



AEND

asociación española de ensayos no destructivos

revista nº 88 - 3^{er} trimestre - 2019 - 6 €

Número Especial

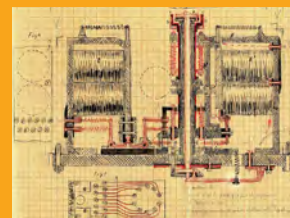


Dedicado al inventor español
"Leonardo Torres Quevedo"



ARTE Y PATRIMONIO

Ingeniería y arte en los diseños de
"Leonardo Torres Quevedo"



ARTÍCULOS TÉCNICOS



Leonardo Torres
Quevedo:
ingeniero,
matemático,
inventor



Creación del Instituto
"Leonardo Torres
Quevedo"



Instituto de Tecnologías
Físicas y de la
Información "Leonardo
Torres Quevedo"

COMERCIAL QUÍMICA MASSÓ

SOLUCIONES DE CALIDAD

LÍQUIDOS PENETRANTES Y PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

Consumibles y accesorios



RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL Y DIGITAL

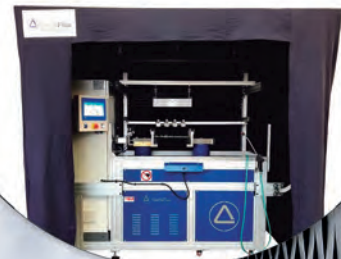


Carestream



BANCADAS

Bancadas magnéticas estándar y a medida
Equipos de magnetización portátil



Caminando Juntos

Gama completa de equipos de hasta
360KV, direccionales y panorámicos o
montados en crawlers.



EQUIPOS
DE RAYOS X



Medidores de espesor, Phased Array, Palpadores, TOFD



EQUIPOS
DE ULTRASONIDOS



Videoscopios, Fibroscopios flexibles,
Boroscopios rígidos, Periféricos



INSPECCIÓN
VISUAL REMOTA

COMERCIAL QUÍMICA MASSÓ, S.A.

Viladomat, 321, 5º - 08029 Barcelona, Tel. +34 934 952 500

end@cqmasso.com - www.cqmasso.com

Comisión de Dirección:

Presidente:
Fermín Gómez Fraile

Vicepresidentes:
Rafael Martínez-Oña
Emilio Romero Ros
Jesús Sanz Yrazu
Jesús Serrano Sánchez
Antonio Soto Agüera

Secretario General:
Emilio González Álvarez

Director de la Revista:
Jesús Serrano Sánchez

Consejo de Redacción:
Elena Gómez Sánchez
Marta L. Martínez Germán
Jesús Serrano Sánchez

Publicidad:
e.gomez@aend.org
Teléfono: 913 612 585

Redacción y Coordinación:
Ana Romero Jiménez

Editora:
AEND
C/ Bocángel, 28 -2º izda.
28028 Madrid
Teléfono: 913 612 585
Fax: 913 614 761
informacion@aend.org
www.aend.org

Maquetación y Producción:
QENTA NOVA, S.L.



Leonardo Torres Quevedo
y alguno de sus inventos

Sumario



CARTA A LOS LECTORES 2



NOTICIAS 4



OBITUARIO 14



ENTREVISTA 16

Margarita González Hernández, Vicedirectora Técnica e Itziar González Gómez, Vicedirectora Científica del (ITEFI)



ARTE Y PATRIMONIO 20

Ingeniería y arte en los diseños de "Leonardo Torres Quevedo"



ARTÍCULOS TÉCNICOS 28

Leonardo Torres Quevedo: ingeniero, matemático, inventor



ARTÍCULOS TÉCNICOS 42

Creación del Instituto "Leonardo Torres Quevedo"



ARTÍCULOS TÉCNICOS 56

Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información "Leonardo Torres Quevedo"



Estimados lectores:

Hoy me dirijo a vosotros para explicaros el motivo por el cual hemos dedicado este número extraordinario de nuestra revista, a Leonardo Torres Quevedo.

En efecto, tal y como estais pensando, la intensa actividad de Leonardo Torres Quevedo no tuvo nada que ver con los Ensayos No Destructivos, a continuación y, de la forma más breve posible, voy a intentar aclararos la razón de este pequeño homenaje a uno de los más grandes inventores, casi contemporáneo nuestro.

Estoy seguro de que todos conocemos a Leonardo Da Vinci y su magnífica obra artística, así como sus innumerables inventos, es justo reconocer que fue un adelantado a su tiempo, pero sin olvidar que, lamentablemente, no consta que llegase a publicar ningún estudio sistemático de los mismos ni que se construyese o pusiera en práctica alguno de ellos.

En el año 1852, cuatrocientos años después del nacimiento del genio florentino y, coincidiendo con la "reinvención" de su figura, vio la luz en un pueblo de Cantabria Leonardo Torres Quevedo "nuestro Leonardo", al que justamente también hemos de adjudicarle el calificativo de "genio", especialmente si tenemos en cuenta que sus inventos además de ser sancionados por científicos y asociaciones científicas, tanto nacionales como internacionales, fueron construidos y, algunos de ellos, utilizados satisfactoriamente hasta los momentos actuales, siendo precursores de muchas de las "cosas nuevas y admirables" de las que nos beneficiamos y disfrutamos en la actualidad, entre ellas podemos mencionar el "teleférico para el transporte de personas" (que sigue funcionando, después de más de cien años y sin ningún accidente) en las Cataratas del Niágara, los "dirigibles autodirigidos" (utilizados en la actualidad en misiones de vigilancia), el "portaerones", el "mando a distancia" (precursor de los drones), el "ordenador", la "computadora", la "calculadora científica", los "ajedrecistas" (primeros autómatas dotados de inteligencia artificial diseñados y construidos en el mundo, a los que nadie ha logrado ganar)...

Desafortunadamente, este genio, al que en el año 1930 el Presidente de la Sociedad Matemática Francesa calificó como "el más prodigioso inventor de su tiempo", es casi un desconocido en nuestro país, especialmente entre los más jóvenes. Por esta razón, la AEND considera justo colaborar para que, tanto su personalidad como su obra, sea difundida y dada a conocer, al menos, entre todos vosotros lectores de nuestra revista.

Un fuerte abrazo,



Jesús Serrano
Director de la Revista AEND





Adaptador 38-Link™ para el medidor de espesores 38DL PLUS®

Transferencia y gestión de datos seguro rápido y sencillo

El adaptador 38-Link permite que cualquier equipo existente 38DL PLUS envíe y reciba datos usando una conexión Bluetooth® o LAN inalámbrica* para procesos de trabajo más eficientes.

Comunicación inalámbrica con Olympus Scientific Cloud (OSC)

- organizar y monitorizar el proceso de inspección.
- administrar grupos de equipos.
- crear archivos de inspección e implantarlos inalámbricamente en el medidor de espesores 38DL PLUS® en campo.
- recibir inalámbricamente archivos de inspección completos.
- visualizar el panel de equipos y los informes.

Comunicación Bluetooth® para aplicaciones móviles

- Comparte por mail
- Archiva datos en Excel

Comunicación Bluetooth con la aplicación Link-Wedge de PC

- Utiliza el software Link-Wedge para compartir con aplicaciones Windows.



Congreso Nacional de END celebrado en Vitoria-Gasteiz del 12 al 14 de junio de 2019

Durante los pasados 12, 13 y 14 de junio tuvo lugar el 14º Congreso Nacional de Ensayos No Destructivos en el Palacio de Congresos Europa de Vitoria-Gasteiz, organizado por el Comité Norte de nuestra Asociación. Los objetivos previstos para el mismo han sido cumplidos en su totalidad ya que el Congreso ha servido como escaparate para presentar los últimos avances tecnológicos en nuestras áreas de aplicación y, también, punto de encuentro de técnicos, investigadores, fabricantes y usuarios de los END. Así mismo, hay que hacer notar las presentaciones en las áreas de Bellas Artes y Restauración donde, como es bien sabido, los END son herramientas imprescindibles en dichas disciplinas.

Información previa al congreso

Toda la información de carácter general se presentó, en castellano, euskera e inglés en la página web www.aendvitoria2019.com creada al efecto y en donde, en fechas previas y diferidas en el



Página web del Congreso

tiempo se fueron mostrando todos los aspectos del Congreso, haciendo especial hincapié en la información del Programa Oficial, desarrollo de

las jornadas por áreas, títulos de las ponencias y sus autores, programa de acompañantes, información de carácter general, plano de la ciudad, logotipos de las empresas colaboradoras y patrocinadores, plano de situación de los stands donde 23 empresas mostraron sus equipos, así como cartas de presentación por parte del Presidente de la AEND y de los Presidentes de los Comités Científico y Organizador.

Ubicación

Dentro de las posibles capitales que forman parte del Comité Norte se decidió por Vitoria-Gasteiz dada la favorable situación geográfica y las facilidades que su Ayuntamiento nos brindaba al ceder, prácticamente sin costes, dado el carácter de entidad sin ánimo de lucro que ostenta la AEND, el Palacio de Congresos Europa, acogedor edificio de moderna arquitectura, situado en



Palacio de Congresos Europa

la arteria más importante de la ciudad, con dos auditorios, numerosas salas para ponencias y zonas expositivas de amplia superficie.

En el patrocinio del Ayuntamiento y al ostentar la ciudad la condición de *Europea Green Capital*,

tuvo gran importancia que se cumplieran los requerimientos para ser un evento sostenible (s/ UNE-EN-ISO 20121) con reducción de impactos medioambientales negativos y potenciación de impactos sociales y económicos positivos. A este respecto y, en tanto fue posible, todas las empresas suministradoras, el montaje y los complementos de la Exposición, eliminación de restos, alimentación con productos Km-0, fueron cumplidos. Los almuerzos fueron servidos en la sala *Green Capital* anexa a la sala de exposición.

Patrocinadores y colaboradores

Cabe destacar la buena acogida encontrada por el Comité Organizador en los estamentos oficiales, especialmente el Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz y la Diputación Foral de Álava y empresas, muchas de nuestro entorno geográfico. Seguidamente se relacionan los patrocinadores y colaboradores del Congreso:

Entidades patrocinadoras

- Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz
- Diputación Foral de Álava
- Gobierno Vasco
- Baker Hughes
- O-Basf Chemetall
- Ceit
- Iberdrola
- IK4 Ideko
- IK4 Lortek
- Olympus
- SGS
- Tecnatom

El patrocinio del Congreso hizo acreedoras a la inscripción de tres congresistas de pleno derecho.

Entidades colaboradoras

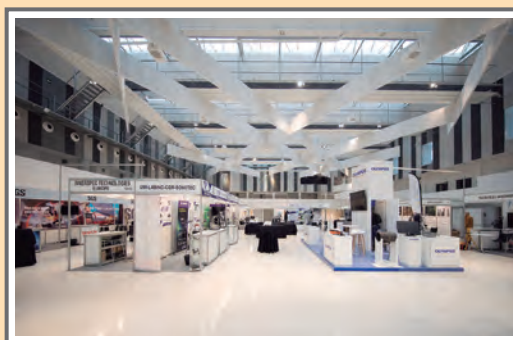
El congreso contó con las siete empresas colaboradoras que se relacionan a continuación y cuya aportación les dio derecho a la inscripción de dos congresistas.

- Aciturri
- Goierri eskola

- I-punto
- Lobair
- Sidenor
- Tecnalía
- Vicinay Sestao

Exposición

La exposición se llevó a cabo en la Sala Olarizu donde 2 asociaciones y 23 empresas presentaron sus últimos desarrollos ocupando 38 módulos de stands. En esta misma sala se contó con una amplia zona para demostraciones, así como espacio para las ponencias presentadas en póster. Las entidades y empresas expositoras fueron las siguientes:



Exposición, vista 1

- AEND
- ECNDT 2022 Lisboa
- Aplus+
- Chemetal
- Comercial Química Masso
- Das-Nano
- Eddyfi Technologies
- Ensia-Expert
- Extende
- Ferrer-Dalmau NDT
- General Electric
- Goierri
- Innerspec Technologies Europa
- Izasa Scientific
- Myrfon Desarrollos Integrales
- Nucliber
- Olympus
- Omnia
- Pacsess
- SGS Tecnos



- Sherwin Babco
- Tecnatom
- Tecnitest Ingenieros
- UMI-Útiles y Máquinas Industriales/Labino AB
- X-Ris



Exposición, vista 2

Protocolo

La víspera de la apertura del Congreso, los miembros de la Junta Rectora y algunos ponentes y asistentes extranjeros fueron recibidos en la sala noble del ayuntamiento por el Alcalde de la ciudad, Gorka Urtaran, que saludó personalmente a todos los asistentes. Jesús Sanz Yrazu, Presidente del Comité Organizador, presentó la programación del Congreso y Fermín Gómez Fraile, Presidente de la AEND, presentó a la AEND y su prestigio en la Federación Europea, así como la importancia de los END en la seguridad de las personas y los medios. Por su parte el Alcalde presentó Vitoria Gasteiz y dio la bienvenida a todos los asistentes deseando el mayor aprovechamiento y éxito del Congreso.



Recepción en el Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz

La Sesión de apertura contó con la presencia de la Viceconsejera de Tecnología, Innovación

y Competitividad del Gobierno Vasco, Estíbaliz Hernández Laviña, la Concejala de Área de Empleo y Desarrollo Económico del Ayuntamiento, Nerea Melgosa y los presidentes de la AEND y del Comité Organizador.



Sesión de Apertura

Respecto a la sesión de clausura, la mesa estuvo formada por los presidentes del Comité Organizador y de la AEND y por Luis Vieira Gomes, Vicepresidente de la Asociación Portuguesa de END quien presentó el próximo Congreso Europeo a celebrar en Lisboa el próximo 2022.



Sesión de Clausura

Ponencias

El Congreso se configuró con 3 ponencias magistrales, 4 ponencias invitadas, 2 mesas redondas y 80 sesiones temáticas de la siguiente forma:

Ponencia Magistral Inaugural

Futuro de los END

Pr. Dr. Rudolf Hanke, del Instituto Fraunhofer

Ponencia Magistral 2

Compressive Sensing

Dra. Virginia Yagüe, ITEFI - CSIC





Ponencia Magistral, Dr. Hanke

Ponencia Magistral 3

Monitorización de movimientos en la Catedral de Santa María

Arquitecto Leandro Cámara, Fundación Catedral Santa María



Mesa Redonda, sala Florida

Ponencia invitada 1

Inspección con sistemas aéreos

Carlos Bernabeu, ARBOREA INTELLIBIRD

Ponencia invitada 2

Turbinas aeronáuticas

Norberto Pérez, Centro de Fabricación Avanzada Aeronáutica (CFAA)



Sesión en sala Portilla



Sesión en sala J. M. Barandiaran

Ponencia invitada 3

Control con análisis de *Big Data*

Mari Luz Villamor, Mercedes Benz España

Ponencia invitada 4

Producción de electricidad en el 2030 y más allá

Samuel Pérez, Iberdrola

Mesa redonda 1

Nuevas tecnologías de inspección

Mesa redonda 2

El futuro de los END y el personal especializado en ellos.

Respecto a las sesiones, la estructura y número de ponencias fueron:

Sesión 1. Procesado de señal	6
Sesión 2. Simulación, formación	6
Sesión 3. Aeronáutica	6
Sesión 4. Sistemas de Inspección (1)	6
Sesión 5. Soldadura	6
Sesión 6. Electromagnéticas	5
Sesión 7. Sistemas de Inspección (2)	4
Sesión 8. Termografía	4
Sesión 9. Fabricación aditiva	4
Sesión 10. Arte y Patrimonio	5
Sesión 11. Monitorización de condiciones	6
Sesión 12. Ultrasonidos	6
Sesión 13. Edificación	3
Sesión 14. Ferroviario	3

Además 9 ponencias fueron presentadas en póster.

El importante número de ponencias orales implicó la utilización de tres salas en paralelo por lo

que, para futuros congresos, se debería estudiar la posibilidad de derivar algunas a póster ya que se constató que al coincidir tres ponencias paralelas en salas distintas, por su interés, se tuvo que prescindir de la asistencia a alguna de ellas.

Publicación de ponencias

Todos los textos finales de las ponencias presentadas fueron recogidos en un *tablet* que se entregó a todos los congresistas inscritos. Además, se proporcionó una publicación de 265 páginas con ubicación de salas y plano de la exposición, *company profiles* de todas las empresas patrocinadoras, colaboradoras y expositoras, resúmenes de todas las ponencias en castellano e inglés, índice de autores, etc.

Congresistas

El número total de personas inscritas que participaron en el Congreso fue de 325 distribuidos en la siguiente forma:

- 224 congresistas al total de días
- 27 congresistas con pases de día
- 17 acompañantes
- 57 con pase de visitantes
- 89 empresas
- 9 patrocinadores
- 7 colaboradores
- 23 expositores en 38 *stands* y 2 asociaciones

Actos sociales y programas de acompañantes

El miércoles día 12 y para los congresistas "más en forma" se planificó un entrenamiento-carrera bajo la dirección del atleta vitoriano Martín Fiz ex-campeón del mundo de maratón y actual campeón



Carrera con Martín Fiz

del mundo en mayores de 55 años al ganar los "Six Majors". Los menos deportistas realizaron una visita cultural a la almendra medieval y Catedral de Santa María, reuniéndonos seguidamente todos en el Palacio de Villa Suso y tras el "Aurreku de honor" y la llamada con "Txalaparta" tuvo lugar la recepción y cóctel de bienvenida.



Aurreku de bienvenida

El jueves 13 tuvo lugar la cena oficial del Congreso en la villa de Laguardia en pleno centro de Rioja Alavesa tras una visita a dicha villa. Se aprovechó la ocasión para agradecer públicamente su ayuda a patrocinadores y colaboradores.

El viernes 14 tras la sesión de clausura y como despedida se ofreció la comida de clausura en un restaurante próximo al Palacio de Congresos Europa.

Dentro del programa de acompañantes se efectuaron visitas a San Sebastián, Bilbao y Salinas de Añana. Así mismo los acompañantes participaron en las sesiones de apertura y clausura, cena oficial del congreso y en la comida de cierre del mismo.

Agradecimientos

Finalmente y, como Presidente del Comité Organizador, quiero agradecer al Comité Científico y, en especial, a su Presidente Rafael Martínez Oña que ha podido clasificar y encajar todas las ponencias recibidas, así como estructurar las ponencias magistrales, invitadas y mesas redondas. De la misma forma, agradecer al resto de compañeros del Comité Organizador Fernando Isasi, María Garrido, Emilio de Miguel e Iván Castro su inestimable colaboración para la realización de este Congreso.

Jesús Sanz Yrazu

Presidente del Comité Organizador del 14º Congreso Nacional de END.

Premio bienal: "Tengo Un Proyecto de END"



La Asociación Española de Ensayos No Destructivos, AEND junto con el Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información Leonardo Torres Quevedo, ITEFI, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC, van a convocar el premio bienal: "Tengo un Proyecto de END" al mejor Trabajo Fin de Grado o Trabajo Fin de Máster sobre temas relacionados con la Evaluación No Destructiva (END), dirigido a los trabajos que se presenten durante los cursos académicos: 2018-2019 y 2019-2020".

El objetivo del premio es estimular y potenciar el desarrollo de los END a través de un proyecto basado en el desarrollo de alguna de las siguientes áreas de los END y para cualquiera de sus métodos (ET, MT, PT, RT, UT, VT, etc.):

- Nuevas técnicas
- Aplicaciones de los END a la monitorización de la condición ("*Conditioning Monitoring*") y salud estructural ("*Structural Health Monitoring*")
- Fiabilidad y Factores Humanos
- Investigación y nuevos desarrollos
- Aplicaciones industriales: aeronáutica, nuclear, renovables, ferrocarril, etc.
- Sensores
- Etc.

Documentación a presentar con la solicitud:

- Nombre y apellidos del solicitante y datos de contacto
- Nombre y apellidos del director/tutor del trabajo. Escuela o Facultad y Universidad donde presentó el TFG o TFM
- Certificado de presentación/lectura del trabajo y calificación obtenida.
- Título y resumen corto del proyecto (máximo de 200 palabras)
- Resumen ampliado (12 páginas máximo) incluyendo al menos el estado del arte de la materia, aporte de originalidad, resultados y relevancia dentro del estado del arte y desarrollo futuro, documento acreditativo de fecha de entrega/lectura del trabajo y cualquier material gráfico que considere oportuno

Evaluación y premio

Los premios serán resueltos por una Comisión compuesta por miembros de la AEND e investigadores del ITEFI. Se entregará un premio de 1.000 euros patrocinado por la AEND

Presentación y plazo

Las bases del concurso con información sobre forma, plazos de presentación y de resolución, se publicaran próximamente los páginas web de la AEND: www.aend.org/ y del ITEFI: www.itefi.csic.es/



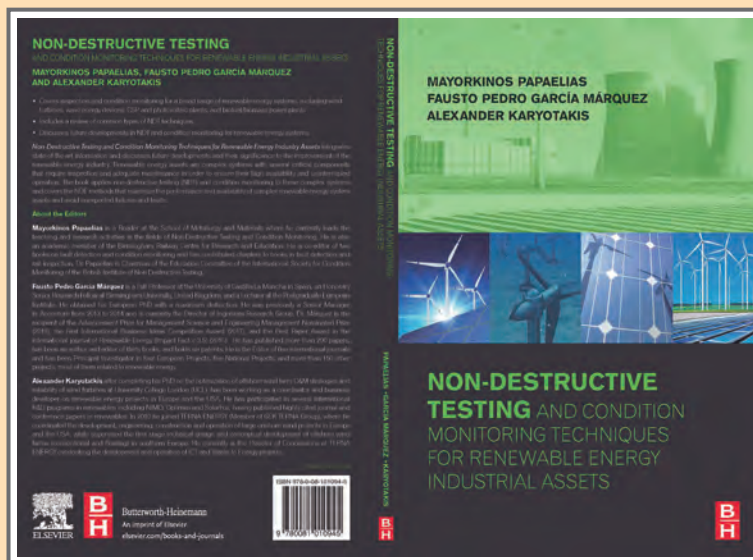


Primer libro editado sobre “Non-Destructive Testing and Condition Monitoring Techniques for Renewable Energy Industrial Assets”

Nos complace anunciar la aparición, del que según la información en nuestro poder, es el primer libro editado acerca de la aplicación de los END en “Condición Monitoring” en la industria de las “Energías Renovables”.

de END y sistemas de monitorización en estos complejos sistemas.

El libro consta de 12 capítulos con distintos casos de estudio, por ejemplo, en energía eólica, solar,



Queremos destacar, además, que uno de sus autores, Fausto Pedro García Márquez, Catedrático de la Universidad de Castilla la Mancha, es un asiduo colaborador de nuestra Asociación, especialmente de su Revista, a continuación se incluye una breve reseña de la obra.

“El libro *“Non-Destructive Testing and Condition Monitoring Techniques for Renewable Energy Industrial Assets”*, editado por Elsevier, considera el estado del arte y plantea desarrollos y aplicaciones futuras de las técnicas de ensayos no destructivos (END) y de monitorización aplicados en los equipos industriales empleados en la energía renovable con el fin de mejorar este tipo de industria. Los equipos empleados en esta industria son complejos, con una serie de elementos críticos que requieren una correcta inspección y políticas de mantenimiento con el fin de asegurar una alta disponibilidad y fiabilidad, y con ello garantizar el suministro de este tipo de energía. Este es el primer libro que considera la aplicación

mareomotriz, etc. con técnicas de END como ultrasonidos, termografía, emisión acústica... y numerosos métodos matemáticos y algoritmos para el tratamiento y análisis de las señales. Se incluye también un capítulo de que introduce la temática considerada, así como el libro en su conjunto. El libro ha sido editado por la editorial más prestigiosa a nivel internacional, junto a Springer, Elsevier en temas de investigación, innovación y desarrollo.

El interés de los autores con los trabajos realizados ha sido su divulgación en el ámbito internacional, por eso han escogido esta editorial, por lo que, al igual que los artículos científicos, estos han cedido sus derechos a la editorial, y por tanto no hay interés lucrativo en la venta del libro.

Más información en el link:
<https://www.sciencedirect.com/book/9780081010945/non-destructive-testing-and-condition-monitoring-techniques-for-renewable-energy-industrial-assets>



RESUMEN DE NOTICIAS

NOTICIAS INTERNACIONALES

Reunión del Comité de Normalización ISO/TC 135 SC7

Los días 17, 18 y 19 de junio de 2019 en Edmonton, Alberta (Canadá) y coincidiendo con la celebración de la Conferencia de Ensayos No Destructivos organizada por la Asociación Canadiense (CINDE) se celebró la reunión del subcomité SC7 del Comité de Normalización de Ensayos No Destructivos ISO 135, para la revisión de la norma ISO 9712.



A la citada reunión asistieron 29 personas, representando a 15 países.

La secretaria informó del estado en el que se encuentran las diferentes normas y especificaciones técnicas relativas a la certificación de personal.

NORMA	ESTADO
ISO 9712:2012 Ensayos No Destructivos. Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos	Se está trabajando en una nueva edición como consecuencia de la revisión sistemática
ISO/TS 11774:2011 <i>Non-destructive testing. Performance-based Qualification</i>	La revisión sistemática de versión cero se efectuó en junio de 2019 y los resultados se publicarán en breve
ISO 18490:2015 Ensayos No Destructivos. Evaluación de la agudeza visual del personal que realiza Ensayos No Destructivos	La revisión sistemática comenzará en abril de 2020
ISO 20807:2004 <i>Non-destructive testing. Qualification of personnel for limited application of Non-destructive testing</i>	La revisión sistemática comenzará en octubre de 2019
ISO/TS 22809:2007 <i>Non-destructive testing. Discontinuities in specimens for use in qualification examinations</i>	Confirmada en 2018, en la próxima revisión se considerará cambiar el estado desde la especificación técnica del estado actual a una norma ISO
ISO/TS 25108:2018 <i>Non-destructive testing. Guidelines for NDT personnel training organizations</i>	Primera edición publicada en 2018
ISO/TS 25107 <i>Non-destructive testing. Guidelines for NDT training Syllabuses</i>	El voto final se realizó en agosto de 2019

Estado de normas y especificaciones técnicas relacionadas con la certificación de personal



Se resolvió disolver el WG9 por haber completado los trabajos de revisión de las especificaciones técnicas ISO/TS 25107 e ISO/TS 25108:2018.

Existen discrepancias entre las normas ISO 9712 e ISO 17024 que, en la presente revisión de la norma ISO 9712, deben ser corregidas.

Se revisaron las propuestas elaboradas en la reunión de Múnich por los diferentes grupos de trabajo que se habían establecido previamente.

TG 1: Factores psicométricos y calificación de exámenes prácticos

TG 2: Requisitos de experiencia, responsabilidades de la empresa y responsabilidades del candidato

TG 3: Requisitos de visión

TG 4: Requisitos de formación

TG 5: Métodos, técnicas, sectores

TG 6: Periodo de validez del certificado, renovación/ recertificación

TG 7: Organismo de certificación

Los próximos hitos en la revisión de la norma ISO 9712 son:

- Los días 15 y 16 de octubre reunión en París de los coordinadores de los diferentes grupos de trabajo, donde se analizarán los comentarios realizados en la reunión de Edmonton (Canadá) y los enviados por CASCO
- A finales de diciembre de 2019 o en enero de 2020 distribución a todos los miembros del Comité de Normalización del borrador revisado
- Discusión de los comentarios recibidos en la próxima reunión del Comité de Normalización que tiene prevista su realización en Seúl (Corea del Sur) en junio de 2020
- Después del verano de 2020, votación del borrador de la norma
- A finales de 2020 o principios de 2021, votación del borrador final de la norma
- Publicación de documento final en septiembre de 2021



Foto de familia de los asistentes a la reunión del Subcomité 7, del Comité de Normalización 135 de ISO



Líquidos Penetrantes Partículas Magnéticas



Ardrox® Xmor®

Consumibles y equipos de END para cada industria y aplicación.
Beneficiense de nuestra experiencia e innovación.



Cut it. Clean it. Coat it. Control it. Conserve it.® with us! www.chemetall.com

Chemetal, S.A.U.
Paseo de la Ribera, 107
08420 Canovellas
Barcelona
España
Telf.: +34 938406 767
E-mail.: pedidos.ts@basf.com

BASF
We create chemistry

Chemetall
expect more⁺

Obituario

GABRIEL DELOJO MORCILLO

Sentimos tener que comunicar que, el pasado 15 de julio de 2019, ha fallecido nuestro buen amigo Gabriel Delojo Morcillo, a los 85 años de edad.

Gabriel fue uno de los precursores del empleo de los ensayos no destructivos en España, desde sus comienzos profesionales en el Instituto de Técnica Aeroespacial (INTA), donde formó parte del equipo que escribió el libro que ha sido la "biblia" de los END en España "Introducción a los métodos de Ensayos No Destructivos de control de calidad de los materiales", hasta hace muy poco, cuando pudimos hablar con él de otro libro suyo que lleva el ingenioso título de "Inspección Visual; el arte de ver y la ciencia de mirar"; y a eso hay que sumar las distintas actividades que ha llevado a cabo: el negatoscopio de luz verde, la formación en general y, muy en especial, la radiografía aplicada a las obras de arte..., y un largo etcétera. De hecho, no se entienden los ensayos no destructivos de los siglos XX y XXI en España sin la figura de Gabriel.



Gabriel ha sido un hombre del Renacimiento, nacido fuera de su época. Aunaba conocimientos en distintas disciplinas, como arte, filosofía, ciencia, investigación, pedagogía y docencia... Como él mismo diría, sería prolijo enumerar aquí todas sus capacidades, pero de todas ellas, cabe destacar su sentido del humor y, algo de lo que hablaba a menudo, su sentido común.

Desde el inicio de la andadura de nuestra Asociación, la colaboración de Gabriel ha sido constante, ha participado en distintos comités y grupos de trabajo, ha sido miembro del Órgano de Gobierno del CERTIAEND desde su creación hasta su jubilación, no debíamos olvidar tampoco su participación en el consejo de redacción de esta revista y, como no, la cantidad de escritos e ilustraciones que ha realizado para sus páginas, una de ellas, su autorretrato, que ilustra este obituario.

Él nos diría ahora que la muerte forma parte de la vida y, por tanto, debemos contemplarla como algo natural; vivir cada minuto con intensidad, disfrutando de las pequeñas cosas, de cada instante. Y con eso nos quedamos, con los momentos vividos y compartidos con él, llenos de esa verdad y esa sabiduría de las que Gabriel era capaz de impregnarnos con su presencia.

Desde estas líneas, queremos expresar nuestro pesar por tan sensible pérdida y manifestar nuestro apoyo entrañable a sus hijos y familiares, a quienes enviamos un fuerte abrazo en nombre de todos los colegas de la AEND.

¡Hasta siempre, Maestro, estés donde estés!; recibe todo nuestro cariño y reconocimiento más sinceros.

Descansa en paz.



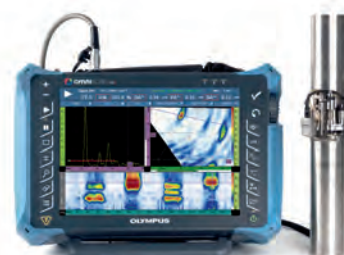


Palpadores array y scanners para la inspección de austeníticos

La inspección de material austenítico es un desafío importante debido a su estructura. Pero si el espesor es fino o muy grueso, por diferentes razones la inspección se complica aún más.

¡¡ Nuevos palpadores duales Matriciales Array A25 y A26 que mejoran los resultados de inspección !!

- Transmisión-recepción de ondas longitudinales para mejor focalización.
- Muy Buena relación señal ruido en inoxidable austeníticos y soldaduras disimilares.
- Suelas de tamaño reducido para mayor acercamiento y acoplamiento.
- Generación de plan de inspección con Olympus Setup Builder.
- Adaptables a escáneres tipo abrazadera COBRA y ChainSCANNER para hacer registro.



descripción	referencia	Frecuencia Mhz	Número de elementos	Pitch (mm)	Apertura activa (mm)	Elevación (mm)	dimensiones mm (in.)		
							L	W	H
5DL16-12X5-A25	Q3301132	5.0	Dual 16 (Linear)	0.75	12 × 5	5.0	24 (0.94)	24 (0.94)	18 (0.71)
2.25DL32-32X12-A26	Q3301043	2.25	Dual 32 (Linear)	1.0	32 × 12	12.0	48.2 (1.9)	16.5 (0.65)	26.4 (1.04)
4DL32-32X12-A26	Q3301480	4.0	Dual 32 (Linear)	1.0	32 × 12	12.0	48.2 (1.9)	16.5 (0.65)	26.4 (1.04)

Las sondas van a compañadas de conector OmniScan® y cable de 2.5 m. Posibilidad de otros conectores y longitudes.

Para más información, visite

www.olympus-ims.com/en/resources/



En el presente número entrevistamos a Margarita González Hernández, Vicedirectora Técnica y a Itziar González Gómez, Vicedirectora Científica del Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información "Leonardo Torres Quevedo" (ITEFI)

En esta ocasión se da la circunstancia de que la entrevista se realiza a dos científicas de muy alto nivel, oportunidad que no se da, ni mucho menos, con frecuencia en nuestra Revista, muchas gracias por anticipado a las dos.

En primer lugar, os rogamos que hagáis una breve semblanza de vuestro centro.

El Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información "Leonardo Torres Quevedo", ITEFI, es un instituto propio del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC. El instituto tiene como principal objetivo la investigación en las nuevas tecnologías físicas aplicables a los ámbitos industrial, biomédico y medioambiental, así como a las tecnologías de la información



Margarita González Hernández e Itziar González Gómez



Figura 1. Puerta principal del edificio Torres Quevedo, sede del ITEFI en Madrid

relacionadas con la seguridad de las comunicaciones y la criptografía. El instituto está formado por un equipo multidisciplinar de investigadores, técnicos y personal de servicios y apoyo que, de forma inequívoca, quiere continuar siendo pionero en las tecnologías físicas, matemáticas y de la información.

El ITEFI podría considerarse que es un Instituto joven dado que ha cumplido solo seis años de vida, pero está forjado sobre la experiencia de las personas que lo componen, siendo heredero de las líneas de investigación de los institutos que lo precedieron a lo largo de su dilatada existencia.



El ITEFI posee una especial motivación en la orientación de sus investigaciones, reforzada por la diversidad de sus científicos expertos en las Tecnologías Físicas clásicas (Tecnología electrónica, Mecánica, Acústica aplicada, Física de materiales, Tecnologías de la instrumentación, etc.), Tecnologías de la información, Seguridad y Ciberseguridad, Comunicaciones y Producción, Ciencias y Tecnologías de la computación y Biomedicina.

¿Cuáles son las áreas en que desarrolláis, principalmente, vuestras actividades?

El ITEFI es un instituto de investigación en el cual se desarrolla desde investigación básica, hasta desarrollos y/o prototipos transferibles a la industria. Sus líneas de investigación se desarrollan en un amplio

para aplicaciones biomédicas, alimentaria, aeronáuticas, ferroviarias y construcción, entre otras.

Consideramos muy interesante conocer algunos de los proyectos más destacados en los que estáis participando.

El ITEFI como instituto de investigación tiene como objetivo principal la contribución al progreso de la ciencia y la tecnología para lo cual participa, activamente, en las diferentes convocatorias del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación, así como, en otras convocatorias de Comunidades Autónomas, Regionales etc. En la actualidad, contamos con más de 20 proyectos de investigación en líneas tan diversas que van, desde las comunicaciones cuánticas, desarrollo de protocolos criptográficos,



Figura 2. Sistema de inspección en TecniTest Proyecto GENUSROB

conjunto de sectores que van desde la acústica ambiental, aplicaciones biomédicas e industriales, evaluación no destructiva de materiales, sensores químicos basados en nano-materiales, sensores y resonadores para aplicaciones en seguridad, medio ambiente, salud y alimentación; las tecnologías de la información y la criptografía para la protección de información que permita garantizar la seguridad de la información y su comunicación en diversas aplicaciones, así como, la criptografía cuántica. Aunque hay una línea de investigación que podría considerarse transversal en el instituto, la investigación y desarrollo de sistemas ultrasónicos, desde el planteamiento teórico y simulaciones hasta el desarrollo de sistemas electrónicos multicanal

desarrollo de metodologías y sistemas ultrasónicos para aplicaciones médicas e industriales. En la actualidad, contamos con un proyecto de investigación e innovación de la convocatoria europea "Interreg Sudoe" para el desarrollo y validación en campo de un sistema de nanosensores de bajo consumo y bajo coste para la monitorización, en tiempo real, de la calidad del aire ambiente.

Además, el ITEFI ha colaborado o colabora con algunas de las principales empresas del sector de los ensayos no destructivos, tanto proveedores de tecnología como con usuarios finales: AIRBUS, ENSA, TALGO, DANORAIL, AMURRIO, ACCIONA, COMSA, TETRA-PAK,



TECNATOM, TECNITEST, DASEL, Qi2, entre otros y con centros tecnológicos de referencia como TECNALIA, FIDAMC, CNEA (Argentina), entre otros.

¿Podríamos conocer algunos detalles de un par de estos proyectos?

Entre los diversos proyectos que se desarrollan en el instituto hay dos a destacar por la estrecha relación que tienen con la industria: "GENUSROB" y "ULTRATEX"; ambos proyectos son financiados por Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, "FEDER", a través del Plan de Colaboración Retos Colaboración Empresas, convocatoria 2017.

El proyecto GENUSROB: "Generación de imágenes ultrasónicas de piezas de geometría compleja mediante el uso de robots industriales", tiene como objetivo, como indica su nombre, la realización de un estudio que facilite la generación de imágenes ultrasónicas de piezas de geometría compleja mediante el uso de robots industriales. Este proyecto se realiza, conjuntamente, con la empresa TechniTest NDT y colaboran dos grupos de investigación del ITEFI, el grupo de Caracterización de Materiales mediante Evaluación No Destructiva y el grupo de Procesamiento de Señales en Sistemas Ultrasónicos Multicanal.

etc.) no es compatible con los estándares de calidad y seguridad alimentaria. Como parte del proyecto, se instalará un prototipo en fábrica, capaz de operar con velocidades de cinta transportadora de hasta 1 m/s, lo que supone evaluar hasta 600 unidades por minuto en condiciones reales de producción. Se trata de caracterizar, en tiempo real, la textura del producto, un parámetro muy relevante en el proceso de producción. Este proyecto se realiza, conjuntamente, con el grupo SIRO, la Universidad Politécnica de Valencia y el grupo de Sistemas y Tecnologías Ultrasónicas del ITEFI.

Hablarnos un poco de la previsión de actividades a corto y medio plazo en el ITEFI

En el contexto actual de nuestra sociedad, se aprecia una creciente necesidad de tecnologías y herramientas que mejoren los medios de producción y de diferenciación de los productos. El ITEFI está posicionado para ofrecer apoyo a los sectores productivos en la generación de estas nuevas tecnologías y lograr nuevas oportunidades de negocio. La necesidad de dar respuesta a los nuevos retos planteados en el ámbito de las tecnologías físicas y de la información y, la cada vez más exigente legislación europea sobre calidad y seguridad en los sectores industriales, es una clara oportunidad para que el ITEFI desarrolle un importante papel frente a los sectores público y privado como

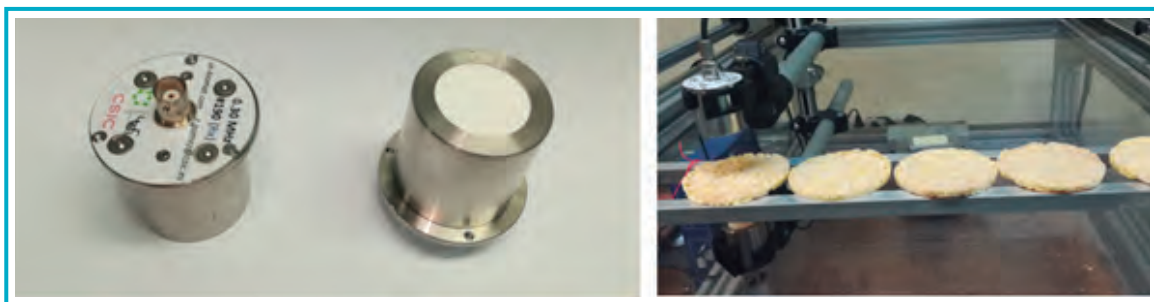


Figura 3. Transductores diseñados para el proyecto "ULTRATEX", con encapsulados en acero inoxidable compatible con los estándares de producción alimentaria (izquierda). Experimento de laboratorio para la caracterización textural de tortitas de maíz (derecha)

El objetivo del proyecto "ULTRATEX" es la gestión integral del proceso de elaboración de tortitas de maíz, mediante la caracterización no destructiva de las propiedades texturales del producto con ultrasonidos sin contacto. Este proyecto ampliará la aplicación de nuestra tecnología ultrasónica acoplada por aire, incluidos los transductores y la electrónica, al campo del control de calidad en la industria alimentaria. Las técnicas por acoplamiento en aire se adaptan muy bien a este problema, ya que la alternativa por contacto (agua, gel,

referencia en asesoría científica y tecnológica de cara al desarrollo y adopción de nuevas normativas.

Nuestras actividades a corto y medio plazo están enfocadas a contribuir al progreso de la ciencia y la tecnología en las líneas de investigación del Instituto, desarrollando nuevos métodos y herramientas, a tenor de las nuevas tendencias, que permitan dar respuesta a las necesidades de la sociedad. Además, es necesario continuar y aumentar la transferencia de



tecnología a los sectores productivos y dar asesoramiento imparcial e independiente al CSIC, Administraciones públicas, empresas o instituciones en todas las cuestiones que se requieran relacionadas con las líneas de investigación que desarrollamos. Otro aspecto en el que estamos trabajando intensamente es en la mejora de la proyección internacional de la actividad del Instituto, consolidándolo como centro de referencia en investigación multidisciplinar.

Nuestro modelo social actual está fuertemente marcado por la oferta y uso de tecnologías de última generación y demanda un aumento en inversión en I+D en los sectores públicos y privados. El ITEFI tiene una clara visión de la tecnología y de la ciencia, con una vocación de transferencia de resultados de la I+D. Por ello, consideramos prioritario atraer e involucrar a las empresas en estos retos tecnológicos con incentivos, soporte y participación-colaboración. Potenciando la actualización de nuestra industria permitirá ubicar a las tecnologías españolas en la cabecera de los desarrollos en el ámbito internacional.

¿Cuáles son los cambios necesarios en medios y estructura para llevar a cabo estas actividades?

Para lograr los objetivos que nos hemos planteado alcanzar es necesario realizar un conjunto de acciones, que van desde aumentar nuestra plantilla de investigadores e incorporar personal técnico, hasta aumentar la sinergia entre los grupos de investigación del instituto así como con grupos externos.

Además, hay actuaciones de especial relevancia para llevar a cabo estas actividades: cómo, una iniciativa para aumentar el acercamiento del ITEFI a las empresas para ofrecer nuestras tecnologías a través de posibles colaboraciones y facilitar la interacción real en los espacios compartidos empresa-ITEFI mediante la incorporación de técnicos compartidos para desarrollar los avances tecnológicos diseñados.

¿Que ha supuesto para el ITEFI la existencia de la AEND? ¿que esperáis de ella? ¿qué valor positivo ha aportado la AEND en la realización de vuestras actividades?

La relación de una parte de los investigadores del ITEFI con la AEND se remonta a más de veinte años y ha supuesto una estrecha colaboración que nos

ha posibilitado mantener un contacto cercano con la problemática de la industria y ampliar nuestras relaciones con la Asociación. El desarrollo de investigación aplicada ha permitido ofrecer soluciones a la industria aeronáutica, ferroviaria o de construcción.

Además, nos ha permitido aumentar el contacto y ampliar líneas de investigación en otros ámbitos como la conservación del patrimonio histórico construido. La creación del grupo de Arte y Patrimonio dentro de la AEND facilitó la puesta en común de diferentes puntos de vistas y técnicas pero todas con el mismo objetivo preservar el patrimonio, aumentar el conocimiento y crear redes de colaboración a nivel nacional.

¿Se podría incrementar la colaboración mantenida hasta el presente con la AEND? ¿cómo?

Por supuesto, además de ser socio de la Asociación, participar activamente en sus asambleas, formar parte del comité científico del último Congreso de END. El pasado año, en el ITEFI, con motivo de los 75 años del edificio Torres Quevedo organizamos diversas actividades. Entre ellas convocamos los premios al mejor Trabajo Fin de Grado o Trabajo Fin de Máster para alumnos graduados. Estos premios tuvieron cuatro categorías Acústica, Criptología y Seguridad de la Información, Evaluación no Destructiva y Sensores y Ultrasonidos. El premio en la categoría de Ensayos No Destructivos fue patrocinado por la AEND y esta colaboración continuará ya que, en breve, volveremos a convocar conjuntamente el premio en la categoría de Evaluación No Destructiva.

¿Consideráis oportuno añadir algo más?

Quisiéramos dar las gracias a la AEND por la colaboración y apoyo durante todos estos años, así como por la posibilidad que nos ha brindado de darnos a conocer como instituto a través de su revista.

Muchas gracias de nuevo Margarita e Itziar, por haber permitido dar a conocer a nuestros lectores esa serie de interesantes y útiles proyectos presentes y futuros en los que están involucrados los distintos departamentos del ITEFI, por haber dedicado una parte de vuestro tiempo en contestar a nuestras cuestiones y, sobre todo, por el aprecio que demostráis hacia la AEND, sin duda, fruto de la frecuente colaboración que, afortunadamente, mantenemos desde hace muchos años.



INGENIERÍA Y ARTE EN LOS DISEÑOS DE "LEONARDO TORRES QUEVEDO"

Autor: Francisco A. González Redondo¹
¹Universidad Complutense de Madrid

1. Presentación

A lo largo de 2019 estamos conmemorando el V Centenario del fallecimiento del genio renacentista Leonardo Da Vinci, acontecido el 2 de mayo de 1519 en Amboise (Francia). De acuerdo con el Diccionario de la RAE, 'genio' es una "persona dotada de capacidad mental extraordinaria para crear o inventar cosas nuevas y admirables". La consideración de 'genio' para Da Vinci, sin embargo, no se la dieron ni reconocieron sus contemporáneos, ni siquiera en su faceta como pintor. Es una categorización actual, otorgada durante las últimas décadas del siglo XIX y primeras del XX, cuando, al estudiarse e interpretarse miles

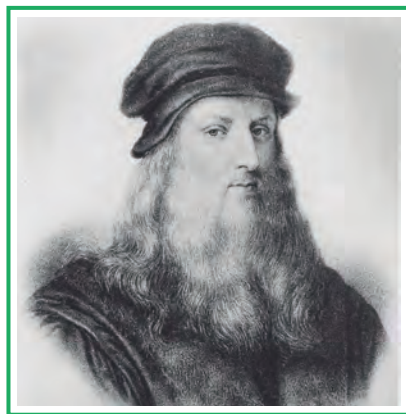


Figura 1. Leonardo Da Vinci

de páginas manuscritas, con textos y dibujos nunca publicados en vida de Leonardo, los estudiosos, especialmente en y desde Francia, "crearon", redimensionaron una aportación que no fue nunca valorada en su momento. Así, además de ingeniero y artista excepcional, lo convirtieron en físico, matemático, paleontólogo, botánico, anatomista, filósofo, arquitecto, y, sobre todo, inventor, precursor de los carros de combate, submarinos, helicópteros, automóviles, máquinas voladoras, autómatas mecánicos, etc. Todo



Figura 2. Leonardo Torres Quevedo

un conjunto de invenciones con las que se habría adelantado a su tiempo... pero a las que no dedicó ningún trabajo publicado y que no consta que se pusieran nunca en práctica.

Por feliz coincidencia, durante los mismos años en los que se "reinventaba" la figura de Da Vinci, se desarrolló la obra de otro 'genio', Leonardo Torres Quevedo, nacido en 1852, exactamente cuatrocientos años más tarde que el florentino. Y llamamos 'genio' al ingeniero español, porque, en efecto, desde su Valle de Iguña natal, registró en Austria, Alemania, Italia, Francia, Reino Unido, Suiza, EE.UU. y España la patente del primer teleférico especialmente concebido para personas del mundo (1887), el *transbordador*. Llevó hasta el límite la aplicación de la tecnología mecánica diseñando y construyendo sus *máquinas algébricas* (1893-1901), máquinas que fundamentó teóricamente publicando diferentes memorias y artículos científicos. Concibió un sistema de *dirigibles autorrigidos* (1902-1906) que, ensayados en España, patentados también en Francia y el Reino Unido, y consagrados durante la I Guerra Mundial en las Armadas de Reino Unido, Francia, Rusia y EE.UU., siguen construyéndose en el siglo XXI. Inventó, patentó, fabricó y demostró el



funcionamiento del primer mando a distancia efectivo de la Historia, el *telekino* (1902-1906), precedente de los actuales drones. Construyó el primer teleférico abierto al público en el mundo, el *transbordador del Monte Ulía* en San Sebastián (1907), replicado en el *Niagara Spanish Aerocar* (1916) que lleva funcionando más de 100 años sin haber sufrido ni un solo accidente. Y, sobre todo, con su fundamental tratado teórico, los *Ensayos sobre Automática* (1914), sus *ajedrecistas* (1913-1922) -los primeros autómatas dotados de "inteligencia artificial", diseñados y construidos en el mundo- y su *aritmómetro electromecánico* (1920) -probablemente el primer ordenador en el sentido actual del término-, se adelantó en varias décadas a los pioneros de la Informática del siglo XX, tanto a los teóricos de la computación como a los constructores de los primeros ordenadores.

Hoy, todos conocemos y reconocemos la 'genialidad' de un Da Vinci que sólo hemos 'descubierto' cuatrocientos años después de su muerte. Sin embargo, sorprendentemente, muy pocas personas conocen de verdad a Torres Quevedo, otro 'genio' que ya había sido caracterizado en vida, en 1930, en las páginas

de *Le Figaro*, por Maurice d'Ocagne, Presidente de la Sociedad Matemática Francesa, como "el más prodigioso inventor de su tiempo". Un matemático aplicado, informático, ingeniero de caminos, aeronáutico, industrial, naval y de telecomunicaciones, que necesita ser conocido para poder ser reconocido.

Un genio, Torres Quevedo, el "otro Leonardo", que también nos regaló numerosos esquemas y planos de indudable belleza, todos ellos de inventos reales que construyó y puso en práctica, cosa que nunca haría Da Vinci con ninguno de los innumerables diseños que se le atribuyen. Patrimonio industrial y, a la vez, artístico, que ilustramos, a continuación, seleccionando algunos dibujos manuscritos, figuras ilustrando las consideraciones teóricas en artículos científicos y memorias publicadas, esquemas acompañando las solicitudes de las patentes, diseños preparados para las empresas y talleres que debían fabricar las máquinas o construir las invenciones, etc. Las figuras han sido ordenadas en función de su cronología.

2. Diseños, planos, esquemas

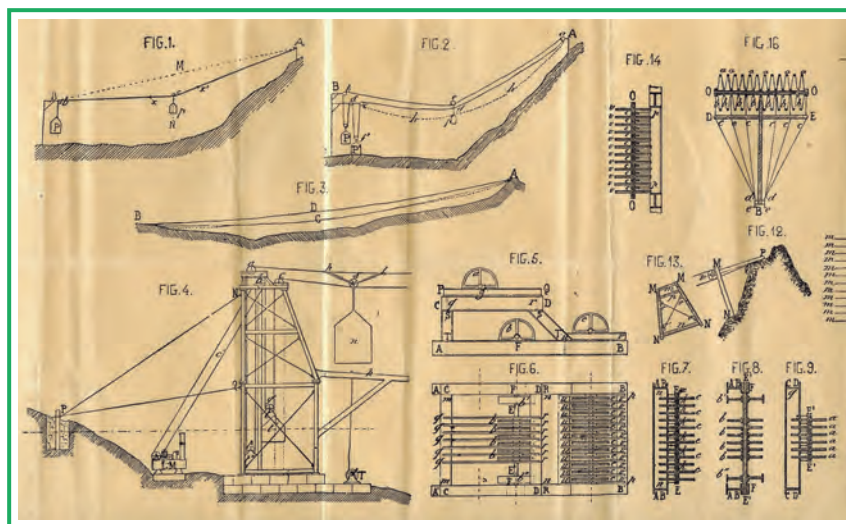


Figura 3. Esquemas que acompañan la patente suiza del *Transbordador* (el primer sistema de transporte por cable concebido para personas), concedida en 1889

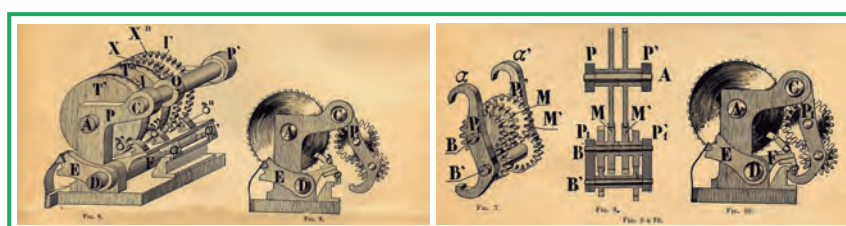


Figura 4. Componentes de la máquina algébrica descritos en la memoria "Sur la construction des machines algébriques", publicada en Francia en 1901

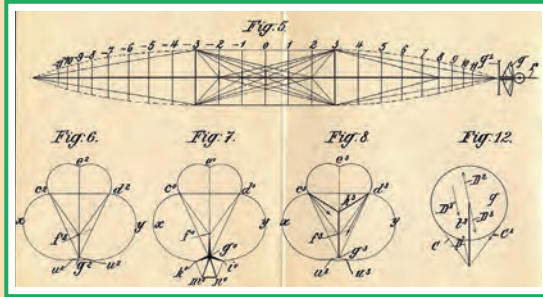


Figura 5. Esquemas de la patente francesa "Perfectionnements aux aérostats dirigeables" (el primer sistema de dirigible semirrígido), solicitada y concedida en 1902

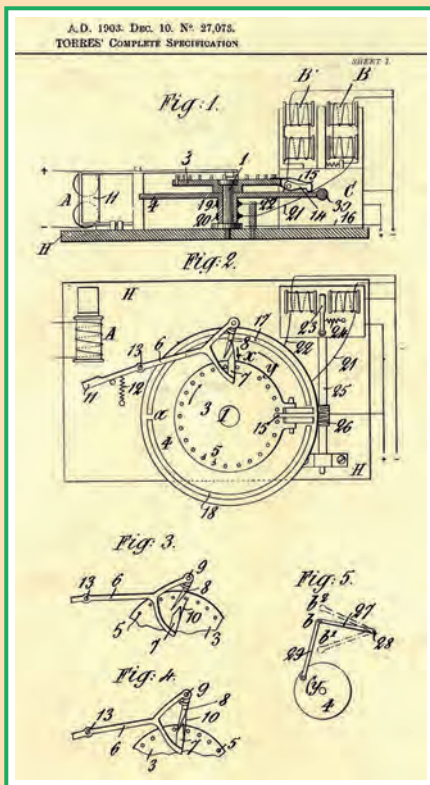


Figura 6. Esquemas de la patente del Telekino (el primer mando a distancia de la historia), presentada en Francia en 1902 y en España, Reino Unido y EE.UU. en 1903

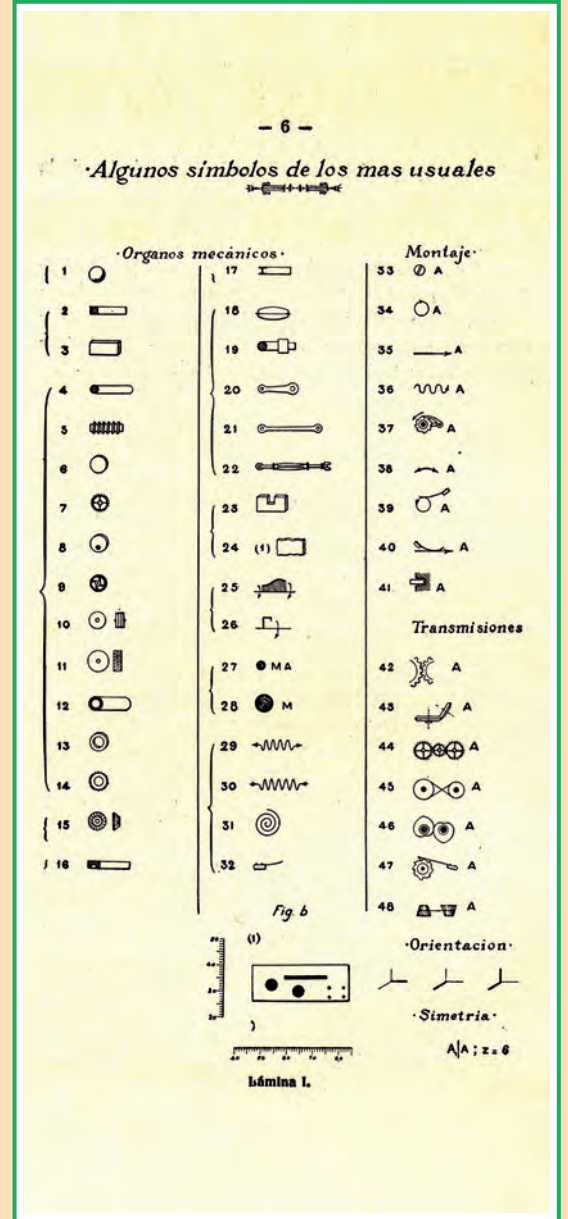


Figura 8. "Un Sistema de notaciones y símbolos destinados a facilitar la descripción de las máquinas" algebricas, publicado en la Revista de la Real Academia de Ciencias en 1906

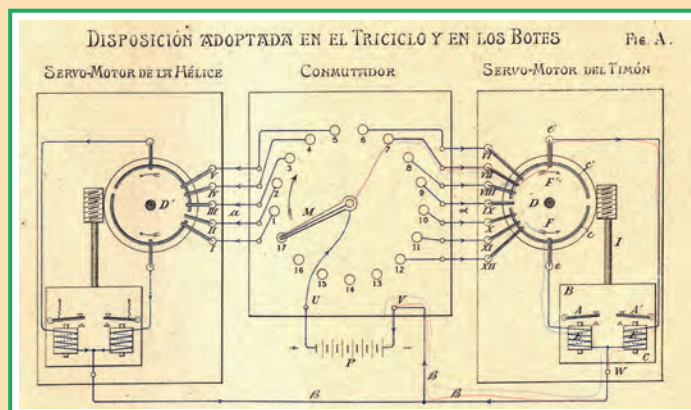


Figura 7. Esquemas del Telekino construido y ensayado en el Frontón Beti-Jai de Madrid (sede del Centro de Ensayos de Aeronáutica), en 1905

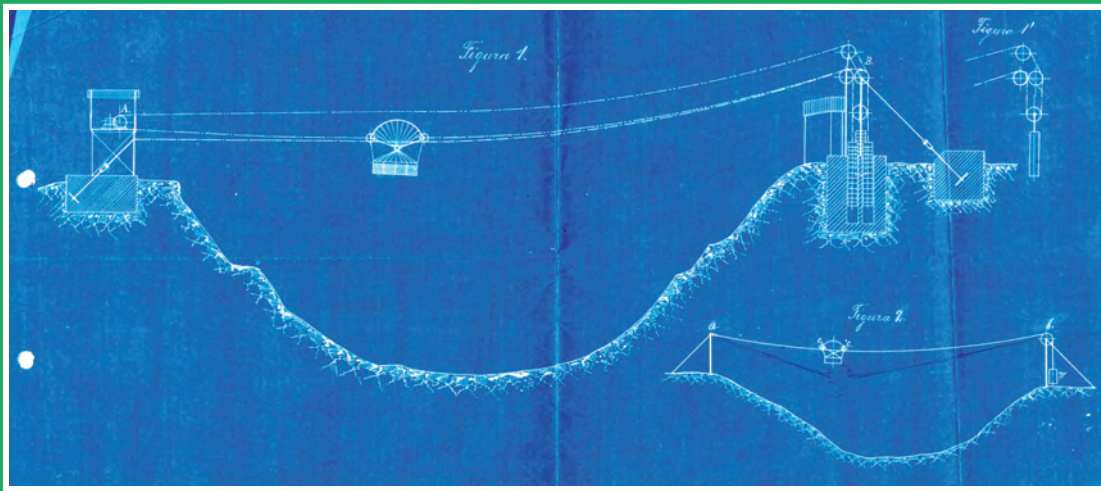


Figura 9. Cianotipo con el perfil del *Transbordador del Monte Ulía* (el primer teleférico para personas del mundo), que se inauguraría en San Sebastián el 30 de septiembre de 1907

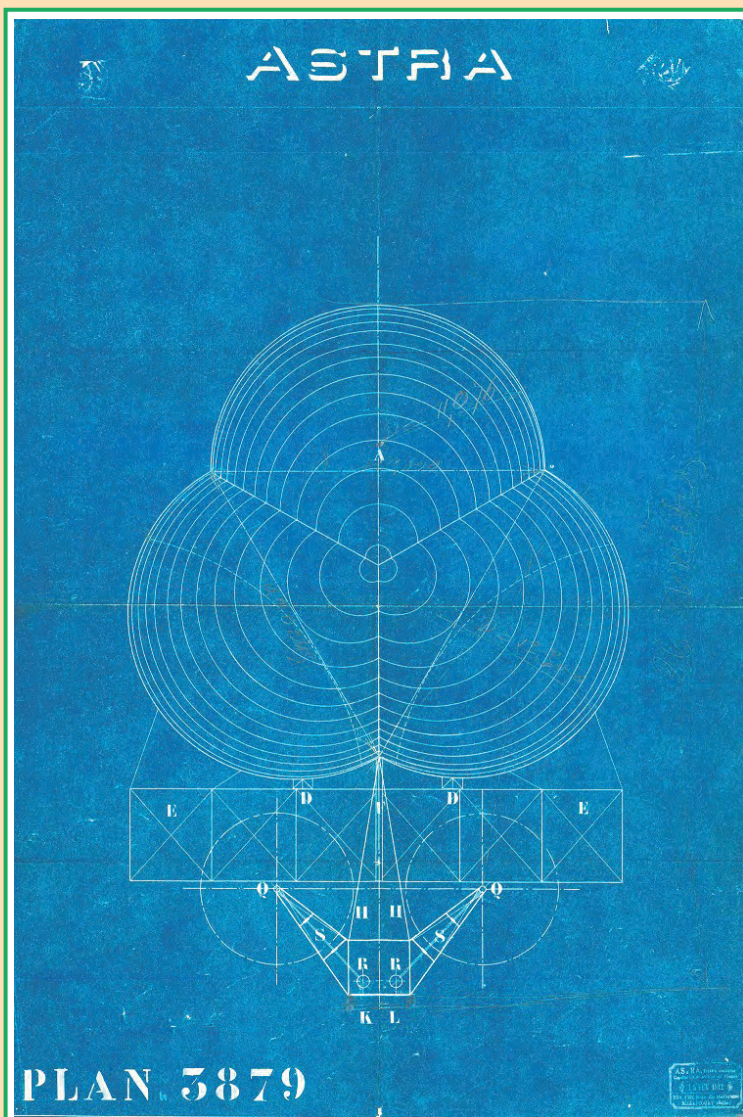


Figura 10. Cianotipo con el corte transversal del dirigible "Astra-Torres XIV", diseñado para el Almirantazgo británico en 1912

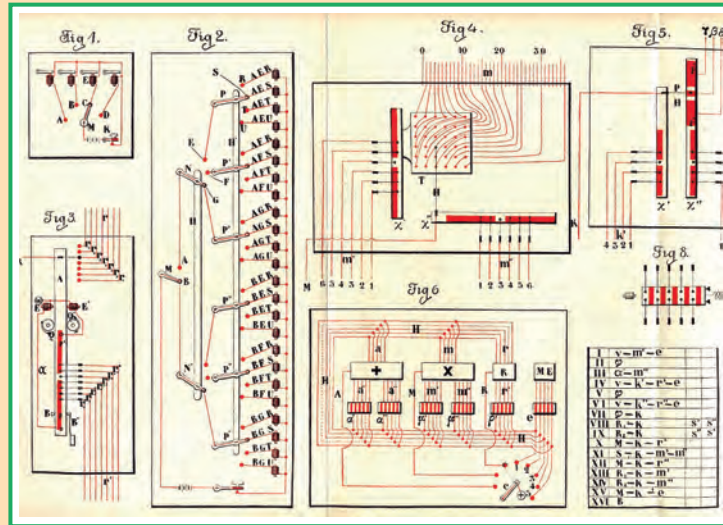


Figura 11. Esquemas de la computadora digital descrita en los *Ensayos sobre Automática*, publicados en Madrid en enero de 1914

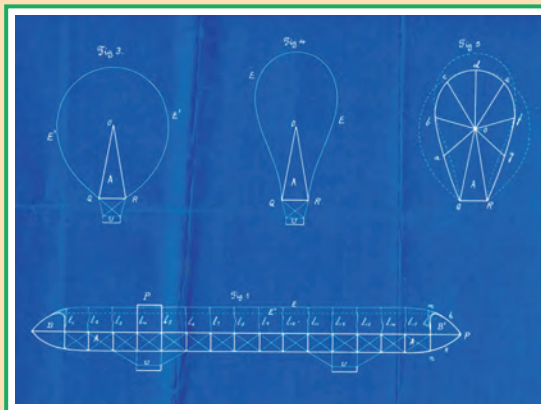


Figura 12. Cianotipo con los esquemas que acompañan la solicitud de patente en España por "Un nuevo sistema de globos fusiformes deformables", 1914

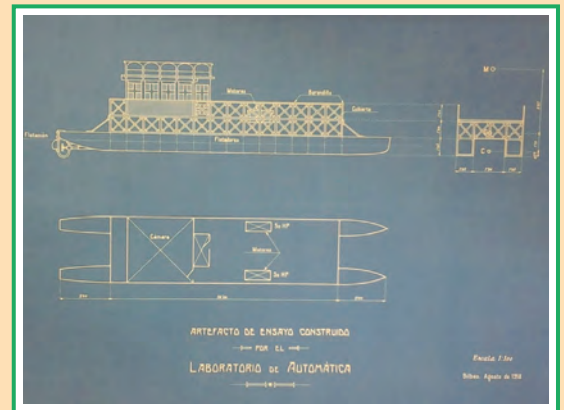


Figura 13. Cianotipo de la *Binave* (precursora de los catamaranes motorizados de casco metálico), construida por el Centro de Ensayos de Aeronáutica y ensayada en Bilbao en 1918

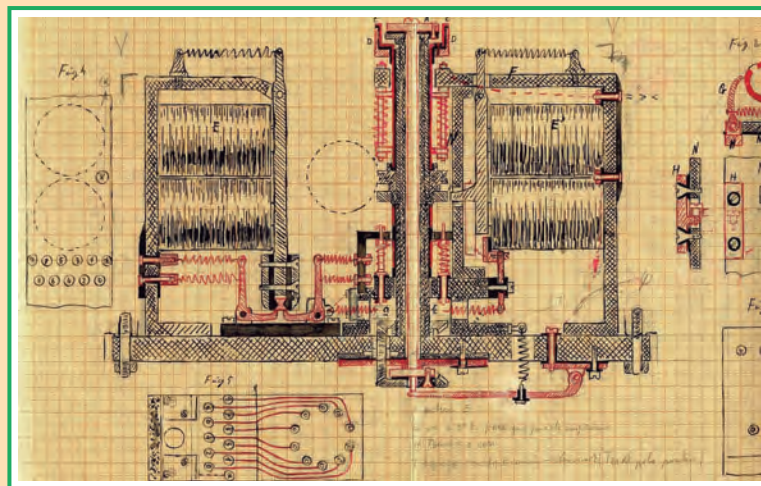


Figura 14. Diseño manuscrito de uno de los componentes del *Aritmómetro electromecánico* (el primer computador digital de la historia), presentado en París en 1920



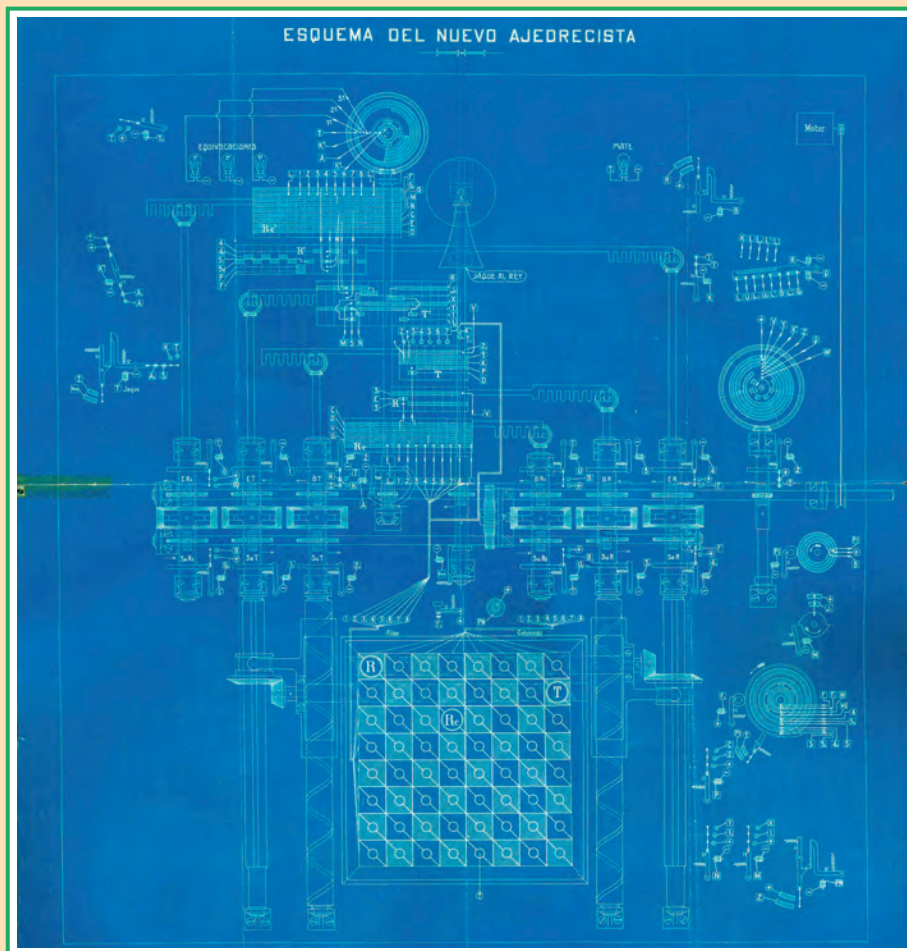


Figura 15. Cianotipo con los planos del *Segundo ajedrecista* (autómata electromecánico con el que un humano puede jugar un final de partida torre y rey contra rey), presentado en París en 1922

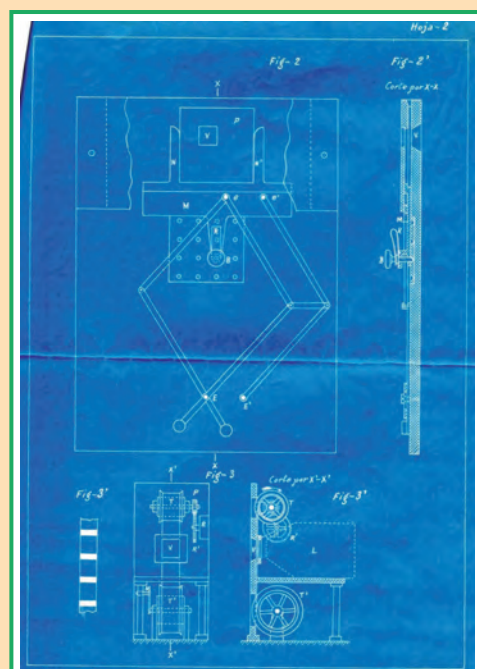


Figura 16. Cianotipo con los planos del *Proyector didáctico* (aparato destinado a facilitar las explicaciones en clases y conferencias), patentado en 1930



AEND
CERTIAEND

El valor de la **CERTIFICACIÓN**



MÁS INFORMACIÓN:

AEND | C/ Bocángel, 28 - 2º Izda. | 28028 Madrid

Tfno.: 91 361 25 85 | Fax: 91 361 47 61

E-mail: informacion@aend.org

AEND | www.aend.org



Portada

navegación

- [Portada](#)
- [Biografía](#)
- [Actualidad](#)
- [Cambios recientes](#)
- [Biblioteca Digital](#)
- [Actas de Simposios](#)
- [Para el aula](#)
- [Ayuda](#)

inventos

- [Dirigibles](#)
- [Transbordadores](#)
- [Telecontrol](#)
- [Máquinas de calcular](#)
- [Autómatas](#)
- [Otros inventos](#)

buscar

Buscar en [TorresQuevedo](#)

herramientas

- [Lo que enlaza aquí](#)
- [Cambios relacionados](#)
- [Páginas especiales](#)
- [Versión para imprimir](#)
- [Enlace permanente](#)
- [Información de la página](#)

LEONARDO TORRES QUEVEDO

Inventor, científico y tecnólogo, ingeniero de Caminos, precursor de la **Automática** y de la **Informática**. Es un ejemplo de dedicación a la investigación, a la **ciencia y la cultura en España**. Publica sus mejores trabajos cuando tiene ya más de 50 años de edad.

En este **sitio colaborativo** nos proponemos reunir la más amplia colección de documentos sobre Torres Quevedo, su vida y su obra. Al identificar las **fuentes documentales**, especialmente las que ofrece Internet, queremos mostrar los valiosos recursos que hay en la red. Muchos de ellos son poco conocidos por la comunidad científica.

Leonardo Torres Quevedo nació el 28 de diciembre de 1852 en Santa Cruz de Iguña, Molledo (Cantabria). Su familia residía habitualmente en **Bilbao**. Su padre era ingeniero de Caminos y trabajaba en el **Ferrocarril de Isabel II**. [más...](#)

FRONTÓN BETI-JAI, EL MUSEO QUE LEONARDO TORRES QUEVEDO SE MERECE



Telekino

El **Frontón Beti Jai**, donde **Leonardo Torres Quevedo** instaló su taller en **1904**, fue el escenario de sus primeros experimentos con el **Telekino**. Obra del arquitecto **Joaquín Rucoba**, como el **Teatro Arriaga** y del **Ayuntamiento de Bilbao**, se encontraba abandonado y casi en ruinas. Rehabilitado por el Ayuntamiento de Madrid, su misión puede ser albergar el **Museo** que se merece: **no olvidéis a Torres Quevedo**



Beti Jai

[Frontón Beti Jai de Madrid](#)

AÑO TORRES QUEVEDO

El pasaporte español renovado en 2015 incluyó una imagen del transbordador del Uliia (Donostia-San Sebastián) en la primera página de **visados**. Hemos celebrado el **Año Torres Quevedo** en 2016 y 2017, coincidiendo con el Centenario del **Transbordador del Niágara**. Pero esto no acaba en el tiempo, **continuamos divulgando la obra de Torres Quevedo** sin límite de fecha.

Los siguientes enlaces apuntan a la información más valiosa:

- [Memoria de actividades 2016-2017](#). Continúan las actividades, **también en 2018**.
- [Museo Torres Quevedo](#) de la UPM, programación especial.
- [Ruta](#) por los transbordadores iguñeses, visita el Alto Besaya.

Para conocer las últimas novedades: visitar el [grupo de Facebook](#) [1].



Niágara



Pasaporte 2015



Pasaporte 2015



Monte Uliia

Algunas de las imágenes anteriores proceden de la [Colección Thomas](#) albergada en el portal [Guregipuzkoa](#) de la Diputación Foral de Gipuzkoa.

SPANISH AEROCAR CENTENNIAL

A finales de 2012 **Google**, que ha dedicado su **doodle** del 28 de diciembre a Leonardo Torres Quevedo. Esto nos ha animado a comenzar una campaña para incluir su "Spanish Aerocar" en la **WHL** de UNESCO.

Un poco de historia, del Uliia al Niágara: la **Sociedad de Estudios y Obras de Ingeniería** se constituye en **Bilbao**

LEONARDO TORRES QUEVEDO EN INTERNET

Información, publicaciones, simposios: <http://www.torresquevedo.org>
Novedades: <https://www.facebook.com/groups/leonardo.torres.quevedo/>



Estación de salida



Estación de salida



Estación de llegada



Spanish Aerocar (2007)

Con los mismos accionistas bilbaínos se constituye en 1914 la **Niagara Spanish Aerocar Company Limited**. El transbordador es **inaugurado en 1916**, y sigue actualmente en funcionamiento. Para celebrar el **100 aniversario** de este acontecimiento, solicitaremos la inclusión del Spanish Aerocar en la **WHL** de UNESCO.

Apoya esta iniciativa incorporándote a nuestro grupo en [Facebook](#), o enviando un correo electrónico a WHL@torresquevedo.org

ULIA 1907

Inauguración del transbordador del Uliia en 1907, hace más de **112 años**



Kutxateka

Los transbordadores de Torres Quevedo (Fabrikart 2012)

Museo Torres Quevedo

La **ETS Ingenieros de Caminos** en Madrid alberga una colección de máquinas e instrumentos pertenecientes al ingeniero **Leonardo Torres Quevedo** en un **Museo** dedicado a su obra.



Husillo sin fin

Más información en la [página web del Museo](#)

- **Horario:** Lunes a viernes, de 9:00 a 14:00 h.
- **Precio:** Gratuito. Imprescindible cita previa.
- **Perfil de usuario:** Investigadores.

NUEVO

- **TEDxMadrid - Retrofuturo**, arqueología de las ideas. **Price** 21-sep-2019 (más...)
- **Cultura Científica** en Bilbao: la binave y otros inventos de Torres Quevedo 18-sep-2019 (más...)

Personajes

- **Torres Quevedo, el otro Leonardo.**
- **El abuelo francés** de Miguel Delibes.
- **Luis Torres de Vildósola** y Urquijo
- **Juan Bautista de Anza (el joven)**
- **Gabriel Antonio de Vildósola**

[más...](#)

Recursos

- **ABC**, hemeroteca digital
- **Llull**, revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas
- **La Vanguardia**, hemeroteca digital (desde 1881)
- **Fundación ESTEYCO**, para el progreso de la ingeniería y la arquitectura.

[más...](#)



LEONARDO TORRES QUEVEDO: INGENIERO, MATEMÁTICO, INVENTOR

Autor: Francisco A. González Redondo¹

¹ Universidad Complutense de Madrid

1. A modo de Introducción

El 7 de septiembre de 1919, hace ahora cien años, Leonardo Torres Quevedo (Figura 1) comenzaba su Discurso inaugural del Congreso de Bilbao de la *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, en el Teatro Arriaga, con las siguientes palabras: "Pensé hablaros de Automática, emborroné algunas cuartillas para trazar el plan del futuro discurso y le hubiera escrito seguramente, si no me hubiera obligado a cambiar de tema una circunstancia que entonces no podía prever".



Figura 1. Concesión de la "Medalla Echegaray" de la Real Academia de Ciencias a Torres Quevedo, 1916

En efecto, como en Congresos anteriores de la *Asociación*, D. Leonardo había llevado a Bilbao una exposición de los principales aparatos construidos en el *Laboratorio de Automática*: el *telekino*, el *primer ajedrecista*, la *máquina algébrica* ... y, como novedad singular, el *aritmómetro*, un computador electromecánico que materializaba sus concepciones sobre las "máquinas analíticas", adelantadas en 1910 y desarrolladas en sus *Ensayos sobre Automática* de 1914.

Sin embargo, esperaría unos meses para presentar el *aritmómetro* en París, haciendo público en Bilbao solamente el proyecto de dirigible trasatlántico "Hispania" (Figura 2), patentado en el mes de julio y con el que culminaba una obra aeronáutica que se había consagrado durante la I Guerra Mundial en las armadas de Francia, Reino Unido y EE.UU.

2. Ingeniero de Caminos y matemático: el *transbordador* y las *máquinas algébricas*

Leonardo Torres Quevedo nació en Santa Cruz de Iguña (Molledo), en la actual Cantabria, el 28 de diciembre de 1852, el mismo año en el que nacía también la segunda de las figuras científicas de talla internacional de nuestra Edad Contemporánea: D. Santiago

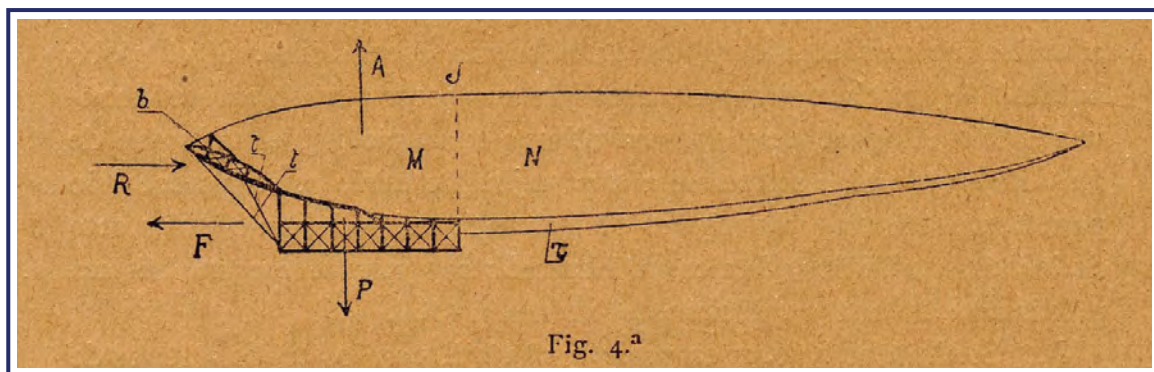


Figura 2. Esquemas del dirigible "Hispania", 1919



Ramón y Cajal. Hijo de D. Luis Torres Vildósola y Urquijo, ingeniero de Caminos de origen vasco, y de Dña. Valentina Quevedo de la Maza, de raigambre montañesa, vivió de niño en Bilbao con sus padres, quedando a cargo de unas parientas, las señoritas Barrenechea, mientras cursaba la primera parte de sus estudios de Bachillerato en el Instituto de la capital vizcaína. A partir de 1868 completa su formación en el Colegio de los Hermanos de la Doctrina Cristiana de París, la ciudad que recibirá, acogerá y difundirá sus creaciones años más tarde.

En 1871 ingresa en la *Escuela del Cuerpo de Ingenieros de Caminos de Madrid*, finalizando sus estudios en 1876. Como su padre, ejerce como ingeniero durante unos meses en el ferrocarril Sevilla-Huelva. Sin embargo, y gracias a la herencia recibida de las señoritas Barrenechea, renuncia a ingresar en el Cuerpo para dedicarse a "pensar en sus cosas", estudiando y viajando por Europa (especialmente Francia y Suiza), con una residencia que se reparte entre Madrid, Bilbao, París... y el Valle de Iguña, donde se casa con Dña. Luz Polanco Navarro el 16 de abril de 1885.

Entre 1887 y 1889, desde su retiro en la montaña, ofrece a la comunidad científica internacional el primer fruto de sus estudios: la patente del *transbordador*; un funicular aéreo suspendido de cables múltiples cuya tensión, que depende de unos contrapesos situados en uno de los extremos, se mantiene siempre constante, independientemente de la carga que soporten o de la posición que aquella ocupe a lo largo del recorrido; tensiones y cables que se autoequilibrarían en el improbable caso de que alguno de ellos se rompiera. Ensayados unos primeros modelos en el Valle de Iguña en 1885 y 1886, entre 1888 y 1889 D. Leonardo presenta esta primera incursión en el mundo de la "automaticidad" en su proyecto de Transbordador del Monte Pilatus (Lucerna, Suiza)... recibiendo la incompreensión (y hasta la burla) de los científicos e ingenieros helvéticos.

En torno a 1890, mientras dedica un esfuerzo considerable al proyecto que terminará constituyendo (en 1896) su "fracaso suizo", centra su atención en otro tema sobre el que, probablemente, venía pensando desde bastante antes: las *máquinas analógicas*. Esta etapa 1891-1901 se inició formalmente con la primera memoria científica (manuscrita) -una exposición sistemática de sus ideas relativas a las *máquinas*

algébricas- que presenta en 1893, en solicitud de ayuda, a la Dirección General de Obras Públicas, institución que recaba informe a la Real Academia de Ciencias de Madrid. Alcanza su primer punto de éxito con el dictamen favorable de D. Eduardo Saavedra, de 15 de enero de 1894, que hace suyo la Academia, y a la vista del cual dicha Dirección General dispuso, con fecha 22 de diciembre de 1894, conceder una ayuda para que visitara el extranjero "con objeto de preparar el proyecto definitivo de las *máquinas algébricas*" y para "publicar la memoria presentada a la Academia". Esta primera memoria científica, la *Memoria sobre las Máquinas algébricas*, se publicaría en forma de libro en Bilbao, en junio de 1895.

Esta *Memoria* es teórica, es descriptiva de su concepción general de las máquinas, aporta gráficos y fórmulas, y se acompaña de una máquina de demostración; por otra parte, representa el lugar común de sus publicaciones del año 1895 que llevan el título significativo de *máquinas algébricas* y sirve de referencia de todas sus publicaciones posteriores en este campo.

Las máquinas de calcular pueden clasificarse en: *máquinas analógicas*, si se utilizan variables continuas, y *máquinas digitales*, si se utilizan variables discretas. Las *calculadoras o computadoras analógicas* son máquinas de cálculo en las que los números se representan mediante cantidades de una(s) determinada(s) magnitud(es) física(s). Estas magnitudes físicas pueden ser de muy diferente naturaleza: longitudes, desplazamientos, rotaciones de ejes... En las computadoras de este tipo, unas ecuaciones matemáticas (*algébricas*) se transforman en un proceso operacional de cantidades físicas que resuelve un problema físico análogo (o analógico), cuya solución numérica -medida de la cantidad de otra magnitud (o de la única puesta en juego)- es la solución de la ecuación matemática. En resumen, un problema matemático se resuelve mediante un modelo físico.

El resultado físico es una cantidad de una magnitud física cuya medida en la unidad coherente es el resultado de la ecuación algebraica. El sistema físico analógico queda constituido en modelo físico de la ecuación matemática. Estas calculadoras analógicas son, pues, de las denominadas de variables continuas. Sus principios se han ido adaptando a nuevas técnicas cada vez más precisas, fruto, sobre todo, del desarrollo tecnológico de la física en el siglo XX.



A partir de ese año de 1895 (Figura 3) irían apareciendo sucesivas publicaciones torresquevedianas cuyo contenido gira en torno al tema de la primera memoria, en especial en Francia, donde presenta la de título *Machines algébriques*, acompañada de su modelo de demostración, en la *Académie des Sciences* de París y en el Congreso de Burdeos de la *Association pour l'Avancement des Sciences*; y visita diferentes centros de investigación y laboratorios de Mecánica para estudiar las posibilidades y presupuestos de

construcción de sus calculadoras. Los años 1896 a 1900 los dedica a estudiar, perfeccionar, concebir detalladamente sus máquinas y construir alguna. Y, en febrero de 1900, presenta en la Academia de Ciencias de París la memoria *Machines à calculer*, en la que, en síntesis, Torres Quevedo plantea la cuestión general "¿Podrá construirse una fórmula cualquiera?". El "Rapport" que prepararon los científicos Deprez, Poincaré y Appell como informe para la Academia concluiría reconociendo que D. Leonardo "había dado una solución teórica, general y completa, del problema de la construcción de relaciones algebraicas y trascendentes mediante máquinas", y, además, había "construido, efectivamente, máquinas para la resolución de algunos tipos de ecuaciones algebraicas".

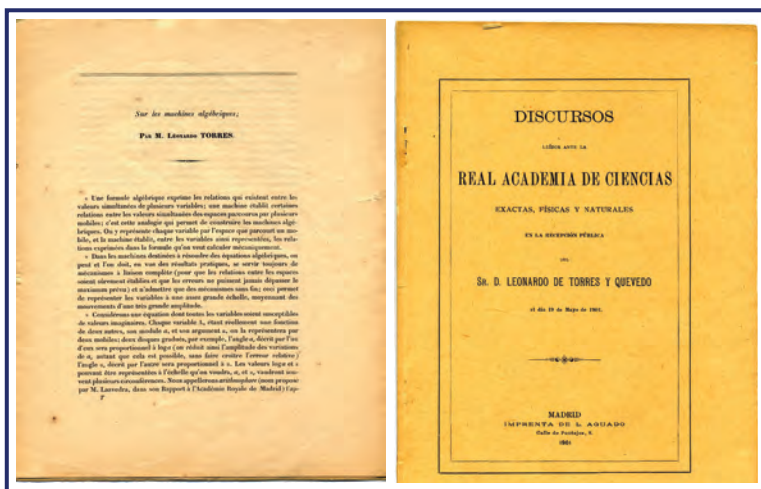


Figura 3. Artículo "Sur les machines algébriques" en las *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* (1895) y Discurso "Máquinas algébricas" de Ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid (1901)

La máquina completa no estaba aún disponible entonces, comenzó a construirse en 1910 y se concluyó en 1914 (Figura 4). En todo caso, esta etapa de las máquinas analógicas de Torres Quevedo, de hecho, había concluido, ya en la cima de la fama, con su discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, del 19 de mayo de 1901, colofón de su pensamiento científico en el ámbito de las *máquinas algébricas*, discurso que sería reseñado en el principal órgano de expresión de los matemáticos de la época, la *Revista Trimestral de Matemáticas*.

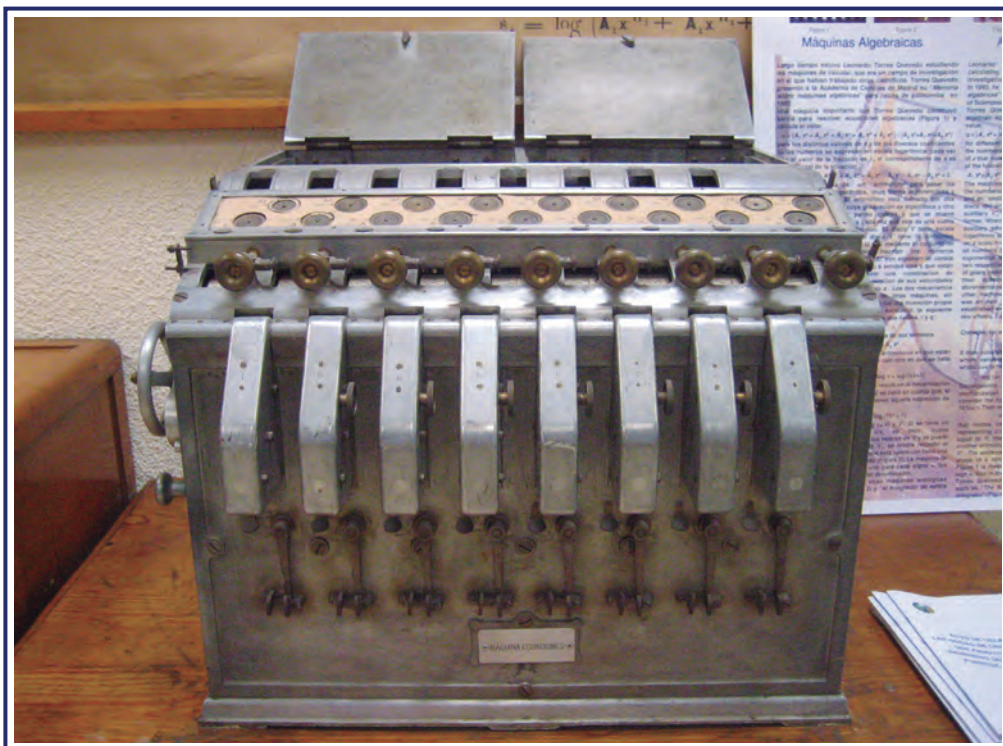


Figura 4. Máquina algébrica expuesta en el Museo Torres Quevedo (UPM)



3. Ingeniero Aeronáutico, de Caminos y de Telecomunicaciones: dirigibles, teleféricos, mando a distancia

En esos momentos, agotado el ámbito de desarrollo teórico de sus *máquinas algébricas*, y a la espera de conseguir financiación para la construcción de los primeros modelos efectivos de demostración, Torres Quevedo está dedicado ya a otro tema, de suma actualidad entonces: la solución del *problema de la navegación aérea*. Efectivamente, en un contexto internacional expectante tras las pruebas infructuosas del Conde Ferdinand von Zeppelin en 1900 con su primer dirigible rígido, y después de los numerosos ensayos con rudimentarios dirigibles flexibles del millonario brasileño Alberto Santos Dumont, el inventor español revoluciona el panorama aeronáutico en 1902 con la patente "Perfectionnements aux aérostats dirigeables", en la que presenta un nuevo tipo de dirigible que recogería las ventajas de los sistemas precedentes, eliminando la mayor parte de sus inconvenientes.

Puede afirmarse, sin temor a equivocarnos, que el sistema presentado ante las Academias de Ciencias de Madrid y París introduce tantas novedades, que va a establecer los fundamentos para los siguientes 100 años en el diseño de dirigibles a nivel internacional, hasta el punto de que la práctica totalidad de los modelos que se construyen hoy, a comienzos del siglo XXI, consciente o inconscientemente, utilizan soluciones que ya estaban contenidas en esta patente de 1902.

El sistema ideado para obtener la estabilidad de forma y en vuelo del aerostato, y para suspender la barquilla (Figura 5), contempla una viga interior de sección triangular compuesta por una combinación de tirantes de cuerda, algunas barras metálicas y cortinas de lona permeable; todo ello anejo a una quilla metálica plana en la parte inferior de la envuelta, asida desde dentro verticalmente, mediante nuevos tirantes, a la parte superior de la envuelta. De esta compleja estructura, que se "autotensiona" por la presión del gas en el inflado, cuelga la barquilla, situada en el exterior, pero pegada a la envolvente.

Mientras el Gobierno Español busca la vía para financiar sus investigaciones, antes de que termine ese año

1902 nuestro ingeniero asombra a la comunidad científica con una nueva invención: el *telekino*; el primer dispositivo de mando a distancia de la historia. Concebido para gobernar desde tierra, mediante ondas hertzianas, tanto los torpedos submarinos de una Armada Española recién salida del "desastre del 98", como las maniobras de los dirigibles sin arriesgar vidas humanas, en sus escritos D. Leonardo manifestaba su verdadera dimensión: "el *telekino* es, en suma, un autómatas que ejecuta las órdenes que le son enviadas por medio de la telegrafía sin hilos. Además, para interpretar las órdenes y obrar en cada momento en la forma que se desea, debe tener en consideración varias circunstancias". Efectivamente, el *telekino* se convertía en el primer autómatas electromecánico de la historia.

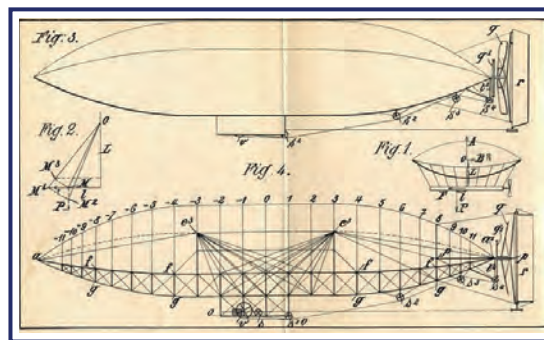


Figura 5: Esquemas de la patente del dirigible, 1902

Mediante una Real Orden del 4 de enero de 1904, el Ministerio de Fomento creaba el *Centro de Ensayos de Aeronáutica* con dos objetivos muy definidos: "el estudio técnico y experimental del problema de la navegación aérea y de la dirección de la maniobra de motores a distancia". Este nuevo *centro*, junto con el *Laboratorio de Investigaciones Biológicas*, dotado en 1901 por el Ministerio de Gobernación para Santiago Ramón y Cajal, además de demostrar que las cosas podían empezar a cambiar en nuestro país, sirvieron de antesala a la que puede considerarse la mayor iniciativa de convergencia con Europa emprendida en España en toda su historia: *la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas* (de la que Torres Quevedo sería nombrado Vicepresidente), creada el 11 de enero de 1907, ahora sí, por el Ministerio que debía protagonizar este encuentro, el de Instrucción Pública.

Pero unos meses antes, Torres Quevedo había dado un nuevo paso en su concepción global de la "automatización": eliminando del proyecto de dirigible de



1902 todos los elementos metálicos, concibe un nuevo sistema, evolucionado de aquel, caracterizado por una viga compuesta solamente de cuerdas, con una sección triangular que determina la forma trilobulada de la envolvente cuando ésta se autorrigidiza por la sobrepresión del gas en el interior. Nacían así, en junio de 1906, los dirigibles *autorrigidos*, con el inflado público del primer modelo en Madrid y la consiguiente solicitud de una nueva patente que garantizase sus derechos como inventor.

Encontrándose encauzada la resolución del problema de la navegación aérea con la construcción del primero de sus dirigibles trilobulados, D. Leonardo viaja a Bilbao para efectuar en el Abra las pruebas públicas

Landecho, Ricardo de Uhagón, D. Pedro Chalbaud y D. José Orbegozo como Vocales. Su objeto quedaba fijado en su primera Base: "Estudiar experimentalmente los proyectos o inventos que le sean presentados por don Leonardo Torres Quevedo y llevarlos a la práctica".

El entramado institucional torresquevediano, público y privado, despertado con el éxito del *telekino*, se completaría en 1907 con la creación, por Real Orden del Ministerio de Fomento de 22 de febrero, del *Laboratorio de Mecánica Aplicada* (rebautizado en 1911 como *Laboratorio de Automática*), dedicado "al estudio y construcción de máquinas y aparatos científicos para diversas aplicaciones industriales, para la fabricación de aparatos para la enseñanza y otros".



Figura 6. Pruebas del *Telekino* en el Abra de Bilbao, en presencia del Rey Alfonso XIII, en septiembre de 1906

del *telekino* en presencia del Rey Alfonso XIII (Figura 6) y de la élite política, económica y empresarial vizcaína. Y, si en la España *en regeneración* de la primera década del siglo XX, las iniciativas de la Administración del Estado para el fomento de la investigación científica constituían una novedad, tras las exitosas pruebas del *telekino* en septiembre de 1906 un grupo de industriales vascos se adelantaría al ideal por el que aún hoy suspira el sistema de I+D+i español. Efectivamente, el 30 de noviembre de ese año se constituía en Bilbao la *Sociedad de Estudios y Obras de Ingeniería*, presidida por D. Valentín Gorbeña y Ayarragaray, con D. José Luis de Goyoaga y Ercario como Secretario, y D. Luis

Unos meses después, durante el verano de ese año 1907, mientras el *Centro de Ensayos de Aeronáutica* realizaba las pruebas de estabilidad de forma del primer dirigible *autorrigido*, el "Torres Quevedo nº 1", en el Parque del Servicio de Aerostación Militar de Guadalajara, la *Sociedad de Estudios y Obras de Ingeniería* financiaba la construcción del que se convertiría en el primer teleférico para pasajeros del mundo: el Transbordador del Monte Ulía, inaugurado el 30 de septiembre de 1907. Al año siguiente, el 14 de junio de 1908, el "Torres Quevedo nº 2" (Figura 7) se convertía en el primer dirigible español, breve éxito de una colaboración con la Aerostación militar española



que terminó abruptamente en septiembre de ese año y obligaba a D. Leonardo a salir de España y continuar las pruebas con su dirigible en las instalaciones de la casa *Astra* en París, empresa que terminaría comprando los derechos de explotación de su sistema para todo el mundo en febrero de 1910.

En esos primeros meses de 1910 Torres Quevedo proponía, desde la *Junta para Ampliación de Estudios* (dependiente, por tanto, de Instrucción Pública), la creación, sobre la base de sus propios establecimientos, de la Asociación de Laboratorios, para coordinar todos los centros dispersos por España dependientes de los diferentes Ministerios. En el marco de esta Asociación D. Leonardo construiría un magnetógrafo para D. Gonzalo Brañas,

Técnica españolas (en nombre de la *Real Academia de Ciencias* y de la *Junta para Ampliación de Estudios*) en los actos de celebración del centenario de la proclamación de la independencia de la primera de las repúblicas hermanas americanas. Y allí, en el Congreso científico internacional convocado para la ocasión, da otro salto adelantándose en varias décadas a la Ciencia mundial: trascendiendo sus máquinas analógicas de tecnología mecánica con las perspectivas alumbradas con el *telekino*, presenta por primera vez su concepción teórica de unas nuevas máquinas de calcular digitales de tecnología electromecánica.

De vuelta a Europa, resuelto el problema de la navegación aérea mediante sus dirigibles tras el Premio

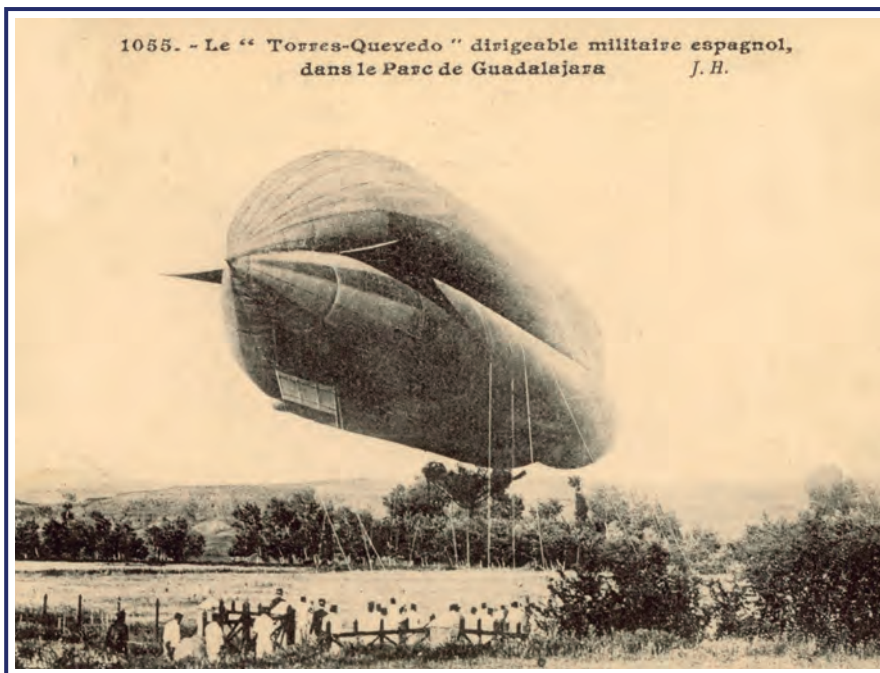


Figura 7. Pruebas del "Torres Quevedo nº 2" en el Polígono de Aerostación Militar de Guadalajara, 1908

un espectrógrafo de rayos X para D. Blas Cabrera, varios microtomos para D. Santiago Ramón y Cajal, un telégrafo sistema Dúplex-Hughes para D. Miguel Santano (ahorrándole al Estado millones de pesetas de la época), un sismógrafo para D. Eduardo Mier, y un largo etcétera de máquinas e instrumental de laboratorio.

4. Ingeniero Aeronáutico, Naval, Industrial e Informático

Pero en mayo de 1910 Torres Quevedo viaja a Argentina llevando la representación de la Ciencia y la

Deperdussin obtenido por el "Astra-Torres nº 1", y disfrutando de la explotación comercial de su invención a cargo de la casa *Astra* (que le proporcionaría unos royalties de 3 francos por cada metro cúbico construido), la inventiva aeronáutica de Torres Quevedo no paró, presentando en 1911 dos nuevos inventos, tan revolucionarios en aquellos momentos, que siguen estando de plena actualidad hoy en día. En primer lugar, el *poste de amarre*, un mástil con cabezal superior pivotante al que se amarra la proa del dirigible, el sistema estándar hoy en día en todo el mundo para la acampada de los dirigibles al aire libre. Pero también el *cobertizo giratorio*, un hangar de tela giratorio,



auto-orientable por la propia acción del viento en la misma dirección que el dirigible que debe alojar, elástico y autorrigido, que adquiere su forma (y su rigidez) al inyectarle aire a presión en el interior de la envuelta, constituyéndose, ni más ni menos, en el origen de toda la "arquitectura inflable", habitual hoy en pabellones polideportivos, stand feriales, etc.

En 1913 presenta una nueva patente, probablemente la primera en todo el mundo en el ámbito de la ingeniería aeronaval: el *buque-campamento*, un barco porta-dirigibles en el que el poste de amarre constituiría el dispositivo de enlace entre náutica y aeronáutica (Figura 8). Aunque Torres Quevedo ofreció su invención, entre otras, a la Armada Británica, ésta no fue capaz de asimilar lo que vislumbraba claramente nuestro genial inventor: la utilidad de las fuerzas aéreas para la Marina de guerra. La Armada Española sí retomaría los diseños del inventor (aunque bien entrados ya los años veinte) para la construcción de nuestro primer porta-aeronaves (para dirigibles e hidroaviones): el "Dédalo".

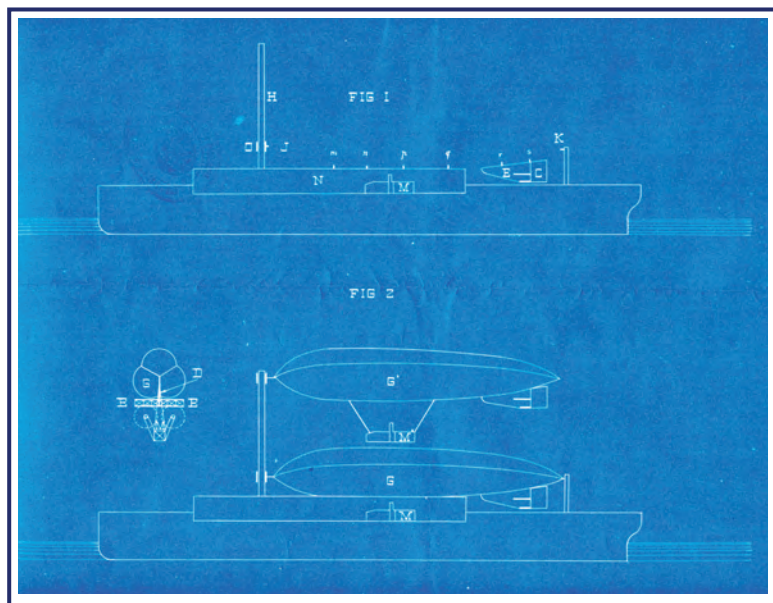


Figura 8. Esquemas de la patente española del buque-campamento, 1913

Pero en junio de ese año 1913 presenta en España (y un año después, en junio de 1914, en Francia) su *primer ajedrecista* (Figura 9), la primera manifestación de inteligencia artificial efectiva en la historia. Ni más ni menos que un autómata con el que se puede jugar un final de partida de ajedrez: torre y rey contra rey. La máquina analiza en cada movimiento la posición del rey que maneja el humano, "piensa" y va moviendo "inteligentemente" su torre o su rey, dentro de las

reglas del ajedrez y de acuerdo con el "programa" introducido en la máquina por su constructor hasta, indefectiblemente, dar el jaque mate.

Al presentar el *ajedrecista* en Madrid en 1913 lo pondría en relación con la nueva ciencia que estaba creando. Así, escribía D. Leonardo: "Convendría estudiar sistemáticamente los procedimientos de automatización usuales o posibles, constituyendo un cuerpo de doctrina que podría llamarse *Automática*, el cual sería de gran interés para la construcción de máquinas y aparatos en general y muy especialmente de las máquinas de calcular". Entendía entonces que el problema radicaba en determinar las condiciones en las que podría realizarse esta automatización, afirmando que siempre sería posible hacerlo, incluso en "aquellos casos en los que parece que en la determinación de los actos del autómatas ha de intervenir la inteligencia", construyendo el *ajedrecista* "para demostrarlo prácticamente por medio de un ejemplo".

Sorprendentemente, no se mencionaría el *ajedrecista* en esa obra cumbre de la Historia de la Ciencia y de la Técnica española que D. Leonardo estaba terminando en esos momentos y se publicaría finalmente en enero de 1914: los *Ensayos sobre Automática. Su definición. Extensión teórica de sus aplicaciones*. En estos *Ensayos* Torres Quevedo crea una nueva Ciencia, la Automática, "que estudia los procedimientos que pueden aplicarse á la construcción de autómatas dotados de una vida de relación más o menos complicada". Los *autómatas*, según nuestro inventor, tendrían sentidos (aparatos sensibles a las circunstancias externas), poseerían miembros (aparatos capaces de ejecutar

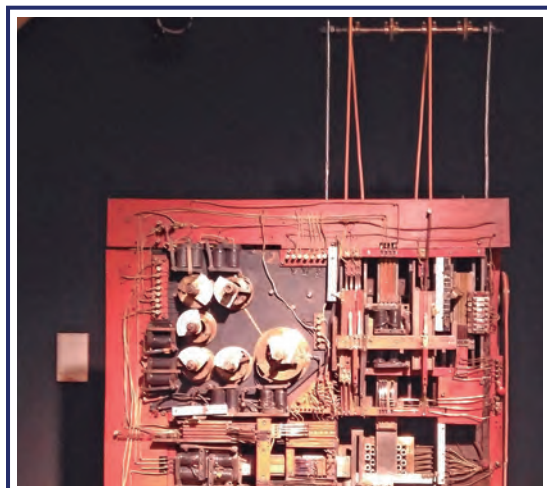


Figura 9. Vista frontal del *primer ajedrecista*, expuesto en la Biblioteca Nacional de España, en el año 2018



operaciones), dispondrían de *energía necesaria* y, además, y sobre todo, tendrían *capacidad de discernimiento* (objeto principal de la Automática), es decir, de elección autónoma entre diferentes opciones.

Aunque no refiera estas consideraciones teóricas al *ajedrecista*, el insigne inventor español sí avanza en los *Ensayos*, sistemas para realizar operaciones aritméticas por procesos digitales, introduciendo la idea de los circuitos de conmutación mediante relés (única posibilidad en aquella época), desarrolla un procedimiento original para comparar dos cantidades, diseña un autómata sencillo, aboga por el uso de la aritmética en coma flotante y se refiere al profesor de matemáticas Charles Babbage y a su célebre *máquina analítica*, destacando que la causa del fracaso del pionero británico había radicado en el uso de procedimientos exclusivamente mecánicos.

5. El éxito internacional del Ingeniero total

La *Sociedad de Estudios y Obras de Ingeniería*, tras el éxito del Transbordador del Monte Ulía, había aprobado en 1911 iniciar las gestiones para la construcción de un segundo transbordador del sistema Torres Quevedo en Canadá, y ese mismo año marchaba D. Leonardo al Parque de las Cataratas del Niágara para estudiar el emplazamiento. Resueltas innumerables dificultades burocráticas, en 1914 se constituyó la *Sociedad "Transbordador español del Niágara"* para la construcción, entre dos orillas canadienses del río Niágara

(algunos kilómetros aguas abajo de las cataratas) en la zona conocida como el Whirlpool (remolino), del primer teleférico para pasajeros de Norteamérica. Se trataba de un proyecto español, con técnica española, empresa constructora española, capital español (vasco), ingeniero constructor y administrador españoles, barquilla y accesorios construidos en España, etc.; todo ello en plena Guerra Mundial. El *Transbordador del Niágara* (Figura 10), con un recorrido de 550 metros a una altura de 76 metros, se inauguraría el 8 de agosto de 1916, constituyéndose para su explotación en Canadá otra empresa con capital vasco, *The Niagara Spanish Aerocar Company*, responsable del *Aerocar* hasta que en 1960 se transfiriese su propiedad a manos canadienses.

Pero si esta obra constituyó un gran éxito personal tras los sinsabores durante veinte años, desde que patentó el sistema en el valle de Iguña en 1887 hasta que construyó el *Transbordador del Monte Ulía* en 1907, lo que de verdad se consagró durante los años de la Guerra Mundial fue su sistema de dirigibles *autorrigidos*.

En efecto, tras desencadenarse la Gran Guerra en el verano de 1914, los dirigibles trilobulados construidos tras el éxito del "Astra-Torres nº 1" para el Ejército francés fueron utilizados en el frente terrestre. Pero en ese destino eran extremadamente vulnerables, además de resultar poco efectivos, y se perderían pronto "L'Alsace", "La Flandre" y el "Pilatre de Rozier II". Al otro lado del Canal de la Mancha, en el Reino Unido, la fiabilidad del "Astra-Torres XIV" adquirido por la Royal Navy en 1913, animó a la Aeronáutica



Figura 10. El *Transbordador del Niágara* el 8 de agosto de 1916 y en la actualidad



británica a adquirir nuevas unidades en Francia en tanto se constituía una empresa filial en Inglaterra de la casa *Astra, Airships Ltd*, que se haría cargo de los pedidos. Así, en diciembre de 1914 se entregó el "Astra-Torres XVII" y en febrero de 1915 el "Astra-Torres XIX".

Utilizados unos y otros para la vigilancia de costas, escolta de navíos y lucha antisubmarina, jugaron un papel capital en el desarrollo de la contienda, certificándose que ningún barco fue hundido por submarinos alemanes si estaba protegido por dirigibles del sistema Torres Quevedo, de los que, finalmente, se construirían más de veinte unidades "AT" en Francia (Figura 11 izquierda), más de sesenta "Coastal", "Coastal Star" y "North Sea" en el Reino Unido, cuatro "Coastal" para Rusia, tres "AT" y un "North Sea" para los EE.UU. y hasta un "AT" por la Armada de Japón ya en 1921. Y fue tal la novedad y genialidad que hoy, transcurridos cien años, se siguen construyendo

dirigibles prácticamente idénticos a éstos tanto en Rusia (el "RFR-1" de la Sociedad Aeronáutica Rusa, rebautizado después "DZ-E1", Figura 11 derecha) como en Francia (el "V901C" de Voliris).

Todavía durante la I Guerra Mundial, el 24 de noviembre de 1916, presentaría D. Leonardo una segunda incursión en el ámbito de la ingeniería naval tras el proyecto del buque-campamento: una embarcación, construida en Bilbao en 1918, que denomina *binave*; probablemente el primer bimarán de casco metálico de la historia. Suponía una completa novedad en su época que tendría que esperar al final del siglo XX para generalizarse entre las compañías navieras.

En suma, por la índole multidisciplinar de su obra, puede considerarse a Torres Quevedo, simultáneamente, ingeniero industrial, aeronáutico, de telecomunicaciones y naval. Sin embargo, en abril de 1918 nos recuerda que también es Ingeniero de Caminos, cuando presenta su sistema de enclavamientos ferroviarios, "un aparato central de un sistema de enclavamientos destinados a proteger la circulación de los trenes, dentro de una zona determinada".

6. Leonardo Torres Quevedo, 1919-2019

Como se adelantaba en la Introducción, finalizada la I Guerra Mundial, y animado por los proyectos anunciados por el Coronel Emilio Herrera, en 1919 D. Leonardo patenta y presenta en el Congreso de Bilbao de la *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias* el proyecto del "Hispania", un nuevo sistema de dirigibles semirrígidos, evolución de los "Astra-Torres", especialmente concebido para resolver el problema aeronáutico pendiente tras el conflicto: los vuelos transoceánicos. Pero ni Herrera ni Torres Quevedo convencerían a las autoridades, y sería el dirigible británico R34 el que efectuase la primera (doble) travesía del Atlántico.

Sin embargo, en 1920, D. Leonardo Torres Quevedo, con ocasión de la celebración del centenario del aritmómetro de Thomas de Colmar, presentaba en París su *aritmómetro electromecánico* (Figura 12), materialización de las ideas teóricas sobre las máquinas analíticas avanzadas años antes en sus *Ensayos*. Esta nueva creación, que contiene la mayor parte de las

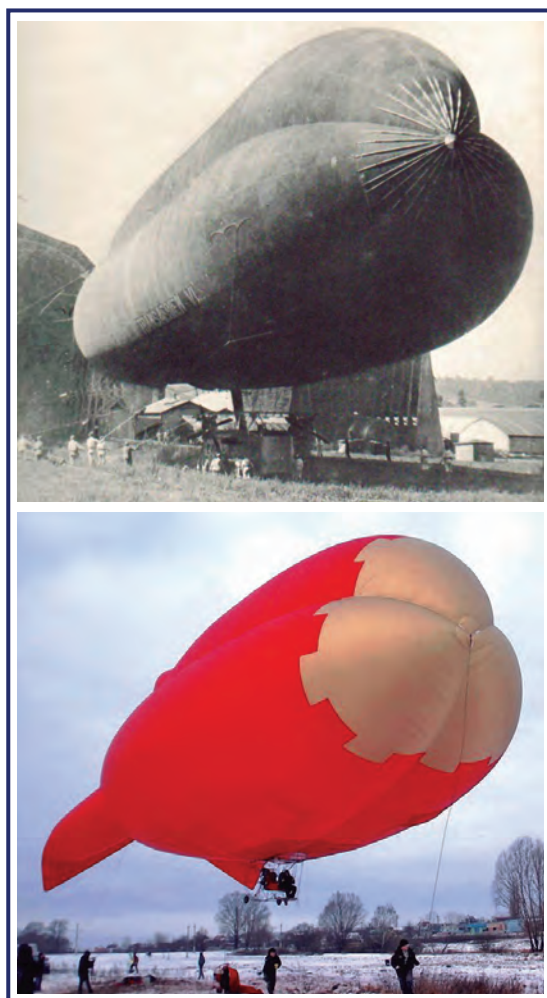


Figura 11. Arriba, dirigible francés "AT-16" en 1918; abajo, dirigible ruso "RFR-1" en 2014



diferentes unidades que constituyen hoy una computadora (unidad aritmética, unidad de control, pequeña memoria y una máquina de escribir como órgano de introducción de datos y para salida/impresión del resultado final), probablemente debería consagrar internacionalmente a nuestro ingeniero como el inventor del primer ordenador en el sentido actual de la historia.



Figura 12. El Aritmómetro electromecánico de 1920 mostrando sus diferentes componentes

En 1922, a punto de cumplir los setenta años, presenta el *segundo ajedrecista* (Figura 13), en el que, bajo su dirección, su hijo Gonzalo introdujo diferentes mejoras, especialmente de presentación, que permiten una

más clara intelección de la dimensión que supone esta aportación. Será su última gran obra. Durante los años siguientes, mientras recibe innumerables honores y condecoraciones, y ostenta la representación de la Ciencia española en los organismos internacionales, patentará creaciones menores: mejoras en las máquinas de escribir (1923), dispositivos para la paginación marginal de libros (1926), aparatos de proyección (1930), etc.

Con la llegada de la Segunda República, su antiguo Laboratorio se constituiría en el germen de la *Fundación Nacional para Investigaciones Científicas y Ensayos de Reformas*, la nueva institución pública que debía ocuparse de poner en relación las Ciencias aplicadas con la actividad industrial y empresarial; vacío que, según reconocía el propio gobierno republicano, ni la Universidad ni la *Junta para Ampliación de Estudios* habían logrado llenar.

Pero para entonces nuestro ilustre ingeniero llevaba algún tiempo ya en retirada. Como la "genialidad" ni se hereda ni se transfiere, D. Leonardo no pudo dejar "escuela", no pudo tener seguidores de su genio inventivo, que se terminó con él, al fallecer, en el Madrid sitiado de la Guerra Civil, el 18 de diciembre de 1936.



Figura 13. El *segundo ajedrecista* expuesto en el Parlamento de Cantabria en 1991



A lo largo de 2016 conmemoramos el Centenario del funcionamiento ininterrumpido, sin haber tenido ni un solo accidente, del "Niagara Spanish Aerocar", el primer teleférico para pasajeros de Norteamérica, el eje del "Año Torres Quevedo 2016" que convocamos en 2012, desde la Embajada de España en Londres, para recordar y reivindicar la figura del ingeniero, matemático e

inventor, Leonardo Torres Quevedo quien, tras asombrar al mundo con sus *máquinas algébricas*, su *telekino*, sus *transbordadores*, sus *dirigibles autorrigidos*, los *autómatas ajedrecistas*, el *aritmómetro electromecánico*, etc, sería caracterizado en 1930 por el Ingeniero y Matemático francés Maurice d'Ocagne, en las páginas de *Figaro*, como "el más prodigioso inventor de su tiempo".

Bibliografía

1. GARCÍA SANTESMASES, J. (1980): *Obra e inventos de Torres Quevedo*. Madrid: Instituto de España.
2. GONZÁLEZ DE POSADA, F. (1992): *Leonardo Torres Quevedo*. Madrid: Fundación Banco Exterior.
3. GONZÁLEZ DE POSADA, F, GONZÁLEZ REDONDO, F. A. y A., ALONSO JUARISTI, P. (1993, 1994 y 1999) (eds.): *Actas del I, II y III Simposios "Leonardo Torres Quevedo: su vida, su tiempo, su obra"*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.
4. GONZÁLEZ DE POSADA, F., GONZÁLEZ REDONDO, F. A. y TRUJILLO, D. (2001, 2002, 2003 y 2004) (eds.): *Actas del I, II, III y IV Simposios "Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo"*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.
5. GONZÁLEZ DE POSADA, F. y GONZÁLEZ REDONDO, F. A. (2004): "Leonardo Torres Quevedo (1852-1936). 1ª Parte. Las máquinas algébricas". *La Gaceta de la Real Sociedad Matemática Española*, Vol. 7, nº 3, 787-810.
6. GONZÁLEZ DE POSADA, F. y GONZÁLEZ REDONDO, F. A. (2005): "Leonardo Torres Quevedo (1852-1936). 2ª Parte. Automática, máquinas analíticas". *La Gaceta de la Real Sociedad Matemática Española*, Vol. 8, nº1, 267-293.
7. GONZÁLEZ DE POSADA, F. y GONZÁLEZ REDONDO, F. A. (2007) (coords.): *Leonardo Torres Quevedo: la conquista del aire*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.
8. GONZÁLEZ REDONDO, F. A. (2009): *Leonardo Torres Quevedo*. Madrid: AENA.
9. GONZÁLEZ REDONDO, F. A. (2011): "The contribution of Leonardo Torres Quevedo to Lighter-than-air science and technology". *The International Journal for the History of Engineering and Technology*, Vol. 81, nº 2, 212-232.
10. GONZÁLEZ REDONDO, F. A. (2016): "Leonardo Torres Quevedo: el más prodigioso inventor de su tiempo", *Revista Española de Física*, Vol. 30, nº 2, 11-15.
11. GONZÁLEZ REDONDO, F. A. (2017): "Del 'Buque-campamento' de Torres Quevedo (1913) al 'Dédalo' de la Armada española (1922)", *Revista General de Marina*, Vol. 273, nº 4, 645-656.
12. SÁNCHEZ PÉREZ, J. M. (1914): "Los inventos de Torres Quevedo", *Revista de Sociedad Matemática Española*, 24 pp.



LOS **END** SON LOS ANÁLISIS MÁS
EXHAUSTIVOS **SIN DAÑAR SU MATERIAL**





AEND

asociación española de ensayos no destructivos

NUEVAS PUBLICACIONES

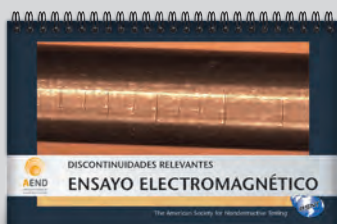
10% de descuento para socios de la AEND



37€



32€



32€



32€



32€



32€

AEND | C/ Bocángel, 28 - 2º Izda. | 28028 Madrid

Tfno.: 91 361 25 85 | Fax: 91 361 47 61

E-mail: informacion@aend.org

AEND | www.aend.org

IVA no incluido

SOLDADURA Y TECNOLOGÍAS DE UNIÓN

Servicios Altamente Cualificados
Highly Qualified Joint Technologies related Services

- **SERVICIOS**
SERVICES

- **CERTIFICACIÓN**
CERTIFICATION

- **ASISTENCIA TÉCNICA**
TECHNICAL ASSISTANCE

- **FORMACIÓN**
TRAINING

- **I + D + i**
R + D + INNOVATION

- **PUBLICACIONES**
PUBLICATIONS

www.cesol.es

C/ Condado de Treviño 2, local F-31 (entrada por Serrano Galvache)
28033 - MADRID
Tlf.: 914758307
Fax: 915005377



CESOL



CREACIÓN DEL INSTITUTO "LEONARDO TORRES QUEVEDO"

Autora: María del Castillo Barraza Caracuel

Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información (ITEFI)

Introducción

El Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información "Leonardo Torres Quevedo" (ITEFI), instituto propio de la Agencia Estatal "Consejo Superior de Investigaciones Científicas" (CSIC), tiene su sede oficial en el edificio situado en la calle Serrano 144 de Madrid que fue construido para albergar el Laboratorio de Mecánica Aplicada de Leonardo Torres Quevedo. La historia del edificio es larga y muy fructífera, como así lo atestiguan los diferentes centros e institutos que han desarrollado su actividad en él y la gran cantidad de investigadores, técnicos y personal de apoyo que han llevado a cabo su labor entre estos muros.

1. Del Laboratorio de Mecánica Aplicada al Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información

El Laboratorio de Mecánica Aplicada, dependiente del Ministerio de Fomento, fue creado por la Real Orden

de 22 de febrero de 1907, publicada en la Gaceta de Madrid el 5 de marzo de ese año. En esta orden se ampliaban las funciones del Laboratorio anexo al Centro de Ensayos de Aeronáutica para dedicarlo *"al estudio y construcción de máquinas y aparatos científicos para diversas aplicaciones industriales, a la fabricación de aparatos para la enseñanza y otros, de suerte que no sea necesario acudir al extranjero para construir o modificar los aparatos de Laboratorio para las ciencias especiales"*. Leonardo Torres Quevedo, Director del Centro de Ensayos de Aeronáutica, fue nombrado también director del nuevo Laboratorio y, como la nueva labor resultaba ser de carácter *"más complejo y permanente que la anterior"*, por primera vez, se le asignó un salario.

En 1910, a propuesta de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE), el Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes dispuso la creación de la Asociación de Laboratorios para el fomento de las investigaciones científicas y los estudios experimentales. La Asociación tendrá la capacidad de *"construir toda clase de material científico destinado a los Laboratorios o Centros de enseñanza"*



Figura 1. Hipódromo de La Castellana. Ubicado, hasta 1932, en la zona actual de nuevos Ministerios, en Madrid. A la derecha de la imagen puede apreciarse el Palacio de las Artes y la Industria en el que, hasta su traslado a la actual sede de Serrano, 144, en 1943, se encontraban los talleres del Laboratorio de Automática de Torres Quevedo (Fondos del ITEFI)



que dependan directamente del Estado, sin que en ningún caso resulte en competencia con la industria particular, y además, cualquier máquina o aparato que, a juicio de la Comisión, ofrezca novedades importantes de interés científico o técnico" (Real Orden de 8 de junio de 1910, Gaceta de Madrid del 12 de junio). El borrador del proyecto para la creación de esta Asociación, una vez consensado con Ignacio Bolívar y José Rodríguez, también vocales de la JAE, y con Blas Cabrera, fue remitido por Leonardo Torres Quevedo a José Castillejo, Secretario de la Junta. En 1911 el Laboratorio de Mecánica Aplicada se une a la Asociación de Laboratorios y cambia su nombre por el de Laboratorio

"investigaciones científicas de automática y sus aplicaciones industriales", "estudios y fabricación de aparatos, preferentemente al servicio de los Centros científicos y Establecimientos de enseñanza del Estado" y "preparación del personal que pueda contribuir a elevar el nivel y garantizar la continuidad de la obra y pueda también ser útil para otros Centros de investigación científica e industrial".

En la sesión de la Fundación de 12 de marzo de 1933 se acuerda nombrar a José María Torroja Miret subdirector del Laboratorio y se confirma en los cargos de auxiliares técnicos a Salustiano Felipe Pérez y Gonza-



Figura 2. Talleres del Laboratorio de Automática Industrial situados en el Palacio de las Artes y la Industria (Fondos del ITEFI)

de Automática y, a partir de 1926, pasará a denominarse "Laboratorio de Mecánica Industrial y Automática" y será adscrito a diferentes Ministerios.

El 9 de marzo de 1933, tras la petición de Leonardo Torres Quevedo, el Laboratorio quedó integrado en la Fundación Nacional para Investigaciones Científicas y Ensayos de Reformas (FNICER). Esta fundación fue creada por Decreto del Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes el 13 de julio de 1931, aunque no contó con dotación económica hasta junio de 1932 (Gaceta de 16 de junio de 1932) ni con estructura administrativa hasta casi un año después (Gaceta del 21 de agosto de 1932). En el Decreto por el cual el Laboratorio se incorpora de modo permanente a la Fundación, manteniendo a Leonardo Torres Quevedo como director, se determina que en él se hagan

lo Torres Polanco, a Marcos López del Castillo como auxiliar técnico de la Sección de Automática, a Enrique Valls Vallcanera como contador y a Fernando Torremocha Jiménez como auxiliar de contaduría, a Antonio Adrados Manjarres como Delineante, a Enriqueta Serra Valls como mecanógrafa y a Fernando Alvarado Ruiz y a José Alcázar Espartosa como vigilantes.

El funcionamiento de este Laboratorio durante los primeros momentos de la guerra civil puede seguirse a través de las actas de la Fundación. El acta de la sesión del 28 de agosto de 1936 refiere una reunión entre el Presidente, Teófilo Hernando, y "el Comité Obrero del Laboratorio Torres Quevedo, atendiendo a solicitud del mismo que presentó unas bases, y consecuentemente haber solicitado una audiencia del Sr. Ministro de Instrucción Pública para presentárselas y



escuchar su juicio", pero no hay detalle en el acta de los términos en los que transcurrió la reunión. También se acuerda *"seguir adelantando como ahora al Laboratorio las sumas que necesite para el pago de nóminas en los casos en que no se hubiere cobrado la consignación trimestral"*. El acta de la sesión del 11 de enero de 1937 lamenta la muerte de Leonardo Torres Quevedo, ocurrida el 18 de diciembre de 1936. Menciona que en ese momento el Laboratorio se ocupa, principalmente, de la construcción de material de guerra y que considera de justicia nombrar Director a Gonzalo Torres Quevedo y Polanco; pero, por "escrúpulos administrativos", suspende el nombramiento hasta que la situación administrativa se aclare.

Un Decreto publicado en la Gaceta de la República del 28 de marzo de 1938 da cuenta de que: *"de los doce vocales y un secretario que integraban el Primer Patronato de la Fundación, designado por Decreto de 27 de agosto de 1932, solo dos se hallan en la actualidad al frente de sus puestos; los demás están absolutamente desligados de las actividades de la Fundación, unos por encontrarse en el extranjero, otros por desempeñar misiones de Gobierno, y algunos por ignorarse su paradero, existiendo además la certeza de su desafección a la causa legítima de la República"* y procede al reajuste del Consejo de Administración nombrando Presidente a Tomás Navarro Tomás y reduciendo a cinco el número de vocales: Julián Besteiro Fernández y Antonio Madinaveitia Tabuyo, que ya lo eran, y José María Ots y Capdequí, Jorge Francisco Tello Muñoz y Antonio Trías Pujol. Parece probable que, igualmente, parte del personal del Laboratorio estuviera en su puesto de trabajo, parte en el extranjero y no se conociera el paradero de otros.

2. La evolución de estos laboratorios dentro del Patronato "Juan de la Cierva" del CSIC (1940-1977)

Para la elaboración de esta sección se ha consultado la Gaceta de Madrid, las Memorias de la Secretaría General del CSIC, las Memorias del Instituto "Leonardo Torres Quevedo" y la diversa documentación existente en el ITEFI que se cita.

El Consejo Superior de Investigaciones Científicas

(CSIC) fue creado por Ley del 24 de noviembre de 1939. En el artículo seis de esta ley se establece que: *"todos los Centros dependientes de la disuelta Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, de la Fundación de Investigaciones Científicas y Ensayos de Reformas y los creados por el Instituto de España, pasarán a depender del Consejo Superior de Investigaciones Científicas"*, en este grupo se encontraba el Laboratorio de Mecánica Industrial y Automática.

El 10 de febrero de 1940 se aprobó el Reglamento de funcionamiento del CSIC. En el artículo siete se enumeran los Patronatos y Juntas que agruparán a los Centros de investigación de los que consta el Consejo. Entre ellos, en el apartado f), el Patronato "Juan de la Cierva Codorniu", del que dependen el Instituto "Leonardo Torres Quevedo" de Material Científico y el Instituto del Combustible. Además se integrarán en el mismo los Institutos y Laboratorios que se establezcan en relación con la industria nacional para desarrollar la investigación técnico-industrial [2].

La constitución formal del Patronato Juan de la Cierva Codorniu se realiza mediante Orden del 14 de marzo de 1940, BOE del 26. En ella se nombra al Conde de Guadalhorce Presidente Honorario, a Esteban Terradas Illa Presidente, Vicepresidente a Manuel Soto Redondo y Secretario a Manuel Lora Tamayo. Entre otros Juan Antonio Suances Fernández, José María Torroja, y Pedro Méndez de Parada fueron nombrados vocales. Otra orden de esta misma fecha designa a Juan Torroja Miret como director del *Instituto "Leonardo Torres Quevedo"*, de *Material Científico*, a Alfredo Guijarro Alcocer como vicedirector y a Pedro Méndez de Parada como secretario.

En el ITEFI se conserva un registro de personal que la Secretaría del Instituto comenzó a elaborar probablemente hacia 1942. Entre las fichas más antiguas contiene, además de las correspondientes al equipo directivo, la de Faustino Vicario Pastor (con nombramiento o ingreso el 23 de diciembre de 1912 y un segundo nombramiento el 16 de mayo de 1940) que trabajó como oficial en la sección de Radioelectricidad hasta su jubilación, en octubre de 1958; la de Fernando Alvarado Ruiz, vigilante del Laboratorio de Mecánica Industrial y Automática que dirigió Torres Quevedo, con nombramiento o ingreso el 20 de noviembre de 1923, y una anotación a mano de un segundo ingreso



el 16 de mayo de 1940, que trabajó como conserje hasta su jubilación, el 31 de diciembre de 1964; la de Eulogio Garcés Serrano, con fechas de nombramiento el 17 de agosto de 1925 y el 16 de mayo de 1940, que trabajó como peón en el taller mecánico, y la de Agustín Lastras Núñez, en cuya ficha consta una fecha de ingreso llamativa, el 28 de agosto de 1939, que trabajó como oficial de primera en el Taller Mecánico.

aparatos de nueva construcción ya sea porque no se encontraran en el mercado o porque su coste resultara excesivo y siempre con el interés presente de no perjudicar a la industria nacional de material científico; una Sección de Talleres dotada con un taller mecánico capacitado para trabajos de precisión, un taller dedicado a radioelectricidad y un taller de galvanoplastia cuya instalación se estaba ultimando; y la Sec-



Figura 3. Taller mecánico (Fondos del ITEFI)

Las tareas encomendadas al nuevo Instituto están reguladas por dos Órdenes del Ministerio de Educación Nacional. La Orden de 28 de junio de 1940 disponiendo que todos los centros docentes dependientes del Ministerio que tengan laboratorios de Física y Química hagan sus pedidos de material científico al Instituto Leonardo Torres Quevedo; este material solo podrá ser adquirido fuera de España en el caso de que el Instituto no pueda proveerlo. La Orden de 21 de diciembre de 1940, que aclara y complementa a la anterior, creada con fines exclusivamente estadísticos ordena que los Centros de enseñanza envíen relaciones de todos los aparatos de Física de que dispongan; autoriza al personal docente a solicitar del Instituto las reparaciones que necesiten sus aparatos y no puedan ser hechas en su lugar de residencia y a solicitar pedidos de construcción de nuevos modelos; y obliga a consultar al Instituto antes de importar aparatos.

Para cumplir lo dispuesto en estas Órdenes, el Instituto se organizó en una Sección de Proyectos, formada por técnicos, en la que se decidía la viabilidad de los

pedidos de construcción de nuevos modelos; y obliga a consultar al Instituto antes de importar aparatos. Sección de Estadística dedicada a la confección de una relación de todo el material existente en los Centros de enseñanza, del que necesitara reparación o reajustes y del que se proponía para nueva adquisición.



Figura 4. Taller de radio (Fondos del ITEFI)

Debido al desarrollo logrado por el Instituto "Leonardo Torres Quevedo", que contaba con Secciones que iban más allá de la construcción de nuevos modelos de material de precisión o científico y que nunca dejó de prestar servicios a varios Ministerios, un Decreto



del 15 de junio de 1942 amplía sus funciones para abarcar, además de la mecánica, las diversas aplicaciones de la Física. En este momento pasará a denominarse Instituto "Leonardo Torres Quevedo" de Física Aplicada (IFA).

El IFA contó con siete secciones:

- **Sección de Física.** Dedicada a la construcción de nuevos dispositivos y que comprendía las subsecciones de Calor, Electroacústica, Electricidad y Óptica. Entre los proyectos que interesa destacar en ese momento citan la construcción de un aparato para la determinación de las tensiones en los materiales de construcción mediante fotoelasticimetría que estudiaba la Subsección de Óptica y la instalación en el edificio en construcción de una cámara sorda para los estudios de la absorción sonora y la reverberación, que sería la primera de España, planteada por la Subsección de electroacústica. Estas cámaras en la actualidad continúan en funcionamiento y en perfectas condiciones
- **Sección de Radioelectricidad.** Se crea, tanto para atender pedidos de diversos Centros oficiales, como las necesidades propias del Instituto, se ocupa de la aplicación de la alta frecuencia en aparatos para la Física, la Química o la Medicina

- **Sección de Meteorología.** Dedicada a la fabricación de aparatos utilizados en los observatorios del Servicio Meteorológico Español
- **Sección de Proyectos y delineación.** Encargada del estudio técnico de los aparatos que, previamente, se hubieran propuesto para su construcción, teniendo en cuenta que el aparato conservara su concepción científica original y que estéticamente resultara atractivo

Proyectos y delineación. Fondos del ITEFI

- **Sección de contabilidad y control de producción:** Además de ocuparse de la contabilidad, fiscalizaba las distintas etapas de la fabricación de los aparatos
- **Sección de Estadística:** continuaba con la tarea de la elaboración de la relación de todo el material existente en los Centros de enseñanza, del que necesitara reparación y de las propuestas de nueva construcción
- **Sección de control mecánico y presupuestos:** Se ocupaba de la preparación de los presupuestos para los aparatos aprobados y del control mecánico de los aparatos durante su construcción



Figura 5. Visita del Príncipe Juan Carlos, hacia 1971. De izquierda a derecha: Andrés Lara Sáenz, sin identificar, José Jiménez González, Juan Carlos I y Juan Luis de la Ynfiesta (Fondos del ITEFI)



Entre los aparatos construidos, en las memorias de los años 1942 a 1945 aparecen destacados un aparato retardador usado para el estudio de los reflejos medulares y golpeador electromagnético; un oscilador de radiofrecuencia consistente en un pequeño



Figura 6. Proyectos y delineación (Fondos del ITEFI)

emisor de baja frecuencia construido para estudios de laboratorio; un aparato medidor de pH R-1009; un nuevo motor de explosión, ideado por el ingeniero de caminos Vicente Roglá y cuya novedad estribó en el procedimiento mecánico de realización del ciclo térmico del gas; un disco para el cálculo y dibujo de las trayectorias de los globos pilotos cautivos a petición del Servicio Meteorológico Nacional y que fue objeto de patente; un odómetro y prensa destinados a ensayos de retracción de tierras; un oscilógrafo de rayos catódicos y otros aparatos de radiofrecuencia.

En 1941 se encarga al arquitecto Ricardo Fernandez Vallespín el proyecto y realización de un gran edificio

en el número 144 de la calle Serrano de Madrid para albergar al nuevo Instituto de Física Aplicada "Leonardo Torres Quevedo". Las obras de construcción concluyen en 1943 y comienza el traslado desde la antigua sede del Laboratorio de Mecánica Industrial y Automática situada junto al Museo de Ciencias Naturales. Durante el año 1944 se simultanea el traslado con la continuidad de los trabajos en los antiguos talleres y, en 1945, el Instituto está plenamente instalado en el nuevo edificio.

A finales de 1945 se produce una reestructuración del Patronato "Juan de la Cierva" que marca nuevas directrices al Instituto y que exigirá una reorganización. A partir de este momento, el Instituto "Leonardo Torres Quevedo" se ocupará de la fabricación de prototipos de toda clase de aparatos científicos o de aplicaciones técnicas que puedan necesitar los centros docentes, la fabricación de aparatos para aplicaciones científicas de investigación o técnicas y la fabricación de prototipos de aparatos que la industria nacional no pueda producir por sí misma. Dentro del Patronato se constituye un Consejo de Administración para la orientación y control del Instituto. Su nueva denominación será Instituto "Leonardo Torres Quevedo" de Instrumental Científico y contará con los Departamentos de Producción, Mecánica, Radioelectricidad y Física General y una sala general de Delineación y Proyectos. Contará, también, con talleres de construcción constituidos por una Oficina Técnica, cuatro plantas (de maquinaria pesada, de ajuste mecánico y maquinaria ligera, de montaje mecánico y la planta de montajes radioeléctricos) y cinco talleres auxiliares (de chapa,



Figura 7. EL Instituto "Torres Quevedo" hacia 1943



de soldadura autógena y eléctrica, de galvanoplastia, de pintura y de carpintería).

El Departamento de Física General, encargado de la concepción y ensayo de todos los aparatos de aplicación de la Física no comprendidos, específicamente, en los otros Departamentos, llegó a contar, si bien no simultáneamente, con el Laboratorio de Vacíos elevados, el Laboratorio de Meteorología, el Laboratorio de Aparatos a bordo de buques, el Laboratorio de Astronomía y Geodesia, el de Calibrado y Contraste, el de Electroacústica, el de Electricidad, el de Geofísica y el de Ingeniería de realización. Algunos de los proyectos en los que se trabajó en este Departamento son una bomba de difusión de mercurio, una bomba de difusión de aceite a pistón, un emisor de ultrasonidos, a petición del Estado Mayor de la Armada un aparato registrador de coincidencia de aguja, y un aparato original para medir tiempos de reverberación en relación con el proyecto de montaje de la cámara sorda.

El Departamento de Radioelectricidad, encargado de todos los trabajos específicos de la electrónica y la radiotecnica, dispuso de: Laboratorio de Medición y Contraste, Laboratorio de Electrónica, Laboratorio de Televisión, Laboratorio de Microondas, Laboratorio

de Alta Frecuencia, Laboratorio de Audiofrecuencia. Proyectaron, entre otros, la realización de una instalación especial de vacío, el estudio del funcionamiento y tarado de un oscilador de tono de 800 periodos por segundo, un medidor de pH y un oscilador de radiofrecuencia.

El Departamento de Mecánica realizaba los trabajos de mecánica general y de precisión. Disponía de laboratorios de Metalografía, Ensayo de materiales y Química y Metrología mecánica. Entre las instituciones externas para las que se realizaron proyectos puede mencionarse la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, la Facultad de Farmacia de Madrid, el Instituto Español de Edafología y el Observatorio Meteorológico. Se construyeron, además, muchos aparatos con destino a los laboratorios del Instituto y a la exposición de material científico que se encontraba en la planta baja del edificio.

Coincidiendo con la terminación de las obras de construcción de la sede del CSIC en 1946 se modifica su Reglamento. Se establece que el Patronato "Juan de la Cierva", dedicado a las Investigaciones de carácter técnico o industrial, esté formado por el Instituto Nacional de Geofísica, el Instituto "Leonardo Torres



Figuras 8 y 9. Imagen izquierda, detector de grisú portátil, modelo FH 48-18, diseñado en el Laboratorio de geofísica del Instituto en 1948. Imagen derecha, manera de llevar colocado el detector de gases modelo FH 48-18, en el que puede apreciarse su pequeño tamaño y comodidad para el operador, que queda en gran libertad de movimiento



Quevedo" de Instrumental Científico, el Instituto del Combustible, el Instituto Técnico de la Construcción y Edificación y el Instituto de Investigaciones Técnicas de Barcelona. El Reglamento, además, señala que el Patronato "Juan de la Cierva" desarrollará sus trabajos mediante sus Institutos pero también a través de la relación con los Institutos generales de los Patronatos "Alonso de Herrera", dedicado a las Ciencias agrícolas y de Biología vegetal, y "Alfonso el Sabio", dedicado a las Ciencias matemáticas y físicas. También en 1946 se crea el Instituto de Óptica "Daza de Valdés" a partir de la Sección de Óptica del Instituto de Física "Alonso de Santa Cruz".

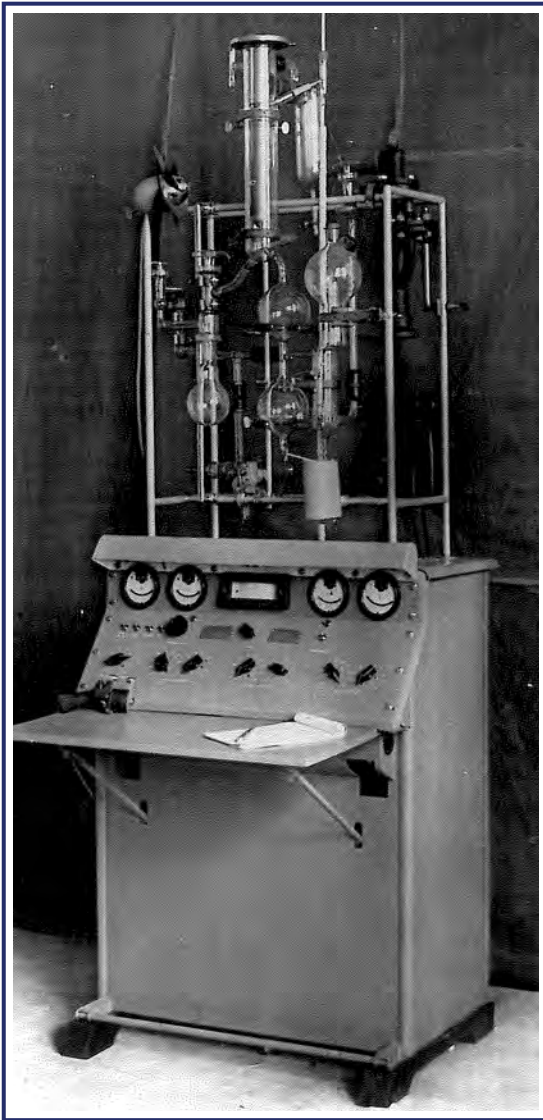


Figura 10. Instalación de Destilación molecular, Modelo FD 47-32. Memoria del Instituto Leonardo Torres Quevedo de Instrumental Científico, año 1948. Esta instalación está dotada de sistemas originales de transmisión del movimiento al vacío, de circulación de líquidos y de cierres y llaves de paso. Fue completamente diseñada y fabricada en el Instituto

La memoria del Instituto del año 1947 destaca, además de los temas ya señalados en memorias anteriores y en los que se seguía trabajando, el diseño e instalación de un Laboratorio de destilación molecular, la puesta a punto de las instalaciones de la Cámara sorda, la fabricación de una serie de barómetros de acuerdo con el prototipo proyectado y ensayado en el Instituto y el estudio y ensayo de un equipo solicitado por Radio Nacional. En la memoria del Instituto de 1948, y en relación con las tareas encomendadas, principalmente la fabricación de prototipos y aparatos científicos, se presenta la estructura del Instituto dividida en dos ramas: a) Laboratorios de investigación, proyecto y experimentación y b) Talleres de construcción. Tras enumerar los distintos Departamentos, Laboratorios y Talleres, se incluye un apartado de "Actividades generales" que se reproducen a continuación:

"Se ha expuesto anteriormente la finalidad de este Centro y de ella se deduce que las actividades generales de investigación han de dirigirse solamente a la investigación aplicada determinada por la necesidad de construir un determinado prototipo. Así pues, quedando excluida la investigación científica y pura, y siendo extraordinariamente amplio el campo de las aplicaciones al que la necesidad nacional obliga a extenderse a este Instituto, no puede con propiedad hablarse de una orientación investigadora definida, sino que esta es en cada caso estrictamente limitada por la necesidad inmediata.

Sin embargo se ha tendido a agrupar gran parte de las actividades en orientaciones definidas de gran actualidad e interés nacional procurándose en ellas una mayor uniformidad e intensificación de los esfuerzos. Así se ha conseguido crear por primera vez en España una técnica propia de vacío que abarca tanto la fabricación de los elementos destinados a producirlo como al instrumental necesario para su perfecto control y medida, y que habiendo surtido ya a numerosos laboratorios, se encuentra en disposición de ponerse al servicio de la industria en el próximo año, tanto con sus aparatos como con el equipo de técnicos especializados formado. Otras orientaciones dignas de mencionarse son la realización de una gama completa de instrumentos de medida y precisión en el campo radioeléctrico, la aplicación de la electrónica en el campo auxiliar de la industria; los equipos completos de aparatos de medida meteorológicos; la



creación de un conjunto de aparatos de medida de alta precisión para electricidad y magnetismo; y la formación de equipos completos de demostración y experimentación para la enseñanza tanto secundaria como superior.

En cuanto a la atención prestada a la formación y especialización del personal técnico, cabe decir que han sido concedidas hasta ahora seis becas para el extranjero, cinco en años anteriores y una en el actual. Las especialidades estudiadas son: Alto vacío, Microondas, Electrónica, Astronomía, Aparatos de a bordo y Ultrasonidos”.

En 1950 la estructura del Instituto aparece ya efectivamente dividida en dos Departamentos: a) un Departamento de Investigación con tres Secciones, Alto Vacío, Electrónica e Instrumentos Eléctricos, y una Sección más de Electroacústica que se encuentra en

a veces construidos en este Centro, exceptuando los que se suministran directamente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas. La Sociedad de Alto Vacío recibirá la titularidad de la patente sobre “Destilación molecular”. Por su parte, la Sección de Alto Vacío “explora las instalaciones de destilación molecular, en sus distintas aplicaciones industriales, siendo hasta ahora las más importantes las destinadas a la obtención de vitaminas de los aceites de germen de trigo, extracción de vitaminas de los aceites de pescados, obtención de aceites secantes, preparación de aceites lubricantes especiales para la CAMPSA y aceites especiales de vacío”.

En 1954, el Instituto contaba con un total de doscientas cincuenta y cuatro personas en plantilla, de ellas once eran investigadores, ocho ayudantes y el resto personal de servicios. Juan Torroja se había jubilado y Armando Durán Miranda ocupaba el cargo de direc-

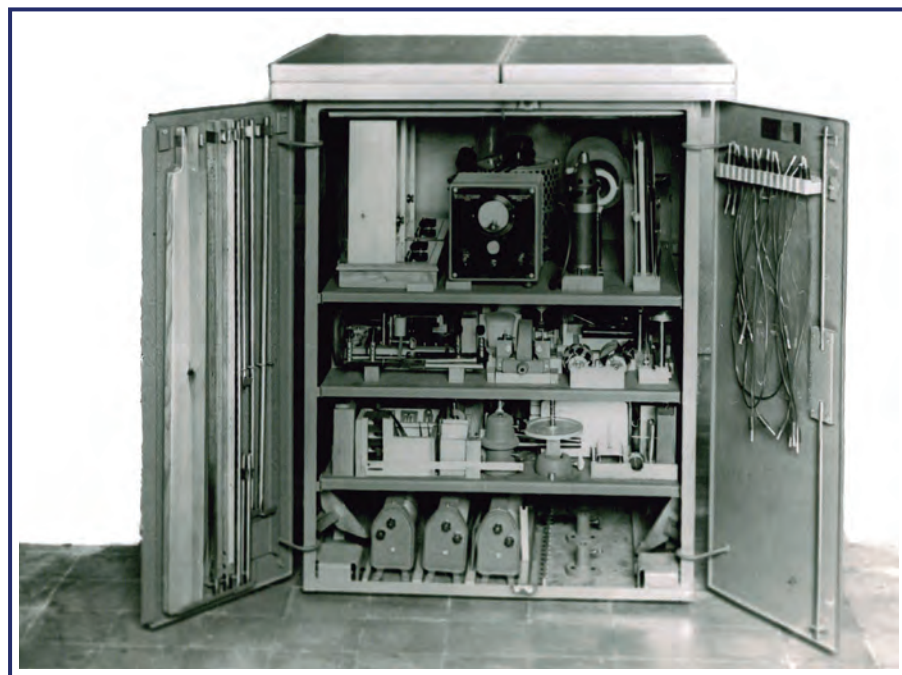


Figura 11. Vista general del equipo para la didáctica de la física, año 1954

fase de reorganización, y b) un Departamento Industrial. Un año más tarde, según recoge la Memoria de la Secretaría General de 1951, “alcanzado ya el grado de desarrollo necesario para emprender una acción más industrial y comercial, se ha procedido a la formación de una Sociedad denominada “Sociedad de Alto Vacío”, con capital ajeno al Instituto, a la que se ceden aquellos aparatos en las condiciones económicas y de canon correspondiente. Dicha Sociedad se hace cargo de la venta y explotación de todos los aparatos,

tor. Se continúa trabajando en vacío, en ultrasonidos, en electroacústica, en comunicaciones y en mecánica y mecanismos con el montaje y puesta a punto de un péndulo de Helmholtz, una devanadora de mano y un aparato de aspiración para la extracción de cataratas. Se realizan estudios además sobre vitaminas liposolubles, entre ellos, el estudio sobre concentración de vitamina E y preparación de vitamina H por medio de alcoholisis y destilación molecular de aceite de germen de trigo fue objeto de una patente.

Entre 1955 y 1957 el Departamento de Investigación tendrá la siguiente estructura:

- **Sección de Audiofrecuencia:** con un Laboratorio de Electroacústica, un Laboratorio de Aplicaciones Industriales, un Laboratorio de Circuitos Especiales, un Laboratorio de Comunicaciones y un Laboratorio de Equipos de Radiodifusión
- **Sección de Alto Vacío:** con los laboratorios de Física, Destilación Molecular, Meteorología, Ultrasonidos y Laboratorio de Geofísica

Por su parte el Departamento de Producción está dividido en Proyectos y delineación y Talleres y existe también una Sección de Verificación y Estadística.

investigador, **f)** equipos especiales de carácter experimental con que cuenta, **g)** nuevas investigaciones que estima de interés acometer y, en su caso, tipo de ayuda que exigiría. **h)** relaciones de trabajo que tenga actualmente con otros Centros de investigación similares.

La explicación del punto **a)**, funciones que tiene asignadas, resume la trayectoria del Instituto y los motivos que justificaron la reorganización emprendida en 1958. El Instituto, además de cumplir con la tarea de "proyectar y construir aquellos aparatos auxiliares de la investigación y de la industria, que no se construían en España, ni podrían ser importados por dificultades existentes en aquella época, y que por otra parte eran imprescindibles para el progreso científico e indus-

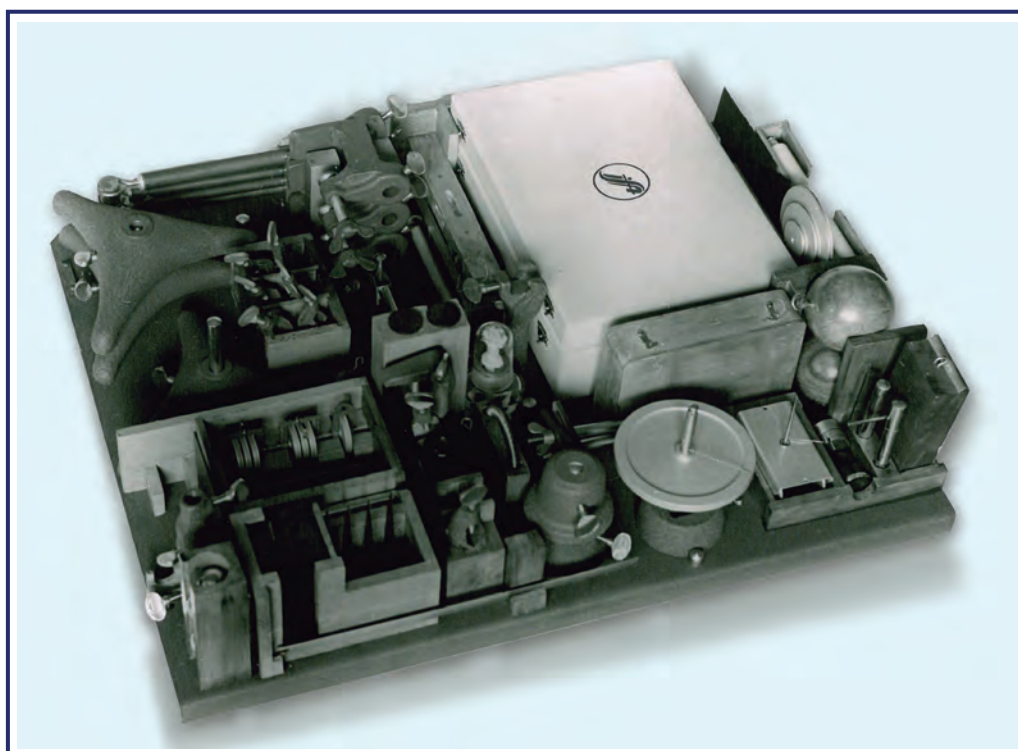


Figura 12. Detalle de una de las bandejas del equipo de experiencias de física, año 1954

Entre la documentación encontrada por Carlos Fritsch Yusta, investigador del ITEFI, en un altillo de su despacho existe un documento titulado "Contestación a la encuesta de la Comisión asesora de Investigación Científica y Técnica" fechado en mayo de 1958. Los puntos por los que se interesa el cuestionario son: **a)** funciones que tiene asignadas, **b)** naturaleza de las investigaciones en los tres años últimos: publicaciones o resultados, **c)** temas de investigación en curso o en proyecto, **d)** medios económicos de que dispone y su procedencia, **e)** reclutamiento de personal

trial de nuestra Patria", había desarrollado diversas técnicas poco o nada existentes en España y había formado a personal especializado capaz de iniciar trabajos para la construcción de nuevos instrumentos y de proveer asistencia técnica a talleres industriales y otros organismos estatales. Además, las peticiones de instrumentos de calidad y equipos de enseñanza de la Física desbordaron la capacidad del Departamento de Producción que pasó a depender de la Empresa Nacional de Óptica para que fuera ella quien fabricara en serie los prototipos proyectados en el Instituto,



quedando, desde ese momento, un único Departamento de Investigación que trabajará en los siguientes temas: Acústica, Alto Vacío, Destilación Molecular, Geofísica, Instrumentos, Meteorología y Ultrasonidos.

En este momento el Instituto tiene encomendadas las tareas de perfeccionamiento y consolidación de "distintas técnicas para desarrollar investigaciones de carácter aplicado, con el fin de estudiar nuevos procesos y sistemas de medida y control de los mismos, llegando hasta el proyecto y realización de los prototipos correspondientes, derivados o necesarios para tales investigaciones"; la de colaborar y orientar a la industria nacional en todos los aspectos de aplicación de estas técnicas y de la instrumentación necesaria para su desarrollo, ejerciendo a su vez una misión de medición y contraste, y la proyección y el perfeccionamiento de los prototipos de aparatos y equipos de enseñanza de la Física en todos sus grados, continuando con la labor realizada en los últimos años. Serán también tareas del Instituto las correspondientes a la Sección de Destilación Molecular que se citan a parte por ser específicas de esa Sección: la modificación y el fraccionamiento de aceites naturales españoles, especialmente del reino animal, mediante procesos de alcoholisis e interesterificación, hidrogenación selectiva, etcétera, y la destilación molecular, con el propósito de mejorar sus características y el estudio de las técnicas antes indicadas con el fin de avanzar en el conocimiento de las mismas y extender el campo de su aplicabilidad en el laboratorio y en la industria.

El siguiente dato, extraído del discurso que pronunció Juan Antonio Suanzes, Presidente del Patronato "Juan de la Cierva", en el acto de clausura de las sesiones plenarias del Patronato en 1961, da cuenta de la importancia de este patronato dentro de la estructura del CSIC:

"Y lo que se invierte en España en la totalidad de la investigación ("Juan de la Cierva" y demás Patronatos del Consejo de Investigaciones y otros Centros dependiendo del Presupuesto del Estado) es una cifra

del orden de 418 millones de pesetas año, de las que corresponden unos 185 millones al Patronato "Juan de la Cierva", 121 millones a los demás Institutos del Consejo, y 112 millones a Centros ajenos a este".

Entre 1960 y 1965 cesa la actividad en Meteorología y Geofísica y la Sección de Instrumentos pasará a ser de Instrumental Didáctico.

En el año 1965, con la incorporación del Instituto Nacional de Electrónica (INE) y el Instituto de Física Alonso de Santa Cruz, se crea el Centro de Investigaciones Físicas Leonardo Torres Quevedo (CIF) que dirigirá Andrés Lara Sáenz hasta 1977. Los estudios en Alto y Ultra alto vacío que se desarrollaron en épocas anteriores darán lugar al Instituto de Física de los Materiales, igualmente se reajustarán las distintas Secciones hasta formar, además, el Instituto de Acústica, el de Instrumentación Didáctica y el de Electrónica de Comunicaciones, que constituyeron el CIF.

El Real Decreto 62/1977, de 21 de enero, reordena el Consejo Superior de Investigaciones Científicas en el sentido de unificar y simplificar su estructura. Declara extinguidos los dos organismos autónomos existentes dentro del CSIC, el Patronato "Juan de la Cierva" y la "División de Ciencias Matemáticas, Médicas y de la Naturaleza"; suprime los Patronatos y el Consejo ejecutivo del CSIC y cede sus funciones a la Junta de Gobierno del CSIC; ordena la reestructuración de los Institutos y Centros y la agrupación de los mismos en función de sus objetivos o afinidades; y crea un Comité de Dirección, presidido por: el Ministro de Educación y Ciencia, el Subsecretario del Departamento, el Director General de Política Científica y el Presidente y el Secretario General del CSIC, que asumirá las competencias de la Junta de Gobierno mientras se prepara el nuevo Reglamento orgánico para el Consejo.

La Figura 13 resume la evolución que desde 1977 ha seguido el entonces, Centro de Física Aplicada "Leonardo Torres Quevedo" (CENFA) hasta convertirse en el actual Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información "Leonardo Torres Quevedo" (ITEFI).



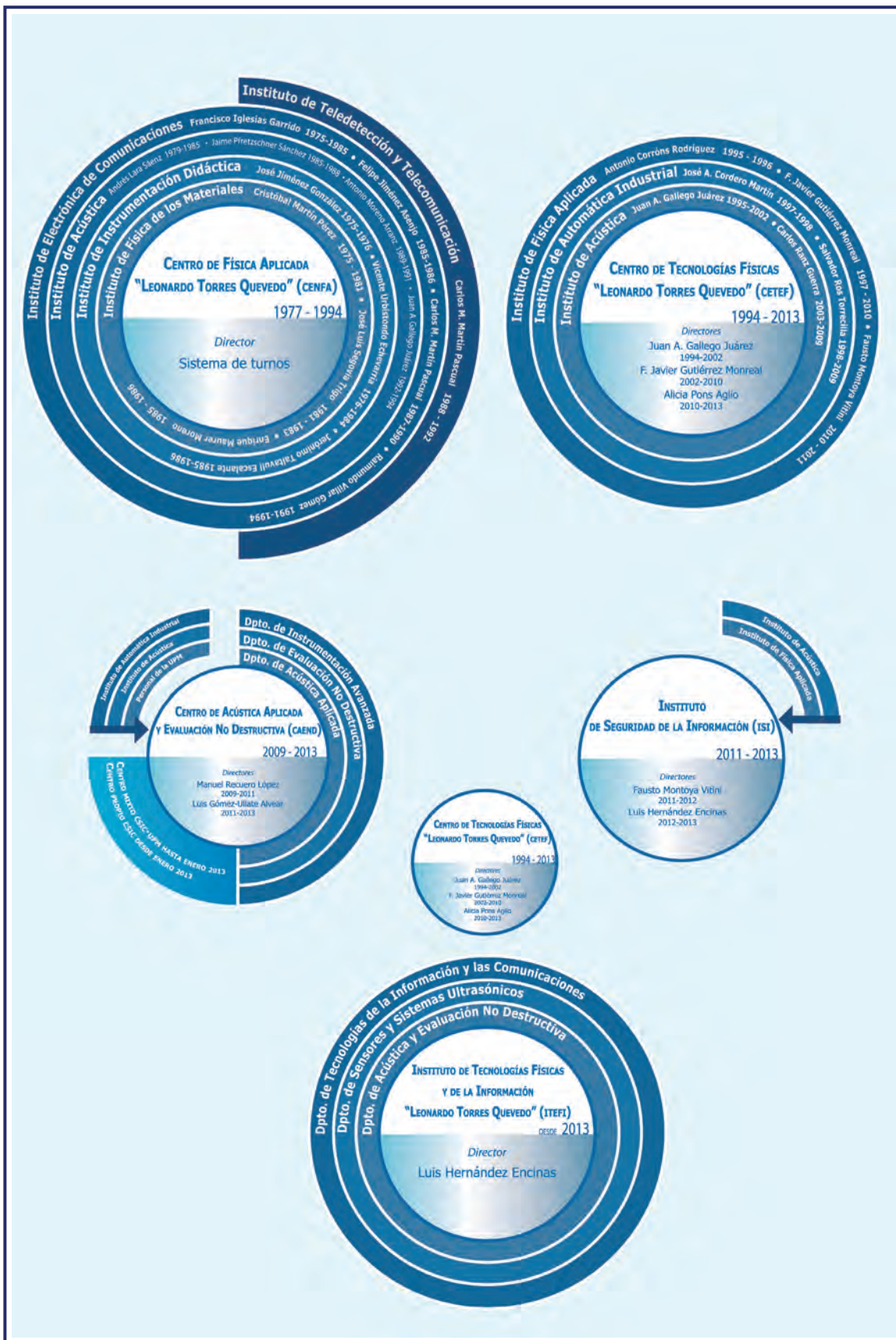


Figura 13: Evolución del "Instituto Torres Quevedo" desde 1977

Datos

Empresa / Persona de contacto:

Actividad:

C.I.F.:

Dirección:

C.P.:

Población:

Provincia:

Tfno.:

Fax:

E-mail:

Tarifas de anuncios y de noticias técnicas

Miembros AEND

Contraportada	709 €
Interior portada	625 €
Interior contraportada	550 €
Página interior	450 €

Anunciantes

Noticias técnicas de 1/2 pág.	150 €
Noticias técnicas de 1/4 pág.	100 €

** IVA 21% no incluido.

No Miembros AEND

Contraportada	780 €
Interior portada	680 €
Interior contraportada	600 €
Página interior	500 €

No Anunciantes

Noticias técnicas de 1/2 pág.	300 €
Noticias técnicas de 1/4 pág.	200 €

⁽¹⁾ Deseo la inserción de mi anuncio para el n° _____ que se publicará en el mes de _____ 2018 para lo que les hago entrega del anuncio en formato digital, con prueba de color, indicando el espacio que deseo reservar:

Medidas página color: A4 (210 x 297 mm).

Las páginas con fondos o fotos a margen de la misma deben llevar sangre de 5 mm por todos los lados, cruces de recorte y en formato de color cmyk.

Ruego que la factura por n° aparecido (adjuntando prueba de inserción), y en la fecha que le corresponda sea con cargo a ⁽²⁾:

(Con la factura le adjuntaremos el n° correspondiente, donde aparezca su anuncio.)

Nota: El anuncio (marcar según proceda):

- Lo enviamos por mensajero a portes debidos, a:
AEND. Revista "AEND" (C/ Bocángel, 28 - 2º izda. 28028 Madrid)
- Rogamos lo recojan en: _____
- Lo enviamos por correo electrónico en alta resolución a: informacion@aend.org

⁽¹⁾ Si se contrata los cuatro números del año, la inserción del correspondiente al 4º trimestre será sin cargo, a condición de que, previamente, se hayan abonado las facturas correspondientes a las 3 anteriores.

⁽²⁾ La publicación de un anuncio implica el abono del correspondiente al n° anterior.

Le informamos que sus Datos Personales recabados serán tratados por la ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (AEND), como Responsable del Tratamiento, para la gestión administrativa de los socios, así como para enviarte información sobre productos y servicios de AEND, siempre con su consentimiento previo. La base legal para el tratamiento de sus datos es la prestación de los servicios de la AEND a sus socios y el desarrollo de una relación de carácter asociativo. Los datos proporcionados se conservarán mientras se mantenga la relación con el socio y, posteriormente, durante el tiempo necesario para cumplir con las obligaciones legales. Los datos no se cederán a terceros, salvo en los casos que exista un imperativo legal. Usted podrá ejercer sus derechos de acceso, rectificación, supresión, limitación al tratamiento y oposición dirigiéndose a AEND, Calle Bocángel, 28, 2º Izquierda, 28028 Madrid, o por email a datos@aend.org, adjuntando copia de su DNI o documento identificativo equivalente. Mas información en: <https://www.aend.org/Política-privacidad>

Autorizo el envío de información comercial sobre productos o servicios de AEND.



AEND

C/ Bocángel, 28-2º izda.

28028 Madrid

Tfno.: 913 612 585

Fax: 913 614 761

E-mail: informacion@aend.org

www.aend.org

ADVERTISING PRICE LIST

magazine



20 19

Invoice Data

Company / Full Name:

Activity:

Address:

City:

Phone No.:

Fax No.:

E-mail:

VAT No.:

Postal Code:

Province / State:

Advertising and technical news publishing price list

AEND Members

Back Cover	709 €
Inner Cover	625 €
Inner Back Cover	550 €
Page	450 €

Advertisers

Technical News 1/2 page	150 €
Technical News 1/4 page	100 €

*21% VAT not included.

No Miembros AEND

Back Cover	780 €
Inner Cover	680 €
Inner Back Cover	600 €
Page	500 €

No Anunciantes

Technical News 1/2 page	300 €
Technical News 1/4 page	200 €

(1) I wish my add to be included on issue no. _____ which will be published in the month of _____, 2018. To this effect, I am forwarding you a copy in digital form, already colour proved. I wish to book the following space:

Colour page size: A4 (210 x 297 mm).

Pages with backgrounds and borderless printing pictures must have a 5 mm-bleed layout on all sides, carry crop marks and be set in cmyk colour format.

Please issue the invoice for adds published on each issue no. (enclose en insertion proof copy) on the corresponding date to (2): _____

(Together with the invoice, you will receive a copy of the issue where your ad was published).

Note: The add in JPEG high resolution file (mark as suitable):

- Will be couriered COD to:
AEND. Revista "END" (C/ Bocángel, 28 - 2º izda. 28028 Madrid - SPAIN)
- Will be e.mailed to: informacion@aend.org

- (1) If the advertising for the 4 issues in the year is hired, the ad corresponding to the 4th term will be free of charge, provided the payment of the 3 preceding invoices has been received.
- (2) Publishing an advert implies payment of the invoices corresponding to previous ads.

We inform you that the personal data collect will be treated by ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (AEND), as the Data Controller, for administrative management of its members, as well as, to send you information about AEND products and services, having received your prior consent. The legal base for control of your data is providing AEND services to its members and developing and keeping an associative relation. The data provided will be kept while there exists a relation with the member and, after that for the time span required to comply with any legal obligations. The data will not be forwarded to third parties except for those cases in which there is a legal obligation. You have the right to access your data, modify them and request their deletion contacting AEND, Calle Bocángel, 28, 2º Izquierda, 28028 Madrid, by email datos@aend.org, enclosing a copy of your ID. For further information, go to: <https://www.aend.org/Política-privacidad>

I authorise AEND to send me commercial information about its products and services.



AEND

C/ Bocángel, 28-2º izda.
28028 Madrid (SPAIN)

Phone No.: +34 913 612 585

Fax No.: +34 913 614 761

E.mailed: informacion@aend.org

www.aend.org



INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS FÍSICAS Y DE LA INFORMACIÓN "LEONARDO TORRES QUEVEDO"

Autores: Margarita González Hernández y Alberto Ibáñez Rodríguez.
ITEFI

1. Introducción

El Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información "Leonardo Torres Quevedo", ITEFI, es un instituto propio del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC, que tiene su sede en el edificio Torres Quevedo, situado en la calle Serrano 144 de Madrid. El nombre del Instituto refleja las áreas temáticas a las que pertenecen las líneas de investigación presentes y, previsiblemente, futuras del centro, cuyo objetivo principal es encontrar y desarrollar nuevas aplicaciones de las tecnologías físicas y de las comunicaciones a los ámbitos industrial, biomédico y medioambiental, así como a la seguridad de las comunicaciones y a la criptografía. La referencia a Leonardo Torres Quevedo quiere servir como símbolo inequívoco de su voluntad de ser pioneros en las tecnologías físicas, matemáticas y de la información.

El ITEFI se creó en junio de 2013 como resultado de la reestructuración de las tecnologías físicas en el campus del CSIC en la calle Serrano de Madrid. En él se han aglutinado el Centro de Tecnologías Físicas, el Centro de Acústica Aplicada y Evaluación No Destructiva (el cual estaba formado por personal de los Institutos de Acústica, y de Automática Industrial) y el Instituto de Seguridad de la Información, (que provenía del Instituto de Física Aplicada, IFA); por lo que tiene a sus espaldas la tradición y la experiencia de las personas que formaron parte de todos esos institutos y, es heredero y continuador de las líneas de investigación que los definieron y caracterizaron.

2. Líneas de investigación del ITEFI

Las líneas de investigación en las que actualmente se trabaja en el Instituto son:

- **Acústica ambiental:** caracterización de la respuesta dinámica de sistemas vibroacústicos y diseño de dispositivos para el control del ruido ambiente (interior y exterior)
- **Sistemas y tecnologías ultrasónicas:** transductores, imagen y detección, con alta resolución y radiación eficaz de potencia, para aplicaciones biomédicas e industriales
- **Evaluación no destructiva de materiales:** técnicas de ensayo y caracterización de propiedades mecánicas y estructurales de materiales y componentes
- **Sensores y actuadores:** sensores químicos basados en "nano-materiales", sistemas sensoriales y resonadores para aplicaciones en seguridad, medio ambiente, salud y alimentación
- **Tecnologías de la información y las comunicaciones:** protección de la información sensible utilizando tecnologías físicas, métodos matemáticos y antenas
- **Criptografía:** diseño, implementación y análisis de métodos y herramientas criptográficas para garantizar la seguridad de la información y su comunicación

3. Constitución del ITEFI

El ITEFI está formado por tres departamentos: el departamento de Acústica Aplicada y Evaluación No Destructiva, DAEND, el departamento de Sensores y Sistemas Ultrasónicos, DSSU, y el departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). A su vez,



cada departamento, está formado por varios grupos de investigación, que constituyen las unidades de investigación principales en el CSIC. Los grupos de investigación del instituto son: Acústica Ambiental (AA), Caracterización de Materiales mediante Evaluación No Destructiva (CARMA), Criptología y Seguridad de la Información (GiCSI), Nanosensores y Sistemas Inteligentes (NoySI), Procesamiento de Señales en Sistemas Ultrasónicos Multicanal (PSUM), Resonadores Ultrasónicos para micromanipulación y cavitación (RESULT), Sistemas y Tecnologías Ultrasónicas (GSTU), Tecnologías de sensores avanzados (SENSAVAN), Ultrasonidos para el análisis de líquidos y bioingeniería (ULAB).

4. Grupo de Acústica Ambiental

El Grupo de Acústica Ambiental desarrolla su trabajo en torno a los efectos fisiológicos del ruido, como hipoacusia o acúfenos; control de ruido mediante el diseño de metamateriales *ad-hoc* y la caracterización vibroacústica de estructuras mediante el uso de técnicas de dinámica estructural. El desarrollo de estas líneas de trabajo permite afrontar, con solvencia, problemas dentro de los ámbitos de la construcción, el transporte, la industria aeroespacial o incluso la neurociencia.

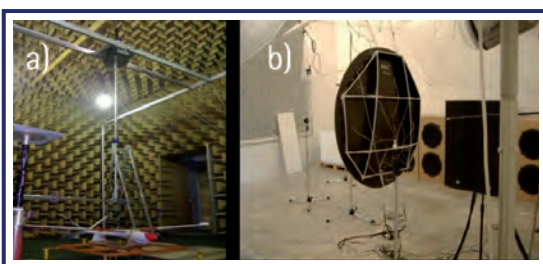


Figura 1. Instalaciones singulares: a) cámara anecoica, b) cámara reverberante



Figura 1. c) cámara de transmisión horizontal

5. Grupo CARMA

El grupo CARMA ha desarrollado, en los últimos años, sistemas de inspección ultrasónica para dar soluciones de evaluación no destructiva. Estos sistemas se han utilizado en empresas de prefabricados de hormigón y de construcción, (Figura 2a). Se ha diseñado y patentado un tomógrafo en transmisión para piezas de geometría cilíndrica y materiales altamente dispersivos, (Figura 2b), también se han diseñado diferentes sistemas de monitorización inalámbrica para medir parámetros como temperatura, humedad, etc., que han sido utilizados en la monitorización de la Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción en Algete, y en la Iglesia San Juan Bautista en Talamanca del Jarama, (Figura 2c).

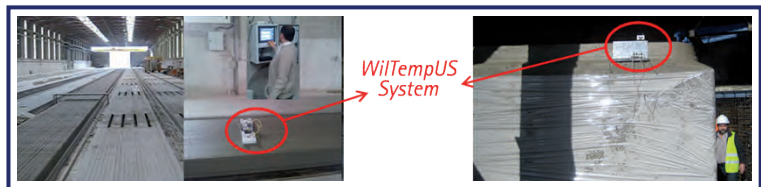


Figura 2a. Sistema inalámbrico de sensores para la monitorización del curado del hormigón

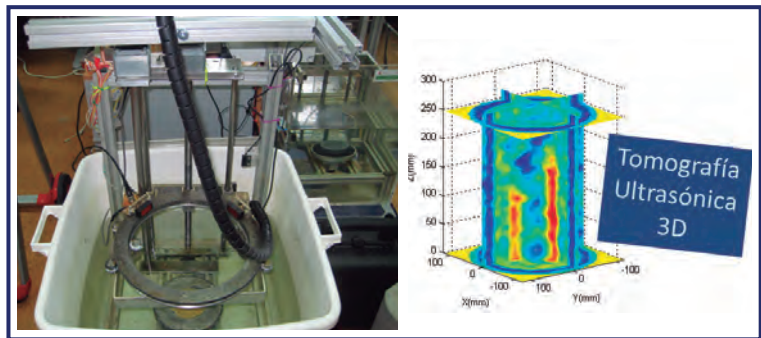


Figura 2b. Sistema de inspección portable para tomografía ultrasónica en transmisión



Figura 2c. Redes inalámbrica de sensores para la monitorización del patrimonio histórico



6. Grupo GiSCI

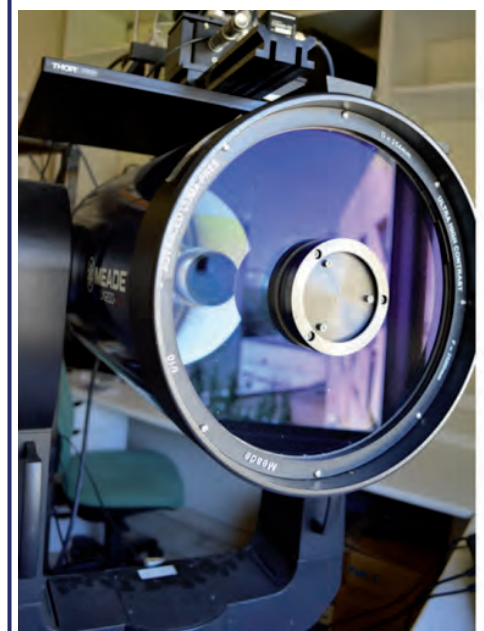
El grupo GiSCI se dedica a la investigación y el desarrollo de técnicas para garantizar la seguridad, autenticidad e integridad de la información transmitida o almacenada por medios electrónicos. El GiSCI desarrolla su actividad en la seguridad de la información y las comunicaciones mediante el cifrado de mensajes, Figura 3a, desarrollando algoritmos para la protección de la información y la privacidad, Figura 3b, y en la distribución cuántica de claves, Figura 3c.



Figura 3a. Máquina enigma (izquierda) y montaje para ataque físico de un "chip" en un Smartphone (derecha)



Figura 3b. Estudio y desarrollo de algoritmos para la protección de la información y la privacidad



Bob: Receptor de comunicaciones cuánticas

Figura 3c. Receptor del sistema de distribución cuántica de claves en espacio libre

7. Grupo PSUM

El grupo PSUM trabaja en el diseño de estrategias para la distribución óptima de los emisores y receptores de ultrasonidos en transductores tipo *array*, en la utilización de sistemas multicanal con técnicas de procesamiento paralelo de datos, y en mejorar y desarrollar algoritmos para la obtención de imágenes de gran calidad mediante ultrasonidos para aplicaciones de diagnóstico médico y evaluación no destructiva, Figura 4.

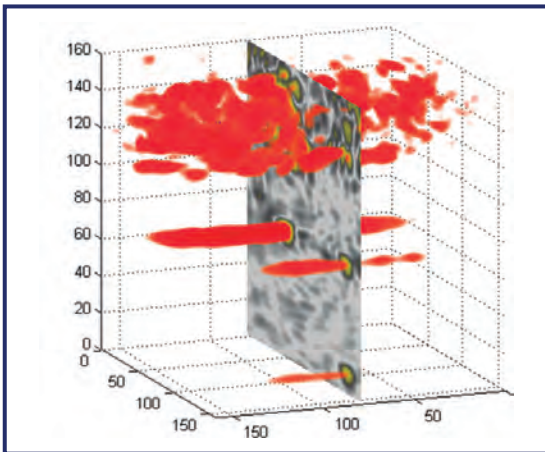


Figura 4. Imagen ultrasónica 3D de la sección de un Phantom médico.

8. Grupo RESULT

El grupo RESULT desarrolla sus investigaciones en biomedicina para la actuación de tejidos tumorados mediante ultrasonidos. Entre sus aportaciones podemos destacar el desarrollo de dispositivos

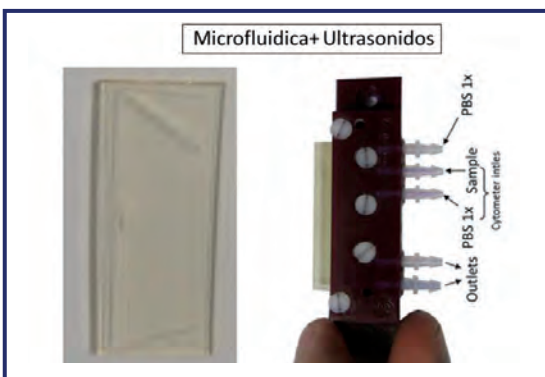


Figura 5. Dispositivo microfluidicos Lab-on-Chip

microfluidicos *Lab-on-Chip* para detección precoz de cáncer en biopsia líquida, Figura 5.

9. Grupo GSTU

El grupo GSTU desarrolla sistemas y transductores ultrasónicos para aplicaciones industriales y médicas, Figura 6. Su vocación es, además de la generación de conocimiento, la transferencia eficaz de tecnología a la industria. Sus principales líneas de investigación en el campo de los END incluyen técnicas *phased-array* avanzadas (auto-enfoque, reducción de ruido de grano, etc.) y ultrasonidos acoplados en aire para la detección de defectos y la caracterización de materiales. En los últimos años, el grupo ha colaborado con empresas y entidades del sector, como EPRI, AIRBUS, ENSA, ACCIONA, AMURRIO, TETRA-PAK, Qi2, SIGNUS, TECNATOM y DASEL.

10. Grupos NoySi y SENSAVAN

Los grupos NoySi y SENSAVAN tienen sus orígenes en el grupo GRIDSEN. NoySi desarrolla sensores y sistemas multisensores para la detección, clasificación y cuantificación de sustancias presentes en mezclas gaseosas complejas. SENSAVAN investiga en la realización de sistemas olfativos artificiales: matrices de sensores químicos para aplicaciones de monitorización de residuos nucleares y agentes de guerra química, contaminación atmosférica, control de calidad de alimentos y biomedicina. Un ejemplos de sus

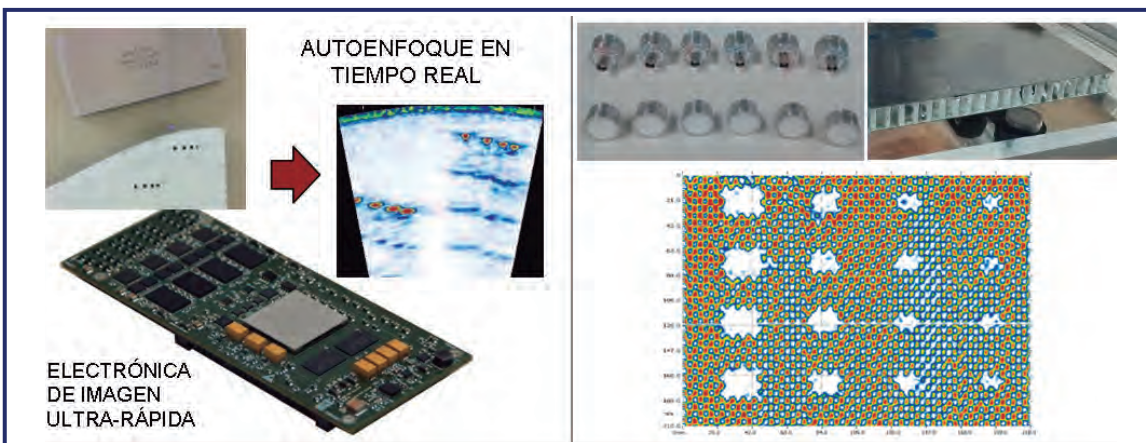


Figura 6. Algoritmo de auto-enfoque para la inspección *phased-array* de piezas de geometría compleja, implementado en tiempo real sobre arquitectura electrónica de desarrollo propio (izquierda). Transductores ultrasónicos de banda ancha acoplados en aire, diseñados a medida para diferentes aplicaciones como la inspección de *honeycomb* en la industria aeronáutica (derecha).



soluciones son el desarrollo de narices electrónicas (eNose), Figura 7, para aplicaciones como la monitorización de la calidad ambiental, el análisis de aromas para el control de calidad de procesos y productos ali-

monitorizar procesos bioquímicos como crecimiento microbiano, reacciones enzimáticas, fermentación o desarrollar metodologías para el conteo de leucocitos *in vivo* mediante ultrasonidos, Figura 8.



Figura 7. Narices electrónicas



Figura 8. Simulador físico de una cabeza de neonato, a la izquierda se representa la estructura interna de la misma y a la derecha un ensayo de exploración, ya con el simulador completamente montado (estructuras rígidas, simuladores de cerebro, membrana y LCR) con la sonda de ultrasonidos acoplada en la "ventana" de la fontanela"

mentos, en la detección de explosivos y agentes de guerra química y en la salud para el análisis del aliento para el diagnóstico de enfermedades.

11. Gupo ULAB

El grupo ULAB realiza caracterización de líquidos para estudiar las propiedades mecánicas de los líquidos midiendo la velocidad de propagación y la atenuación de los ultrasonidos. Para lo cual desarrolla instrumentación de laboratorio e industrial que le ha permitido

12. Futuro

El ITEFI tiene su sede oficial en el edificio "Torres Quevedo", como llaman cariñosamente al edificio quienes han trabajado y trabajan en él. Las líneas de investigación que se desarrollan y la proyección de futuro del instituto van dirigidas a que el "Torres Quevedo" siga siendo lo que siempre ha sido: un centro de referencia nacional e internacional de las tecnologías físicas y de la información.



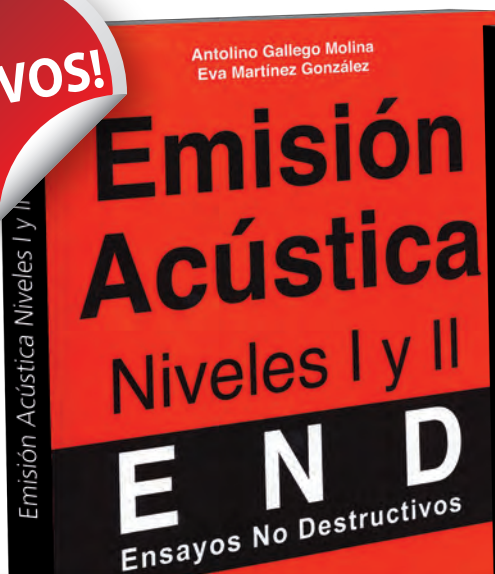


AEND

asociación española de
ensayos no destructivos

PUBLICACIONES

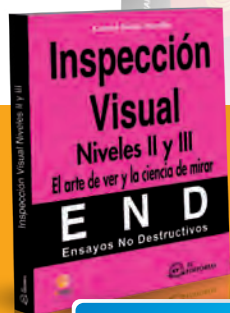
¡NUEVOS!



27€



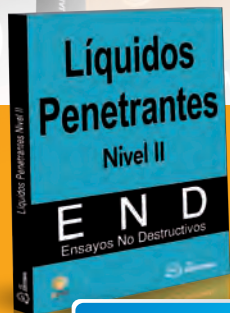
28€



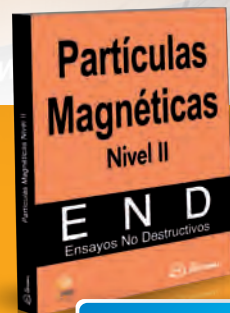
29€



23€



19€



21€



23€

Y recuerde, si es socio de AEND, disfrutará de un **10% de descuento.**

Precios con IVA incluido.

MÁS INFORMACIÓN:

AEND | C/ Bocángel, 28 - 2º Izda. | 28028 Madrid

Tfno.: 91 361 25 85 | Fax: 91 361 47 61

E-mail: informacion@aend.org

AEND | www.aend.org

Hoja de Inscripción 2019 como miembro



Datos

Entidad / Nombre de la Persona:			_____
Actividad:			C.I.F. / N.I.F.: _____
Dirección:			_____
Población:	C.P.:	Provincia: _____	
Tfno.:	E-mail: _____		
Deseo inscribirme como Miembro (Colectivo de Número o Asociado)			_____ en la AEND.
Dirigir la correspondencia e información a:			
Población:	C.P.:	Provincia: _____	

Cuotas Asociados

Miembro Colectivo de más de 500 empleados	348 €/anual
Miembro Colectivo de hasta 500 empleados	243 €/anual
Miembro de Número	40 €/anual
Miembro Asociado (estudiantes y jubilados)	8 €/anual

Domiciliación Bancaria

Banco / Caja:	_____	Agencia N°:	_____
Calle / Plaza:	_____	N°:	_____
Población:	_____	C.P.:	_____
Cuenta Corriente / N° IBAN:	_____ / _____ / _____		
Titular de la Cuenta: _____			

Muy Sres. míos / nuestros:

Sírvase tomar nota que al recibo de la presente y hasta nuevo aviso, deberán cargar en mi Cuenta / Libreta indicada, los recibos que le sean presentados para su cobro por ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.

Atentamente,

AEND

C/ Bocángel, 28-2º izda.

28028 Madrid

Tfno.: 913 612 585

Fax: 913 614 761

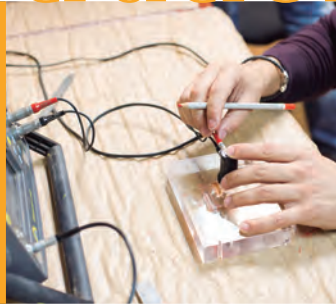
E-mail: informacion@aend.org

www.aend.org

Le informamos que sus Datos Personales recabados serán tratados por la ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (AEND), como Responsable del Tratamiento, para la gestión administrativa de los socios, así como para enviarle información sobre productos y servicios de AEND, siempre con su consentimiento previo. La base legal para el tratamiento de sus datos es la prestación de los servicios de la AEND a sus socios y el desarrollo de una relación de carácter asociativo. Los datos proporcionados se conservarán mientras se mantenga la relación con el socio y, posteriormente, durante el tiempo necesario para cumplir con las obligaciones legales. Los datos no se cederán a terceros, salvo en los casos que exista un imperativo legal. Usted podrá ejercer sus derechos de acceso, rectificación, supresión, limitación al tratamiento y oposición dirigiéndose a AEND, Calle Bocángel, 28, 2º Izquierda, 28028 Madrid, o por email a datos@aend.org, adjuntando copia de su DNI o documento identificativo equivalente. Mas información en: <https://www.aend.org/Política-privacidad>

Autorizo el envío de información comercial sobre productos o servicios de AEND.

Membership 2019 Registration Form



Invoice Data

Company / Full name: _____
Activity: _____ VAT No.: _____
Address: _____
City: _____ Postal Code: _____ Province / State / Country: _____
Phone No.: _____ Fax No.: _____ E-mail: _____
I wish to register as a (Collective, Full Individual, Associate) _____ Member at the AEND.
Please, send all the correspondence and information to: _____
City: _____ Postal Code: _____ Province / State / Country: _____

Membership Fees

Collective Member of over 500 employees	348 €/yearly
Collective Member of up to 500 employees	243 €/yearly
Full Individual Member	40 €/yearly
Associate Member (students and retired professionals)	8 €/yearly

Bank Debit Order

Bank: _____ Office No.: _____
Address: _____
City: _____ Postal Code: _____ Province / State / Country: _____
SWIFT / IBAN: _____
Account holder: _____

Dear Sirs:

Please take note that on reception of this document and until further notice, invoices issued by the Spanish Society for Non-destructive Testing should be charged to this account.

Yours faithfully,

AEND

C/ Bocángel, 28-2º izda.
28028 Madrid (SPAIN)

Phone No.: +34 913 612 585

Fax No.: +34 913 614 761

E.mailed: informacion@aend.org

www.aend.org

We inform you that the personal data collect will be treated by ASOCIACION ESPAÑOLA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (AEND), as the Data Controller, for administrative management of its members, as well as, to send you information about AEND products and services, having received your prior consent. The legal base for control of your data is providing AEND services to its members and developing and keeping an associative relation. The data provided will be kept while there exists a relation with the member and, after that for the time span required to comply with any legal obligations. The data will not be forwarded to third parties except for those cases in which there is a legal obligation. You have the right to access your data, modify them and request their deletion contacting AEND, Calle Bocángel, 28, 2º Izquierda, 28028 Madrid, by email datos@aend.org, enclosing a copy of your ID. For further information, go to: <https://www.aend.org/Politica-privacidad>

I authorise AEND to send me commercial information about its products and services.

Nueva Publicación

Ensayos no destructivos

Reúne 230 **normas sobre ensayos No Destructivos (END)**, que facilitarán las actividades de inspección y ensayo, de elementos, subconjuntos y conjuntos de cualquier tipo de equipamiento y maquinaria, tanto en las fases de fabricación y montaje, como en las de servicio, y todo ello, de acuerdo con la normativa europea vigente.

Con su aplicación se logrará mayor calidad en los productos y, además, se garantizará que son seguros en su uso.



Grandes ventajas

Selección de las normas, por código, título o sector al que pertenece.

¡Novedad! Su potente buscador ha sido diseñado de manera que se localicen los documentos por:

— **Métodos** de ensayo:

- Certificación
- Emisión acústica (AT)
- Fugas (LT)
- Genérica
- Inspección visual (VT)
- Líquidos penetrantes (PT)
- Métodos de radiaciones ionizantes (RT)
- Métodos electromagnéticos (ET. MFL. MT)
- Ultrasonidos (UT)

— **Submétodos** de:




- Radiaciones ionizantes (RT)
 - ◆ Difracción de rayos X
 - ◆ Fluorescencia de rayos X
 - ◆ Radiografía industrial
 - ◆ Radioscopia
 - ◆ Tomografía digital
- Electromagnéticos (ET. MFL. MT)
 - ◆ Corrientes inducidas
 - ◆ Fugas de flujo
 - ◆ Partículas magnéticas

— **Aplicación:**

- General
- Equipos
- Evaluación



913 612 585
www.aend.org
informacion@aend.org

AENOR   



ULTRASONIDOS | CORRIENTES INDUCIDAS | LÍQUIDOS PENETRANTES
PARTÍCULAS MAGNÉTICAS | RADIOGRAFÍA DIGITAL | INSPECCIÓN VISUAL

Visiconsult



Cabinas de inspección radioscópica, con manipuladores programables.

Sistemas automáticos en líneas de inspección con Robot y a medida.

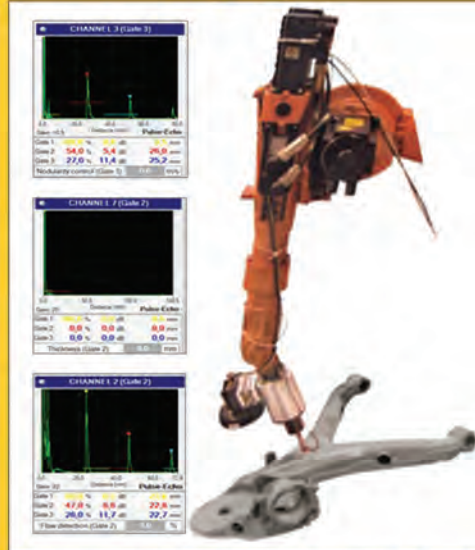
Flat Panel (DR) y Radiografía Computerizada (CR).

Especialistas en Radiografía Digital, software, X Plus multiplataforma.

Tomografía y reconocimiento automático de defectos ADR.

Módulos: ASTM, EN17636-2, Boeing 7042/44 y NADCAP.

Matvel



Sistema automático para la medición de nodularidad, de espesores y de defectos para piezas de fundiciones.

- Hasta 8 canales independientes.
- Ensayo por contacto en seco o en inmersión.
- Técnicas elegibles: Transmisión o Pulso Eco.

Sitau-Triton



Caetano Aeronautics

Sistemas de inspección por Ultrasonidos automáticos tipo Tanque de inmersión, Gantry o Robotizados.

UV-365HC SPECTROLINE



RADIOGRAFIA DIGITAL DISCOVER - DURR



CONDUCTIVIDAD SIGMACHECK 2



EQUIPOS PHASED ARRAY SONATEST - VEO-PRISMA



DETECTORES DE RADIACION MONITOR 200 - SE INTERNATIONAL



VIDEOENDOSCOPIOS EFER - ENDOFLASHER



Soluciones para Ensayos No Destructivos

Control de Calidad Industrial



Congreso **AEND**
Vitoria, 12-14 junio



Palacio de Congresos
Stand nº34 *¡te esperamos!*

Partículas Magnéticas | Rayos X | Corrientes Inducidas | Espectrometría | Líquidos Penetrantes

902 20 30 80

izasa@izasascientific.com



Izasa
Scientific

A Werfen Company