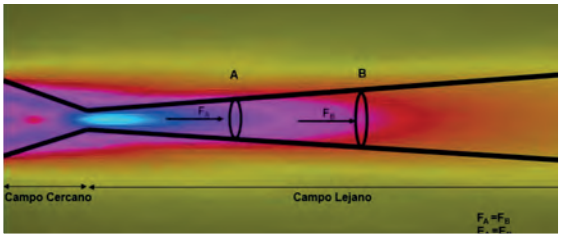
AEND

asociación española de ensayos no destructivos

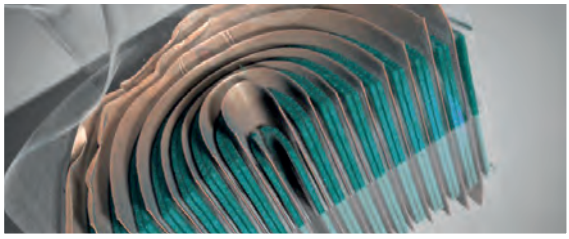
revista nº 102 - 1er trimestre - 2023 - 6 €

El Ejército del Aire y del Espacio y la AEND firman un acuerdo de colaboración en el ámbito de los END

ARTÍCULOS **TÉCNICOS**



Dimensión de discontinuidades detectadas por ultrasonidos *versus* reflectores de referencia



Inspección con Tomografía Computarizada de celdas de batería de vehículo eléctrico

MASSÓ

Caminando Juntos

COMERCIAL QUÍMICA MASSÓ
SOLUCIONES DE CALIDAD

LÍQUIDOS PENETRANTES Y PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

Consumibles y accesorios

MR® CHEMIE
NDT-MATERIALS

RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL Y DIGITAL

Carestream

EQUIPOS DE RAYOS X

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

ICM
INDUSTRIAL CONTROL MACHINES S.A.

DeltaFlux

Bancadas magnéticas estándar y a medida
Equipos de magnetización portátil

BANCADAS

iTConcepts
Inspection Technology Concepts

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

AEND
asociación española de
ensayos no destructivos

Comisión de Dirección:

Presidente:
Emilio González Álvarez

Vicepresidentes:
Esmeralda Cuevas Aguado
Rafael Martínez-Oña
Emilio Miguel Eugenia
Emilio Romero Ros
Jesús Serrano Sánchez
Antonio Soto Agüera

Secretario General:
Fermín Gómez Fraile

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
informacion@aend.org
www.aend.org

Maquetación y Producción:
QENTA NOVA, S.L.

El Ejército del Aire y del Espacio y la AEND firman un acuerdo de colaboración en el ámbito de los END

Dep. Legal: M-11.157.1989
ISSN: 1888-9166

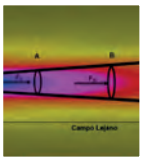
SUMARIO

CARTA A LOS **LECTORES** 2

NOTICIAS 6

ENTREVISTA 14

Emilio Romero Ros, miembro del Consejo asesor de la AEND y Secretario General de la *European Federation for Non Destructive Testing (EFNDT)*



ARTÍCULOS **TÉCNICOS** 18

Dimensión de discontinuidades detectadas por ultrasonidos *versus* reflectores de referencia

ARTÍCULOS **TÉCNICOS** 28

Inspección con Tomografía Computarizada de celdas de batería de vehículo eléctrico

Los conceptos y opiniones expresados en esta revista son de la exclusiva responsabilidad de sus autores, no asumiendo la AEND las opiniones o conclusiones expuestas.

Queridos amigos,

Han pasado ya algunos años desde que, en diciembre de 2004, un chaval joven, natural de Orihuela, entraba a formar parte del magnífico equipo de la AEND. Por aquel entonces, recuerdo que, pocos días después de mi incorporación, me designaron como formador para impartir un curso de partículas magnéticas. He de reconocer que, cuando me lo comunicaron, me puse un poco nervioso, pero dicho nerviosismo desapareció, rápidamente cuando sentí la cercanía, apoyo y complicidad de todos mis compañeros. Y, así empezó todo.

Durante los cuatro años y algunos meses que formé parte de la AEND tuve la oportunidad de crecer y desarrollarme, tanto en el ámbito profesional, como, sobre todo, en el personal. Finalmente, recién estrenado el año 2009, motivos personales hicieron que tomara la decisión de dejar la que había sido mi casa durante todo este tiempo. Reconozco que fue una de las decisiones más difíciles que he tomado en mi vida y, recuerdo como si fuera ayer, las palabras de mi Director Técnico, Rodolfo Rodríguez, cuando al enterarse de la noticia me dijo: "decidir es renunciar". Y es probable que así fuera. Con esa decisión renuncié a continuar mi camino por la senda de la AEND y, en su lugar, emprendí la marcha por otros derroteros, pero he de confesaros que, a día de hoy, lo volvería a hacer.

Por el camino he tenido que superar muchos obstáculos que me han hecho pasar noches en vela, he llorado de emoción, de rabia, de pena, pero siempre mirando hacia adelante. Quizá os preguntaréis si ha merecido la pena y la respuesta es un rotundo "Sí". Sí porque de los errores se aprende, porque el trabajo duro dignifica, porque las noches en vela te hacen estar alerta, porque cuando hay dificultades se valoran mucho más los logros y, en definitiva, porque he tenido la gran suerte de que, en todos esos momentos, siempre he estado arropado por mis compañeros, desde el primero hasta el último.

Esos caminos, por los que, en ocasiones no ha sido fácil transitar, me han conducido de nuevo a la AEND catorce años después de marcharme. Sí amigos míos, así es, he vuelto a la que fue mi casa, a la AEND, pero permitidme que haga mención especial también a la casa donde me crie y crecí, ASIGMA y a la última casa donde seguido creciendo: NAVANTIA e IIAA y, principalmente, a las familias que integran cada una de ellas. Vaya para todos ellos mi más sincero y profundo agradecimiento.

No cabe ninguna duda de que, sin todos ellos y, por este orden: ASIGMA, AEND y NAVANTIA, no habría sido posible mi regreso a la AEND, a quien, por supuesto, agradezco que hayan pensado en mí para dar el relevo a Rodolfo Rodríguez. No tengo palabras para describir la grandísima labor que Rodolfo ha realizado en la AEND durante toda su trayectoria profesional y, es por ello, que afronto esta nueva etapa con muchísima ilusión, motivación y enorme responsabilidad.

Ha llegado el momento de seguir mirando hacia adelante y, trabajar más que nunca, por mantener e incrementar el prestigio de la AEND. Es un reto muy difícil, lo sé, porque el nivel es muy alto, pero eso no será óbice para que analicemos cuáles son los puntos de mejora, empezando por conocer, de primera mano, qué se espera de nosotros como Asociación Española de Ensayos No Destructivos.

Para ello considero necesario que, además de ofrecer Formación y Certificación al personal que realiza Ensayos No Destructivos, debemos situarnos a la vanguardia del sector en lo que respecta a:

- Desarrollo de nuevos programas de formación y certificación que cumplan con las expectativas tanto presentes como futuras
- Mejora de nuestra labor de consultoría sobre END, siendo el nexo de unión entre las empresas o particulares que solicitan nuestra ayuda para resolver sus inquietudes y los miembros de la AEND que pueden dar respuesta a las mismas
- Divulgación y concienciación sobre la importancia de los Ensayos No Destructivos en nuestro día a día, no sólo como el instrumento que nos permite desarrollarnos profesionalmente, sino principalmente, como el vehículo que garantiza la confiabilidad y seguridad que confieren a todo aquello que es inspeccionado mediante END
- Poner en valor al personal de END, tanto desde la labor que desempeñamos como instructores y garantes de la adquisición de las destrezas necesarias para demostrar unas competencias, como por lo que respecta a la concienciación sobre el respeto más absoluto al código de ética profesional
- Implementación de la digitalización en los procesos de cualificación y certificación, realizando los mismos en centros próximos al lugar de residencia del personal que se presenta a examen, facilitando el acceso a este tipo de pruebas
- Formación y cualificación del equipo técnico de la AEND de modo que, sigamos ofreciendo los más altos estándares de calidad en todos nuestros procesos
- Implementación de procesos de mejora continua que garanticen que todos los recursos empleados en nuestros procesos se encuentran actualizados y plenamente vigentes, conforme a la documentación de referencia que sea de aplicación

Con esfuerzo y siendo perseverantes, poco a poco, juntos iremos consiguiendo todos y cada uno de los objetivos que nos hemos marcado y muchos otros que, a buen seguro, irán surgiendo.

Me despido, no sin antes agradecer todas las muestras de cariño y afecto que he recibido a mi regreso. Espero corresponderos como os merecéis.

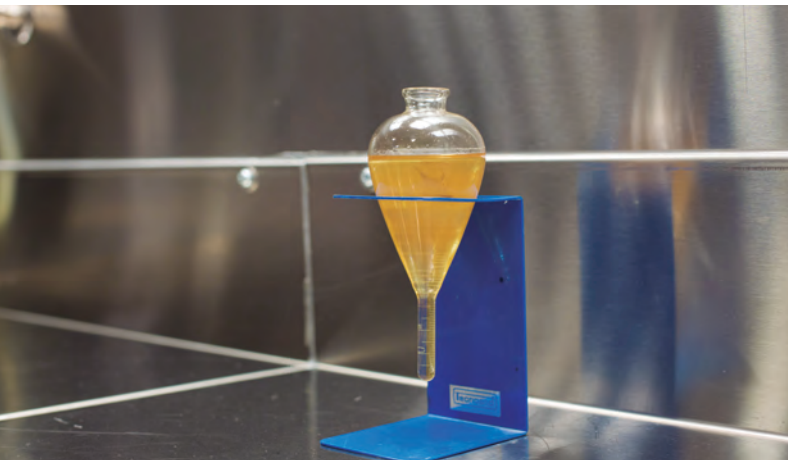
Un abrazo muy fuerte y hasta cuando queráis.

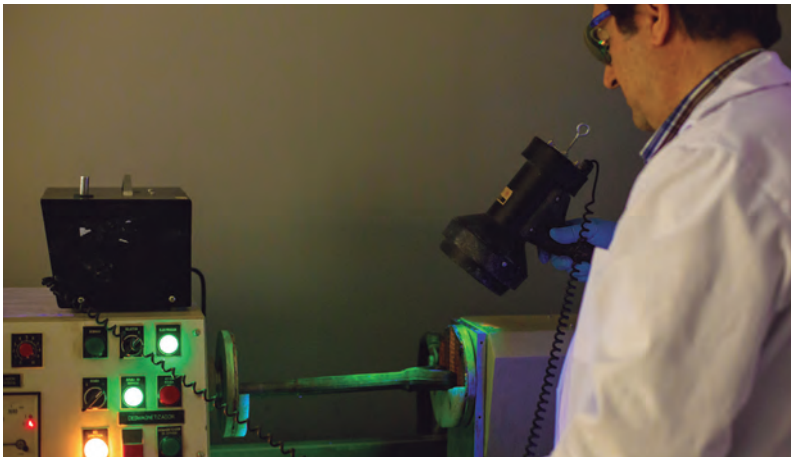
Agustín Marín Ruiz

Director Técnico de la
Asociación Española de END

LABORATORIOS de la AEND

Ven a visitar nuestras Aulas y Laboratorios de Formación





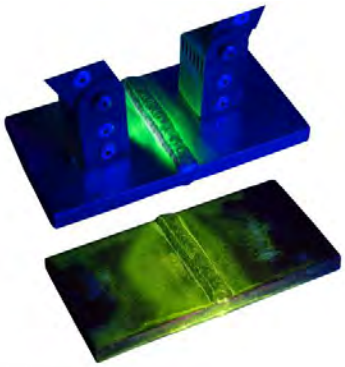
MÁS INFORMACIÓN:
AEND | C/ Bocángel, 28 - 2º Izda. | 28028 Madrid
Tfno.: 91 361 25 85 | Fax: 91 361 47 61
E-mail: informacion@aend.org

BASF
We create chemistry

Chemetall
expect more

Dedicados a los END en España desde 1970 Brent

- ✓ *Expertos locales Nivel 3*
- ✓ *Amplia red de distribución en España y Portugal*
- ✓ *Productos adecuados a todos los sectores y aplicaciones: Industria general, Aerospace, Nuclear, Oil&Gas,…*



Ardrox® **Xmor**

Resultados en los que poder confiar

Deposite su confianza en Chemetall al adquirir productos y accesorios para PT y MT, fáciles de usar, eficientes en coste, y altamente fiables. Usando nuestros productos para ensayos por Líquidos Penetrantes (PT) y Partículas Magnéticas (MT) durante la fabricación y el mantenimiento, podrá preparar, inspeccionar y evaluar sus materiales cumpliendo con las más estrictas especificaciones.

www.chemetall.com **pedidos.ts@basf.com** **+34 659830236 / +34 677570477**

RESUMEN DE **NOTICIAS**

NACIONALES

Jornada de trabajo en el CIFP Ferrolterra

El pasado 3 de febrero la Asociación Española de Ensayos No Destructivos (AEND) organizó una jornada en el Centro Integrado de Formación Profesional (CIFP) Ferrolterra en Ferrol, a la que asistieron unos 100 estudiantes de la rama de fabricación mecánica. Durante la jornada, que fue inaugurada por el Presidente del Comité de Galicia, Ángel Edgar Iglesias, se abordó el papel que desempeñan los Ensayos No Destructivos dentro de la seguridad en los distintos ámbitos industriales y se realizaron breves introducciones de los principios fundamentales de los métodos de ultrasonidos, radiografía, inspección visual y corrientes inducidas que fueron acompañadas de demostraciones prácticas con la participación de los estudiantes.

La jornada contó con la presentación de Ignacio González, Director de CERTIAEND, enfocada en la necesidad de contar con personal cualificado para la ejecución y evaluación de Ensayos No Destructivos y cómo el proceso de certificación del personal de acuerdo a UNE EN ISO 9712 sirve de herramienta para desarrollar una carrera profesional como técnico de END. Las presentaciones técnicas de los distintos métodos de END se realizaron por el Presidente del comité de Galicia de la AEND Ángel Edgard Iglesias y por el Vicepresidente del citado Comité Antón Xosé Díaz (radiografía e inspección visual), Pablo Mayobre de NAVANTIA (ultrasonidos) y Paula Dopico de ENODEST (corrientes inducidas).

Ponentes de la jornada, de izquierda a derecha en la mesa Paula Dopico de ENODEST, Pablo Mayobre de NAVANTIA, Ignacio González del CERTIAEND y Antón Xosé Díaz, Vicepresidente del Comité de Galicia de la AEND

Práctica de ultrasonidos, impartida por Pablo Mayobre de NAVANTIA

Práctica de corrientes inducidas, impartida por Paula Dopico de ENODEST

Práctica de radiografía, impartida por Ángel Edgard Iglesias y Antón Xosé Díaz, Presidente y Vicepresidente, respectivamente, del Comité de Galicia de la AEND

La Facultad de Náutica de Barcelona (FNB) recibe un nuevo galardón

El Vicedecano de Relaciones Institucionales y Promoción de la Facultad de Náutica de Barcelona (FNB), el Dr. Juan Antonio Moreno Martínez, nos ha enviado la noticia que insertamos a continuación:

"Es un placer comunicar que después de recibir la *Creu de Sant Jordi en el 2019*, uno de los máximos reconocimientos que otorga la Generalitat de Catalunya y la Medalla de Oro al mérito científico en el 2021, otorgada por el Ayuntamiento de Barcelona, la Facultad de Náutica de Barcelona ha recibido el pasado 8 de febrero de 2023, la Distinción a Entidades Centenarias, otorgada así mismo, por el Ayuntamiento de Barcelona.

Para mi es un orgullo haber estudiado en la Facultad de Náutica y haber contribuido en el ámbito docente e investigador en esta institución, aquí me gustaria destacar que cuenta ya con más de 250 años de historia y que la FNB, en su afán por mantener actualizados sus medios de formación, ha adquirido recientemente nuevos simuladores de sala de máquinas *(Transas Engine Room Simulator)*, cargas líquidas *(Transas Liquid Cargo Handling Simulator -LCHS 5000 techsim: LPG tanker)* y alta tensión *(High Voltage Training Breaker ABB-Transas ER 5000 techsim)* que se suman a los ya existentes de Navegación, carta electrónica (ECDIS), Radar (ARPA) y Radiocomunicaciones (SMSSM)".

Dr. Juan A. Moreno Martínez, Vicedecano de Relaciones Institucionales y Promoción de la Facultad de Náutica de Barcelona

Desde nuestra revista felicitamos tanto a la FNB como a nuestro buen amigo el Dr. Juan Antonio Moreno Martínez, por el galardón recibido.

Entrega del galardón a entidades centenarias a la Facultad de Náutica, a la Escuela Industrial y a la Escuela de Arquitectura, todas ellas de Barcelona. En la fotografía, de izquierda a derecha, Jordi Fonollosa, Vicedecano de Relaciones Internacionales de la Facultad de Náutica de Barcelona (UPC), Adriana Farran, Directora de la Escuela de Ingeniería de Barcelona (Est /EEBE de la UPC), Agustín Martín Mallofré. Decano Facultad de Náutica de Barcelona (UPC), Ada Colau. Alcaldesa de Barcelona, Daniel Crespo, Rector UPC, Félix Solaguren-Beascoa, Director de la Escuela Superior de Arquitectura de Barcelona (UP), Juan Antonio Moreno, Vicedecano de Relaciones Institucionales y Promoción de la Facultad de Náutica de Barcelona (UPC) y Montserrat Vela, Jefa de Estudios de la Facultad de Náutica de Barcelona (UPC)

NACIONALES

El Ejército del Aire y del Espacio y la AEND firman un acuerdo de colaboración en el ámbito de los Ensayos No Destructivos

El Ejército del Aire y del Espacio y la Asociación Española de Ensayos No Destructivos han firmado un protocolo de mutuo apoyo y colaboración para la implementación de soluciones tecnológicas innovadoras, así como para el asesoramiento mutuo en el campo de la certificación del personal que realiza Ensayos No Destructivos (END).

Dentro del protocolo se establece esta colaboración mediante el desarrollo de acciones como el intercambio de información de conformidad con el marco normativo, validación y pruebas de prototipos y la colaboración dentro del Comité Nacional Aeroespacial de Ensayos No Destructivos (CNAEND). Un acuerdo de colaboración que tendrá una duración de cuatro años desde la fecha de su firma, prorrogable, expresamente, por periodos sucesivos de dos años.

El Ejército del Aire y del el Espacio está incrementando sus actividades en el ámbito de los END y es un referente nacional en varios campos, con proyectos de investigación, robotización e inteligencia artificial, formación y certificación avanzados todo con el objetivo de aumentar la eficacia, productividad, eficiencia y sostenibilidad de las bases aéreas.

Firma del acuerdo de colaboración entre el EAE y la AEND, en el ámbito de los END

Participantes en el acto de firma del acuerdo de colaboración entre el EAE y la AEND. De izquierda a derecha; Coronel D. Jesús Martín Ibáñez, Jefe de la Sección de Aeronavegabilidad y Calidad; General de Brigada D. Rafael Gómez Blanco, Jefe de la Subdirección de Ingeniería de Cazas y Sistemas Tripulados Remotamente; Coronel D. Alejandro Zamorano Bueno, Jefe de la Sección de Cazas Americanos; Comandante D. David Pérez Jara, Jefe de Negociado de la Sección de Cazas Americanos; General de División D. Armando Díaz Bruguera, Jefe de la Dirección de Ingeniería del Mando Aéreo Logístico del Ejército del Aire y del Espacio; D. Emilio González, Presidente de la AEND; Dª Esmeralda Cuevas, Directora de Calidad de la AEND y D. Fermín Gómez Fraile, Secretario General de la AEND

NACIONALES

Publicada la revisión de la Norma UNE-EN ISO 9712:2023

Nos complace informar que la Asociación Española de Normalización, UNE, ya publicó, el pasado 11 de enero, la última revisión de la norma UNE-EN ISO 9712:2023: "Ensayos no destructivos. Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos", la nueva revisión no incorpora ningún cambio respecto a la norma ISO 9712:2021 publicada por ISO. Esta nueva versión de la norma anteriormente mencionada anula y sustituye a la revisión publicada en el año 2012.

Durante el presente año, el CERTIAEND revisará su esquema de certificación recogido en el procedimiento PC03 para adaptar los cambios e incluir los nuevos requisitos que incorpora esta nueva edición de la norma.

El Organismo de Certificación de la Asociación Española de Ensayos No Destructivos, CERTIAEND, preparará un artículo al respecto, para que se publique en un número próximo de nuestra revista, en él se comentarán las diferencias existentes entre la nueva revisión y su antecesora, todo ello con el fin de que sirva de orientación y ayuda para los posibles usuarios de esta nueva versión de la muy utilizada norma UNE EN ISO 9712.

UNE
Normalización Española

Norma Española
UNE-EN ISO 9712
Enero 2023

Ensayos no destructivos
Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos
(ISO 9712:2021)

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN-UNE 130 *Ensayos no destructivos*, cuya secretaría desempeña AEND.

AEND

Asociación Española de Normalización
Calle de Génova, 6
28004 Madrid. España
915 294 900
info@une.org – www.une.org

Certificado de END Digital

Desde principios del año 2023, el CERTIAEND ha comenzado a emitir en formato digital los certificados de personal que realiza END de acuerdo a UNE-EN ISO 9712. Con ello desde el CERTIAEND se pretende que el proceso sea:

- Más eficiente: los certificados se emiten, validan y envían en cuestión de segundos
- Más seguro: incluyen un doble código QR para verificar su autenticidad: uno para la autenticidad de la firma del certificado y otro para comprobar en la web del CERTIAEND que el certificado se encuentra en vigor
- Más sostenible: se elimina el papel y el plástico del proceso de emisión
- Más cómodo: todos los certificados se pueden llevar en el móvil u otro dispositivo electrónico sin riesgo de extravío o deterioro

La emisión del certificado digital está amparada por las ediciones de 2012 y 2023 de UNE-EN ISO 9712 y su validez es idéntica a la del certificado físico que el CERTIAEND ha estado emitiendo hasta este año.

ENAC

Nº CERTIFICADO: E - A - [redacted] - UT - 2 - M - 4
(CERTIFICATE No.)

AEND

CERTIAEND, ÓRGANO DE CERTIFICACIÓN DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS
(CERTIAEND, CERTIFICATION BODY OF SPANISH ASSOCIATION FOR NON DESTRUCTIVE TESTING)

CERTIFICA QUE
(CERTIFIES THAT)

[redacted]

D.N.I.: [redacted]
(ID CARD)

ESTÁ CUALIFICADO EN EL MÉTODO
(IS QUALIFIED IN THE METHOD OF)

ULTRASONIDOS
ULTRASONIC TESTING

COMO NIVEL: 2
(AS LEVEL)

PARA LOS SECTORES
(FOR THE INDUSTRIAL SECTOR)

MATERIALES METALICOS
METALLIC MATERIALS

DESDE 15/10/2022
(DATE)

HASTA 14/10/2027
(DATE)

CONFORME A LOS REQUISITOS DE LA NORMA UNE - EN ISO 9712: 2012
(IN AGREEMENT WITH THE REQUIREMENTS OF THE EN ISO 9712: 2012 STANDARD)

INTERESADO
(HOLDER OF CERTIFICATE)

PRESIDENTE DE CERTIAEND
(CERTIAEND PRESIDENT)

[redacted]

RAFAEL MARTINEZ-OÑA LOPEZ

La autenticidad de los certificados puede ser verificada a través del buscador de personas certificadas, ubicado en www.aend.org

Los certificados digitales se emitirán tras las reuniones del Órgano de Gobierno con las fechas de emisión y caducidad que correspondan de acuerdo a lo establecido en el PC03, y serán enviados por e-mail a la persona de contacto que el candidato haya indicado en su solicitud de certificación/renovación/recertificación.

10th Edition

REHABEND

Euro-American Congress

Official Languages: English, Italian, Portuguese and Spanish

07-10 May, 2024. Gijon, Spain

Congress Venue: Laboral, Ciudad de la Cultura

WWW.REHABEND.UNICAN.ES

REHABEND@UNICAN.ES

Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management

Previous Studies
Project
Building Intervention
Maintenance
Diffusion & Promotion

Organized by

Universidad de Oviedo

UC Universidad de Cantabria

RESUMEN DE **NOTICIAS**

INTERNACIONALES

La *EFNDT* celebra dos reuniones de su *Board of Directors (BoD)*

La *European Federation for Non Destructive Testing (EFNDT)* ha celebrado, desde la publicación del anterior número de esta revista, dos reuniones de su *Board of Directors (BoD)*, en la primera de las cuales la Asociación Rusa presentó la suspensión de su representante en el ya mencionado *BoD* como Vicepresidente de la *EFNDT* y como Presidente del Grupo de Trabajo (*WG* por su nombre en Inglés) de Certificación hasta que el conflicto en Ucrania se acabe o hasta que se efectúen nuevas elecciones, si la fecha de la correspondiente Asamblea General es anterior a su finalización.

En la Asamblea General de la *EFNDT* que tendrá lugar el 4 de julio del presente año, durante la celebración de la 13ª Conferencia Europea de Ensayos No Destructivos que se celebrará en Lisboa (Portugal), se elegirá a los siguientes miembros del *BoD*: Presidente, Vicepresidente y cinco Directores. Mientras tanto se hace cargo como Vicepresidente actuante Bento Alves, Presidente de dicha Conferencia Europea y de la Asociación Portuguesa de END. Para el *WG* de Certificación ha sido elegido por el *BoD* Thomas Wenzel de la Asociación Alemana de END y miembro del propio *BoD*.

En esta reunión se trataron, además otros temas, como: el estado financiero de la Federación que presentó el tesorero René Klieber (Asociación Suiza de END), los informes de las actividades desarrolladas por los diez grupos de trabajo y los tres foros presentados por sus correspondientes responsables y, por el Secretario General, se informó que se iba a enviar a todas las asociaciones miembros de pleno derecho de la *EFNDT* los formatos para nominar candidatos a ocupar los puestos, ya mencionados, que serán elegidos en la Asamblea General del 4 de julio, del presente año, así como los formatos para nominar candidatos a recibir los distintos premios que concede la Federación, a saber: reconocimiento a joven científico, reconocimiento del esfuerzo voluntario, que puede ser tanto a personas individuales o a empresas, y el *EFNDT Award*, que solo se puede otorgar a un máximo de tres personas en cada convocatoria.

En la segunda reunión se trató, exclusivamente, de la elección de la asociación europea que organizará el 14º Congreso Europeo de END, para la que se habían recibido las candidaturas de las asociaciones de Francia, Rusia, Hungría, Chequia e Italia. Este próximo congreso europeo se celebrará en 2026 para recuperar el retraso ocasionado por la COVID 19 y volver al periodo de cuatro años entre dos congresos sucesivos, lo que en este caso supone a la asociación elegida un esfuerzo adicional al disponer solo de tres años de plazo para la organización. Tras las correspondientes votaciones, siguiendo el OP correspondiente, resultó elegida la asociación italiana.

En otro orden de cosas, este año se cumplen 25 años de la creación de la Federación Europea de END, durante la celebración de la 7ª Conferencia Europea de END, celebrada en Copenhague en el año 1998. Para conmemorar este hecho, se ha diseñado el logotipo, aprobado vía Internet, por el BoD que se adjunta a esta noticia y que se publicitará a lo largo del 13º Congreso de Lisboa.

Logotipo conmemorativo del los 25 años de la *EFNDT* aprobado, recientemente por el *BoD*

NOVEDADES
AMPLIACIÓN DEL PLAZO DE PRESENTACIÓN DE SOLICITUDES
HASTA EL **31 DE MAYO DE 2023**

CSIC
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

itefi
Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información

AEND
asociación española de ensayos no destructivos

TENGO UN PROYECTO DE END

3ª EDICIÓN

La Asociación Española de Ensayos No Destructivos, AEND, junto con el Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información Leonardo Torres Quevedo ITEFI de la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC, convocan el premio bienal **TENGO UN PROYECTO DE END**, a los mejores Trabajos Fin de Grado o Proyectos Fin de Máster sobre temas relacionados con los Ensayos No Destructivos.

OBJETIVOS

Estimular y potenciar el desarrollo de los Ensayos No Destructivos a través de un proyecto basado en el desarrollo de alguna de las siguientes áreas de los END y para cualquiera de sus métodos, tales como Corrientes inducidas (ET), Partículas magnéticas (MT), Líquidos penetrantes (PT), Ultrasonidos (UT), Inspección visual (VT), etc.:

- Aplicaciones de los END a la monitorización de la condición (*"Condition Monitoring"*) y salud estructural de las infraestructuras (*"Structural Health Monitoring"*)
- Aplicaciones industriales: aeronáutica, nuclear, renovables, ferrocarril, civil, etc.
- Aplicaciones en la conservación de obras de arte y del Patrimonio construido
- Fiabilidad y factores humanos
- Digitalización
- Nuevas técnicas y procedimientos
- Investigación y nuevos desarrollos: sensores, equipos, algoritmos, etc.

BASES

La presente convocatoria tiene por objeto el reconocimiento de la calidad de los Trabajos Fin de Grado o Proyectos Fin de Máster presentados en el área de la evaluación no destructiva.

- Se entregarán dos premios, cada uno de ellos con una dotación de 1.000€:
  - > El primero será para el mejor trabajo que cumpla los criterios indicados en los apartados que se listan en la PRESENTACIÓN
  - > El segundo para el mejor trabajo que presente una innovación y aplicación industrial en el ámbito de los END
- Los Trabajos Fin de Grado o Proyectos de Fin de Máster deberán haber sido presentados en una universidad española en los cursos 2020-2021 o 2021-2022

PRESENTACIÓN

Las solicitudes y documentación deberán enviarse al correo electrónico: **ltq75@itefi.csic.es**

DOCUMENTACIÓN A PRESENTAR

> Solicitud en la que conste: nombre y apellidos del solicitante, datos de contacto

> Título y resumen corto de proyecto (máximo 200 palabras)

> Resumen ampliado (máximo 12 páginas) incluyendo, además de cualquier aspecto que el autor considere de interés, al menos los siguiente apartados:

1. El estado del arte en la materia
2. Los resultados y su relevancia dentro del estado del arte
3. El aporte de originalidad del trabajo
4. Su desarrollo futuro

> Cualquier material gráfico adicional que ayude a su propuesta: vídeos, animaciones, etc.

> Documento acreditativo de fecha de entrega/lectura del trabajo

RESOLUCIÓN

> El premio serán resuelto por una comisión compuesta por investigadores del ITEFI y miembros de la AEND

> La comisión valorará el trabajo a partir del resumen de 12 páginas. El material gráfico adicional no puede contener nueva información no referida en este texto y este no será considerado en el caso de que así fuera

> La comisión puede solicitar a cualquiera de los candidatos una copia del trabajo original con el objeto de verificar el resumen entregado

Se realizará una sesión específica en torno a los trabajos premiados en el próximo Congreso Nacional de END que se celebrará en julio de 2024 en Valladolid.

WWW.ECNDT2023.ORG

13th ECNDT
3-7 JULY 2023 | LISBON

3-7 JULY 2023 | LISBON

EUROPEAN CONFERENCE ON NON-DESTRUCTIVE TESTING

WWW.ECNDT2023.ORG

ORGANIZING ENTITIES

European Federation for Non-Destructive Testing NDT
ESFNDT RELACRE
RELACRE

PLATINUM SPONSORS

BAUGH & WEEDON
ETHER NDE

BRONZE SPONSORS

DEKRA
CHINDT
HELLING NDT
ROSEN empowered by technology

WITH THE SUPPORT

visit Portugal
Turismo de Lisboa

INSTITUTIONAL SUPPORT

ISQ
eurolab
TJC COUNCIL

PUBLISHER AND MEDIA PARTNER

NDT.net

CONTACT INFORMATION

AIM GROUP INTERNATIONAL – LISBON OFFICE
EMAIL ecndt2023@aimgroup.eu
TEL +351 21 324 50 62

AIM GROUP PORTUGAL

AEND asociación española de ensayos no destructivos

EF NDT European Federation for Non-Destructive Testing

En el presente número de nuestra Revista nos complace poder entrevistar a Emilio Romero Ros. En la actualidad miembro del Consejo Asesor de la AEND y Secretario General de la *European Federation for Non Destructive Testing (EFNDT).*

Querido amigo Emilio, no es fácil preparar un guion para tu entrevista, tu actividad dentro del campo de los END ha sido tan amplia y tan intensa que no sabríamos por dónde empezar y, mucho menos, cómo darle fin, por ello te rogamos nos hagas una reseña de tu larga dedicación a los Ensayos No Destructivos.

Una vez terminada mi carrera de Ingeniero Industrial en la ETSII de Madrid en 1963, en enero del año siguiente me incorporé a la Junta de Energía Nuclear (JEN) en su División de Metalurgia, de la que dependía el Laboratorio de ensayos no destructivos que, en esa época, dirigía José Luis Ruiz Bauzá. Comencé a trabajar en temas de fabricación y control de elementos combustibles para el reactor JEN 1, diseñado, construido y operado por personal de la propia Junta de Energía Nuclear. Esta tarea me permitió tomar contacto con dicho Laboratorio, al que terminé incorporándome en 1970. Al año siguiente, se creó el Comité Español de Ensayos No Destructivos (CEND) dentro de la Asociación Española de Control de Calidad (AECC) al que me uní de la mano de José Luis Ruiz Bauzá, quien me presentó a Francisco Trincado Dopereiro, a la sazón Presidente del Comité. A partir de ese momento, empezó mi colaboración, autorizado por la JEN, con dicho Comité participando en sus actividades. En ese periodo, la situación del Comité era bastante precaria tanto económica como de ubicación, nos reuníamos en las sucesivas sedes de la AECC y, por ejemplo, en la que tenía en la calle Velázquez de Madrid, todo de lo que disponíamos era un archivador, una mesa y una silla donde trabajaba nuestra primera secretaria, Marta Martínez. Afortunadamente, la AEND fue creciendo y creciendo de manera que fuimos capaces de adquirir una primera sede propia en la calle Baviera del Parque de las Avenidas y, posteriormente, el actual local de la calle Bocángel, ambas en Madrid. Mis primeras actividades en la AEND estuvieron centradas en la elaboración, junto con otros miembros del Comité, de documentos básicos para su funcionamiento, como el estatuto, el reglamento de régimen interior y, de manera especial, los documentos END G1, END G2 y END G4, inspirados en los aspectos técnicos del documento SNT TC 1A de la ASNT sobre la certificación hecha por la empresa, que sirvieron para poner en marcha la cualificación y certificación del personal de END por una entidad independiente de la empresa en nuestro país. Una vez certificado como nivel 3, mediante examen en los cuatro métodos básicos, participé como examinador en algunos de los primeros exámenes que se realizaron por la AEND, recuerdo en particular uno realizado junto a Benito Fradejas en 1992 a los operadores de END de una fábrica de Vigo a petición de Armando Priegue, Catedrático de le Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Vigo y Presidente del Comité de Galicia. Seguí colaborando en temas de certificación participando, por ejemplo, en las reuniones celebradas entre ISO y CEN para la armonización de las normas ISO 9712 y EN 473 que, después de algunos años, cristalizaron en 2012 en una norma internacional única, la actual ISO EN 9712. Desde la creación del CERTIAEND en 1997 he colaborado con él, formando parte de su Órgano de Gobierno desde 2006.

Mis primeras actividades en la AEND estuvieron centradas en la elaboración, junto con otros miembros del Comité, de documentos básicos para su funcionamiento, como el estatuto, el reglamento de régimen interior y, de manera especial, los documentos END G1, END G2 y END G4

El mismo año de creación de la AEND, durante el VI Congreso Español y primero Ibérico de END celebrado en Vigo

(1988) se eligió Presidente a Jesús Serrano Sánchez, quien el año siguiente me designó Vicepresidente de Relaciones Internacionales; el Comité Europeo de Normalización (CEN) creó el CEN-TC 138 para la elaboración de una norma para la cualificación y certificación del personal de END que celebró su reunión constituyente en Paris en 1989 con la asistencia de representantes de doce naciones europeas, entre ellas España. La AEND me encomendó esa representación y, desde entonces, he asistido a todas las reuniones que se celebraron para redactar la norma europea EN 473. Al finalizar estatutariamente en 1995 el periodo de presidencia de Jesús Serrano, fui elegido Presidente en 1996 hasta 2003. A continuación, fui nombrado, por el nuevo Presidente José Manuel Corrales, Vicepresidente de Asuntos Internacionales de la AEND entre 2004 y 2011, pasando a ser miembro de la Comité Asesor de la Presidencia para relaciones internacionales desde entonces hasta la actualidad. En paralelo con estas funciones y, tras una serie de conversaciones y contactos con el Comité Francés de END (COFREND), en 1990 se firmó en la sede de AENOR el acuerdo de reconocimiento mutuo de los procedimientos de certificación realizados por las dos asociaciones. Más adelante, en 1998 como Presidente de la AEND, firmé el acuerdo de colaboración con la ASNT sobre intercambio de informaciones relacionadas con los END, invitaciones para que dos delegados de cada una de ellas puedan asistir a las conferencias o congresos que organice la otra entidad.

Otra de las actividades acometidas en esos años, fue la de poner en marcha una publicación propia ya que habíamos observado en nuestras asistencias a conferencias o congresos internacionales, que otras asociaciones afines a nosotros llevaban publicando desde hacía bastante tiempo algún tipo de publicación; así en 1988 se editó el primer número de nuestra publicación que, en principio, se denominó Boletín para más tarde pasar a llamarse Revista. Se creó un Consejo de Redacción del que fui su primer Presidente en mi calidad de Vicepresidente de la AEND.

Mis primeros contactos internacionales con el ICNDT (Comité Internacional de END) fueron en la Conferencia Mundial de END (WCNDT) celebrada en Las Vegas en 1985 y, desde entonces, he participado en todas las conferencias mundiales excepto la de 2012 celebrada en Durban (Sudáfrica). Como anécdota recuerdo que en la de 1989, celebrada en Ámsterdam, gracias a la delegación española se aceptaron las incorporaciones al ICNDT de varios países iberoamericanos, (Méjico, Colombia, Ecuador, ...) al detectar que en la primera votación, en la que habían sido rechazados, se había cometido un error en el escrutinio, aceptada nuestra observación se procedió a una nueva votación en la que resultaron admitidos.

"Mis primeros contactos internacionales con el ICNDT (Comité Internacional de END) fueron en la Conferencia Mundial de END (WCNDT) celebrada en Las Vegas en 1985 y, desde entonces, he participado en todas las conferencias mundiales excepto la de 2012 celebrada en Durban (Sudáfrica). Desde la presidencia y secretaría general de la *EFNDT*, la AEND desempeña un papel predominante en el ámbito europeo

Respecto del ECNDT (Comité Europeo de END) mi primer contacto fue en el tercer congreso celebrado en Florencia en 1984 y, desde entonces, he participado en todos excepto en el que correspondía a Sarajevo (Bosnia), que fue suspendido por la guerra de los Balcanes; en el séptimo, celebrado en Copenhague en 1998, ese ECNDT pasó a ser EFNDT (Federación Europea de END), y en él se eligió la candidatura de la AEND para organizar el octavo congreso europeo que se celebró en Barcelona en 2002. Como se sabe la AEND es miembro de pleno derecho de ambas organizaciones: ICNDT y EFNDT y mi participación en ambos, aparte de los congresos ya descritos, ha sido: respecto del ICNDT, miembro del PGPC (Comité de Política y Temas Generales), cuya misión es preparar todas las actividades a realizar por el ICNDT para su aprobación en las asambleas generales, y coordinador del grupo de trabajo de admisión de nuevos miembros; respecto de la EFNDT, miembro del Board of Directors (Comisión de Dirección) durante nueve años, miembro cooptado del BoD durante otros nueve años y, en la actualidad, Secretario General de la EFNDT, designado por su Presidente Fermín Gómez Fraile.

Desde ambas posiciones (presidencia y secretaría general de la EFNDT) la AEND ya desempeña un papel predominante en el ámbito europeo, al coordinar las actividades del BoD (Comisión de Dirección) que se desarrollan en diez WG (grupos de trabajo) y tres Foros, así como en la revisión y actualización de sus documentos básicos: estatuto y OP (procedimientos operativos). En este mismo ámbito y tras el BREXIT, la AEND debe continuar e, incluso, incrementar su apoyo a asociaciones europeas que tenían certificaciones emitidas por el PCN británico. En cuanto a las actividades de apoyo a las asociaciones iberoamericanas, en mi opinión, además de lo que se viene haciendo en Méjico y las relaciones con Argentina, Brasil y Colombia, se debería hacer un esfuerzo en países como Perú, Chile y Uruguay para asesorarlos en su interés en disponer de sistemas de cualificación y certificación basados en las normas UNE EN ISO 17024 y 9712. Por último, continuar con el asesoramiento en la creación y puesta en funcionamiento de un centro nacional de certificación del personal de END en China.

Emilio, muchas gracias por dar a conocer a nuestros lectores tu larga andadura en el campo de los END y, sobre todo, por tu amplia y eficaz colaboración con la AEND, colaboración que no ha podido interrumpir ni siquiera el paso de los años, ya que es justo recordar que eres uno de los miembros más veteranos de nuestra Asociación.

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

EVIDENT | OLYMPUS

Detector de defectos OmniScan™ X3

Confíe en lo que ve

Imágenes asombrosas y técnica de ultrasonido multielemento (Phased Array) mejorada. Sus potentes herramientas para la inspección de soldaduras, como las representaciones obtenidas por el método de focalización total (TFM) y sus capacidades de visualización avanzadas, le permitirán completar su inspección rápido y con mayor seguridad.

Optimice sus resultados TFM antes de comenzar a inspeccionar con el mapa de influencia acústica integrado (AIM), que ayuda a visualizar la sensibilidad en TFM y ajustarla consecuentemente.

Confirmación anticipada de cobertura de la soldadura mediante la visualización del efecto de un grupo de ondas (modo TFM).

Alto rango de amplitud al 800 % que reduce la necesidad de un doble escaneo

olympus-ims.com/es/omniscan-x3

Olympus and OmniScan are registered trademarks of Olympus Corporation.

DIMENSIÓN DE DISCONTINUIDADES DETECTADAS POR ULTRASONIDOS *VERSUS* REFLECTORES DE REFERENCIA

Autor
Jordi Jiménez Viader
Responsable de Técnica y Desarrollo en iENDE

El objetivo de este artículo es el de dar conciencia a ingenierías y solicitantes de servicios de Ensayos No Destructivos por ultrasonidos, de la necesidad de colaborar con los niveles 3 al establecer los criterios de aceptación rechazo, basados en el mencionado ensayo y mostrar, de forma gráfica, las posibles diferencias existentes entre los reflectores de referencia utilizados para el ajuste de sensibilidad y las discontinuidades reales en los posibles productos a inspeccionar.

Para este fin, se procederá a explicar, de forma somera, la base de los ultrasonidos y se centrará el estudio en un caso concreto, utilizando ondas longitudinales, para la inspección de bloques de acero al carbono forjado, partiendo de una fundición y, tomando como referencia, las discontinuidades propias del proceso de fundición en el que se generan inclusiones no metálicas de Óxido de Aluminio (Alúminas).

1. Principios generales

Esta sección proporciona una breve descripción de los principios ultrasónicos que son necesarios para la comprensión de este artículo.

En las pruebas ultrasónicas, las ondas sonoras de alta frecuencia se transmiten a un material para detectar imperfecciones o localizar cambios en las propiedades del mismo. La técnica de ultrasonidos más utilizada es la del "pulso-eco", mediante el cual se introduce sonido en un objeto de ensayo y las reflexiones (ecos) de las imperfecciones internas o las superficies geométricas de la pieza son devueltas a un receptor.

La prueba ultrasónica se basa en el viaje de ondas ultrasónicas a través de un cuerpo elástico. Los materiales están compuestos de átomos, que pueden ser forzados a un movimiento de vibración alrededor de sus posiciones de equilibrio. La acústica se centra en partículas que contienen muchos átomos que se mueven al unísono para producir una onda mecánica. Cuando un material se somete a una tensión o compresión alternante por debajo de su límite elástico, sus partículas individuales realizan oscilaciones elásticas.

Cuando las partículas de un medio se desplazan de sus posiciones de equilibrio, surgen fuerzas de restauración internas (electrostáticas). Son estas fuerzas restauradoras elásticas entre partículas, combinadas con la inercia de las partículas, las que conducen a los movimientos oscilatorios del medio.

En los sólidos, las ondas de sonido se pueden propagar en modos principales que se basan en la forma en que oscilan las partículas. Estas son: ondas longitudinales, ondas de corte, ondas superficiales, entre otras.

En las ondas longitudinales, las oscilaciones ocurren en la dirección longitudinal o la dirección de propagación de la onda. Dado que las fuerzas de compresión y dilatación están activas en estas ondas, también se denominan ondas de presión o de compresión. Las ondas de compresión se pueden generar tanto en líquidos como en sólidos, porque la energía viaja a través de la estructura atómica mediante una serie de movimientos de compresión y expansión (rarefacción). De igual manera, en las ondas transversales, el movimiento será perpendicular a la dirección de propagación y en las superficiales una suma vectorial de las dos anteriores.

El sonido que emana de una sonda ultrasónica, generalmente creada mediante un elemento piezoeléctrico en el que este es excitado eléctricamente y genera vibración, se origina en muchos puntos a lo largo de la superficie del elemento piezoeléctrico. Esto da como resultado un campo de sonido con muchas ondas que interactúan entre sí, siendo la

forma del haz ultrasónico compleja y tridimensional por lo que intentaremos describirla a continuación.

La intensidad del ultrasonido a lo largo del haz se ve afectada por interferencias de ondas constructivas y destructivas. Estas interferencias de onda conducen a amplias fluctuaciones en la intensidad del sonido cerca de la fuente, lo que se denomina "campo cercano". Las ondas de presión se combinan para formar un frente relativamente uniforme al final del campo cercano. El área más allá del campo cercano donde el haz ultrasónico es más uniforme se denomina "campo lejano". En el campo lejano, el haz se propaga en un patrón que se origina en el centro del transductor. La transición entre el campo cercano y el campo lejano se produce a una distancia N y, en ocasiones, se denomina "foco natural" de un transductor plano. La distancia de campo cercano/lejano, N, es significativa porque las variaciones de amplitud que caracterizan el campo cercano cambian a una amplitud que declina, suavemente, en este punto. El área justo más allá del campo cercano es donde la onda de sonido se comporta bien y alcanza su máxima intensidad. Por lo tanto, se obtendrán resultados de detección óptimos cuando las discontinuidades a detectar se encuentren en esta área (Figura 1).

"La intensidad del ultrasonido a lo largo del haz se ve afectada por interferencias de ondas constructivas y destructivas. Estas interferencias de onda conducen a amplias fluctuaciones en la intensidad del sonido cerca de la fuente, lo que se denomina "campo cercano"

La energía en el haz se disipa a medida que se propaga a través del material. Este fenómeno se denomina "dispersión del haz" o "divergencia del haz". La dispersión del haz es una medida del ángulo total de lado a lado del lóbulo principal del haz de sonido en el campo lejano. La divergencia del haz es una medida del ángulo desde un lado del haz de sonido hasta el eje central del haz en el campo lejano. La dispersión del haz se produce porque las partículas vibrantes del material a través del cual viaja la onda ultrasónica no siempre transfieren toda su energía en la dirección de propagación de la onda. Recuerden que las ondas se propagan a través de la transferencia de energía de una partícula a otra en el medio. Si las partículas no están alineadas directamente en la dirección de propagación de la onda, parte de la energía se transferirá en ángulo. Al comienzo del campo lejano, la intensidad del haz siempre es mayor en el centro del haz y disminuye a medida que se propaga hacia sus extremos.

Para una sonda plana y circular que actúa como emisor y también receptor del ultrasonido, el haz generado tendrá una dispersión geométrica dependiendo de la longitud de onda, el tamaño del elemento y la velocidad del sonido en el medio de propagación. Como se ha indicado previamente, cada punto en el oscilador actuará como una fuente puntual causando interferencia constructiva y destructiva. La presión acústica, "P" a lo largo de la trayectoria de propagación de la onda en el campo lejano disminuirá, incluso si no se produce pérdida de energía. Este fenómeno puede explicarse seleccionando dos puntos A y B a lo largo de la trayectoria del haz como se muestra en la Figura 1. "Haz ultrasónico y su divergencia". De acuerdo con la ley de conservación de la energía, la energía en el punto A (EA) debe ser igual a la energía en el punto B (EB). Eso significa que la fuerza que actúa sobre los planos de sección transversal PA y PB son iguales. Sin embargo, debido a la dispersión del haz, el área de las dos secciones transversales de los planos no es

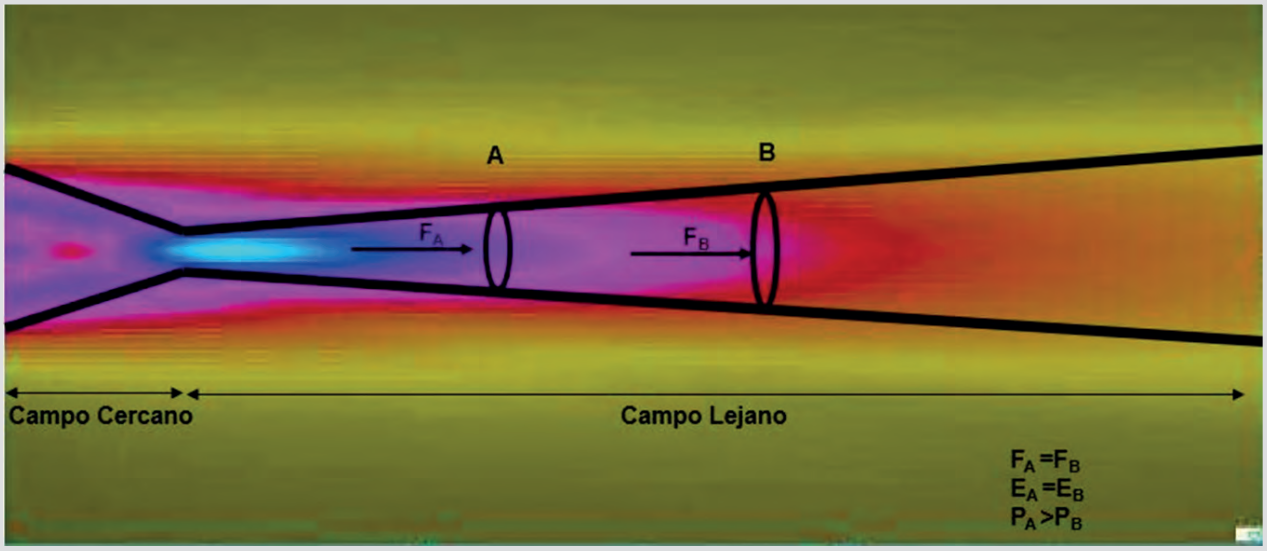


Figura 1. Haz ultrasónico y su divergencia

igual y como la presión es igual a la fuerza/área, la presión en el punto B será menor que en el punto A (PA>PB). Como consecuencia, dos defectos idénticos en las posiciones A y B producirán dos indicaciones de amplitud ultrasónica distinta incluso sin tener en cuenta perdidas de energía por otros fenómenos entre A y B.

En los materiales naturales, la intensidad del sonido disminuye con la distancia a la fuente. Esto resulta de dos causas básicas, las llamadas "dispersión" y "absorción", las cuales se combinan en el término "atenuación".

La dispersión se debe a que el material a través del cual viaja el sonido no es, estrictamente, homogéneo. Contiene límites en los que la impedancia acústica cambia porque dos materiales de diferente densidad o velocidad del sonido se encuentran en estas interfaces. Así, en consecuencia, el haz original de ultrasonido se divide en ondas parciales que a lo largo de sus largos y complejos caminos se convierten gradualmente en calor debido a la absorción.

La absorción es una conversión directa de la energía del sonido en calor, de la que pueden ser responsables varios procesos. La absorción puede visualizarse como una especie de efecto de frenado de las oscilaciones de las partículas, lo que también deja claro por qué una oscilación rápida pierde más energía que una oscilación lenta, la absorción generalmente aumenta con la frecuencia, pero a un ritmo mucho más lento que la dispersión [1]. A frecuencias ultrasónicas más altas (por encima de 20 MHz), la absorción en el agua es una fuente importante de atenuación, por ejemplo, durante las pruebas ultrasónicas de inmersión automatizadas.

Por estos motivos, la amplitud del eco de un reflector depende de su distancia relativa de la sonda debido al efecto de atenuación y dispersión del haz. Por lo tanto, se debe permitir que el umbral de evaluación varíe con la distancia. Para tratar este problema se pueden adoptar, al menos, dos métodos:

- Umbral dependiente de la distancia por medio de la tensión de respuesta que disminuye con la tensión de barrido
- Ganancia de barrido; es decir, un aumento de la amplificación con la distancia según la ley de la distancia del eco

El ajuste se realiza mediante el uso de bloques de referencia con reflectores artificiales de mismas características a diferentes profundidades. Se registran los picos de eco y se ajusta la ganancia para las diferentes profundidades con el fin de obtener valores de amplitud uniformes para las diferentes profundidades de inspección. [1]

En la inspección por ultrasonidos, a medida que el sonido viaja por la pieza desde el transductor, este reacciona principalmente a las interfaces del material. Más concretamente, reacciona a los cambios en la impedancia acústica del material que atraviesa. Por ejemplo, si la primera capa de una pieza es un metal homogéneo sin defectos internos, la onda de ultrasonido viaja a través de esta capa a una velocidad determinada, sin generar reflexiones de regreso al transductor. Cuando el metal se encuentra con una segunda capa adherida a él, como una cerámica, la impedancia acústica cambia. Como resultado, parte del sonido se refleja en la interfaz. El ultrasonido reflejado tiene una intensidad determinada que depende del tipo de interfaz y también lleva al transductor información sobre la polaridad (si la impedancia acústica aumentó o disminuyó cuando la onda de ultrasonido cruzó la interfaz). En otras palabras, los ecos de retorno llevan información sobre el módulo elástico del interior de una pieza, incluidas las características normales y anomalías como grietas, cavidades y elementos internos no esperados.

Para una onda plana que incide en una interfaz lisa, plana y perpendicular entre dos medios, parte de la presión acústica se transmite al segundo medio y parte de la presión acústica se refleja de regreso, permaneciendo en el medio de origen. El porcentaje de la presión incidente que se refleja y transmite viene dado por los coeficientes de reflexión y transmisión, R y D. Para la incidencia normal plana tenemos las conocidas expresiones:

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$$

$$D = \frac{2Z_2}{Z_2 + Z_1}$$

Donde Z_1 y Z_2 son las impedancias acústicas del medio incidente y de transmisión. $Z_1=\rho_1 \upsilon_1$ y $Z_2=\rho_2 \upsilon_2$, donde ρ_1 y ρ_2 son las densidades de los dos medios y υ_1 y υ_2 son las velocidades del sonido en los dos medios.

Los coeficientes de reflexión y transmisión, R y D son relaciones de amplitud y pueden ser positivas o negativas.

La inversión de fase, caracterizada por un valor negativo en el coeficiente de reflexión, R siempre ocurre en el caso de la reflexión de un material sónicamente más suave (menor impedancia acústica), por ejemplo, cuando una onda proveniente del acero golpea el agua [2]. Esto se puede ver, con bastante facilidad, al mostrar la señal de eco en su forma de radiofrecuencia no rectificada en la representación habitual de los ultrasonidos en ejes Amplitud de señal vs. Tiempo de vuelo del sonido (A-*Scan*). Un eco que ha sido reflejado, especularmente, en un límite acero-agua tiene una fase opuesta al pulso del transmisor, comenzando, normalmente, con una oscilación negativa. Por otro lado, el eco de un límite agua-acero no sufre ningún cambio de fase, por lo que comienza con una oscilación positiva.

Las expresiones de reflexión previamente indicadas, pueden expresarse como dos expresiones separadas en función de la reflexión de las ondas longitudinales (R_L) y la de las ondas transversales (R_s).

$$R_L = \frac{\rho_2 \upsilon_{2L} - \rho_1 \upsilon_{1L}}{\rho_2 \upsilon_{2L} + \rho_1 \upsilon_{1L}}$$

$$R_s = \frac{\rho_2 \upsilon_{2s} - \rho_1 \upsilon_{1s}}{\rho_2 \upsilon_{2s} + \rho_1 \upsilon_{1s}}$$

donde $\upsilon 1_L$ y $\upsilon 2_L$ son las velocidades longitudinales en el medio 1 y 2 y $\upsilon 1_S$ y $\upsilon 2_S$ son las velocidades transversales en el medio 1 y 2.

2. Planteamiento teórico

La mayoría de los defectos internos constituyen interfaces. Grietas, vacíos, delaminaciones y desprendimientos son interfaces entre un material y un espacio de aire.

El espacio de aire, sin importar cuán delgado sea, tiene una impedancia acústica cero y refleja todo el ultrasonido de regreso al transductor a una intensidad muy alta. [3]

No sucede lo mismo cuando estas discontinuidades están compuestas por otro material con otra impedancia acústica. Por ejemplo, tal como introducido previamente, vamos a comprobar este comportamiento con las llamadas Alúminas (Al_2O_3).

Utilizando las expresiones anteriores podemos calcular el coeficiente de reflexión para una intercara plana de acero-inclusión. Para este cálculo asumiremos que la inclusión teórica utilizada es un cuerpo sinterizado de cristal simple de 99% Al_2O_3 con densidad 3.95kg/m^3, υ_L igual a 10600 m/s, U_S de 6400 m/s, ρ_L de 42·10^6 kg/m^{2}s y ρs de 25·10^6 kg/m^{2}s.

Siendo para el acero: densidad de 7,8 kg/m^3, U_L igual a 5900 m/s, U_S de 3200 m/s, ρ_L de 46·10^6 kg/m^{2}s y ρs de 25·10^6 kg/m^{2}s.

Como resultado obtenemos que los coeficientes de reflexión entre acero y la inclusión indicada son de:

$$R_L = 4.7\% \text{ y } R_s = <1\%$$

Como puede verse, el contraste acústico (desajuste en la impedancia acústica) entre el acero y la alúmina es mayor para las ondas longitudinales en comparación con las ondas transversales. Se espera que el uso de la onda incidente longitudinal proporcione la mayor probabilidad de detectar inclusiones de alúmina en el acero.

No obstante lo indicado hasta el momento, en la detección de discontinuidades, la disposición de estas hace que no se incida de forma perpendicular a estas por lo que estos índices de reflexión debieran ser calculados mediante otros modelos.

Para el calculo del coeficiente de reflexión en incidencia oblicua, teniendo en cuenta una interface sólido-sólido donde dos sólidos se encuentran en contacto y completamente acoplados, tal como se estima que es el caso de una alúmina dentro de un acero, se parte de un sistema de ecuaciones de cuatro ecuaciones con cuatro incógnitas. *Murai* [4 y 5] ha derivado y solucionado estas ecuaciones para el caso de transición sólido a sólido siendo acero y alúmina. Como resultado de la computación de las ecuaciones de *Murai* en un rango de ángulos de incidencia acero-alúmina dentro del límite de los ángulos críticos, se observará una variación del índice de reflexión en los distintos casos. Adicionalmente, en la práctica, rara vez se encontrará una alúmina de productos conformados en una forma plana, semejante a la de un reflector de referencia. Así mismo, el tamaño en sus diferentes ejes variará y es razonable pensar que el régimen del ultrasonido al interactuar con este no se mantenga como una reflexión especular.

Para el cálculo del coeficiente de reflexión en incidencia oblicua, teniendo en cuenta una interface sólido-sólido donde dos sólidos se encuentran en contacto y completamente acoplados, tal como se estima que es el caso de una alúmina dentro de un acero, se parte de un sistema de ecuaciones de cuatro ecuaciones con cuatro incógnitas

Así pues, podemos aceptar que los reflectores de discontinuidades naturales difieren en varios aspectos de los reflectores artificiales utilizados en la teoría. Sus formas no son regulares ni sus superficies son lisas y planas. Por lo tanto, cuando se consideran los defectos naturales, generalmente no es posible diferenciar entre las ondas reflejadas especularmente (como un espejo) y las ondas dispersas ya que siempre interactúan conjuntamente. Este hecho explica las fluctuaciones de la amplitud del eco que surgen de pequeñas variaciones de la posición de la sonda. La reflexión de una onda también puede verse afectada, negativamente, si el material de la discontinuidad es anisotrópico, es decir, las propiedades mecánicas de éste varían gradualmente y no en un límite definido (en comparación con la longitud de onda).

3. Estudio práctico

Con el fin de comprobar los efectos prácticos de lo expuesto anteriormente, se ha procedido a inspeccionar mediante ultrasonidos bloques de acero al carbono, normalizado, con el objetivo de detectar discontinuidades tipo alúminas, dimensionarlas en comparación con los reflectores de referencia y dimensionarlas, visualmente, obteniendo una comparación visual de estos tamaños y así establecer una relación entre el tamaño del reflector equivalente y la dimensión de la alúmina detectable.

Para este fin, se ha utilizado un palpador de inmersión, no focalizado, de diámetro 12 mm y frecuencia 10 MHz.

En la Figura 2 se puede ver la simulación del haz de dicho palpador en agua.

Con el fin de compensar el efecto de la divergencia del haz, así como de la atenuación del material, se opta por utilizar bloques del mismo material a inspeccionar, con taladros de fondo plano de 1 mm de diámetro resultando en una curva de referencia tal como expuesta en la Figura 3.

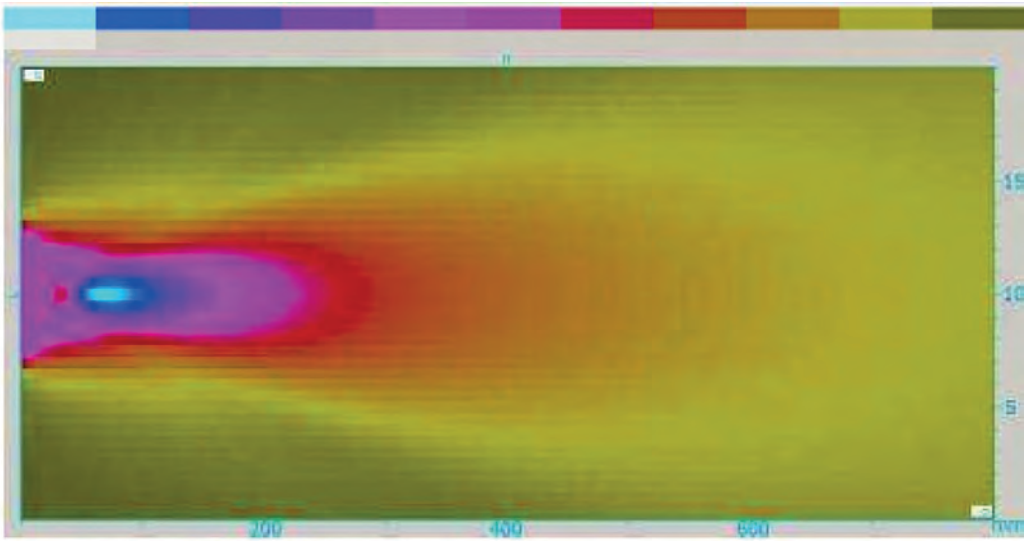


Figura 2. Haz ultrasónico en agua de un palpador de 10 MHz y 12 mm de diámetro

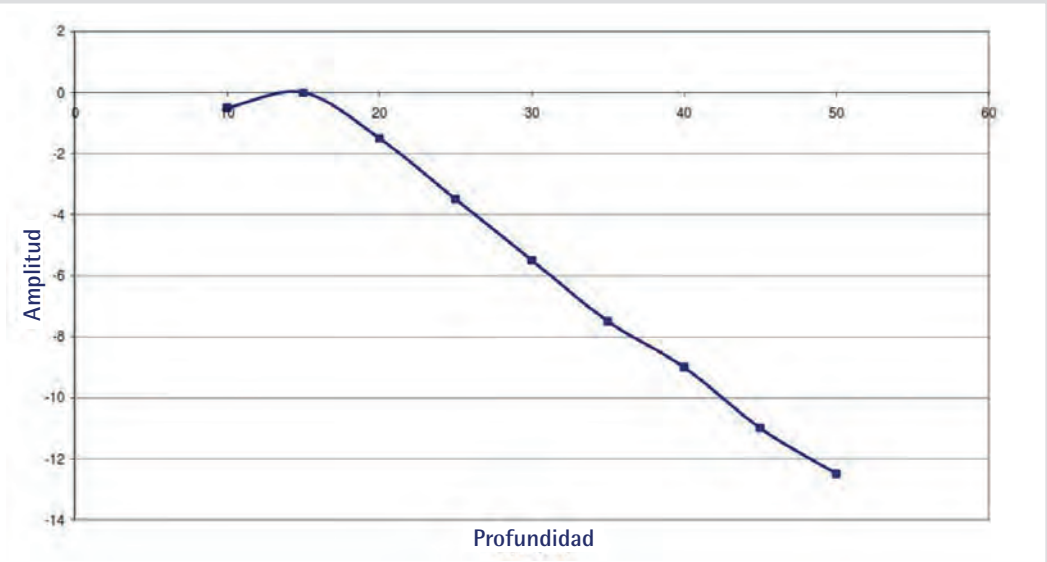
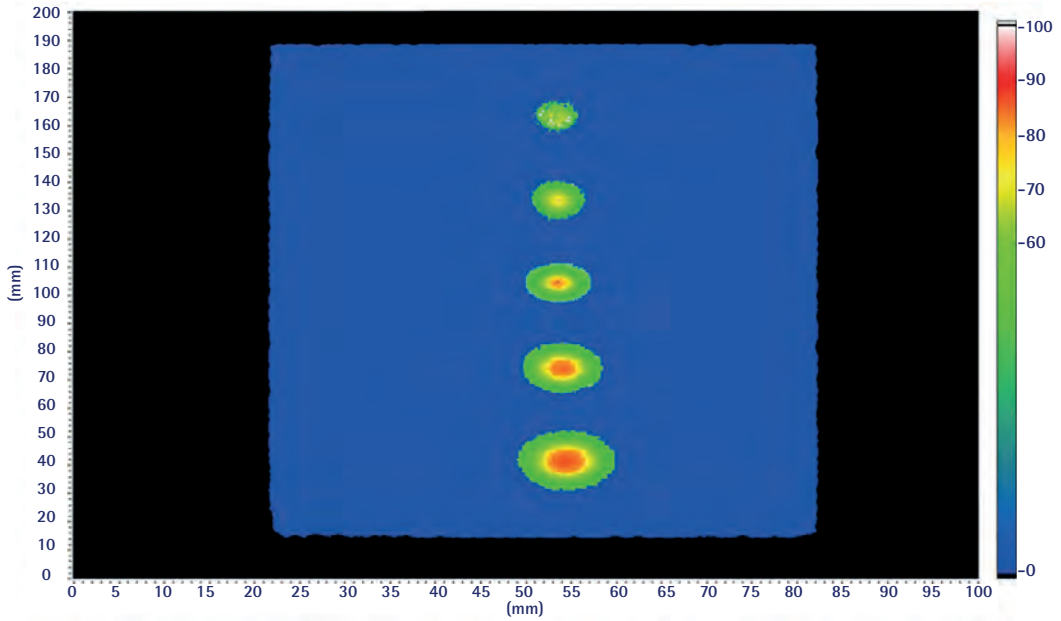


Figura 3. Curva de compensación de amplitud en acero al carbono normalizado con un palpador de 12 mm de diámetro y 10 MHz

Esta operación se ha repetido para los bloques con taladros de fondo plano de 0,8, 0,5 mm, 0,4 mm y 0,3 mm de diámetro. Como resultado se ha obtenido la relación mostrada en la Figura 4.

Con esta información ha sido posible ensayar distintos bloques de acero, en búsqueda de discontinuidades. Todas ellas, siendo más pequeñas que el haz ultrasónico. Estas fueron clasificadas según su reflector equivalente y posteriormente,



Diámetro del taladro de fondo plano	Amplitud (dB)
1 mm	REF.
0,8 mm	-6dB
0,5 mm	-12dB
0,4 mm	-15dB
0,3 mm	-21dB

Figura 4. Relación de amplitud ultrasónica entre los taladros de fondo plano utilizados

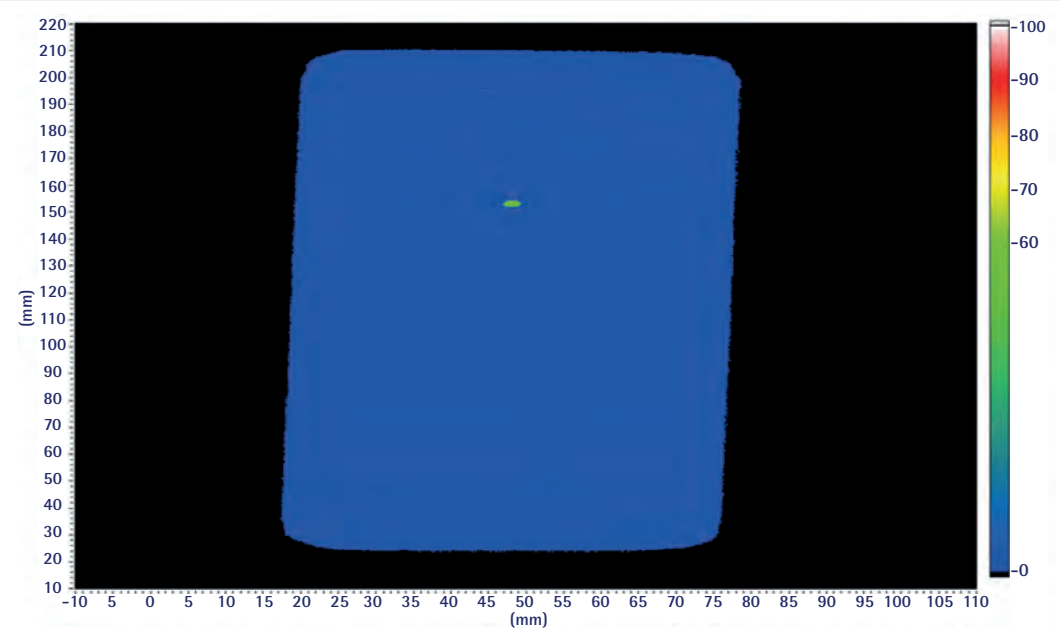


Figura 5. Imagen *C-Scan* de la inspección mediante ultrasonidos de un bloque de acero conteniendo una indicación de discontinuidad equivalente a un taladro de fondo plano de 0,3 mm de diámetro

se han ensayo metalográficamente cada una de ellas mediante una sistemática secuencial, puliendo, previamente, la superficie de exploración y observando esta mediante el microscopio, con el fin de registrar la progresión de la discontinuidad cada 5 µm de profundidad y, de esta manera, obtener la dimensión mayor de la discontinuidad.

Como ejemplo, en las Figuras 5, 6 y 7 se muestra una de las indicaciones de menor tamaño y equivalente al reflector de referencia de 0,3 mm de diámetro.

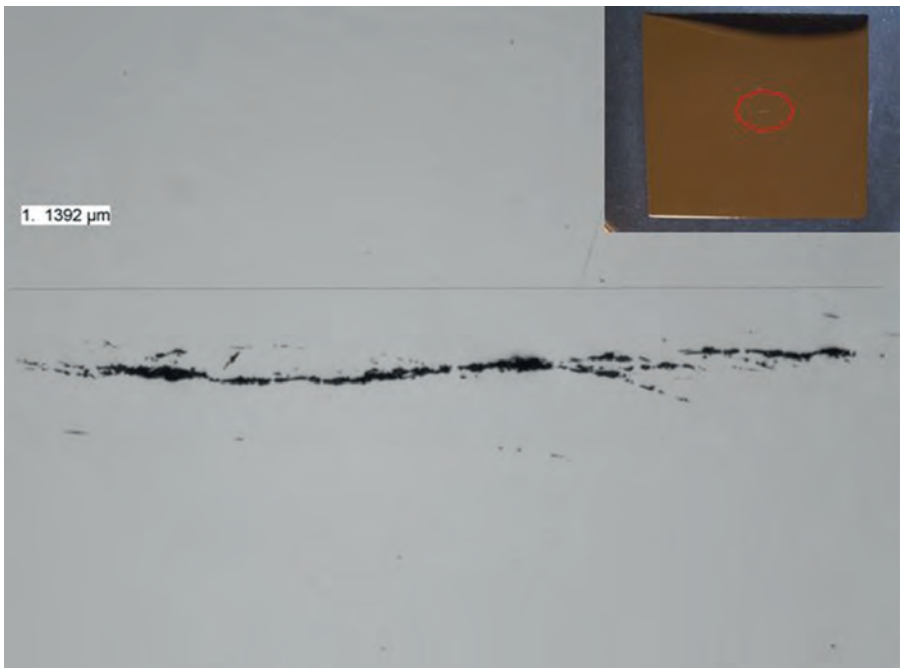


Figura 6. Imagen microscópica de la máxima longitud observada al seccionar la discontinuidad previamente detectada mediante ultrasonidos y equivalente a 0,3 mm FBH

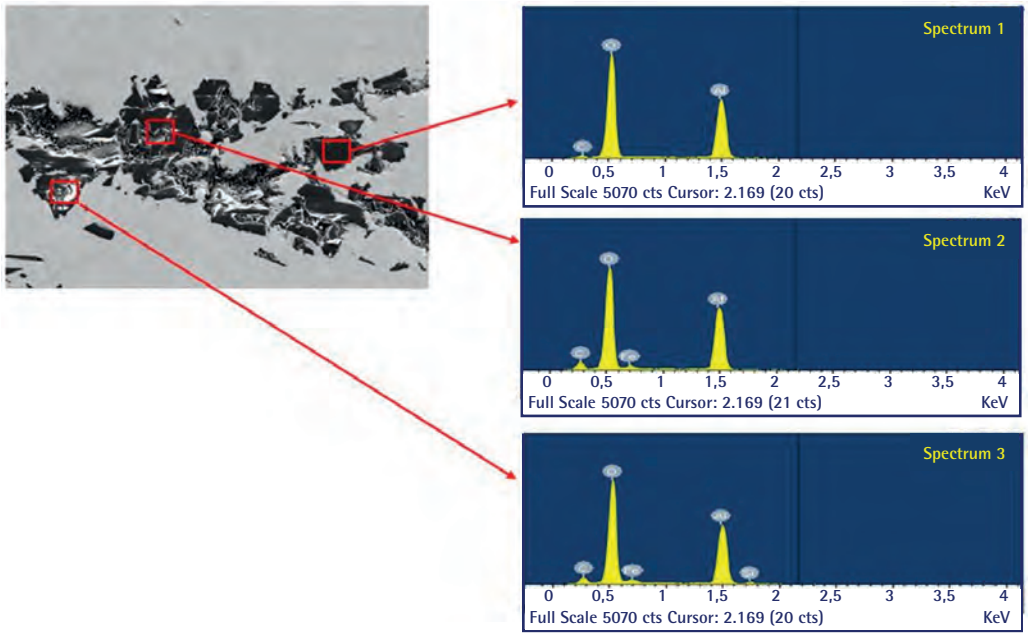


Figura 7. Análisis mediante Microscopio electrónico (SEM) y confirmación de la composición de la discontinuidad detectada

4. Conclusiones

Se puede observar que, la respuesta ultrasónica obtenida del reflector equivalente utilizado para el ajuste en sensibilidad durante la inspección por ultrasonidos es, rara vez, igual a la producida por la discontinuidad real que se pretende detectar. Esto podría suceder en el caso de una rotura plana o separaciones de material las cuales son detectadas mediante el haz ultrasónico incidiendo, perpendicularmente, para dar una reflexión especular coaxial. En otras palabras, un reflector plano circular generará el máximo eco desde el área más pequeña. Un defecto natural es siempre algo más grande, en el mejor de los casos igual, pero nunca más pequeño que el disco circular plano equivalente.

En este artículo se ha verificado la relación entre la energía ultrasónica obtenida de un reflector de fondo plano y una alúmina real. Obtenido que para una alúmina de 1,4 mm de longitud, es preciso ajustar el equipo con taladros de fondo plano de 1.,0 mm de diámetro e incrementando en 21 dB la ganancia de ensayo. Siendo esto equivalente a un reflector de fondo plano de 0,3 mm de diámetro.

En los sistemas de evaluación de discontinuidades, es habitual utilizar el sistema de dimensionamiento. No obstante, muchas veces el tamaño es menos interesante que el tipo de defecto y su forma.

Esto nos lleva a pensar que las sinergias entre la ingeniería, responsable de establecer los límites de evaluación en cuanto a tipo de discontinuidad y tamaño máximo admisible y, el experto en Ensayos No Destructivos, responsable de establecer el método de inspección y correspondencia con los criterios de aceptación necesarios para el ensayo, es imprescindible.

Para ello es necesario conocer y desarrollar metodologías para la caracterización y clasificación de las discontinuidades en función de su morfología, conocer la tipología de defectos asociada a cada proceso y/o producto, el estudio mediante análisis de fractura de los límites de aceptación basados en el defecto real (no es lo mismo un defecto de dureza mayor que el materia que lo contiene que un defecto deformable) y su correlación con el método de detección correspondiente.

Bibliografía

1. *J. Krautkramer, H. Krautkramer, "Ultrasonic testing of materials", 4th edition, Springer-Verlag, 1990, ISBN 3-540-51231-4.*
2. *Yasukazu Unigame, Kazuhico Hiraoka, Ichiro Takasu, and Yoshiyuki Kato, "Evaluation Procedures of Nonmetallic Inclusions in Steel for Highly Reliable Bearings," Journal of ASTM International, Vol.3, No5.*
3. *Adams, Tom. "Acoustic solids: the entire volume of many parts can be analyzed by very high frequency ultrasound." Advanced Materials & Processes, Vol. 155, no. 2, Feb. 1999.*
4. *J. Murai, H. Hiraga and T. Shiraiwa, "Phase identification of echo pulse and detection of nonmetallic inclusions in metals", Proceedings of the 1994 Far East Conference on NDT and ROCSNT Ninth Annual Conference, Taipei, Taiwan, pp.331-338, November 3-5, 1994.*
5. *J. Murai, T. Ida and T. Shiraiwa, "Detection of alumina non-metallic inclusion and void in steel by ultrasonic testing method", The Japanese Society for Non-Destructive Inspection, Non-Destructive Testing Vol. 47, No. 7, 18 pages, 8 August 1997.*

EL ANÁLISIS MÁS EXHAUSTIVO, SIN DAÑAR SU MATERIAL

FORMACIÓN

AEND

asociación española de ensayos no destructivos

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

izasa scientific
a werfen company

de nano a macro

comet yxlon

Inspección para nuevos desafíos

Tomografía computerizada para la industria

900 810 061
izasa@izasascientific.com
www.izasascientific.com

INSPECCIÓN CON TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE CELDAS DE BATERÍA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO

Autores
COMET Yxlon. Varios Autores: Technical Team EV Batteries
Diego Pulgar. Jefe de Producto END Izasa Scientific. dpulgar@izasascientific.com

1. En busca de la fuente de la energía

Las baterías de iones de litio (LIB, por su nombre en inglés) (Figura 1) se han convertido en una parte indispensable de la vida moderna. Están disponibles para numerosos dispositivos, como teléfonos inteligentes, tabletas y portátiles, pero su importancia está aumentando, rápidamente, en el campo de la movilidad eléctrica (Figura 2) y en el sector aeroespacial.

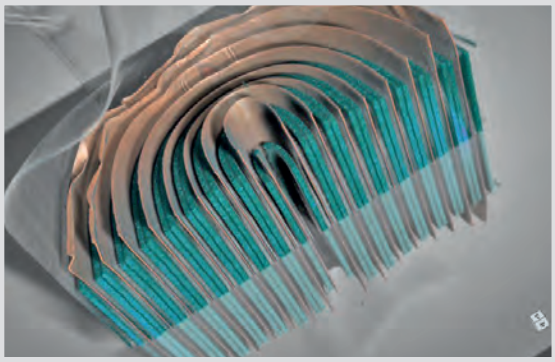


Figura 1. Renderizado TC de una celda

Figura 2. Módulos de celdas de batería

Es posible encontrar este tipo de baterías en distintos formatos de celdas. Fundamentalmente encontraremos baterías prismáticas, cilíndricas y en bolsa (Figura 3).

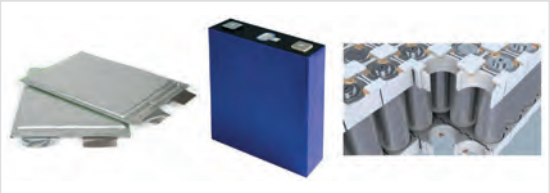


Figura 3. Tipos de Celdas

Un control intensivo de las baterías no solo es importante para garantizar su calidad y funcionamiento, sino incluso más cuando nos adentramos en aspectos de seguridad.

El método de inspección más eficaz para las baterías es la tecnología de END mediante Rayos X. Es el único método que hace que las estructuras internas sean visibles a través de la carcasa, e incluso se pueden examinar de forma segura y precisa las baterías ya instaladas en los dispositivos sin tener que quitarlas ni abrirlas.

Muchos fabricantes e investigadores de celdas de batería han adoptado la tomografía computarizada (TC) industrial para realizar Ensayos No Destructivos (END) en estos componentes y garantizar la calidad a lo largo de los procesos de I+D y de la producción.

Una tomografía computarizada produce un mapa de densidad volumétrica en 3D. El volumen 3D se genera mediante la reconstrucción de un gran número de imágenes de rayos X 2D. Con el uso de un *software* potente, es posible combinar muchas imágenes de proyección 2D para producir un volumen 3D de, prácticamente cualquier pieza, objeto o producto.

Debido a los últimos complejos desarrollos y diseños de baterías de iones de litio, esta es la única forma de obtener,

con precisión, una vista no destructiva del interior de estas piezas. El uso de CT en I+D puede evitar muchos problemas más adelante en el proceso de producción al identificar información clave sobre el diseño de la pieza, las materias primas y la concordancia entre las características geométricas previstas y las obtenidas en el proceso de fabricación, todo lo cual es vital para el éxito del producto (Figura 4).

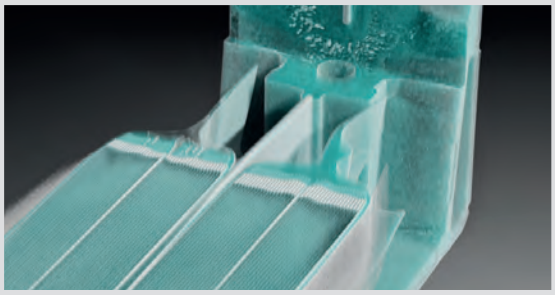


Figura 4. Representación de una celda de bolsa

Con este artículo queremos compartir nuestro entusiasmo por la tecnología y queremos que las personas sean más conscientes de las capacidades actuales del *hardware* y *software* TC para aplicaciones industriales de este tipo.

2. Cómo entender las imágenes de TC

Antes de ver los diferentes análisis con más detalle, es importante explicar los conceptos básicos sobre cómo "leer" las imágenes de TC de Rayos X.

A continuación, en la Figura 5, vemos un conjunto de datos de ejemplo de una celda de batería prismática. Cada una de las cuatro imágenes que vemos representa una vista en sección desde una dirección diferente. La imagen de arriba a la izquierda, por ejemplo, es la vista superior, lo que significa que cortamos virtualmente el conjunto de datos de arriba a abajo.

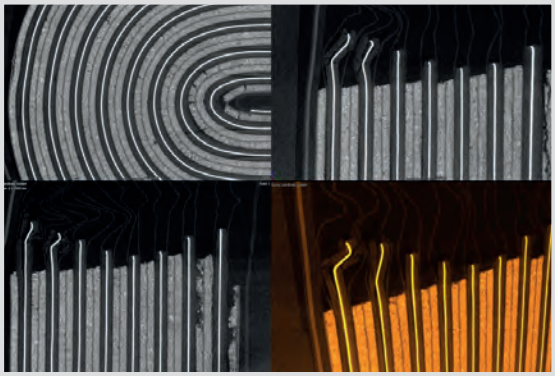


Figura 5. Cortes virtuales ortogonales

Todas las vistas son ortogonales entre sí. Eso significa que las otras dos vistas de corte representan de adelante hacia atrás y de derecha a izquierda. La imagen en la parte inferior derecha muestra una representación en 3D del conjunto de datos.

En una imagen de TC cuanto más brillante aparece una estructura en el conjunto de datos, mayor es la densidad y cuanto más oscura aparece una estructura, menor es la densidad.

Vemos en la Figura 5, que el cobre aparece en color blanco, mientras que el aire circundante es en color negro.

3. Los análisis más comunes para celdas de batería

De la experiencia recientemente obtenida de la colaboración en diversos proyectos con nuestros clientes, hemos llegado a la conclusión de que los ingenieros en baterías necesitan llevar a cabo un reducido número de tipos de análisis usando TC de Rayos X.

Los análisis más comunes son:

- Controles de deformación
- Inspección de soldadura
- Inspección de pestañas
- Mediciones de voladizos y comprobaciones de alineación
- Defectos, grietas, poros, etc.
- Detección de partículas
- Caracterización de materiales

Los tiempos de escaneado para las trayectorias típicas usadas en las imágenes de este artículo van desde unos pocos segundos hasta minutos y, a veces, horas. Depende totalmente de lo que el ingeniero quiera ver y de cómo se operen los sistemas TC.

3.1. Controles de deformación

Después de un golpe o de un control intensivo de los ciclos de carga, pueden producirse deformaciones en la celda. Muchas deformaciones son visibles a simple vista y desde el exterior.

Pero la pregunta relevante es: ¿influye esta deformación en la estructura interna? ¿Puede haberse dañado algo en el interior? (Figuras 6 y 7).

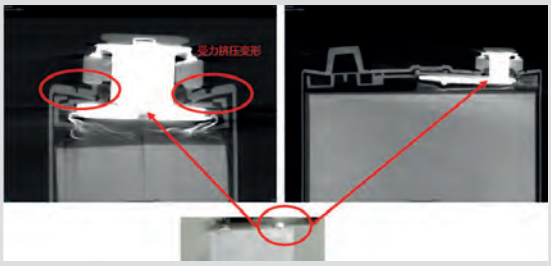


Figura 6. Deformación en pestañas

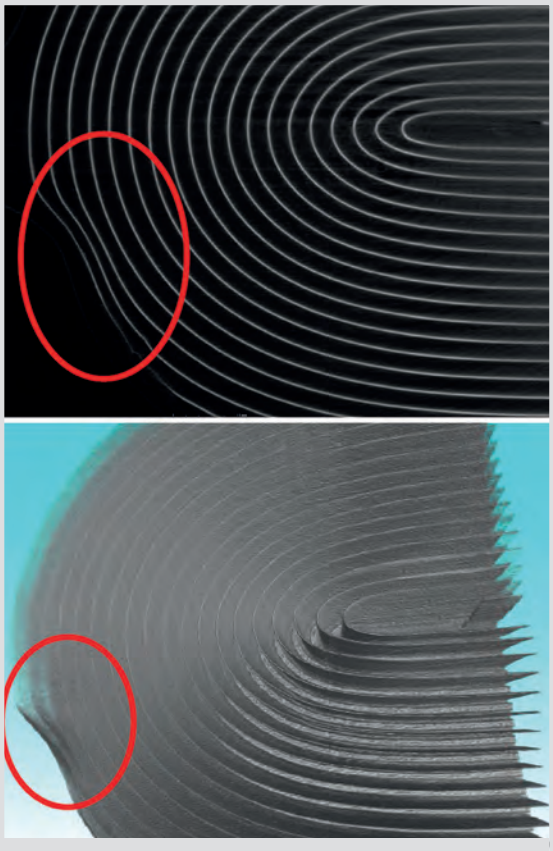


Figura 7. Deformación de los electrodos

3.2. Inspección de soldadura

La integridad de las soldaduras es crucial para el rendimiento de una celda de batería, ya que toda la corriente pasa por ella.

Ya se trate de soldaduras por láser o ultrasonido, nuestros clientes verifican la calidad de la soldadura escaneando el área de la soldadura en un escaneo general. (Figura 8 y 8a). Esta inspección se puede realizar en menos de 30 minutos y conduce a una mejor comprensión del proceso de soldadura.

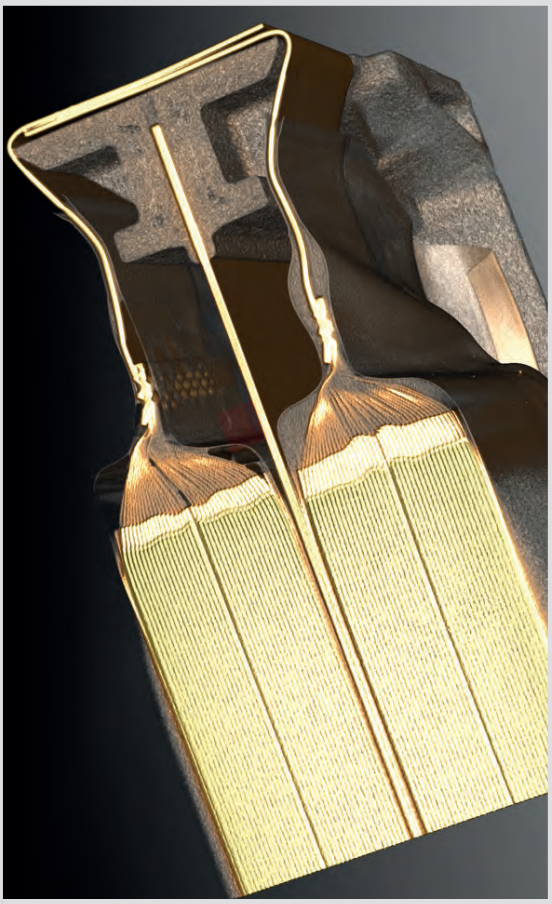


Figura 8. Vista General

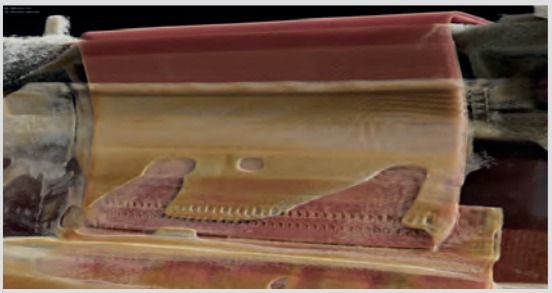


Figura 8a. Renderizado de una soldadura

En la Figura 9 se puede observar una soldadura en una celda cilíndrica en donde se aprecia una grieta y un poro de gran tamaño.

3.3. Pestañas defectuosas

Una tomografía computarizada puede revelar pestañas defectuosas en una celda de batería (Figuras 10 y 11). El defecto podría ser una curva demasiado cerrada que podría causar futuros problemas e incluso defectos. Pero, además, las pestañas ya podrían estar rotas.

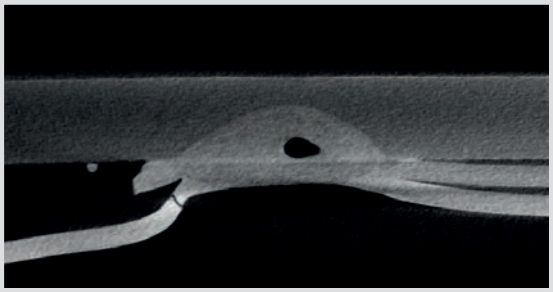


Figura 9. Porosidad y grieta

Figura 10. Pestañas rotas

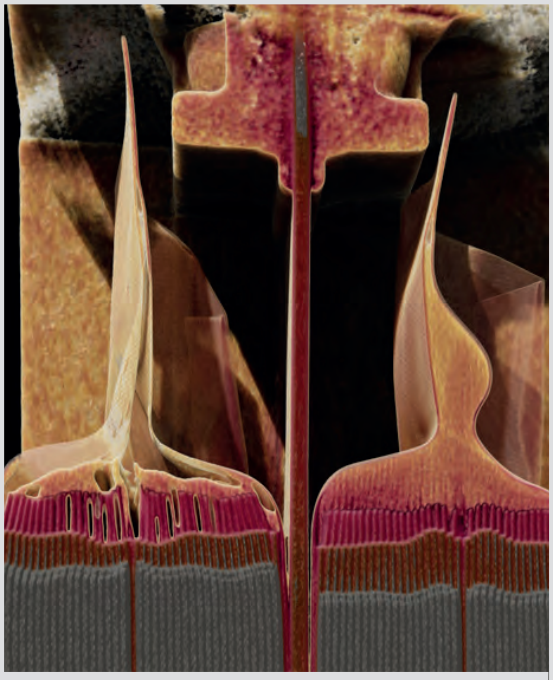


Figura 11. Pestañas dessoldadas

Si la pila o el rollo de gelatina no están colocados correctamente en la carcasa o bolsa exterior y las pestañas están demasiado dobladas, las roturas pueden ocurrir muy rápidamente durante el uso. Comprender cómo se ve la celda desde el interior ayudará al ingeniero a adaptar en consecuencia el proceso de ensamblaje.

3.4. Medición de voladizo y control de alineación

La inspección más común para celdas de batería tanto en el laboratorio como en la producción es la medición del voladizo (Figura 12).

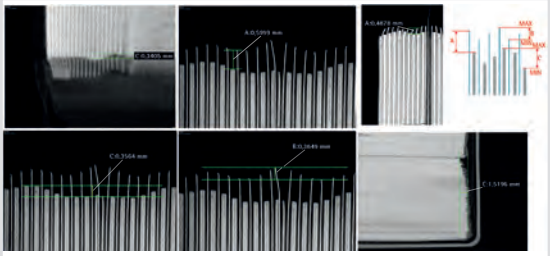


Figura 12. Control de alineamiento

Con formatos de celdas cada vez más grandes, la precisión de posicionamiento de los electrodos individuales se convierte en un problema importante (Figura 13).

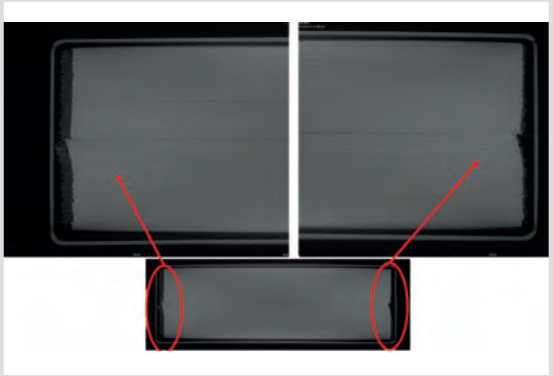


Figura 13. Desalineamiento de electrodos

Cada vez es más crucial comprobar que el voladizo está dentro de las tolerancias. La mayoría de los fabricantes de baterías y OEM están comenzando a usar TC para esta inspección.

3.5. Defectos, poros, grietas, etc.

El análisis clásico de defectos también se aplica a las baterías. Una inspección con TC permite encontrar defectos de todo tipo en las celdas de la batería, que pueden ser escaneadas por completo o, con mayor resolución, sólo en las regiones de mayor interés.

Poros, (Figura 14) grietas (Figura 15) y delaminaciones (Figura 16) son defectos típicos que pueden encontrarse en una celda.

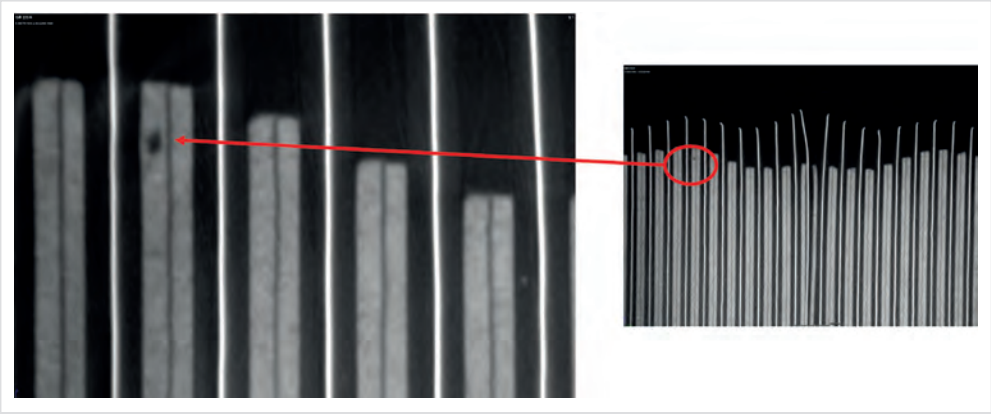


Figura 14. Porosidad en un electrodo

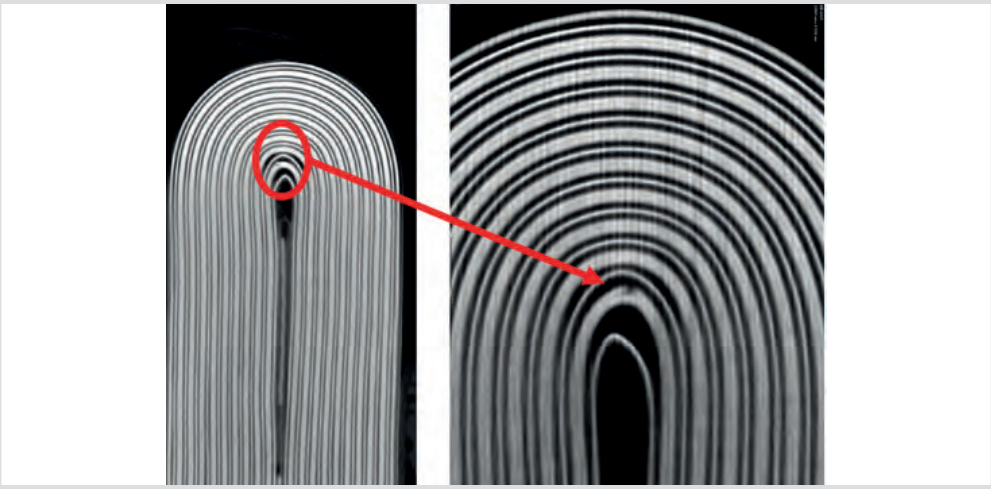


Figura 15. Grietas en el empaquetado de electrodos

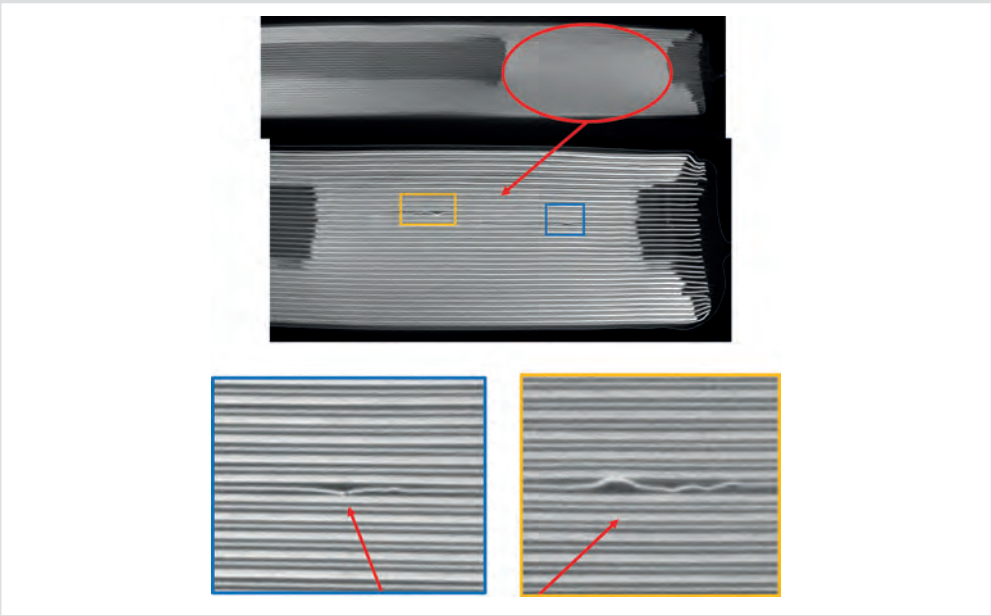


Figura 16. Delaminación en una celda de bolsa

3.6. Detección de partículas

Partículas extrañas, principalmente cobre o aluminio, son un problema en el proceso de fabricación de baterías (Figura 17). En su mayoría provienen del proceso de corte de los electrodos y pueden penetrar en el separador y los electrodos y causar un cortocircuito.

Un cortocircuito puede conducir potencialmente a una fuga térmica de la celda y hacer que se incendie.

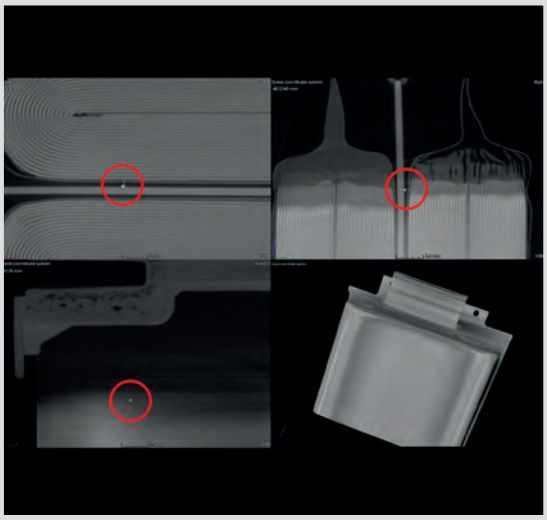


Figura 17. Partículas, inclusiones

3.7. Caracterización de materiales

Para muestras muy pequeñas (2 x 2 mm²), se pueden lograr resoluciones de hasta 0,75 µm con algunos escáneres CT. De hecho, estos son los mismos escáneres CT que se utilizan para escanear células completas y, a veces, incluso módulos pequeños en el entorno de laboratorio.

La alta resolución ayuda a utilizar CT para la caracterización de materiales (Figura 18). Por ejemplo, para examinar la porosidad de los materiales tanto del ánodo como del cátodo.

Conclusiones

Podría decirse que la tomografía computarizada (TC) es el método más emocionante en el mundo de los END (Ensayos No Destructivos) y, sus aplicaciones, son prácticamente ilimitadas. Ha llegado el momento de ocupar el lugar que le corresponde como herramienta informativa en la fase de investigación y desarrollo.

La valiosa información que proporciona la TC en la etapa de desarrollo permitirá a los ingenieros, diseñadores, investigadores, científicos y cualquier persona interesada en las baterías aprovechar la TC para ver cosas que nunca antes habían visto sin dañar el objeto bajo inspección. La tomografía computarizada de Rayos X se puede utilizar para lograr:

- Inspección más precisa de las piezas
- Reconocimiento automático de defectos
- Inspecciones metrológicas precisas
- Colaboración con investigadores ubicados en cualquier parte del mundo
- Predicción del comportamiento del diseño
- Análisis de materias primas
- Prueba de concepto de diseño

Imagine volver a la fase inicial de diseño del producto y predecir cómo funcionará el diseño después de la producción. Recorrer el interior de su muestra, ver defectos, realizar mediciones y ver cambios de densidad son todos posibles con el poder de la TC industrial.

La rápida evolución de la tecnología de las baterías no se ralentizará en el corto plazo ya que la demanda de nuevos diseños de baterías es alta. El uso de TC tanto en el desarrollo como en el control de calidad puede ahorrar mucho dinero, tiempo y, posiblemente, incluso salvar vidas al hacer que las baterías sean aún más seguras.

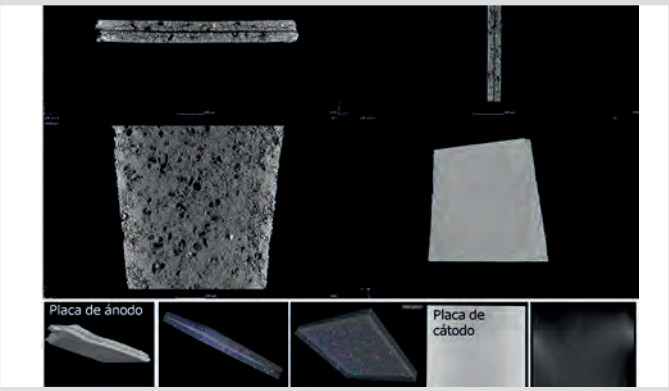


Figura 18. Caracterización de materiales

AIPnD

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA

art'23

14th International Conference on non destructive investigations and microanalysis for the diagnostics and conservation of cultural and environmental heritage

2023, November 28th/30th

School of Economics of the University of Brescia
Via San Faustino, 74/B – Brescia

AIPnD ETS
Via Corfù, 48 – 25124 Brescia

Siamo Capitale Italiana della Cultura 2023 BERGAMO BRESCIA

Conference Topics

Environmental - Microanalysis - Non-Destructive Testing

In detail:

• Techniques to measure and evaluate environmental damages and degradation processes (on stone, leather, parchment, painting, wood, ivory, bone, metal, glass); measurement of the extent of damage caused by corrosion, atmospheric pollution, biodegradation;

• Development of analytical techniques for the study of the composition on decay of museum objects (ion beam analysis; irradiation and diffraction techniques; radiography and tomography; fluorescence spectroscopy);

• Measuring the effectiveness of newly developed protection, preservation and conservation procedures (slowing deterioration and damage; innovative coating; proper storage conditions and controlled environment; temperature, humidity, lighting, gas composition);

• Techniques to identify materials, provenience of raw material and production details of object (origin and supplies; studies of ancient production techniques; identifying trade routes);

• Authenticity and authentication of art and archaeological objects (questions of origin, identification fakes and forgeries);

• Prevention of effects of natural and non-natural disasters for Cultural Heritage artefacts (earthquakes; windstorms and floods; blasts);

• Mechanical Characterization of Historical Building Material;

• Inspection methods, Structural health monitoring of Cultural Heritage;

• The role of NDT faced with the tasks of Resilience, Durability and Sustainability;

• Interdisciplinary projects and case studies;

• Certification on NDT in Cultural Heritage Field.

AEND

asociación española de ensayos no destructivos

Certificación | Formación | Difusión

ASOCIACIÓN PROFESIONAL SIN ÁNIMO DE LUCRO CONSTITUIDA EN EL AÑO 1988

Miembro de pleno derecho de la Federación Europea de END (EFNDT) y del Comité Internacional de END (ICNDT)

PRINCIPALES ACTIVIDADES

- **Certificación** del personal de END, a través de su organismo independiente CERTIAEND (acreditado por ENAC según EN ISO/IEC 17024 y UNE EN ISO 9712).
- **Formación** en END. Cursos permanentes en la sede y también a medida en las instalaciones del cliente.
- **Cualificación** del personal de Niveles 1, 2 y 3 que realiza END en el sector Aeroespacial, de acuerdo con UNE EN 4179, a través del centro de examen de la AEND, CECAEND.
- **Publicación** de manuales y textos de estudio.
- **Difusión** mediante su revista "AEND".
- **Organización** de eventos nacionales e internacionales.
- **Participación** en proyectos internacionales.
- **Normalización**, participando en los Comités Técnicos CTN 130 de AENOR, TC 138 del CEN y TC 135 de ISO.

AEND | C/ Bocángel, 28 - 2º Izda. | 28028 Madrid
Tfno.: 91 361 25 85 | Fax: 91 361 47 61
E-mail: informacion@aend.org

- SERVICIOS
- PROYECTOS
- FORMACIÓN
- CERTIFICACIÓN
- ASISTENCIA TÉCNICA

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE SOLDADURA Y TECNOLOGÍAS DE UNIÓN

CESOL

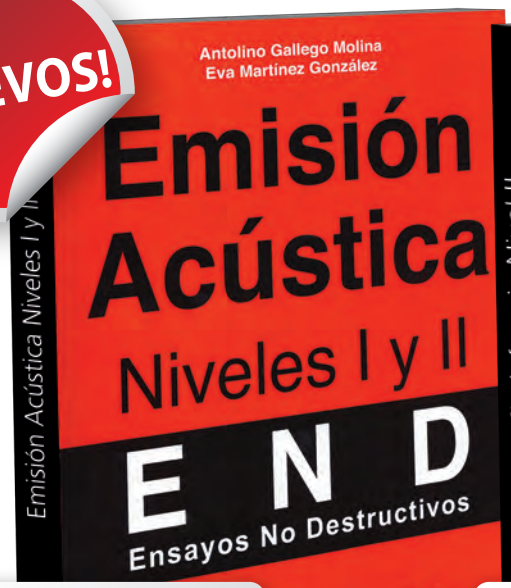
C/ Condado de Treviño nº 2, local F-31, 28033 (MADRID)
Tel.: 914 758 307 - Fax: 915 005 377
cesol@cesol.es

www.cesol.es

AEND
asociación española de ensayos no destructivos

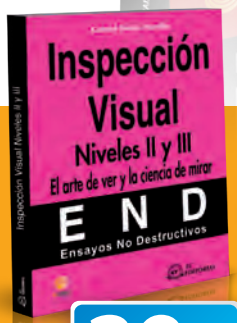
PUBLICACIONES

¡NUEVOS!



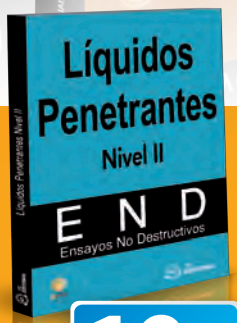
27€

28€

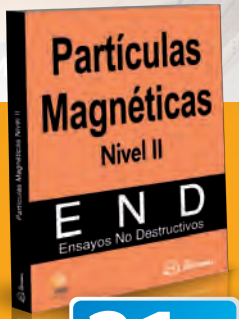


29€

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
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

TARIFAS de PUBLICIDAD revista AEND 2023*

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 €

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 €

** IVA 21% no incluido.

(1) Deseo la inserción de mi anuncio para el nº _____ que se publicará en el mes de de _____ de 2023 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 nº aparecido (adjuntando prueba de inserción), y en la fecha que le corresponda sea con cargo a (2): _____

(Con la factura le adjuntaremos el nº 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 nº anterior.

(*) Las tarifas correspondientes a 2023 están pendientes de aprobación por la Asamblea General.

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. ☐

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

AEND

2023*

Invoice Data

Company / Full Name:

Activity: VAT No.:

Address: Postal Code:

City: Province / State:

Phone No.: Fax No.: E-mail:

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 €

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 €

*21% VAT not included.

(1) I wish my add to be included on issue no. _____ which will be published in the month of _____, 2023. 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 courriered 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.

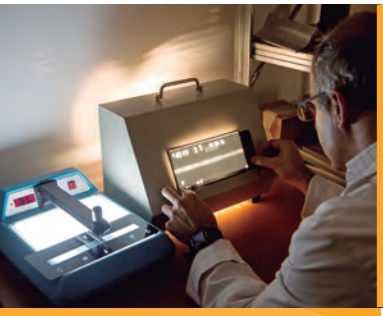
(*) 2023 price list pending for approval in the next General Assembly.

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 thatfor 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

Hoja de Inscripción como miembro 2023*



AEND

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 Nº:

Calle / Plaza: Nº:

Población: C.P.:

Cuenta Corriente / Nº 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,

(*) Las cuotas correspondientes a 2023 están pendientes de aprobación por la Asamblea General.

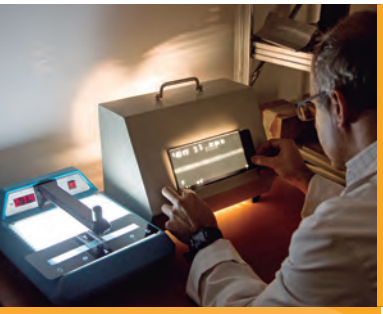
Le informamos que sus Datos Personales recabados serán tratados por la ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (AEND), como Responsable del Tratamiento, para la gestión administrativa de los socios, así como para enviarle información sobre productos y servicios de AEND, siempre con su consentimiento 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. ☐

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

Membership 2023*

Registration Form



AEND

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,

(*) 2023 dues pending for approval in the next General Assembly.

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/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

AEND

asociación española de ensayos no destructivos

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

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

https://www.tecnitestNDT.net/

SERIE ZX
MEDIDOR DE ESPESORES

VICTOR 2.2D
CORRIENTES INDUCIDAS

ENDOFLASHER
VIDEOENDOSCOPIO

LÁMPARA DE LUZ UV
VISTA+

VISICONSULT
INSPECCIÓN RADIOSCÓPICA

WAVE!
RAYTRACING EN TIEMPO REAL, SUPERPOSICIÓN EN TIEMPO REAL DEL A-SCAN DE LA INSPECCIÓN SOBRE LA GEOMETRÍA DE LA PIEZA

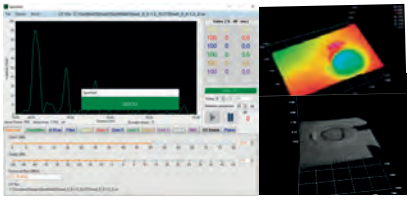
TecniTest NDT

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

REALIZAMOS CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

SPOTCRAFT

Evaluación automática de defectos en soldadura de automoción, mediante inteligencia artificial (IA) y visión artificial.



MATVEL

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

TRITON 10

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

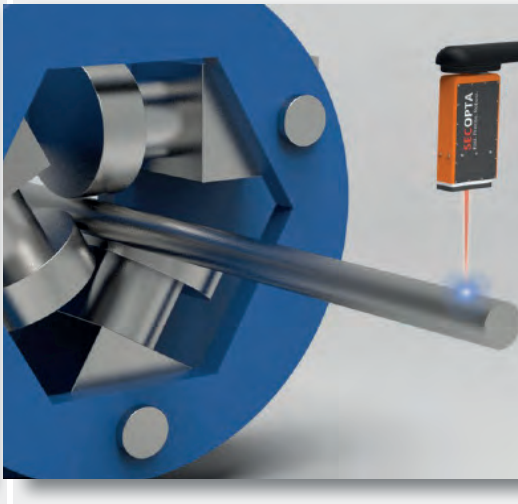
Síguenos en

Tel: 91 796 14 18
Consultas: comercial@tecnitest.com

FOERSTER · comet yxlon · NOVO Digital Radiography · MAGNAFLUX · SECOPTA Fast. Precise. Robust.

Soluciones Globales

Control de Calidad Industrial
Ensayos No Destructivos



Rx| corrientes inducidas | partículas magnéticas | líquidos penetrantes | espectrometría LIBS | dureza UCI - LEEB

900 810 061
izasa@izasascientific.com

izasa scientific
a werfen company