria de nueva generación que les ayude en su objetivo de mejorar la eficiencia, reducir los desperdicios y mejorar su productividad.

## HANNOVER

### >> Hannover Messe 2025 se celebrará bajo el lema "La transformación industrial"



Hannover Messe (Alemania) reunirá del 31 de marzo al 4 de abril de 2025, bajo el lema principal "Transformación industrial", a empresas expositoras de la ingeniería mecánica, la industria eléctrica y digital, así como del sector energético, para presentar soluciones para la producción y el suministro de energía "de hoy y de mañana".

Las principales áreas de exposición en 2025 son fabricación inteligente, ecosistemas digitales, energía para la industria, tecnología de vacío y aire comprimido, soluciones y piezas de ingeniería, centro del futuro y comercio e inversiones internacionales.

El programa se completa con un programa de conferencias con aproximadamente 1.600 ponentes. Canadá será el país asociado de la edición 2025 de la feria.



# Evento común con motivo del Día Internacional de la Mujer en la Ingeniería: “Presente y futuro de la mujer ingeniera”

En colaboración con cerca de 15 asociaciones de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales españolas, la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAIITE) ha conmemorado el “Día Internacional de la Mujer en la Ingeniería”, a través de destacados eventos celebrados en distintos puntos de España, a lo largo del pasado mes de junio, especialmente en la semana del día 23.

Estas iniciativas tenían como objetivo sumar esfuerzos a nivel nacional e inspirar futuros ingenieros y científicos, con el mensaje y temática comunes: “Presente y futuro de la mujer ingeniera”. Bajo esta premisa, nuestras asociaciones desarrollaron diversas acciones con total independencia, pero con criterios comunes, enfocadas en resaltar la importancia de impulsar y promocionar las profesiones STEAM entre las generaciones más jóvenes, para lograr la igualdad real en estas disciplinas.

Para ello, se creó un cartel estándar que incluía el logo de la UAIITE y el de los organizadores (Asociación/Colegio) y un modelo de nota de prensa, para su réplica en los diferentes escenarios empleados: “mesas redondas”, “desayunos”, “actos de entrega de premios”, “exposiciones”, “promociones en medios como prensa escrita, radio, televisión local, redes sociales y páginas web”, entre otros. El objetivo final era lograr el mayor alcance posible en la sociedad en este proyecto global.

El principal propósito era generar un debate sobre la importancia de introducir a los niños en los centros educativos en el ámbito STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas) y concienciar al profesorado y a las entidades públicas de la necesidad de trabajar juntos, para conseguir una mayor equidad de género en el ámbito de la ingeniería. A su vez, se buscaba crear un espacio para presentar los proyectos activos a nivel nacional de la UAIITE, destinados a fomentar las vocaciones científico-técnicas y tecnológicas desde edades tempranas entre los más jóvenes. Estos proyectos incluyen iniciativas como “La Puerta del Ingenio”, “Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica” y “Exposición itinerante Mujeres Ingenieras de Éxito”.

## Nuevo proyecto de la UAIITE: “Madrid acerca la ingeniería a la sociedad”

Un nuevo año, la Institución ha contado con el apoyo del Ayuntamiento de Madrid para poner en marcha un programa que tiene como objetivo la



Cartel conmemorativo de UAIITE con motivo Día Internacional de la Mujer en la Ingeniería.



Carteles del nuevo proyecto de la UAIITE “Madrid acerca la Ingeniería a la sociedad”.

promoción y difusión de las disciplinas STEM.

El proyecto, financiado bajo el nombre “Madrid acerca la ingeniería a la sociedad”, tiene como objetivo continuar promoviendo y difundiendo las disciplinas STEM, enriqueciendo con nuevos contenidos dos de nuestras iniciativas activas: “Exposición Mujeres Ingenieras de Éxito” y “La Puerta del Ingenio”.

## Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica 2025

La UAIITE lanza oficialmente la convocatoria de la X Edición del Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica. Este prestigioso concurso juvenil, que ha demostrado su compromiso con el fomento del talento joven durante una década, busca orientar a los estudiantes hacia las vocaciones tecnológicas y las disciplinas STEM, consideradas pilares fundamentales para el desarrollo futuro del país.

Este certamen se posiciona como uno de los más destacados en el ámbito de la ciencia y la tecnología en España, y está dirigido a estudiantes del entorno preuniversitario, brindándoles una plataforma para explorar su creatividad y habilidades en el campo de la investigación tecnológica.

Están llamados a participar los alumnos de todo el territorio nacional, que se encuentren cursando estudios de 3º y 4º cursos de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), 1º y 2º de



Cartel del X Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica.



Bachillerato, y 1º y 2º cursos de Ciclos Formativos de Grado Superior (CFGS), de las familias: Electricidad y Electrónica; Energía y Agua; Fabricación Mecánica, Instalación y Mantenimiento; Química; Transporte y Mantenimiento de Vehículos; y Edificación y Obra Civil.

Se establecen las siguientes categorías:

- **Categoría A: estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria.**
- **Categoría B: estudiantes de Bachillerato.**
- **Categoría C: estudiantes de Ciclos Formativos de Grado Superior.**

Todas las inscripciones al concurso (alumnos, coordinadores y centros colaboradores) deberán realizarse a través del correo electrónico: [premionacional@uaitie.es](mailto:premionacional@uaitie.es), y tendrán reconocida su participación por parte de la UAIITE, mediante un diploma acreditativo.

El concurso estará abierto a la recepción de trabajos participantes hasta el 31 de marzo de 2025, y los ganadores en la fase final recibirán un premio equivalente a un valor monetario de 1.000 euros en cada una de las categorías. Además, se entregará un premio monetario de 500 euros, al Centro impulsor de cada una de las propuestas ganadoras para destinar a material, para el aula tecnológica del centro. El Premio Nacional contará un año más con el patrocinio de la Fundación Caja de Ingenieros.

# Ramón Vereea: el gallego que revolucionó las calculadoras con su máquina Vereea Direct Multiplier

Ramón Vereea, ingeniero y periodista gallego, está considerado como el precursor de las calculadoras modernas. En 1878 creó la Vereea Direct Multiplier, la primera calculadora que realizaba multiplicaciones directas, simplificando un proceso que antes dependía de sumar repetidamente. La Oficina de Patentes estadounidense patentó su invento, que actualmente se expone en el Museo de IBM en Nueva York.

**Mónica Ramírez**

Ramón Vereea, nacido en 1833 en el municipio gallego de La Estrada (Pontevedra), es recordado principalmente como el inventor de las primeras calculadoras mecánicas. A lo largo de su vida, destacó por su versatilidad, ya que fue ingeniero, periodista y escritor. Ya desde su juventud llamaba la atención por su gran inteligencia y por su interés por la mecánica, además de su vocación intelectual.

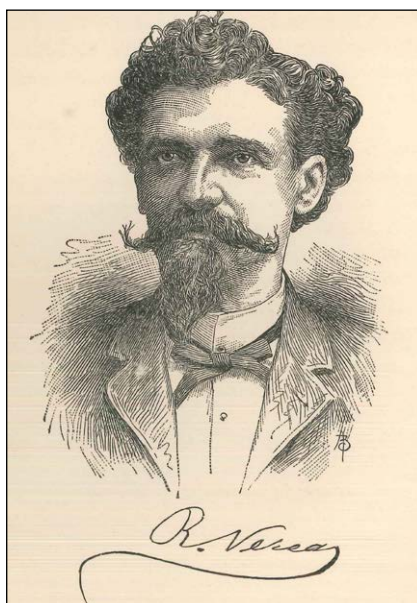
Descendía de una familia hidalga, hijo de Juan de Vereea de Aguiar y Florentina García, y le ayudó a estudiar un cura que era tío suyo, Francisco de Porto, en su propia aldea. Cuando contaba la edad de trece años se fue a estudiar al seminario diocesano de Santiago de Compostela, donde permaneció seis años.

## Primeros trabajos

En 1855 emigró a Cuba, donde trabajó como maestro y escribió dos novelas, tituladas “La cruz de Cobblestone” y “Una mujer con dos maridos”. Allí aprendió inglés y comenzó sus primeras incursiones en el mundo del periodismo. Sin embargo, su interés por la mecánica hizo que llegara, en 1863, su primer invento destacado: una máquina para plegar periódicos.

Tras una breve estancia en Puerto Rico, en 1865 se trasladó a Nueva York. En una ciudad que en aquel momento bullía de modernidad y progreso, intentó patentar su máquina plegadora, pero la falta de recursos lo obligó a vender el invento. A pesar de este revés, en 1874, su trabajo como cambista entre Nueva York y La Habana lo motivó a desarrollar un aparato para calcular equivalencias monetarias.

Este fue el inicio de una nueva vida, en la que, además de trabajar como traductor, empezó a labrarse un futu-



Retrato de Ramón Vereea.

**La máquina utilizaba un mecanismo de cilindros perforados que operaba de manera similar a un telar de Jacquard.**

ro como empresario. De este modo, en 1875 fundó la imprenta El Polígono. Más tarde fundó y dirigió el periódico “El Cronista”, y desde 1884 la revista quincenal (luego mensual) “El Progreso”, que se sostenía sin publicidad para salvaguardar su independencia, y se difundía en español, en una veintena de países.

Entre tanto, creó también una “Agencia industrial para la compra de maquinaria y efectos de moderna invención”. En esa época fue cuando ingenió su máquina calculadora: la Vereea Di-

rect Multiplier; la primera que realizaba multiplicaciones de forma directa en vez de emplear múltiples vueltas de manivela, y por ello se considera un antecedente de las calculadoras modernas. La oficina de patentes estadounidense le concedió, el 10 de septiembre de 1878, la número 207.918, el mismo año en el que ganó una medalla de la Exposición Mundial de Inventos de Cuba. Además, su calculadora fue mencionada en la prestigiosa revista “Scientific American”.

## Funcionamiento de la máquina

La máquina utilizaba un mecanismo de cilindros perforados que operaba de manera similar a un telar de Jacquard, permitiendo realizar cálculos de nueve cifras por multiplicadores de hasta seis dígitos en tan solo 20 segundos.

En aquella época ya existían calculadoras, pero eran máquinas con rudimentarios sistemas mecánicos que habían aparecido en la década de 1820. Sin embargo, estas calculadoras solo permitían un único tipo de operación. Para hacer una multiplicación había que desgranarla en sumas, de tal manera que, por ejemplo, la multiplicación de  $35 \times 42$  se obtendría colocando la máquina en el número 350 y se accionaría la manivela cuatro veces (lo que equivale a  $35 \times 10 \times 4$  o  $35 \times 40$ ). Después se colocaría 35 en la máquina y se accionaría dos veces la manivela ( $35 \times 2$ ), sumándose el resultado de las dos operaciones ( $35 \times 40 + 35 \times 2$ , que es lo mismo que  $35 \times 42$ ).

El invento de Ramón Vereea supuso un salto cualitativo con respecto a las máquinas anteriores, ya que no solo sumaba y restaba como las de su tiempo, sino que también podía dividir y multiplicar con precisión, y su velocidad resultaba increíble para la época. Todo ello era posible porque en lugar de realizar





Busto de Ramón Verea en La Estrada, provincia de Pontevedra. Fuente: Wikimedia Commons. Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0 Generic license.

múltiples vueltas de manivela para sumar cifras, permitía multiplicar directamente, gracias a una tabla de multiplicar codificada en los cilindros de la máquina.

La multiplicación la resolvía mediante un método directo basado en un mecanismo patentado por Edmund D. Barbour, en 1872, que empleaba un sistema que obtenía valores de una tabla de multiplicar codificada de manera similar al sistema Braille.

No obstante, aunque su calculadora fue galardonada en la Exposición Mundial de Inventos en Cuba, no tuvo éxito comercial, y solo se fabricaron tres unidades. A pesar de ello, parece ser que Verea no buscaba un beneficio económico con su invención, pues según él mismo explicó, sus motivaciones fueron “el amor propio, el deseo de demostrar que un español podía destacar en el ámbito inventivo a nivel internacional, y el afán de contribuir al avance de la ciencia”.

En cualquier caso, este invento refleja, sin duda, el genio de Ramón Verea, que dejó un legado importante en el desarrollo de la tecnología de cálculo, y su creación sirvió de inspiración para futuros desarrollos de calculadoras.

En los años posteriores, Ramón Verea centró su vida en el periodismo, fundando y dirigiendo diversos periódicos y revistas en diversos lugares, como Galicia, Guatemala y Argentina. Falleció en

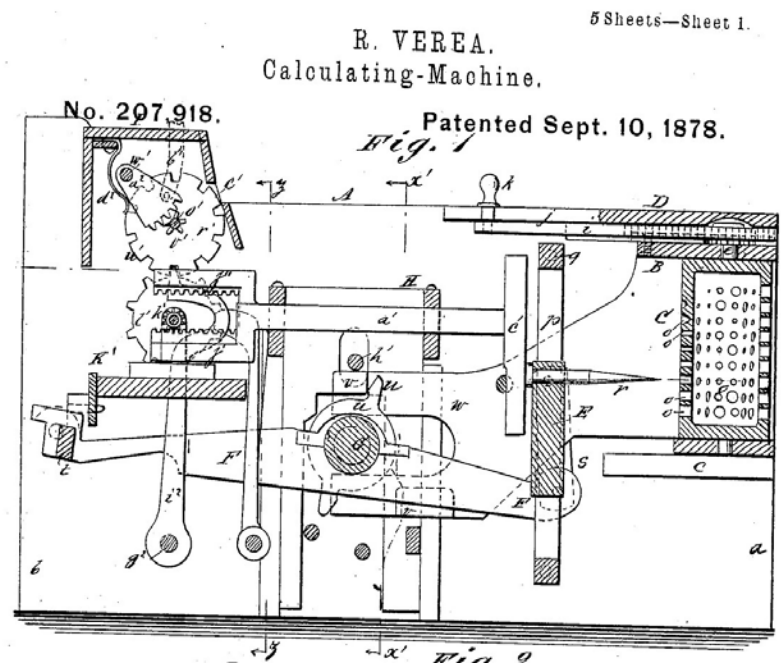
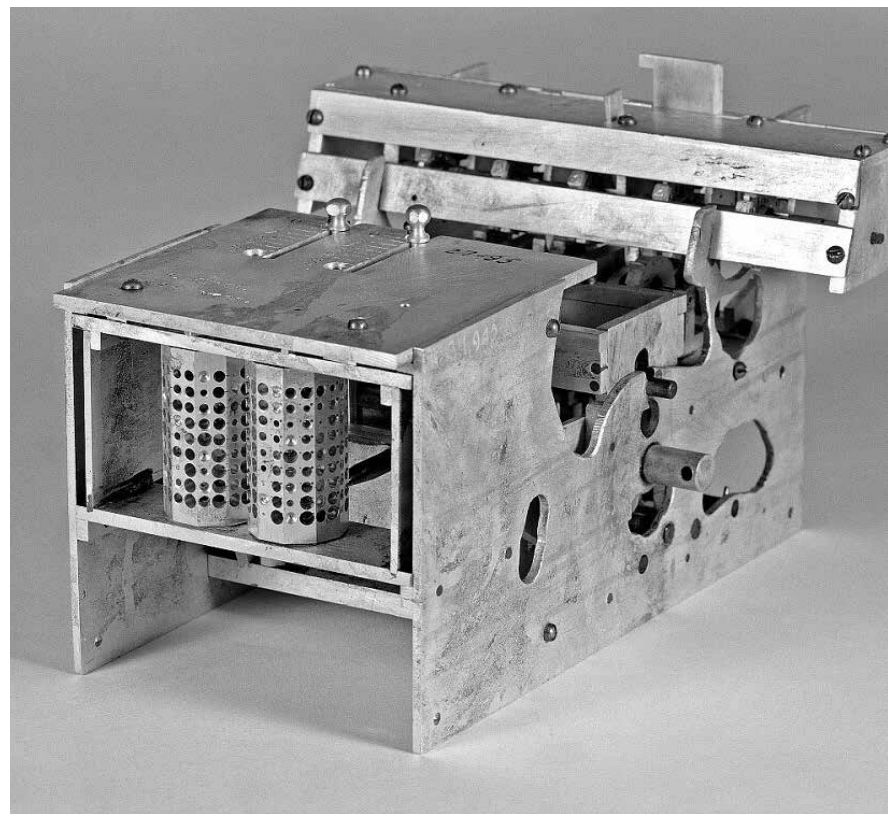


Imagen de la primera página de la patente de la máquina de Ramón Verea, fechada el 10 de septiembre de 1878, en la Oficina de Patentes de los Estados Unidos.

Buenos Aires en 1899. Su legado como inventor fue reconocido póstumamente, consolidando su lugar en la historia de la computación. En la actualidad, su

calculadora se expone en la sede central de IBM, en White Plains (Nueva York), formando parte de la colección iniciada en 1930 por el fundador de IBM.

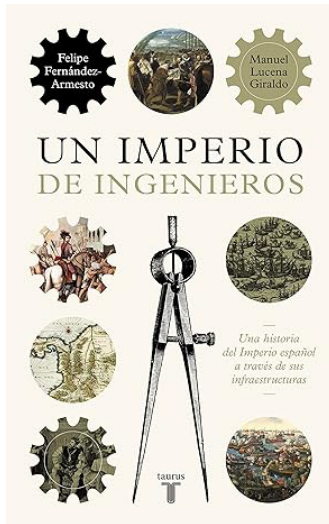


La Verea Direct Multiplier tenía unos 26 kilos de peso, 20 centímetros de largo, 13 de ancho y 17,5 de alto.



## Un imperio de ingenieros

Manuel Lucena Giraldo y Felipe Fernández-Armesto  
Editorial Taurus. 480 págs.  
ISBN 978-8430624478



Existe una figura ambigua, a medio camino entre lo militar y lo civil, que no se terminó de definir hasta hace poco: el ingeniero. Este libro es una exploración fascinante de su papel central en la forja del Imperio español. También es una celebración de la curiosidad humana, del ingenio y de la sorprendente capacidad de adaptación de unos profesionales que no se limitaron a trasladar los postulados europeos, sino que se empaparon de los nuevos espacios hallados en ultramar y los admiraron.

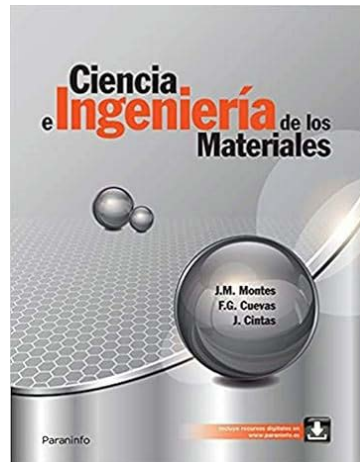
La formación de un imperio requiere una reestructuración del paisaje con fines administrativos, así como la vinculación de comunidades dispares en una sola entidad política por medio de infraestructuras. En el Imperio español, que se fijó en el romano como modelo, los ingenieros dirigieron obras públicas clave para lograr eficacia económica e integración social y cultural, pues facilitaban las comunicaciones y la salubridad y proporcionaban lo necesario para la defensa. Además, tuvieron que trabajar en un territorio extraordinariamente grande, con fronteras indefendibles y rutas vulnerables, o con recursos distribuidos de manera muy dispersa. Además, lo hicieron en un contexto de escasez financiera debida a las crisis económicas y las guerras dinásticas imperiales, dentro de un proceso de expansión tan agotador como asombroso.

Felipe Fernández-Armesto y Manuel Lucena Giraldo exploran la actividad de los ingenieros a partir de un sinfín de atractivas historias, siempre bien contadas, y ofrecen

una visión muy singular de la construcción del Imperio español, con sus virtudes y extraordinarios logros.

## Ciencia e ingeniería de los materiales

Juan Manuel Montes Martos,  
Francisco Gómez Cuevas y Jesús Cintas Físico  
Ediciones Paraninfo, S.A. 864 págs.  
ISBN 978-8428330176



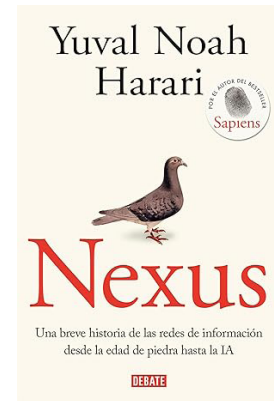
La Ciencia e Ingeniería de los Materiales tiene por objeto investigar la relación entre la estructura interna de los materiales y las propiedades que estos exhiben, así como la relación entre dicha estructura interna y el procesado del material. Se persigue con todo ello obtener un conjunto predeterminado de propiedades modelando la estructura interna del material mediante el procesado. A pesar de los espectaculares progresos que en este sentido han tenido lugar en las últimas décadas, el permanente desafío tecnológico requiere de materiales cada vez más sofisticados y especializados, que representan nuevos retos y oportunidades.

El objetivo principal de este libro es describir y analizar los materiales desde un enfoque renovado, que parte de una descripción de estos en la escala atómica, para luego pasar al estudio de las complejidades de sus microestructuras, y culminar con el análisis de las propiedades que estos exhiben en la escala macroscópica.

Los aspectos científicos están tratados con rigor y se ha pretendido en todo momento hacer una obra que pueda ser entendida sin más ayuda que su lectura detenida y reflexiva. Con este fin, se han incluido un gran número de figuras, problemas resueltos, problemas propuestos con solución y preguntas tipo test de autoevaluación.

## Nexus: Una breve historia de las redes de información desde la Edad de Piedra hasta la IA

Yuval Noah Harari  
Editorial Debate. 608 págs.  
ISBN 978-8419951021



En Nexus, Harari contempla a la humanidad desde la amplia perspectiva de la historia para analizar cómo las redes de información han hecho y deshecho nuestro mundo. Durante los últimos 100.000 años, los sapiens hemos acumulado un enorme poder. Pero, a pesar de todos los descubrimientos, inventos y conquistas, ahora nos enfrentamos a una crisis existencial: el mundo está al borde del colapso ecológico, abunda la desinformación y nos precipitamos hacia la era de la I.A. Con todo el camino andando, ¿por qué somos una especie autodestructiva?

A partir de una fascinante variedad de ejemplos históricos, desde la Edad de Piedra, pasando por la Biblia, la caza de brujas de principios de la Edad Moderna, el estalinismo y el nazismo, hasta el resurgimiento del populismo en nuestros días, Harari nos ofrece un marco revelador para indagar en las complejas relaciones que existen entre información y verdad, burocracia y mitología, y sabiduría y poder.

Examina cómo diferentes sociedades y sistemas políticos han utilizado la información para lograr sus objetivos e imponer el orden, para bien y para mal. Y plantea las opciones urgentes a las que nos enfrentamos hoy en día, cuando la inteligencia no humana amenaza nuestra propia existencia. La información no es el principio activo de la verdad; tampoco una simple arma. Nexus explora el esperanzador término medio entre estos extremos.



# COGITI

Consejo General de Colegios Oficiales  
de Graduados e Ingenieros Técnicos  
Industriales de España



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD  
Y AGENDA URBANA

## FORMACIÓN EN METODOLOGÍA BIM APLICABLE A LA CONTRATACIÓN PÚBLICA



ACCIONES FORMATIVAS GRATUITAS  
EN COLABORACIÓN CON EL  
MINISTERIO DE TRANSPORTES,  
MOVILIDAD Y AGENDA URBANA  
PARA LA MEJORA DE LAS  
COMPETENCIAS EN EL ÁMBITO DE LA  
METODOLOGÍA BIM

## CONTENIDO

MÓDULO 1: CONCEPTOS BÁSICOS DEL BIM ( 30 H APROX)

MÓDULO 2: CREACIÓN DE MODELOS BIM (10 H APROX)

MÓDULO 3: EXTRACCIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DEL MODELO (15 H APROX)

MÓDULO 4: INFOGRAFÍAS Y RECORRIDOS VIRTUALES (15 H APROX)

MÓDULO 5: TECNOLOGÍAS AVANZADAS QUE POTENCIAN A LAS TECNOLOGÍAS BIM (10 H APROX)

MÓDULO 6: ANÁLISIS Y CÁLCULOS ENERGÉTICOS DE MODELOS BIM CON CYPETHERM HE+ (20 H APROX)

**FORMACIÓN ONLINE:**

**PLATAFORMA DE INGENIEROS**

**FORMACIÓN**

**¡MATRÍCULATE!**

<https://www.ingenierosformacion.com/>

Acorde a la Resolución del Servicio Público de Empleo Estatal, por la que se aprueba la convocatoria para la concesión de subvenciones públicas destinadas a la financiación de formación mediante microcréditos, dentro de la Inversión “Adquisición de nuevas competencias para la transformación digital, verde y productiva”, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia –Financiado por la Unión Europea- Next Generation EU, presentamos el programa de formación promovido por el Consejo General de Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales de España (COGITI), que será desarrollado y ejecutado íntegramente en [www.ingenierosformacion.com](http://www.ingenierosformacion.com) abierto a todos los usuarios de la plataforma que deseen participar en él.

## ¡Matricúlate Gratis!

### 150h/ 10 semanas de formación

#### Gestión eficiente de la energía en la ingeniería

##### JUSTIFICACIÓN

La gestión de la energía en la industria es esencial para que las empresas mejoren sus procesos, utilicen recursos de manera eficiente, aumenten la productividad y reduzcan las emisiones de CO2. Muchas industrias están priorizando la sostenibilidad y la eficiencia en la producción. La capacitación adecuada es una ventaja significativa para los ingenieros que buscan especializarse en este campo.



##### OBJETIVOS

Gestionar de manera adecuada los distintos aspectos en relación con la energía, especialmente con la eficiencia energética, en cualquiera de las ramas de la ingeniería.

##### CONTENIDOS (resumen)

###### Módulo 1

Eficiencia energética en la industria

###### Módulo 2

Eficiencia energética en edificación

###### Módulo 3

Certificación energética de edificios

###### Módulo 4

Auditorías energéticas

###### Módulo 5

Tarifificación y contratación de la energía

#### Creación y dinamización de comunidades energéticas

##### JUSTIFICACIÓN

El ingeniero debe prepararse para avanzar hacia un modelo energético nuevo que sea justo, democrático, descentralizado, limpio, renovable y digital, en el cual el consumidor se convertirá en el protagonista principal.



##### OBJETIVOS

- Definir una comunidad energética identificando su papel como herramienta clave en el cambio de modelo energético y transición energética para la mitigación del cambio climático
- Identificar el marco normativo de las comunidades energéticas
- Identificar y dinamizar los distintos actores que integran las comunidades energéticas
- Identificar las actividades a desarrollar en el marco de las comunidades energéticas

##### CONTENIDOS (resumen)

###### MÓDULO 1: INTRODUCCIÓN A LAS COMUNIDADES ENERGÉTICAS

###### MÓDULO 2: MARCO NORMATIVO DE LAS COMUNIDADES ENERGÉTICAS

###### MÓDULO 3: DINAMIZACIÓN DE LA COMUNIDAD ENERGÉTICA

###### MÓDULO 4: ACTIVIDADES DE LAS COMUNIDADES ENERGÉTICAS

###### MÓDULO 5: CREACIÓN DE LA COMUNIDAD ENERGÉTICA

#### Modalidad e-learning.

**\*El curso se impartirá integralmente vía Internet en la Plataforma de Formación.**

#### **Ampliar información:**

**web: [www.ingenierosformacion.com](http://www.ingenierosformacion.com)**  
**e-mail: [secretaria@ingenierosformacion.com](mailto:secretaria@ingenierosformacion.com)**

**Tlf: 985 73 28 91**