



AEND

asociación española de ensayos no destructivos

revista nº 104 – 3^{er} trimestre – 2023 – 6 €

VALLADOLID

15^o CONGRESO NACIONAL

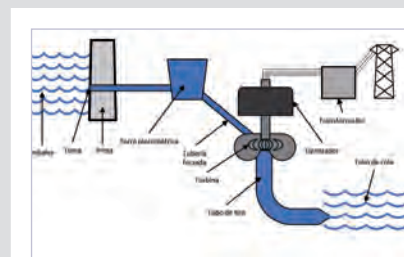
2^o IBÉRICO

DE END 2024



DEL 19 AL 21 DE JUNIO

ARTÍCULOS TÉCNICOS



Sensores para la
monitorización de energía
hidráulica



Radiografía digital portátil
en END: actualidad,
tendencias



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

CONCEPTS
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@cquasso.com - www.cquasso.com

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.



Valladolid 2024
15º Congreso Nacional de END
y 2º Ibérico

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

SUMARIO



CARTA A LOS **LECTORES** 2



NOTICIAS 6



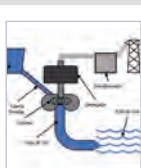
OBITUARIO 18

Obituario de Fernando Isasi Maraño



ENTREVISTA 20

Elena Gómez Sánchez, Directora General de la Asociación Española de Ensayos No Destructivos



ARTÍCULOS TÉCNICOS 26

Sensores para la monitorización de energía hidráulica



ARTÍCULOS TÉCNICOS 40

Radiografía digital portátil en END: actualidad, tendencias

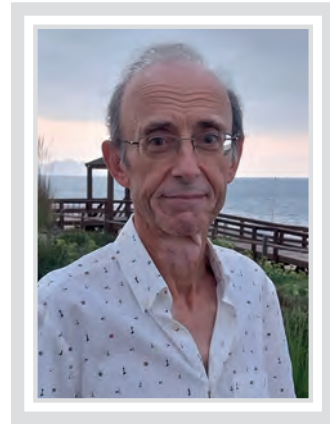
Los conceptos y opiniones expresados en esta revista son de la exclusiva responsabilidad de sus autores, no asumiendo la AEND las opiniones o conclusiones expuestas.



Estimados lectores, colegas y amigos,

Es una alegría dirigirme a vosotros para anunciaros la celebración del 15º Congreso Nacional y 2º Ibérico de END del 19 al 21 de junio de 2024, en la ciudad de Valladolid.

Vivimos en una sociedad en la que las tecnologías digitales están muy presentes. A diario, en nuestras actividades disponemos de una gran cantidad de información y, como señalan los expertos en comunicación, hojeamos decenas de páginas pero apenas procesamos lo que leemos y escuchamos. La fatiga informativa nos provoca estrés y falta de concentración.



El congreso es una buena ocasión para hacer un hueco en la actividad diaria y compartir y mostrar los nuevos desarrollos y experiencias. Pero no solo eso; además del conocimiento, también es una magnífica oportunidad de encuentro y de socialización entre profesionales de los END. Y todo esto tiene especial relevancia y significación en esta ocasión, pues celebramos nuevamente un congreso de ámbito ibérico, 35 años más tarde del primero de ellos.

Para propiciar estos objetivos, teniendo en cuenta las experiencias anteriores y dado el carácter transversal de los END, el congreso incluirá tres grandes ámbitos: uno de conferencias plenarias y mesas redondas sobre temas transversales de interés general, otro de ponencias técnicas y uno tercero de exposición y demostración de equipos y sistemas de END.

La reciente Conferencia Europea de END, celebrada en Lisboa el pasado mes de julio, nos ha puesto de manifiesto la velocidad con la que evoluciona la tecnología y cómo ésta impacta en todas las etapas de la inspección, desde el desarrollo inicial a la evaluación final de los resultados y valorización de los datos. Y con total certidumbre, en la próxima conferencia, seguiremos constatando cómo avanzan tecnologías emergentes tales como los END 4.0, aplicaciones de IA, mayor automatización en las inspecciones de sectores como el aeroespacial, el de energía, etc. Por ello os invitamos a que os inscribáis y seáis parte activa en el mismo.

Así esperamos, con la participación de todos vosotros, diseñar y organizar este congreso para que alcance los objetivos deseados. Y que, además de disfrutar de las actividades de contenido profesional, también como decía el poeta, deleitarse *"... en esta tierra llana, con puente y pinar, con almena y agua lenta, donde se escucha volar aunque el sonido se pierda..."**

¡Nos vemos en Valladolid!

Hasta pronto,

Rafael Martínez-Oña López
Responsable del Comité Científico
15º Congreso Nacional y 2º Ibérico de END

(*): Del poema *"Esta tierra"* de Francisco Pino

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.

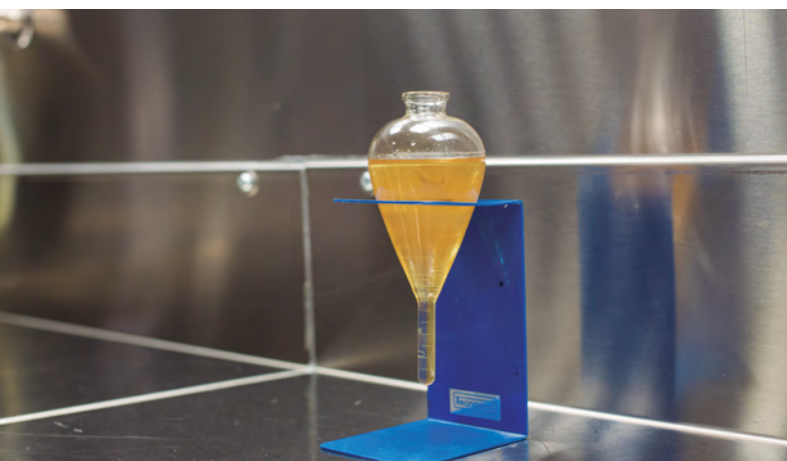
Confirmación anticipada de cobertura de la soldadura mediante la visualización del efecto de un grupo de ondas (modo TFM).

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



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

AEND | www.aend.org



We create chemistry

Chemetall
expect more+

Dedicados a los END en España desde 1970

- ✓ 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

Penetrant Testing



Magnetic Testing



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.

RESUMEN DE NOTICIAS

Reunión 91ª del BoD (*Board of Directors*) de la EFNDT

El pasado 2 de julio se ha celebrado en Lisboa la reunión híbrida del epígrafe durante el desarrollo de la 13ª Conferencia Europea de END, presidida por Fermín Gómez Fraile (Presidente de la EFNDT) y con la asistencia, presencial o a través de Internet, de todos los directores.

Los temas más importantes que se trataron fueron:

Posición de la Federación Europea de END respecto a la Asociación Rusa de END ante el conflicto entre Rusia y Ucrania.

El presidente, así mismo informó que ha contactado con el TIC CEOC (entidad en la que la EFNDT tiene su sede oficial) para recabar la opinión de sus abogados, pero los honorarios que pedían (500 €/hora) no eran aceptables para la EFNDT.

Posteriormente, el mencionado presidente informó que había obtenido información de las actuales directivas europeas sobre este tema.

David Gilbert comentó que los abogados del BINDT (Instituto Británico de END) le informaron que ni los delegados rusos ni las compañías rusas estaban autorizados a participar en reuniones técnicas ni a presentar trabajos en congresos o conferencias sobre END, añadiendo que la pena que podía recaer en representantes británicos por participar junto a delegados rusos en actividades de comités, grupos de trabajo o similares donde se intercambie información técnica puede llegar a 10 años de prisión.

Fermín Gómez Fraile comentó que, dado que varias asociaciones europeas habían manifestado que sus delegados abandonarían las reuniones si se presentaban delegados de la Asociación Rusa, había tomado la decisión de suspender a la mencionada asociación el derecho a asistir a las reuniones de la EFNDT, así como de participar en la Conferencia Europea de Lisboa.

En el mismo sentido y, tras varias discusiones y reuniones, el ICNDT había acordado que la Asociación Rusa no estaría presente en sus reuniones y que el grupo de trabajo 1, que era coordinado por Alexander Mullin (de la Asociación Rusa), pasaría a ser coordinado por Sajeesh Babu (Presidente del ICNDT) y Mike Farley (del BINDT).



Fermín Gómez Fraile, por su parte, propuso la aprobación por el BoD de la creación de un nuevo *forum* sobre estructuras civiles y patrimonio histórico. David Gilbert comentó que el ICNDT tenía la intención de crear otro similar y Thomas Wenzel comentó que este *forum* es copia de uno de los objetivos del OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica). David Gilbert añadió que la mencionada entidad está focalizada en el tratamiento mediante Inteligencia Artificial de la gestión de desastres tales como terremotos y otros. Tras un cambio de opiniones el Presidente de la EFNDT comentó que sería necesario crear un comité para gestionar este *forum* y establecer sus objetivos, incluyendo la cualificación del personal como apuntó Bento Alves (Portugal).

Rene Klieber presentó el estado de las cuotas de las asociaciones y el de las finanzas de la EFNDT. Se acordó que aquellas asociaciones que no hubieran abonado la cuota correspondiente al año 2022 no tendrían derecho a votar en la Asamblea General.

El estado financiero de la EFNDT a final de 2022 era: Ingresos = 23.740 €, Gastos = 16.056 €. Estas cuentas fueron refrendadas por el auditor Caster Wassink.

David Gilbert informó que para editar un número de *newsletter* de la EFNDT solo había recibido tres artículos, uno de Chequia, otro de Hungría y otro de la ECNDT y, que con ese material, no tenía suficiente por lo que pidió un esfuerzo para se le enviaran más artículos. Respecto de la web, informó que se habían actualizado algunos datos y pidió voluntarios para crear un grupo de trabajo para su mantenimiento, respondiendo afirmativamente Bento Alves (RELACRE) y Gema Llorente (AEND), David Gilbert dio las gracias y dijo que en su opinión no se necesitarían más de dos o tres personas para ese cometido.

Fermín Gómez Fraile (Presidente de la EFNDT) explicó que Thomas Wenzel había presentado una propuesta

para profesionalizar la secretaría de la EFNDT. Así mismo el presidente recordó que, normalmente, la secretaría ha estado a cargo de la asociación a la que pertenecía el presidente y, añadió, que el TIC CEOC podría ayudar en temas como envío de facturas a las asociaciones sobre las cuotas, preparación de documentos para presentar a las instituciones belgas, entre otras.

Seguidamente se suscitó un largo cambio de impresiones sobre este tema con parte de los directores a favor de la propuesta y otra parte, encabezada por David Gilbert, que creía más conveniente mantener la secretaría en la misma asociación del presidente, aunque en los temas de finanzas y los temas legales el TIC podría ayudar.

Finalmente se decidió continuar con la discusión antes de presentar una propuesta a la Asamblea General.

A continuación, se repasó la propuesta de informe del BoD a la AG preparado por la secretaría que se aprobó sin comentarios.

Posteriormente, el secretario presentó las nominaciones recibidas dentro de plazo para los puestos de Presidente, Vicepresidente y Directores de la EFNDT:

Para Presidente: Bento Alves (Portugal) y Fermín Gómez (España).

Para Vicepresidente: David Gilbert (Reino Unido), Bento Alves (Portugal) y Ezio Tuberosa (Italia).

Para Directores: Tomasz Chady (Polonia), Peter Fisch (Suiza), Gerald Idinger (Austria), Thomas Wenzel (Alemania), Frederic Schaditzki (Francia) y David Gilbert (Reino Unido).

Bento Alves (Portugal) tomó la palabra para indicar que renunciaba a optar por la posición de presidente y David Gilbert (RU) indicó que renunciaba a la de vicepresidente con lo que para las elecciones al BoD, que tendrán lugar en la Asamblea General del 4 de julio en Lisboa, las nominaciones definitivas son:

- Presidente: Fermín Gómez Fraile (España)
- Vicepresidente: Bento Alves (Portugal) y Ezio Tuberosa (Italia)
- Director: Tomasz Chady (Polonia), Peter Fisch (Suiza), Gerald Idinger (Austria), Thomas Wenzel (Alemania), Frederic Schaditzki (Francia) y David Gilbert (Reino Unido)

Por último el Presidente informó que en la ceremonia de apertura de la 13ª Conferencia Europea se entregarían los premios de la EFNDT y que, el mismo día, se celebraría una cena para conmemorar el 25º Aniversario de la Federación Europea de END que fue creada en 1998 durante la 7ª Conferencia Europea celebrada en Copenhague.



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



Asamblea General de la EFNDT

El día 4 de julio se celebró, durante la 13ª Conferencia Europea de END en Lisboa, la reunión del epígrafe bajo la presidencia de Fermín Gómez y la asistencia de delegados con derecho a voto de diecisiete asociaciones europeas y de otros once delegados sin derecho a voto.

El Presidente, Fermín Gómez, dio la bienvenida a todos los asistentes y el Secretario General, Emilio Romero, pidió que se presentaran cada uno de ellos.

Los puntos más importantes tratados fueron:

Se comprobó que existía *quorum* al estar presentes diecisiete asociaciones sobre un total de veintinueve.

El presidente explicó que la Asociación Rusa había sido suspendida por el BoD (*Board of Directors*) para asistir a reuniones y para participar en votaciones debido a las sanciones adoptadas por diferentes estados europeos a causa del conflicto en Ucrania. También comentó que había recibido un correo de la asociación rusa renunciando a ser miembro de la EFNDT.

El Presidente informó que el Director Pavel Mazel, de Chequia, se había jubilado con lo que dejaba de pertenecer al

EF European Federation for
Non-Destructive Testing
NDT

BoD, igualmente Peter Trampus de Hungría había superado el tiempo de permanecer como *non-voting member* por lo que dejaba de continuar en el BoD.

El Secretario General presentó el informe preparado por el BoD que fue aprobado por la Asamblea General.

Michele Carboni de Italia señaló que no podía seguir como responsable del Grupo de Trabajo 10 y que el nuevo responsable era Antonello Tamburrino de Italia.

El Presidente comentó la posibilidad de crear un nuevo Grupo de Trabajo sobre Ingeniería Civil y Patrimonio Histórico.



Presidencia de la Asamblea General, de izquierda a derecha: Luis Vieira (RELACRE), Bento Alves (Presidente de la 13ª ECNDT), Fermín Gómez (Presidente de la EFNDT), Emilio Romero (Secretario General de la EFNDT) y Gema Llorente (Secretaría de la EFNDT)



De izquierda a derecha: Bento Alves (Presidente de la 13ª ECNDT), Fermín Gómez (Presidente de la EFNDT) y Ezio Tuberosa (Presidente de la Asociación Italiana de END)

Así mismo indicó que, dado que aún coexisten dos estatutos, para normalizar la situación y recuperar la secuencia de celebración de congresos europeos que se había trastocado debido a la pandemia, las personas

que fueran elegidas en esta Asamblea General terminarían su mandato en el año 2026 coincidiendo con la 14ª ECNDT, en la que se celebrarían nuevas elecciones con el nuevo estatuto.

Peter Trampus de Hungría informó que el proyecto RIMA, financiado por la UE, había finalizado tras cuatro años y medio, con un presupuesto total de dieciséis millones de euros, de los que la mitad, se dedicaron al desarrollo del proyecto y, la otra mitad, a garantizar a los participantes las soluciones robóticas y las actividades asociadas.

El tesorero Rene Klieber de Suiza presentó el estado financiero correspondiente al final del año 2022 y el presupuesto para el año 2023, por su parte el auditor C. Wassink dio el visto bueno a ambos con lo que fueron aprobados por la Asamblea General.

El Secretario General explicó el procedimiento a seguir para las elecciones al BoD, presentando las nominaciones recibidas en plazo a los distintos puestos:

- Presidente: Fermín Gómez
- Vicepresidente: Bento Alves y Ezio Tuberosa
- Director: Tomasz Chady, Peter Fish, David Gilbert, Gerald Idinger, Frederic Schaditzki, Thomas Wenzel

Al tener que votar entre dos candidatos a vicepresidente, el que no fuera elegido pasaría a ser candidato a director.



Vista parcial de la Asamblea General de la EFNDT

La votación para el puesto de presidente fue trece votos a favor y cuatro abstenciones.

Para el puesto de vicepresidente la votación resultó: ocho votos para Bento Alves y nueve votos para Ezio Tuberosa.

Para los siete candidatos a directores la votación resultó diecisiete votos para los siete.

Por lo tanto, la nueva composición del BoD hasta las elecciones de 2026, es la siguiente:

- Presidente: Fermín Gómez (España)
- Vicepresidente: Ezio Tuberosa (Italia)
- Directores: Bento Alves (Portugal), Tomasz Chady (Polonia), Peter Fish (Suiza), David Gilbert (Reino Unido), Gerald Idinger (Austria), Frederic Schaditzki (Francia) y Thomas Wenzel (Alemania)

A continuación, el delegado italiano presentó un vídeo promocional de la próxima Conferencia Europea, que se celebrará en Verona en junio de 2026.

Como el número de directores es ocho y solo se han elegieron siete, se acordó abrir un proceso de nueva nominación para cubrir esta vacante. La Secretaría General informará a todas las asociaciones



De izquierda a derecha: Emilio Romero (Secretario General de la EFNDT), Fermín Gómez (Presidente de la EFNDT) y Bento Alves (Presidente de la 13ª ECNDT)

europas de este proceso, incluyendo fecha de la Asamblea General en la que se cubrirá la actual vacante.

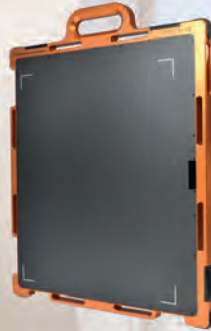


Foto de familia de los asistentes a la Asamblea General (Incluyendo la bandera conmemorativa de los 25 años de la EFNDT)

Detectores de rayos X digitales DXR



DXR75P-HR

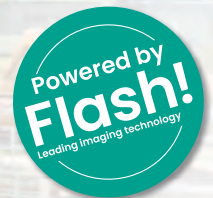


DXR140P-HC
DXR140P-HE
DXR100P-HP



Muy pronto

Escáneres de CR y FS industriales y de alta resolución



Compatible con la
tecnología Flash



CRxVision



CRxFlex II



FSB50

Waygate Technologies

Soluciones de detectores de rayos X digitales
y escáneres

Contacto:

Félix Fernández
+34646404201
waygate-tech.es

13ª Conferencia Europea de Ensayos No Destructivos, del 3 al 7 de julio de 2023, en Lisboa

De acuerdo con lo establecido en los estatutos de la EFNDT, en la Asamblea General de la misma, realizada durante la 12ª Conferencia Europea de END, celebrada en Gotemburgo en 2018 y, tras una votación entre las cinco asociaciones europeas que habían presentado su candidatura para organizar la siguiente, se eligió, mediante votación, la solicitud de la Asociación Portuguesa de Ensayos No Destructivos (FSEND-RELACRE). Aunque las conferencias europeas se deben organizar cada cuatro años, en esta ocasión y, a causa de la pandemia, se ha celebrado en 2023 en lugar de 2022. El lugar escogido por la organización para el desarrollo de este evento fue el Centro de Congresos de Lisboa (CCL).

El Comité Organizador estaba presidido por Bento Alves (Presidente de la Conferencia) y estaba compuesto por Alvaro Ribeiro (Presidente de RELACRE) Ana Duarte, Claudia Almeida, José Roseiro y Luis Vieira Gomes, todos ellos de distintos departamentos de RELACRE. La secretaria la desempeñaba la empresa AIM GROUP Portugal.

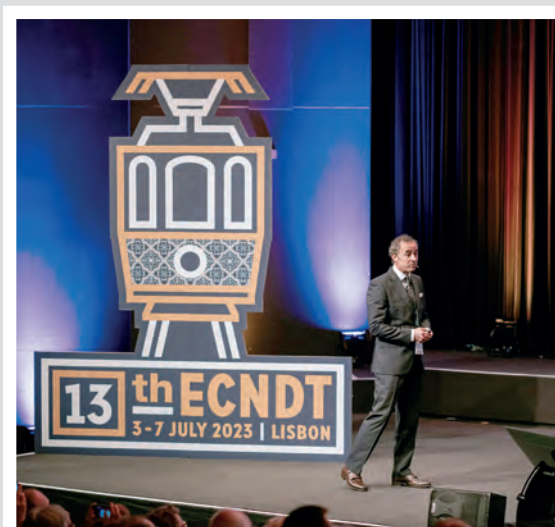
El Comité Científico presidido por Telmo G. Santos (Universidad NOVA) y compuesto por Jaime Santos (Universidad de Coimbra), Artur Lopes Ribeiro (Universidad de Lisboa), Helena Geirinhas Ramos (Universidad de Lisboa), Mario Santos (Universidad de Coimbra) y Miguel Machado (Universidad NOVA). También participaron 135



revisores de 34 países. El número total de presentaciones superó la cifra de 350 entre orales y *posters*, con un enfoque especial en la investigación y el desarrollo aplicados a la seguridad y a la industria.

Los trabajos orales presentados estaban dedicados a los siguientes campos:

- Generación de energía (fósil, nuclear y renovables) – 5 trabajos
- Alimentación y agricultura – 1 trabajo
- Investigación en la Academia Internacional – 10 trabajos
- Tecnología biomédica – 1 trabajo
- Cualificación, certificación, normas y formación – 4 trabajos
- Oil & Gas – 15 trabajos
- NDE & NDT en infraestructuras civiles y materiales – 19 trabajos
- Ultrasonidos (EMAT, acoplamiento con aire, láser, no lineales) – 27 trabajos
- Métodos superficiales (MPI & PT) – 5 trabajos
- Tecnología Green & Echo – 2 trabajos
- Transportes (Ferrocarriles, Automoción, Marina, Aeroespacial) – 9 trabajos
- Microondas, Terahercios e Infrarrojos – 7 trabajos
- NDT Industria 4.0 – 38 trabajos
- Métodos nuevos y disruptivos (Sensores, Algoritmos, Combinación de métodos) – 18 trabajos
- Fiabilidad y estadística en END – 8 trabajos



Bento Alves, Presidente de la 13ª ECNDT dirigiéndose al auditorio en la sesión de apertura

- Arte y patrimonio cultural - 6 trabajos
- END en materiales compuestos - 26 trabajos
- Ondas guiadas - 25 trabajos
- Monitoreo (SHM, Emisión Acústica, Resonancia, Análisis de vibraciones) - 21 trabajos
- Fabricación aditiva 20 trabajos. Robótica y automatización - 14 trabajos
- Ultrasonidos *Phased Arrays* - 27 trabajos
- Simulación numérica, Modelado y Procesado de datos - 22 trabajos
- Robótica y Automatización - 14 trabajos
- Caracterización de materiales - 27 trabajos



Dr. Sajeesh Babu, Presidente del ICNDT en la sesión inaugural

A continuación, se muestra el programa general de la conferencia:

Monday 03/07	Tuesday 04/07	Wednesday 05/07	Thursday 06/07	Friday 07/07
Opening Ceremony (09:00-12:30)	- Additive Manufacturing - Composites - NDE & NDT of Civil - NDT 4.0 - Numerical Simulation - Ultrasound	- Guided Waves - Monitoring - NDT 4.0 - Oil & Gas Academia International Research Day	- Art - Energy - Guided Waves - Materials Characterization - NDT 4.0 - New & Disruptive Methods - Robotics - Ultrasound Ph. Arrays	EFNDT/ICNDT Certification WK (ISO 9712) - Materials Characterization - NDT Reliability and Statistic - Ultrasound Ph. Arrays
Lunch				
- Additive Manufacturing - Composites - NDE & NDT of Civil - Surface Methods - Ultrasound	- Composites - Guided Waves - Microwave - NDE & NDT of Civil - NDT 4.0 - Numerical Simulation - Transportation - Ultrasound	- Energy - Guided Waves - Monitoring - NDT 4.0 - Oil & Gas Academia International Research Day	- Materials Characterization - New & Disruptive Methods - Qualification & Certification - Robotics - Ultrasound Ph. Arrays	
Poster Evening & Welcome Reception		Gala Dinner		Closing Ceremony

El día 3 de julio, a la 9 de la mañana comenzó la ceremonia de apertura que contó con los discursos de bienvenida a cargo de Alvaro Ribeiro (Presidente de RELACRE), Bento Alves (Presidente de la 13th ECNDT, 2023), Dr. Sajeesh Babu (Presidente del ICNDT) y Fermín Gómez Fraile (Presidente de la EFNDT).



Vista general del auditorio del Centro de Congresos en la sesión inaugural



Fermin Gómez, Presidente de la EFNDT durante la sesión inaugural



Emilio Romero, Secretario General de la EFNDT en la sesión inaugural

A continuación, Emilio Romero (Secretario General de la EFNDT) procedió a entregar los Premios EFNDT, consistentes en un diploma y una placa en metacrilato con un grabado conmemorativo, a las tres personas que fueron seleccionadas, según el procedimiento operativo correspondiente, de entre las seis candidaturas presentadas, a saber: Fermín Gómez Fraile (AEND), Bento Alves (FSEND-RELACRE) y Etienne Martin (COFREND).

Tras un intermedio con música popular portuguesa intervinieron los autores de las cuatro ponencias invitadas, en el siguiente orden:

- Ms. Hanane Taidi, Directora General del *TIC Council*, cuya presentación llevaba por título, *Global trends and developments in the TIC sector*
- Dr. Johannes Vrana, CEO de *Vrana GmbH*, cuya presentación llevaba por título, *Welcome to the world of NDE 4.0*

- Dr. Mohamed Elkarmoty, Facultad de Ingeniería de la Universidad de El Cairo, cuya presentación llevaba por título, *Discovery and validation of the North Face Corridor in the Great Pyramid of Giza using non-destructive techniques*
- Prof. Telmo G. Santos, Profesor de la Escuela NOVA de Ciencia y Tecnología, cuya presentación llevaba por título, *Beyond the surface: the intelligent use of different physical phenomena in NDT to save lives*

Después del almuerzo, comenzaron las sesiones técnicas en las cinco salas preparadas al efecto, donde se presentaron, en total, nueve trabajos. Posteriormente, se inauguraron el área de exposición y la zona de presentación de *Posters*, que disponían de una extensión de 1.700 m² y, por último, se celebró la recepción de bienvenida en la mencionada zona de presentación de *posters*.



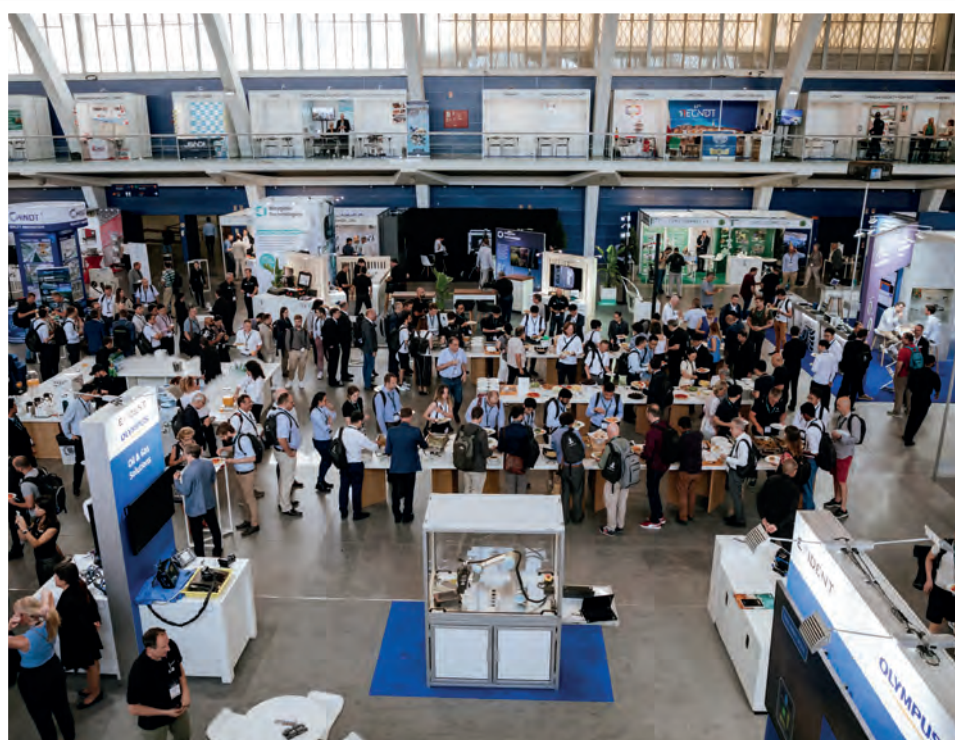
Emilio Romero, Secretario General de la EFNDT haciendo entrega a Bento Alves (FSEND-RELACRE) del premio EFNDT AWARD



Certificado del Premio EFNDT AWARD para Etienne Martin

En el área de exposición, compuesta por dos pabellones y una entreplanta, estuvieron representadas 135 empresas, incluidas fabricantes de equipos con las tecnologías más avanzadas en Ensayos No Destructivos, así como

21 *stands*, situados en la entreplanta, correspondientes a asociaciones nacionales, tanto europeas como internacionales, entre ellas el de la Asociación Española de Ensayos No Destructivos.



Vista general del área de exposición y de los *stands* de las asociaciones asistentes



Vista general del área de exposición

- El día 4 de julio se presentaron de manera oral 20 trabajos
- El día 5 de julio se presentaron de manera oral 19 trabajos
- El día 6 de julio se presentaron de manera oral 18 trabajos

El día 7 de julio comenzó con un *workshop* conjunto EFNDT-ICNDT sobre el tema "Formación, Cualificación y Certificación, la nueva ISO 9712". Seguidamente, se presentaron de manera oral 5 trabajos.

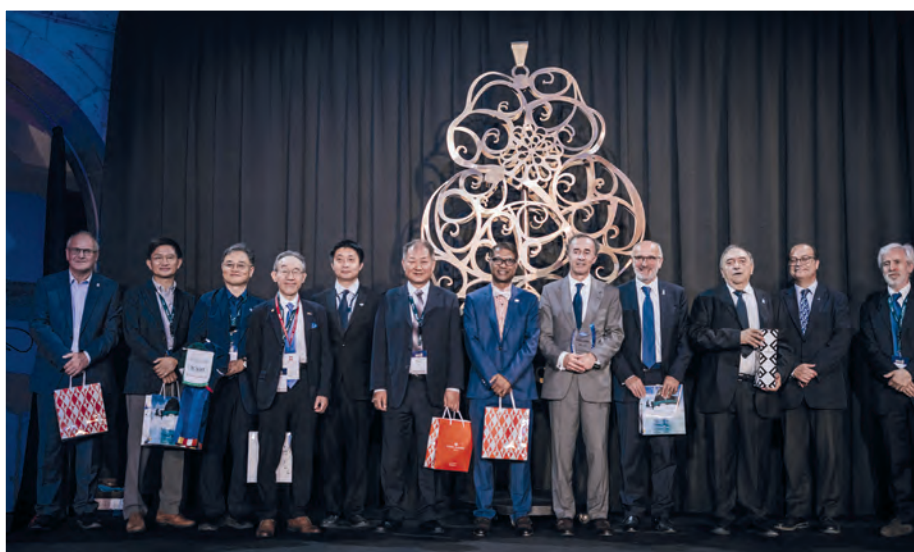
Por lo que respecta a actos sociales que se desarrollaron a lo largo de la semana, citamos lo siguiente:

El martes 4 de julio la Federación Europea de END (EFNDT) y el Comité Internacional de END (ICNDT) ofrecieron una cena de fraternidad en un restaurante típico de Lisboa.

El miércoles 5 de julio se celebró la cena de gala en el restaurante Beato Convent. El número total de comensales sobrepasó la cifra de 600 y, es de destacar, que la cena estuvo amenizada, durante todo su transcurso, por la actuación de un grupo musical. En un intermedio, los representantes de las distintas asociaciones, tanto europeas como de otros continentes ofrecieron sus regalos al Presidente de la Conferencia, Bento Alves.



Vista general de la cena de gala



El Presidente de la 13th ECNDT con los representantes de asociaciones nacionales e internacionales

El jueves 6 de julio se celebró una cena conmemorativa de los 25 años de existencia de la EFNDT, que fue creada durante la 7ª Conferencia Europea celebrada en Copenhague en 1998, y cuyos Presidentes han sido hasta la fecha y en orden cronológico: Prof. Dierk Schnitger (Alemania), Roger Roche (Francia), Mike Farley (Gran Bretaña), Vjera Krstelj (Croacia), Matthias Purschke (Alemania), Peter Trampus (Hungria), Roger Lyon (Gran Bretaña) y Fermín Gómez (España).

La ceremonia de clausura se desarrolló al mediodía del 7 de julio y estuvo presentada por Bento Alves, Presidente de la ECNDT, quien hizo un balance global de la conferencia señalando que la realización de este evento ha permitido dar a conocer el potencial de FSEND-RE-LACRE en este sector, lo que permite un mayor reconocimiento de su acción a niveles nacional e internacional, revelándose como un área de actividad de elevada importancia estratégica, presentó los datos de congresistas,



Foto de familia de los asistentes a la cena del 25 aniversario de la EFNDT

En esta celebración se entregaron unos diplomas de agradecimiento a algunas de las personas que han estado desempeñando distintos puestos de responsabilidad dentro de la EFNDT: Mike Farley (Gran Bretaña), Giuseppe Nardoni (Italia), Gerhard Aufricht (Austria), Jesús Serrano (España), Vjera Krstelj (Croacia), Rainer Link (Alemania), Robert Risse (Francia) David Gilbert (Reino Unido) y Emilio Romero (España).

expositores, patrocinadores y autores de los trabajos presentados, agradeciendo a todos ellos su participación absolutamente necesaria para poder organizar y desarrollar la conferencia; el Presidente de la EFNDT, Fermín Gómez Fraile, felicitó a Bento Alves y a todo el equipo que han hecho posible obtener un magnífico resultado final.



Imagen de uno de los diplomas de agradecimiento entregados



Fermin Gómez Presidente de la EFNDT durante la sesión de clausura

Como colofón, Bento Alves entregó a Ezio Tuberosa, Presidente de la Asociación Italiana de END (AIPnD), el símbolo de las conferencias europeas, ya que Italia celebrará el año 2026 la 14ª Conferencia Europea de END en la ciudad de Verona. Ezio Tuberosa agradeció las palabras de Bento Alves y dio paso a Michelle Carboni, presidente de esa próxima conferencia europea, quien presentó un vídeo sobre la AIPnD y la ciudad de Verona, con lo que quedó clausurada la 13ª Conferencia Europea de END, con un éxito absoluto.

Fernando Isasi Marañón

Estimados colegas,

Con notable pesar tenemos que comunicar desde estas líneas el fallecimiento de Fernando Isasi Marañón en Bilbao el pasado 19 de setiembre, a la edad de 88 años.

Profesionalmente, su actividad la realizó en la dirección de calidad de General Eléctrica Española, donde fue uno de los pioneros de la aplicación de los Ensayos No Destructivos en nuestro país, con especial dedicación para los componentes de la industria nuclear y otras áreas de generación.

Así mismo, compatibilizando su actividad profesional con la docencia en la Escuela Superior de Ingenieros de Bilbao y, posteriormente, con una considerable dedicación a nuestra Asociación.

Prácticamente, desde el comienzo de la AEND, Fernando ha sido un impulsor de nuestra entidad, habiendo participado, desde el Comité Norte, en las actividades de formación, siendo de destacar su aportación en el desarrollo de preguntas y probetas en los inicios de esta actividad por la AEND y, especialmente, en la puesta en marcha de todo el proceso de la certificación desde la implantación del sistema basado en la ASNT-TC-1A, hasta la adecuación a la norma europea e internacional UNE EN ISO-9712.

Por otro lado, es justo recordarle también en su faceta de examinador que, aunque algunos lo consideraban de una gran rigidez, en el fondo siempre, amable y colaborador, ayudaba e intentaba ponerse en la situación del más débil.

Él siempre fue una persona con la que todos podíamos contar para cualquier cosa que necesitases y siempre, con toda la amabilidad del mundo, trataba tanto a compañeros como a empresas, para intentar solucionar sus problemas, dentro de sus posibilidades.

Consideramos que para todos ha sido un modelo a seguir por su empatía con las personas que trataba y por los consejos que siempre transmitió a los más jóvenes.

Querido amigo Fernando, te echaremos mucho de menos, nos dejas un gran vacío y muchas lecciones magistrales para animarnos a seguir adelante, descansa en paz y, desde donde estés, puedes estar seguro de que te recordaremos, con especial cariño, especialmente los que tantos años hemos tenido la suerte de poder colaborar contigo y contar con tu amistad.

Siempre te recordaremos Fernando.

Tus amigos de la AEND.



OBITUARIO

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.



En el presente número de nuestra revista nos complace poder entrevistar a Elena Gómez Sánchez, recientemente nombrada Directora General de la Asociación Española de Ensayos No Destructivos.

Elena, ante todo te damos nuestra más sincera enhorabuena por tu reciente nombramiento, estamos seguros de que desarrollarás tu cargo con la eficacia y dedicación que, en todo momento, has demostrado en tu carrera profesional dentro de nuestra Asociación.

En primer lugar, nos gustaría que expusieses a nuestros lectores como fue tu incorporación a la AEND y la evolución hasta llegar a tu posición actual.

Mi incorporación a la plantilla de la Asociación Española de Ensayos No Destructivos (AEND) fue en septiembre de 2001, cuando fui contratada para participar en el equipo que se encargaba de la organización de la 8ª ECNDT (8ª Conferencia Europea de END) que celebramos en el año 2002 en Barcelona.

La participación en la organización de este evento fue una oportunidad para demostrar mi capacidad de organización y compromiso, siendo por otra parte mi primer punto de contacto con el mundo de los END, permitiéndome conocer y relacionarme con diferentes empresas y profesionales del sector, empaparme de las diferentes iniciativas que se venían trabajando en el mismo e ir acostumbrando mi oído a los Ensayos No Destructivos.

Mi día a día, a partir de este proyecto, queda ligado de forma inexorable a la organización de los distintos Congresos Nacionales e Internacionales que hemos organizado en la Asociación y de los cuales hemos disfrutado mucho. De forma paralela, comienza mi participación en la Gestión del Departamento de Formación que, en aquel entonces, se encontraba en plena expansión.

Gracias a la confianza depositada en mí, por José Manuel Corrales LLavona (q. e. p. d.), de quien me acuerdo en todo momento y a quien tenemos mucho que agradecer, tuve la oportunidad de asumir el papel de Directora Financiera y de Administración de la AEND, en la que pude desarrollar, profesionalmente, mi formación como Licenciada en Ciencias Económicas. Desde entonces y hasta este año 2023, hemos trabajado incansablemente en fortalecer y profesionalizar dicha Dirección, acompañada de un equipo magnífico de profesionales.

Finalmente, en este año 2023, bajo la dirección del actual Presidente de la AEND, Emilio González Álvarez, se me designó como Directora General de la AEND.

Este nombramiento es un enorme honor para mí y, al cual dedico día a día todos mis esfuerzos, pasión y entusiasmo. Estoy totalmente comprometida a liderar la Asociación mediante un proyecto sólido hacia

un futuro exitoso en el campo de los Ensayos No Destructivos para nuestra organización y para nuestros compañeros.

¿Qué recuerdos tienes de tu primera época, en nuestra Asociación?

Los recuerdos de mi primera época laboral son muy especiales y significativos. Entre estos recuerdos destacan: la organización de la 8ª ECNDT (fue una experiencia enriquecedora y un desafío emocionante, trabajando en un gran equipo para lograr el éxito en la organización de un evento tan importante), el "aprendizaje constante" (en estos primeros años todo es nuevo y te encuentras en todo momento aprendiendo en el entorno de los END, su importancia en

La participación en la organización de la 8ª Conferencia Europea de END celebrada en 2002 en Barcelona, fue una oportunidad para demostrar mi capacidad de organización y compromiso

la industria y su necesidad. Me sumergí en el mundo de los Ensayos no Destructivos y adquirí una base sólida de conocimientos y el crecimiento personal y profesional (la AEND me brindó la oportunidad de crecer no solo profesionalmente, sino también personalmente, manejando desafíos, tomando decisiones y liderando equipos).

Estos recuerdos de mi primera época laboral en la AEND han sido fundamentales en mi carrera y han influido en mi compromiso continuo y en el conocimiento en el campo de los END. Han sido años de aprendizaje, crecimiento y contribución a nuestra Asociación.

¿Puedes darnos tu visión actual de las actividades de la AEND (considerando, especialmente, los medios humanos)?

Tenemos una gran suerte en la AEND, contamos con un equipo de personas excepcionales, tanto en el ámbito personal como profesional, que con su trabajo ayudan día a día a que la Asociación brille con luz propia en aspectos tan importantes como la promoción, gestión y mejora de los END en las industrias y servicios públicos y privados; también la del perfeccionamiento profesional y la formación permanente en el ámbito de los END; el fomento de la investigación, así como la enseñanza en los diferentes métodos; el desarrollo de normas y especificaciones necesarias; la Certificación del personal de END a través de su Órgano de Certificación CERTIAEND, etc.

¿Consideras que la AEND está cubriendo de forma adecuada las necesidades de la industria de nuestro país en el tema de los END?

Siempre tenemos presente, que uno de los fines de la Asociación es cubrir las necesidades de la Industria en nuestro país y así lo hacemos, dedicando parte de nuestros esfuerzos a conocer de primera mano qué demandan las empresas.

Es fundamental que continuemos fomentando y participando, activamente, en todas las actividades en las que se discutan, estudien o publiquen trabajos relacionados con los END y estamos permanentemente buscando nuevos foros de participación para que nadie, con una necesidad, quede fuera, así continuamos trabajando en la creación de grupos de trabajo y/o comités técnico-científicos, así como, colaborando en las actividades de otros organismos para difundir el conocimiento y desarrollo de los END.

Nuestra misión es conocer mejor el sector empresarial que utiliza o realiza los END y, al mismo tiempo, seguir de cerca los nuevos desarrollos o tendencias tratando de determinar cuáles van a ser las necesidades del mercado, antes incluso de que se materialicen y, por supuesto, contribuir al desarrollo de los END en la industria, aportando y facilitando el intercambio de información entre nuestros asociados

¿Cómo valorarías la actividad internacional de la AEND?

La Asociación ha desarrollado una importantísima labor durante estos últimos años para lograr una importante presencia internacional de España, lo que ha permitido, no solo participar, sino tener protagonismo en la vanguardia de la política de END en el ámbito internacional.

En mi opinión, los principales beneficios reportados por este trabajo de la actividad internacional se pueden resumir en un intercambio de conocimientos, ampliación de redes y contactos, influencia activa en normativa internacional, promoción de la industria española y aprendizaje continuo y actualización de habilidades de los miembros de la organización.

Como ejemplos podemos destacar a lo largo de estos años: la firma de distintos acuerdos, como el de Reconocimiento Mutuo de la Certificación del Personal que realiza END, de Cooperación Profesional con otras Asociaciones y organizaciones profesionales afines, la participación y liderazgo en varios grupos de trabajo de la EFNDT, entre otros, ...

Y como logro a destacar, algo de lo que nos sentimos especialmente orgullosos en esta Actividad Internacional, es la consecución de la Presidencia de la EFNDT de nuestro Secretario General, Fermín Gómez Fraile.

¿Puedes explicarnos un poco cuáles son tus ideas para mejorar o hacer más eficiente la colaboración de la AEND con las empresas que utilizan o realizan END?

Nuestra misión es conocer mejor el sector empresarial que utiliza o realiza los END y, al mismo tiempo, seguir de cerca los nuevos desarrollos o tendencias, tratando de determinar cuáles van a ser las necesidades del mercado, antes incluso de que se materialicen y, por supuesto, contribuir al desarrollo de los END en la industria aportando y facilitando el intercambio de información entre nuestros asociados.

Para conseguir esto estamos trabajando en un proyecto sólido y bien planificado, dedicando nuestros esfuerzos a:

- Evolucionar los canales de comunicación a sistemas modernos, claros y efectivos entre la Asociación y las empresas, incorporando nuevos canales a los ya existentes, por ejemplo, las redes sociales
- Optimizar el "networking" con las empresas, donde puedan aprender sobre las últimas tendencias y avances, e intercambiar experiencias. En este sentido,

continuaremos con la organización de eventos, conferencias y seminarios pero, a la vez, exploraremos nuevos formatos de encuentros colaborativos, en los que puedan coincidir profesionales y empresas de distintos perfiles

- *Actualizar los programas de formación y capacitación para que las empresas y profesionales puedan mejorar sus habilidades en END, explorando nuevos formatos*
- *Optimizar la accesibilidad de la información a través de un rediseño de la "web", en la cual se recopilan estándares, regulaciones y mejores prácticas en Ensayos No Destructivos, lo que ayudará a las empresas a mantenerse al día y cumplir con los requisitos normativos*
- *Fomentar el sentido de la comunidad y la colaboración entre miembros de la Asociación a través de comités técnicos, grupos de trabajo o proyectos colaborativos*
- *Trabajar en canales de promoción mutua entre la Asociación y sus miembros a través de los sitios web, las redes sociales y otros canales de comunicación*

- *Colaborar en investigación y no olvidar implementar procedimientos, buscando la evaluación continua que nos permita seguir creciendo como organización para brindar los servicios de la forma más profesional y cercana*

En resumen, la colaboración eficiente entre la Asociación Española de Ensayos No Destructivos y las empresas y socios requiere construir entornos profesionales y cercanos que faciliten una comunicación sólida, nuevas oportunidades de aprendizaje y desarrollo, acompañado de un compromiso mutuo para promover y avanzar en la industria de los END.

Muchas gracias Elena, no solo por el tiempo de tu extensa agenda empleado para hacer posible la realización de esta entrevista, también por tu eficaz colaboración a lo largo de tu amplia vida profesional en nuestra organización, es muy grato recordar la ilusión que demostraste en aquellos momentos de la organización de la 8th ECNDT (8ª Conferencia Europea de END) que celebramos en el año 2002 en Barcelona, en los que, a pesar de tu juventud, ya dejaste patente tus aptitudes.

De nuevo enhorabuena, un fuerte abrazo Sra. Directora General.



Sede de la AEND en madrid





art'23

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



Brescia (I)
November 28th/30th, 2023



**BERGAMO
BRESCIA**
Capitale Italiana
della Cultura



PARTNER ISTITUZIONALE



MAJOR PARTNER



PARTNER DI SISTEMA



PARTNER DI AREA





AEND

asociación española de ensayos no destructivos

NUEVAS PUBLICACIONES

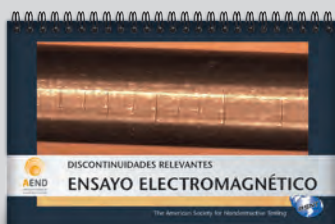
10% de descuento para socios de la AEND



37€



32€



32€



32€



32€



32€

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

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

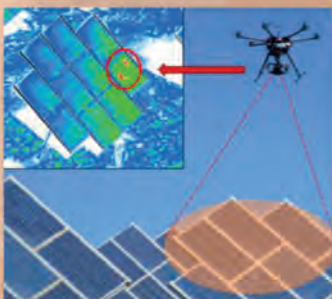
E-mail: informacion@aend.org

AEND | www.aend.org

IVA no incluido

SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN

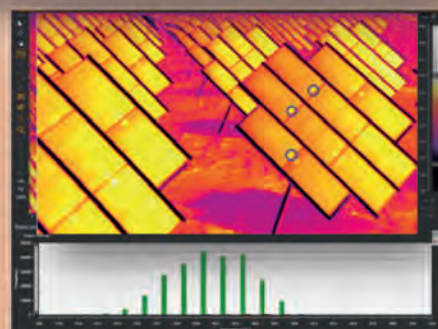
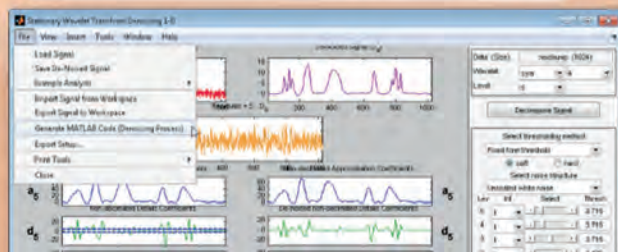
Ingenium es un grupo multidisciplinar de investigación formado por miembros de diferentes países con experiencia en proyectos nacionales e internacionales.



PROCESADO DE SEÑALES

Generamos y desarrollamos avanzados modelos matemáticos para el procesamiento de señales

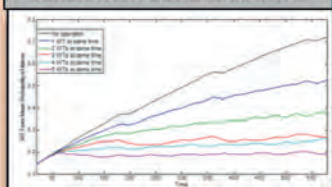
Sistemas informáticos integrados



ing€nium
Research Group

A bonis ad meliora

GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS



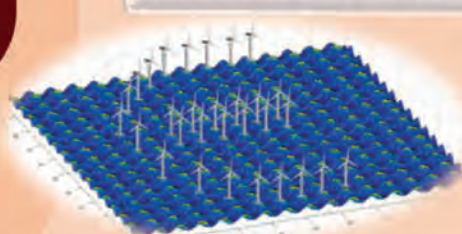
ELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA



UTILIZACIÓN DE MEDIDAS DE CLASIFICACIÓN

I. Birkbaum	I. Criticality
$I_{B}^{min} = \frac{Q}{Q_{p}}$	$I_{C}^{min} = \left(\frac{Q}{Q_{p}} \right) \left(\frac{Q}{Q_{p}} \right) \left(\frac{Q}{Q_{p}} \right) \left(\frac{Q}{Q_{p}} \right)$
I. Fossil-Versely	I. Estructural
$I_{FV}^{min} = \frac{(Q_{p} - Q_{p})}{Q_{p}}$	$I_{E}^{min} = \{ (Q_{p} - Q_{p}) - Q_{p} \}$

Reducción de Costes



Umbrales de decisión basados en análisis cuantitativos y cualitativos de sistemas complejos para la optimización de toma de decisiones

Niveles de seguridad, fiabilidad, disponibilidad, mantenimiento. Ciclo de vida de productos, costes y mejora de la productividad.

OPTIMIZACIÓN DE DECISIONES



ANÁLISIS DE COSTES

SENSORES PARA LA MONITORIZACIÓN DE ENERGÍA HIDRÁULICA

Autores

Alfredo Peinado Gonzalo: Alfredo.Peinado@uclm.es - Fausto Pedro García Márquez: FaustoPedro.Garcia@uclm.es
Ingenium Research Group, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real



La producción de energía mediante energías renovables aumenta cada año. Entre ellas, la energía hidroeléctrica es una tecnología reconocida y consolidada. Comparada con otras energías renovables, no depende tanto de las condiciones meteorológicas y permite almacenar energía. Los sistemas de energía hidráulica requieren una vigilancia constante para detectar fallos a tiempo y evitar paradas no deseadas. La literatura previa en cuestiones puntuales, como la cavitación o la fatiga o en un sistema de supervisión concreto. Esta revisión amplía los conocimientos actuales presentando el estado del arte de los sistemas de monitorización del estado aplicados a los sistemas hidroeléctricos, clasificándolos en función de la tecnología de detección aplicada (vibración, visual, acústica...). Además, se presenta un análisis de los resultados, discutiendo exhaustivamente las tendencias actuales, las lagunas en la investigación y los retos en este campo.

Palabras clave: energía hidráulica, monitorización, energías renovables, revisión.

Abreviaturas: RPM: Revoluciones Por Minuto. IA: Inteligencia Artificial. MEF: Modelado por Elementos Finitos. SCADA: Control Supervisor y Adquisición de Datos

1. Introducción

La energía hidroeléctrica es una fuente de energía renovable, basada en la conversión de la energía potencial almacenada en grandes embalses o presas, en energía eléctrica mediante el uso de turbinas y generadores [1, 2].

A diferencia de otras fuentes de energía renovables, la energía hidroeléctrica puede utilizarse bajo demanda y almacenarse y regenerarse en momentos que la mencionada demanda disminuya [3, 4]. Los sistemas hidroeléctricos modernos se desarrollaron a finales del siglo XIX [5, 6] y, desde entonces, la capacidad hidroeléctrica instalada ha aumentado de forma constante desde la década de 1950. Se espera que aumente aún más para mitigar los efectos del cambio climático y descarbonizar la red [7]. La mayor parte de la nueva capacidad se ha instalado en Asia (principalmente China y Turquía) y Sudamérica [6, 8]. La Figura 1 muestra la evolución de la capacidad añadida e instalada desde 1900.

Las estaciones hidroeléctricas se componen de varios sistemas, presentados en la Figura 2, adaptada de [9, 10].

Los componentes que forman una estación hidroeléctrica se definen como [2, 10]:

- Embalse: lago artificial situado detrás de la presa
- Toma: entrada del agua a la estación hidroeléctrica. Algunas estaciones hidroeléctricas disponen de un basurero para evitar que los residuos procedentes del agua entren en el sistema
- Presa o represa: estructura que restringe el flujo de agua desde el embalse, normalmente construida en hormigón
- Torre piezométrica: depósito instalado entre la presa y la central para reducir las fluctuaciones de presión debidas a los cambios de velocidad del agua y evitar el golpe de ariete
- Tubería forzada: conducto presurizado a través del cual se transporta el agua a la turbina

- Turbina: máquina rotativa que convierte la energía cinética del agua en movimiento de rotación. Se acopla al generador para generar electricidad
- Eje: conexión mecánica entre la turbina y el generador.
- Generador: estructura que convierte la rotación de la turbina en electricidad
- Transformador: sistema que cambia el nivel de corriente eléctrica del generador a un valor adecuado para la red
- Tubo de tiro: tubería instalada a la salida de la turbina que sirve para aumentar la presión del agua para un mejor funcionamiento de la turbina
- Tubo de cola: estructura que conduce el agua fuera de la estación en condiciones normales
- Aliviadero o vertedero: estructura que aleja el agua de la alta presión para evitar su desbordamiento

Todos estos componentes están sometidos a un uso constante y sufren fallos que pueden dificultar o interrumpir su funcionamiento normal. De ahí que sea necesario llevar a cabo una monitorización y una inspección de estos sistemas para prevenir, detectar y mitigar los posibles fallos que aparezcan durante su funcionamiento.

Otras revisiones se centran en el uso de un único tipo de señal como la vibración [9], en el estudio de fallos como la cavitación [11] o la fatiga [12], o en el diseño y mantenimiento de cada sistema [10]. Aunque interesantes para la investigación, estas revisiones son incompletas, ya que se centran en una parte menor de la monitorización de las estaciones.

No se pueden evaluar las tendencias generales, de ahí la necesidad de crear una revisión sobre el campo de la monitorización del estado de las estaciones.

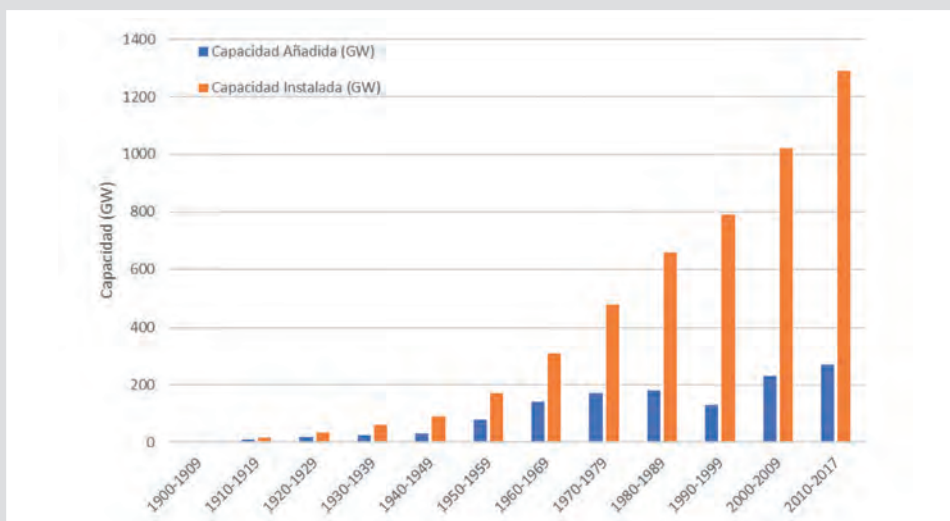


Figura 1. Capacidad de energía hidroeléctrica desde 1900, adaptado de [6]

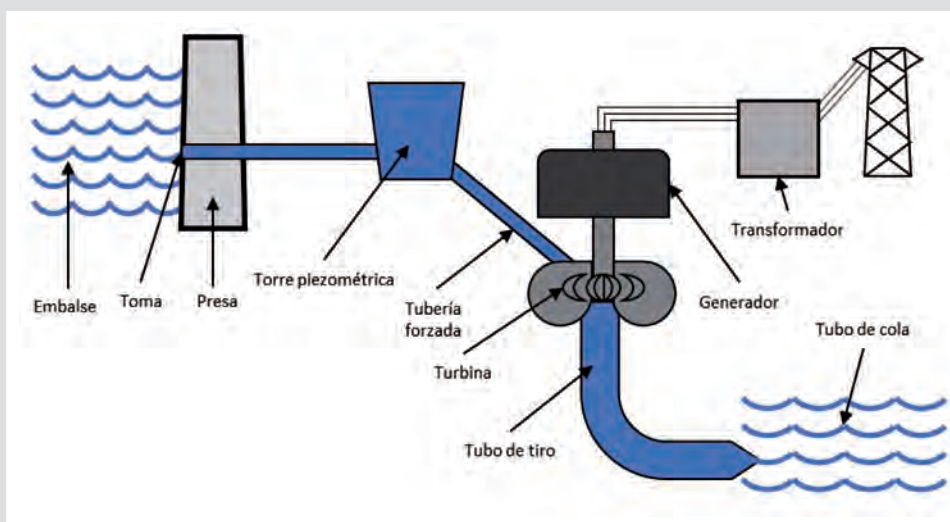


Figura 2. Componentes de una estación hidroeléctrica, adaptado de [9]

El objetivo de esta revisión es complementar la investigación actual revisando, exhaustivamente, los sistemas de monitorización más comunes aplicados a cada uno de estos sistemas y analizando las tendencias futuras en este campo, clasificados en función del tipo de sensor y señal empleada. En la Tabla 1 se presenta un resumen de las revisiones relacionadas con la monitorización del estado de las estaciones hidroeléctricas.

Como se presenta en la Tabla 1, la mayoría de las revisiones tratan sobre la turbina o el generador, sin considerar la mayoría de los componentes restantes o considerándolos como parte de dichos componentes. En cuanto a los fallos, la cavitación es la más estudiada, lo que muestra el espacio de conocimientos en relación con otras cuestiones. La vibración y la presión son las señales más utilizadas, ya que permiten extraer características del componente monitorizado

Referencia	Fecha	Componente	Problema	Señal empleada	Técnica de análisis
[13]	1999	Presa	-	Vibración, deformación, tensión	Análisis de frecuencia
[14]	2008	Presa	Grietas	Acústica	-
[2]	2014	Turbina	-	Vibración, desplazamiento, presión	IA, análisis de frecuencia
[11]	2016	Turbina	Cavitación	Presión, flujo	-
[12]	2016	Turbina	Fatiga, erosión, cavitación	Desplazamiento	MEF
[15]	2015	Turbina	Cavitación, erosión, fatiga	-	-
[16]	2010	Turbina	Cavitación	Vibración, acústica, visual, temperatura	Análisis de señal, análisis de frecuencia, análisis de imagen
[17]	2021	Turbina, rodamientos	-	Potencia, vibración,	-
[18]	2021	Turbina, tuberías	Cavitación, abrasión	Caudal, potencia eléctrica, RPM, desplazamiento	Wavelet, análisis de frecuencia, IA, modelo
[10]	2022	Tubería, presa, toma	Grietas, erosión, cavitación	Vibración, tensión, visual	Análisis de frecuencia
[19]	2010	Turbina, tubo de tiro	Cavitación	Presión, caudal, visual	Modelo matemático, MEF
[20]	2007	Turbina, generador, transformador	Cavitación, condición anómala	Visual, gas, vibración	-
[9]	2017	Turbina, generador, transformador, torre piezométrica, tubo de tiro	Cavitación, erosión, fatiga	Vibración	Análisis de frecuencia, modelo matemático
[21]	2014	Generador	-	Potencia eléctrica, caudal, presión	-
[22]	2021	Generador, turbina	-	Acústica	Modelo, análisis de frecuencia, wavelet, extracción de características
[3]	2019	Generador, transformador, turbina	-	Presión, vibración, temperatura, caudal	Índice

Tabla 1. Revisiones sobre monitorización de centrales hidroeléctricas

y detectar anomalías. La revisión que aquí se presenta complementa las investigaciones anteriormente mencionadas, explicando los sistemas de monitorización más comunes aplicados para cada uno de los componentes de una central hidroeléctrica.

Esta revisión pretende complementar la investigación actual revisando de forma exhaustiva los sistemas de monitorización más comunes aplicados para cada uno de estos sistemas, y analizando las tendencias futuras en este campo. La novedad de esta revisión radica en el análisis general de la monitorización del estado de las estaciones hidroeléctricas, separado por componentes monitorizados y presentando las señales más comunes adquiridas y, las técnicas de análisis realizadas.

El resto de la revisión se estructura así: la metodología de búsqueda y clasificación de las referencias se presenta en la Sección 2; las técnicas actuales aplicadas para la monitorización de estaciones se presentan en la Sección 3, separadas por el sensor utilizado (vibración, presión, temperatura...); la Sección 4 presenta el análisis de los resultados, los espacios de conocimiento y las futuras líneas de investigación; y la Sección 5 presenta las conclusiones que resumen esta investigación.

2. Metodología

La metodología que se ha seguido para este artículo es la siguiente:

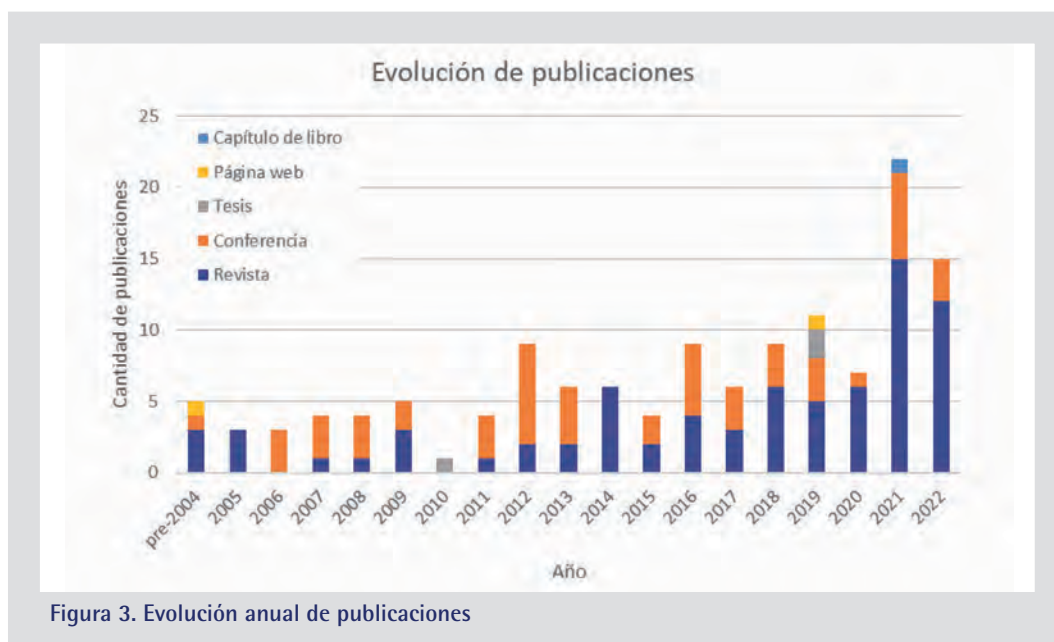
- Se ha realizado una búsqueda exhaustiva de publicaciones en repositorios como *Scopus* y *Google Scholar*, introduciendo palabras clave como "condition monitoring", "hydropower", "dam" o "turbine"

- Se han leído las publicaciones encontradas, filtrando las irrelevantes para esta investigación
- Las referencias seleccionadas se han ordenado en función del año de publicación y del tipo de publicación (artículo de revista o congreso, capítulo de libro o tesis doctoral)
- Las referencias se han clasificado teniendo en cuenta el sistema monitorizado (p.ej., turbina, presa o generador), los sensores o datos adquiridos (p.ej., vibración, imagen), la técnica de análisis utilizada para procesar los datos (p.ej., análisis de frecuencia o modelo) y los problemas evaluados (p.ej., cavitación, sedimentación o resistencia a los terremotos)

Utilizando esta metodología, se consideraron pertinentes para el estado de la técnica, 135 publicaciones. De ellas, el 80% están dedicadas a la monitorización de un solo sistema, mientras que las publicaciones restantes consideran varios sistemas para su vigilancia. La evolución de las publicaciones a lo largo del tiempo se presenta en la Figura 3.

Hay una tendencia positiva en el número de publicaciones, sobre todo en las revistas (56%) y artículos de conferencias (39%). También hay tesis doctorales y capítulos de libros, aunque no son tan frecuentes. Esto demuestra que la investigación sobre la monitorización del estado de las estaciones hidroeléctricas aún no se ha extendido, lo que muestra oportunidades para seguir investigando en este campo.

Esta revisión pretende mostrar una visión general de la monitorización del estado de las centrales hidroeléctricas separada por sensores empleados, por lo que no presentará una explicación detallada de las técnicas de análisis empleadas (métodos estadísticos, modelos matemáticos, inteligencia artificial...).



Una discusión más extensa de las técnicas de análisis aplicadas queda fuera del alcance de este artículo, aunque se espera que sirva de base para publicaciones sobre cada componente o investigaciones basadas en las lagunas encontradas.

Las posibles fuentes de error en esta revisión estarían causadas por clasificaciones erróneas u omisión de detalles, que se solucionan volviendo a comprobar las referencias encontradas en los diferentes repositorios.

Los sensores empleados para la monitorización de centrales hidroeléctricas se explican a continuación, separados por el tipo de sensor o su aplicación en la central.

3. Sensores y señales empleados para monitorizar centrales hidroeléctricas

En esta sección se presentan los sensores y señales más comúnmente empleados para monitorizar centrales hidroeléctricas. Algunas secciones agrupan componentes similares (como sensores acústicos y ultrasonidos, o los datos de composición de distinto tipo). En cada sección también se presenta una tabla resumiendo las referencias mencionadas para cada señal.

3.1 Vibración

Los sensores de vibración o acelerómetros, en centrales eléctricas se usan para evaluar el estado de los componentes analizando las frecuencias y resonancias de los mismos, y su variación para detectar anomalías. Su amplio rango de aplicaciones les permite ser los más versátiles [9, 10], aunque su principal uso es en la monitorización de turbinas [9, 17], como se detalla a continuación. Los acelerómetros se usan en presas para evaluar su integridad estructural [23, 24] y su resistencia a terremotos [25], generalmente mediante análisis de frecuencia [13, 26], apoyado por modelos matemáticos y computacionales [24, 27, 28].

Las turbinas son los componentes más monitorizados con diferencia y, los sensores más ampliamente usados para evaluar su estado, son los acelerómetros [2, 29]. Problemas y fallos identificados a través de vibraciones son la abrasión de las palas [30, 31], cavitación [16, 32, 33] sedimentación [34], o fatiga [31]. Las señales proporcionadas se evalúan mediante análisis de frecuencia [35-37] y estadístico [32, 38]; herramientas computacionales [39, 40]; técnicas de inteligencia artificial como redes

neuronales [41, 42], análisis de componentes principales [43-45]. Los rodamientos de las turbinas también se monitorizan usando acelerómetros [46], siendo posible evaluar su estado mediante técnicas de inteligencia artificial [47, 48] y estadísticas [49, 50].

Los generadores y transformadores se monitorizan con acelerómetros para detectar problemas como el desgaste [51, 52] y la rotura [3] de componentes internos [20, 53], aunque el uso de sensores de vibración para monitorizarlos no está tan extendido.

3.2 Presión

Los sensores de presión se usan, principalmente, en los sistemas de tuberías para evaluar su integridad y estado. [3, 54]. Estos sensores se usan para detectar golpe de ariete, en la torre piezométrica [55, 56], en la tubería forzada [57, 58], y en el tubo de tiro [59]. La cavitación también se estudia para todo el circuito hidráulico [11, 19], especialmente en la tubería forzada [60, 61], y el tubo de tiro [37, 62].

El uso de sensores de presión en las turbinas está mayormente orientado a estudiar la cavitación, principalmente en turbinas tipo "Francis", en las que es inevitable [63, 64]. El análisis de las señales de presión se hace principalmente comparándolas con modelos físicos [30, 65], modelos digitales [1, 39, 66], y análisis estadístico [67]. La inteligencia artificial también se aplica, aunque de forma menos extendida [68].

Los generadores y transformadores se monitorizan para detectar problemas como grietas y cortocircuitos, modelos matemáticos, computacionales y técnicas de inteligencia artificial, se usan ampliamente para analizar los datos y detectar posibles fallos

3.3 SCADA

Las variables SCADA (abreviación de control supervisor y adquisición de datos en inglés) suelen ser consideradas como un conjunto de datos recibidos a baja frecuencia y provenientes de distintos puntos del sistema [53, 69].

Los datos SCADA aplicados a presas se usan para evaluar su integridad estructural [70], aplicando modelos matemáticos [71] y computacionales [72] para manejar los

datos. En los embalses, se usan para evaluar la biodiversidad presente en el agua [73]. La monitorización de turbinas usando datos SCADA se usa para detectar problemas como grietas [74] y cavitación [40, 66], analizando los datos mediante modelos matemáticos [1, 50].

Los generadores y transformadores se monitorizan para detectar problemas como grietas [75] y cortocircuitos [76, 77]. modelos matemáticos [78, 79], computacionales [80,

81] y técnicas de inteligencia artificial [79, 82] se usan ampliamente para analizar los datos y detectar posibles fallos.

3.4 Magnitudes eléctricas

Las magnitudes eléctricas, como potencia o voltaje, se usan principalmente para monitorizar el generador y el transformador, ya que su valor y variaciones están directamente relacionadas con el estado de estos componentes [17, 21]. Es de destacar el robot autónomo presentado por *Leibbrandt et al.* [83], que usa ventosas para moverse por las paredes de la presa, y análisis electroquímico para detectar corrosión.

Los fallos, más frecuentemente estudiados, son las grietas [68, 84], y cortocircuitos [85, 86], así como la detección de comportamientos anómalos en el generador [85, 87, 88]. Los datos producidos se analizan principalmente mediante análisis de frecuencia [68, 88, 89]; análisis estadístico [80, 90]; el uso de modelos matemáticos [91, 92]; y de técnicas de inteligencia artificial [82, 93].

3.5 Temperatura

Los termómetros se usan en centrales hidroeléctricas para detectar anomalías basándose en que un componente está comportándose de forma anómala cuando su temperatura aumenta por encima de cierto límite [67, 68]. Se usan para monitorizar el estado de la presa [71] en combinación con otros sensores [30, 67]. En la turbina se usan para detectar anomalías y fallos [40, 94]. Los sensores de temperatura tienen un uso más extendido con los rodamientos, usándose para detectar [95], fatiga [96] y roturas [46]. Su mayor uso es en el generador para detectar desgaste [1, 3] y rotura [81] de sus piezas internas, o indirectamente detectar fallos con el sistema de enfriamiento [79]. En el transformador también se usan, [16, 94], aplicados para detectar descarga parcial [97, 98].

La medida de la temperatura pierde utilidad al tener en cuenta que el aumento de temperatura se suele producir cuando el componente está muy próximo a fallar o ya fallando, dando poco margen de maniobra para actuar y repararlo o mitigar los daños.

3.6 Sensores acústicos

Los sensores acústicos funcionan midiendo la intensidad y el tono del sonido que emiten los componentes al funcionar, tanto en el rango audible como en el de los ultrasonidos. Su aplicación más extendida es para detectar cavitación, tanto

en las turbinas [16, 99], como en las tuberías [16]. En las turbinas, la cavitación se detecta usando técnicas de análisis como el aprendizaje automático, con una precisión superior al 90% en la detección de cavitación [100, 101]. En las tuberías, las señales acústicas se analizan usando métodos estadísticos [33], y análisis de frecuencia [32].

Además de cavitación, también se puede detectar sedimentación en las tuberías [102], usando análisis de frecuencia para determinar la concentración y tamaño de las partículas en suspensión. En las represas, las señales acústicas se usan, principalmente, para evaluar la integridad estructural [14, 103] y el cálculo de la vida útil restante. Finalmente, en los transformadores se pueden detectar descargas de energía [104, 105] usando redes neuronales [105] y análisis de frecuencia.

Es posible detectar anomalías y fallos de forma temprana, aunque el uso de sensores acústicos no está tan extendido como el de sensores de vibración, a pesar de su funcionamiento similar.

Los sensores acústicos funcionan midiendo la intensidad y el tono del sonido que emiten los componentes al funcionar, tanto en el rango audible como en el de los ultrasonidos. Su aplicación más extendida es para detectar cavitación, tanto en las turbinas, como en las tuberías

3.7 Otros

En esta sección se agrupan otros sensores y variables que también son usados para la monitorización de centrales hidroeléctricas, pero cuyo uso no está tan extendido como para los anteriores.

Los sensores basados en imágenes se usan, principalmente, para monitorizar las presas [10, 83], especialmente la aparición de grietas [10, 20], sedimentación [83, 106] y corrosión [16]. Otra aplicación frecuente es el uso de cámaras para evaluar la biodiversidad de los embalses [107, 108], mediante análisis de imagen [109].

En centrales hidroeléctricas hay diferentes técnicas de muestreo orientadas según el objetivo que se persigue. Existen sensores para evaluar la composición del aire alrededor del generador [20, 104], y así detectar fallos de aislamiento o descargas parciales en el generador. El análisis de composición del agua se usa para detectar la posible sedimentación [110, 111] dentro del circuito, así como abrasión [112, 113] o corrosión [114] en las tuberías. El muestreo de especies como peces [115, 116], pájaros [117] o microorganismos [118] en el entorno del embalse se realiza para evaluar el impacto de la construcción en su entorno [108, 119], principalmente mediante análisis estadístico [120, 121].

El caudal se usa principalmente para evaluar el estado de las tuberías, desde la entrada a la cola de tiro [54]. Los caudalímetros se emplean principalmente para detectar cavitación [62, 68], abrasión [65, 113] en las tuberías, y golpes

de ariete en la torre piezométrica [56]. Las señales recibidas se analizan, principalmente, mediante modelos matemáticos [11, 122], modelado por elementos finitos [18, 98], y análisis estadístico [19, 67].

Los sensores de desplazamiento se usan, mayoritariamente, complementando a otros sensores [2, 12] para evaluar el estado de componentes como las turbinas [34, 67], la presa [25, 71], o la tubería forzada [60, 61]. Los defectos más comúnmente estudiados usando sensores de desplazamiento son la fatiga [12] y la aparición de grietas [123]. Las señales recibidas se analizan mediante modelos matemáticos [2, 60] o computacionales [61, 124].

Otros sensores como GPS [71, 125], radares [126], y sismómetros [72] se suelen usar para evaluar el estado de la presa y la aparición de defectos como grietas.

4. Análisis de resultados

En la actualidad existen dos líneas de pensamiento para la monitorización: en tiempo real y en diferido [10]. La monitorización en tiempo real se basa en la adquisición de datos en tiempo real y el análisis de las señales [17, 54], mientras que la monitorización en diferido se basa en la inspección de los componentes a intervalos de tiempo programados [1,

65]. En la actualidad, la investigación se está orientando hacia la monitorización de estado en línea, ya que proporciona una imagen más precisa del estado del sistema. Las estrategias de mantenimiento que se basan en ella suelen fundamentarse en la prevención de fallos y la optimización de la programación [10].

Como se indica en la introducción, las revisiones anteriores analizaban únicamente componentes del sistema (turbinas, componentes eléctricos...), o determinadas fuentes de datos (vibración, sonido...).

En esta revisión se ha analizado el uso de diferentes señales y fuentes de datos para complementar las investigaciones anteriores.

Los sistemas de monitorización más utilizados se basan en la vibración (20% de las publicaciones), la presión (13%), variables SCADA (12%) y variables eléctricas como la potencia o la corriente (12%). Los sensores de vibración y temperatura son los más generalizados para las turbinas, mientras que las variables eléctricas y SCADA se aplican para el transformador y el generador. En cuanto a las tuberías, los sensores de presión y caudal son los más utilizados para la monitorización de estos componentes. El uso de cada tipo de sensor condiciona en gran medida el análisis de señal proporcionado, ya que las señales de vibración y acústicas se analizan mayoritariamente mediante análisis de frecuencia (27% de las publicaciones), y la mayoría de las señales se comparan con modelos físicos o matemáticos (27%) o

con un umbral para establecer una alerta de condición anómala, así como análisis estadísticos para detectar anomalías (9% de las publicaciones). El uso de la Inteligencia Artificial se centra en la detección de anomalías en la señal, aplicada sobre todo para la turbina y los componentes eléctricos, ya que son los más estudiados.

La proporción de publicaciones separadas por tipos de señal se presenta en la Figura 6.

Como ya se ha dicho anteriormente, la investigación se orienta hacia la supervisión en tiempo real, ya que los problemas y fallos pueden detectarse más rápidamente y el análisis puede automatizarse. Esto también conlleva una reducción de los costes de mantenimiento y una mejora constante de los equipos y las técnicas de análisis.

Los sensores de presión y caudal son los más utilizados para la monitorización de las tuberías

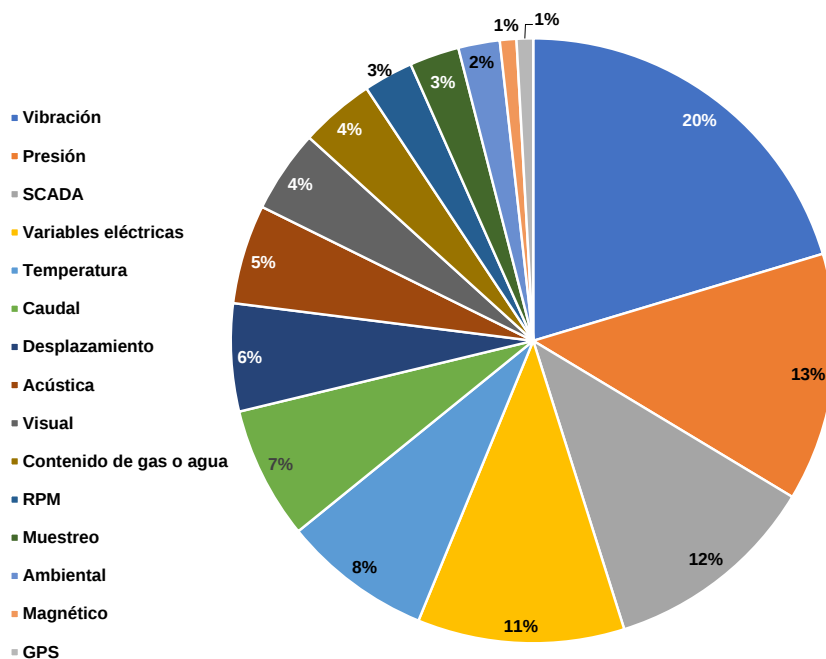


Figura 6. Proporción de publicaciones por señal usada

Utilizar la monitorización histórica en diferido en combinación con los datos en tiempo real de las estaciones sería beneficioso para un análisis más preciso.

Dado que la energía hidroeléctrica es una técnica de producción de energía muy conocida y desarrollada, la investigación es amplia y existen reseñas bibliográficas que resumen los conocimientos sobre la materia.

En cuanto a los datos utilizados, SCADA, vibración, temperatura y presión son los más comunes, lo que suele limitar el análisis a realizar. La combinación de diferentes fuentes proporciona una imagen más completa de la planta y permite detectar fallos, así como falsas alarmas.

En la literatura se ha encontrado procesamiento de señales utilizando el Internet de las Cosas, IA y otras técnicas modernas, aunque no de forma extensiva. Por ejemplo, la IA se basa casi exclusivamente en el uso de redes neuronales artificiales, sin apenas referencias a otras técnicas de procesamiento para la monitorización o el modelado. Técnicas como los algoritmos genéticos, las máquinas de vectores de apoyo o la optimización por enjambre de partículas han demostrado su fiabilidad en otros campos de investigación y podrían ser beneficiosas para la supervisión y el mantenimiento de las centrales. Además, la combinación de IA con otros métodos de procesamiento, como los modelos, o datos históricos, se puede convertir en una poderosa herramienta para el monitoreo de centrales hidroeléctricas.

5. Conclusiones

En este artículo se ha presentado una revisión de los sensores y señales más comúnmente aplicados para la monitorización de centrales hidroeléctricas. Se ha realizado un análisis cuantitativo y cualitativo a partir de las referencias empleadas y se han discutido las lagunas y futuras líneas de investigación.

En general, existe una tendencia positiva en este tema, ya que el número de publicaciones crece de forma constante cada año y la mayoría de las investigaciones se publican en artículos de revistas bien establecidas.

Las señales más empleadas son las de vibración y las variables SCADA. Dada su versatilidad y robustez, se emplean en todos los sistemas de las centrales, proporcionando

información sobre su estado y posibles fallos. Las señales de los sensores de vibración se evalúan generalmente mediante análisis de frecuencia, comparación con modelos matemáticos o mediante técnicas de inteligencia artificial; mientras que las señales SCADA se analizan empleando técnicas estadísticas y de inteligencia artificial. Esto permite un análisis exhaustivo del estado de los sistemas y la rápida detección de problemas. Los sensores acústicos son similares a los de vibración, y se pueden emplear de igual forma en todo el sistema. Su uso no está tan extendido, lo que proporciona oportunidades para la investigación con estos sensores.

Los sensores de presión se emplean, principalmente, en el circuito hidráulico, principalmente para detectar golpes de ariete y cavitación. La información generada se analiza mediante modelos matemáticos y computacionales. Prácticamente no hay información sobre técnicas de IA empleadas para analizar señales de presión, por lo que es un campo inexplorado y relativamente nuevo.

Otras señales, como las eléctricas, la temperatura o señales visuales, también se emplean, aunque su uso está generalmente restringido a un sistema dentro de las centrales. Las señales eléctricas (potencia o voltaje) se usan para monitorizar el generador y el transformador, ya que su valor está directamente relacionado con el estado de estos componentes. Las señales visuales se usan en la presa y el embalse, para evaluar corrosión, grietas y el estado ambiental del agua.

El potencial de otras tecnologías está aún por descubrir y, se espera, que esta revisión sirva de base para ello. En cuanto a las técnicas de análisis de señales, como ya se ha explicado, éstas se limitan al análisis que puede realizarse a partir de las señales, y se basan, principalmente, en cualquier tipo de análisis estadístico o de frecuencias. Por último, la aplicación de la IA al análisis de señales es reciente, pero muestra perspectivas prometedoras.

Las señales eléctricas (potencia o voltaje) se usan para monitorizar el generador y el transformador, ya que su valor está directamente relacionado con el estado de estos componentes. Las señales visuales se usan en la presa y el embalse, para evaluar corrosión, grietas y el estado ambiental del agua

Reconocimientos

Este trabajo, origen del presente artículo, ha sido financiado por la beca *SRUK On the Move*, en colaboración con el grupo de investigación Ingenium, perteneciente a la UCLM.



Referencias

- [1]. Betti, A., E. Crisostomi, G. Paolinelli, A. Piazzzi, F. Ruffini, and M. Tucci, Condition monitoring and predictive maintenance methodologies for hydropower plants equipment. *Renewable Energy*, 2021. 171: p. 246-253.
- [2]. Selak, L., P. Butala, and A. Sluga, Condition monitoring and fault diagnostics for hydropower plants. *Computers in Industry*, 2014. 65(6): p. 924-936.
- [3]. Betti, A., E. Crisostomi, G. Paolinelli, A. Piazzzi, F. Ruffini, and M. Tucci, Condition monitoring and early diagnostics methodologies for hydropower plants. *arXiv preprint arXiv: 06242*, 2019.
- [4]. Oyler, A.F. and J.E. Parsons, The Value of Pumped Hydro Storage for Deep Decarbonization of the Spanish Grid. 2020, MIT Working Papers.[Online].
- [5]. Marín, C.E. and R.G.J.I.G. Marín, Agua y energía: producción hidroeléctrica en España. 2010(51): p. 107-129.
- [6]. International Hydropower Association. 2021 Hydropower Status Report. 2022 [cited 2022 December]
- [7]. Ferrer Frau, L.M., Strategy for energy storage in Spain for 2050. 2020, Universitat Politècnica de Catalunya.
- [8]. Mishra, P., A comparison on development of pumped storage hydropower in Europe and Asia. 2017, The Arctic university of Norway.
- [9]. Mohanta, R.K., T.R. Chelliah, S. Allamsetty, A. Akula, and R. Ghosh, Sources of vibration and their treatment in hydro power stations-A review. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 2017. 20(2): p. 637-648.
- [10]. Kumar, K. and R.P. Saini, A review on operation and maintenance of hydropower plants. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 2022. 49: p. 101704.
- [11]. Luo, X.-w., B. Ji, and Y. Tsujimoto, A review of cavitation in hydraulic machinery. *Journal of Hydrodynamics*, 2016. 28(3): p. 335-358.
- [12]. Liu, X., Y. Luo, and Z. Wang, A review on fatigue damage mechanism in hydro turbines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016. 54: p. 1-14.
- [13]. Radkevich, D.B., I.K. Konovalov, and V.V. Braitsev, Development and metrological support of methods and means of diagnostics and research on Power-Generating Structures. *Hydrotechnical Construction*, 1999. 33(8): p. 516-521.
- [14]. Baifeng, J.I. and Q.U. Weilian. The research of acoustic emission techniques for non destructive testing and health monitoring on civil engineering structures. in 2008 International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis. 2008.
- [15]. Kumar, R. and S.K. Singal, Operation and Maintenance Problems in Hydro Turbine Material in Small Hydro Power Plant. *Materials Today: Proceedings*, 2015. 2(4): p. 2323-2331.
- [16]. Ikenna Chukwudi, E., Review of condition monitoring of cavitation phenomenon in hydropower plants. 2010.
- [17]. Alagöz, İ., M. Bulut, V. Geylani, and A. Yıldırım, Importance of real-time hydro power plant condition monitoring systems and contribution to electricity production. *Turk. J. Electr. Power Energy Syst*, 2021. 1(1): p. 1-11.
- [18]. Liu, J., Y. Xu, K. Zhou, and M.-F. Ge, 6 - Fault diagnosis and failure prognosis in hydraulic systems, in *Fault Diagnosis and Prognosis Techniques for Complex Engineering Systems*, H. Karimi, Editor. 2021, Academic Press. p. 207-262.
- [19]. Kumar, P. and R.P. Saini, Study of cavitation in hydro turbines—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2010. 14(1): p. 374-383.
- [20]. Ahmad, I. and A. Rashid, On-line monitoring of hydro power plants in Pakistan. *Information Technology Journal*, 2007. 6(6): p. 919-923.
- [21]. Jarry-Bolduc, D. and E. Cote, Hydro energy generation and instrumentation & measurement: hydropower plant efficiency testing. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 2014. 17(2): p. 10-14.
- [22]. Dao, F., Y. Zeng, Y. Zou, X. Li, and J. Qian Acoustic Vibration Approach for Detecting Faults in Hydroelectric Units: A Review. *Energies*, 2021. 14, DOI: 10.3390/en14237840.
- [23]. Yan, L. and S.R. Kehmeyer, Seismic Stability Analyses on Elderberry Forebay Dam, in *IACGE 2018: Geotechnical and Seismic Research and Practices for Sustainability*. 2019, American Society of Civil Engineers Reston, VA. p. 195-203.
- [24]. Mateja, K., Z. Dejan, and K. Andrej, Vibrations of a hydropower plant under operational loads. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, 2020. 10(1): p. 29-42.
- [25]. Zhao, S., S. Fan, and J. Chen, Quantitative assessment of the concrete gravity dam damage under earthquake excitation using electro-mechanical impedance measurements. *Engineering Structures*, 2019. 191: p. 162-178.
- [26]. Kuzmenko, A., D. Vorobyeva, and E. Zolotukhin. Monitoring the technical condition of dams of hydroelectric power plants with an automated monitoring and earthquake registration system. in 2012 Power Engineering and Automation Conference. 2012.
- [27]. Mostafaei, H., M. Ghamami, and P. Aghabozorgi, Modal identification of concrete arch dam by fully automated operational modal identification. *Structures*, 2021. 32: p. 228-236.
- [28]. Zhang, J., G. Hou, K. Cao, and B. Ma, Operation conditions monitoring of flood discharge structure based on variance dedication rate and permutation entropy. *Nonlinear Dynamics*, 2018. 93(4): p. 2517-2531.
- [29]. Egusquiza, E., C. Valero, D. Valentin, A. Presas, and C.G. Rodriguez, Condition monitoring of pump-turbines. New challenges. *Measurement*, 2015. 67: p. 151-163.
- [30]. Sapkota, P., S. Chitrakar, H.P. Neopane, and B. Thapa, Problem Identification and Condition Monitoring status of Nepalese Power Plants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022. 1079(1): p. 012064.
- [31]. Egusquiza, M., E. Egusquiza, C. Valero, A. Presas, D. Valentin, and M. Bossio, Advanced condition monitoring of Pelton turbines. *Measurement*, 2018. 119: p. 46-55.
- [32]. Liu, S.Y. and S.Q. Wang. Cavitations Monitoring and Diagnosis of Hydropower Turbine on Line Based on Vibration and Ultrasound Acoustic. in 2007 International Conference on Machine Learning and Cybernetics. 2007.
- [33]. Suyi, L. and W. Shuqing. A Multi-sensor Fusion Method for the Detection of Cavitations in the Hydropower Turbine. in 2007 Chinese Control Conference. 2007.
- [34]. Baron, P., M. Kočiško, S. Hlavatá, and E. Franas, Vibrodiagnostics as a predictive maintenance tool in the operation of turbo generators of a small hydropower plant. *Advances in Mechanical Engineering*, 2022. 14(5): p. 16878132221101023.

- [35]. Qi, Z., R. Tang, X. Gao, L. Wang, and C. Ju. Research on Fatigue Damage of Hydrogenerator Unit Head Cover Connecting Bolts Based on Time-Frequency Analysis. in 2021 IEEE Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers (IPEC). 2021.
- [36]. Kurzin, V. and V. Seleznev, Mechanism of emergence of intense vibrations of turbines on the Sayano-Shushensk hydro power plant. *Journal of applied mechanics and technical physics*, 2010. 51: p. 590-597.
- [37]. Stefan, D. and P. Rudolf, Proper Orthogonal Decomposition of Pressure Fields in a Draft Tube Cone of the Francis (Tokke) Turbine Model. *Journal of Physics: Conference Series*, 2015. 579(1): p. 012002.
- [38]. Egusquiza, E. Vibration behavior of hydraulic turbines, Application to condition monitoring. in *Proceedings of the 2nd IAHR International Meeting of the WG on Cavitation and Dynamic Problems in Hydraulic Machinery and Systems*, Timisoara, Romania. 2007.
- [39]. Liu, Z., S. Zou, and L. Zhou. Condition Monitoring System for Hydro Turbines Based on LabVIEW. in 2012 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference. 2012.
- [40]. Aleksandrov, A.E., E.U. Nezametdinov, and A.A. Sidorov, A System for Diagnostics of Hydroturbine Units of the Zhigulevskaya HPP. *Power Technology and Engineering*, 2005. 39(4): p. 199-203.
- [41]. Presas, A., D. Valentin, W. Zhao, M. Egusquiza, C. Valero, and E. Egusquiza, On the use of neural networks for dynamic stress prediction in Francis turbines by means of stationary sensors. *Renewable Energy*, 2021. 170: p. 652-660.
- [42]. Zhao, W., M. Egusquiza, C. Valero, D. Valentin, A. Presas, and E. Egusquiza, On the use of artificial neural networks for condition monitoring of pump-turbines with extended operation. *Measurement*, 2020. 163: p. 107952.
- [43]. Zhu, W., J. Zhou, X. Xia, C. Li, J. Xiao, H. Xiao, and X. Zhang, A novel KICA-PCA fault detection model for condition process of hydroelectric generating unit. *Measurement*, 2014. 58: p. 197-206.
- [44]. Daga, A.P., L. Garibaldi, D. Cuvato, M. Bonjean, A. Sannolo, and L. Artaz, Vibration monitoring of a hydroelectric power generation unit: Improved indicators of rotor health based on orbital analysis. *Mechanics Industry*, 2022. 23: p. 15.
- [45]. Zhao, W., M. Egusquiza, A. Estevez, A. Presas, C. Valero, D. Valentin, and E. Egusquiza, Improved damage detection in Pelton turbines using optimized condition indicators and data-driven techniques. *Structural Health Monitoring*, 2021. 20(6): p. 3239-3251.
- [46]. Ranjan, R., S.K. Ghosh, and M. Kumar, Fault diagnosis of journal bearing in a hydropower plant using wear debris, vibration and temperature analysis: A case study. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, 2020. 234(3): p. 235-242.
- [47]. Tian, Y., F. Gao, and Y. Chai. Application of IOT and Stresswave Analysis in Online Monitoring and Diagnosis of Large Generating. in 2021 4th International Conference on Energy, Electrical and Power Engineering (CEEPE). 2021.
- [48]. Nässelqvist, M., R. Gustavsson, and J.-O. Aidanpää, A Methodology for Protective Vibration Monitoring of Hydropower Units Based on the Mechanical Properties. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 2013. 135(4).
- [49]. Kahraman, G. and O. Özdemir, Mathematical modeling of vibration failure caused by balancing effect in hydraulic turbines. *Mechanics Based Design of Structures and Machines*, 2021: p. 1-12.
- [50]. Zhang, W. and Z. Tongji, Development and Application of Hydropower Hydro Monitoring System. *Procedia Engineering*, 2011. 15: p. 807-811.
- [51]. Glavan, B., Z. Hanić, M. Kovačić, and M. Vražić, Condition-Monitoring System for Identification and Representation of the Capability Diagram Limits for Multiple Synchronous Generators in a Hydro Power-Plant. *Energies*, 2020. 13(15): p. 3800.
- [52]. Lu, S., W. Wei, Z. Zhu, Y. Liang, and H. Liu, Operation Risk Assessment of Hydroelectric Energy Storage Based on Data Visualization and Convolutional Neural Network. *Frontiers in Energy Research*, 2022: p. 1036.
- [53]. Piazzzi, A., M. Tucci, F. Ruffini, and E. Crisostomi. One year Operation of an Innovative Condition Monitoring Technique in Four Hydropower Plants. in 2020 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT-Europe). 2020.
- [54]. Majumder, P., M. Majumder, A.K. Saha, K. Sarkar, and S. Nath, Real time reliability monitoring of hydro-power plant by combined cognitive decision-making technique. *International Journal of Energy Research*, 2019. 43(9): p. 4912-4939.
- [55]. Cao, H., C. Zheng, F. Luo, and L. Guo, The effect of surge tanks in the process of the protection towards water hammer fluctuation in long-distance pipelines, in *ICPTT 2013: Trenchless Technology*. 2013. p. 249-261.
- [56]. Karim, I., S. Sahib, H. Abdullah, and R. Aziz. Water Hammer Analysis in the main pipe-line for the proposed Taq-Taq Dam irrigation project in Iraq. in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. IOP Publishing.
- [57]. Kueny, J., M. Lourenco, and J. Ballester. Transient flow analysis linked to fast pressure disturbance monitored in pipe systems. in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2012. IOP Publishing.
- [58]. Yu, X., J. Zhang, and L. Zhou, Hydraulic transients in the long diversion-type hydropower station with a complex differential surge tank. *The Scientific World Journal*, 2014. 2014.
- [59]. Yang, J., Y. Lv, D. Liu, and Z. Wang. Pressure Analysis in the Draft Tube of a Pump-Turbine under Steady and Transient Conditions. *Energies*, 2021. 14. DOI: 10.3390/en14164732.
- [60]. Georgescu, A.M., C.I. Coşoiu, N. Alboiu, D. Hlevca, R. Tataroiu, and O. Popescu, Penstock failure detection system at the "Valsan" hydro power plant. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2012. 15(5): p. 052005.
- [61]. Dreyer, M., C. Nicolet, A. Gaspoz, N. Gonçalves, S. Rey-Mermet, and B. Boulicaut, Monitoring 4.0 of penstocks: digital twin for fatigue assessment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021. 774(1): p. 012009.
- [62]. Yu, A., D. Zhou, and H. Chen, Numerical investigation of the behaviour of the cavitation rope in a Francis turbine with an optimized runner cone. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019. 240(2): p. 022013.
- [63]. Canxun, D., G. Weihua, and H. Zhikun. Transient Hydraulic Pressure Fluctuation Analysis of a Hydroturbine via Ensemble Empirical Mode Decomposition. in *Proceedings of the 2nd International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology (EMEIT 2012)*. 2012. Atlantis Press.
- [64]. Åsnes, A., A. Willersrud, F. Kretz, and L. Imsland, Predictive maintenance and life cycle estimation for hydro power plants with

- real-time analytics. Predict. Maint. life cycle Estim. hydro power plants with real-time Anal, 2018.
- [65]. Zhang, G., R. Yu, L. Dai, and J. Pan, Condition Monitoring and Fault Diagnosis of Hydropower Station Units. Academic Journal of Engineering Technology Science, 2019. 2(2).
- [66]. Valero, C., M. Egusquiza, E. Egusquiza, A. Presas, D. Valentin, and M. Bossio, Extension of Operating Range in Pump-Turbines. Influence of Head and Load. Energies, 2017. 10(12): p. 2178.
- [67]. Sapkota, P., S. Chitrakar, H.P. Neopane, and B. Thapa, Measurements for Condition Monitoring of Hydropower plants: A Review. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022. 1037(1): p. 012019.
- [68]. Stark, T., Machine learning for condition monitoring in hydropower plants using a neural network. 2019.
- [69]. Lindh, T., J. Ahola, J. Partanen, and H. Pirttiniemi, Communication Possibilities for Remote Control and Condition Monitoring of Small-Scale Hydro Power Plant. Paper at <http://www.lut.fi>, 2003. 17.
- [70]. Klun, M. and A. Kryżanowski, Dynamic monitoring as a part of structural health monitoring of dams. Archives of Civil Engineering, 2022: p. 569-578-569-578.
- [71]. Wu, Z. and H. Su, Dam health diagnosis and evaluation. Smart Materials and Structures, 2005. 14(3): p. S130.
- [72]. Jeon, J., J. Lee, D. Shin, and H. Park, Development of dam safety management system. Advances in Engineering Software, 2009. 40(8): p. 554-563.
- [73]. Li, M., Z. Zhou, C. Zhuang, Y. Xin, M. Chen, and J. Wu, The Cause and Statistical Analysis of the River Valley Contractions at the Xiluodu Hydropower Station, China. 2020. 12(3): p. 791.
- [74]. Felix, D., I. Albayrak, A. Abgottspon, and R.M. Boes, Optimization of hydropower plants with respect to fine sediment focusing on turbine switch-offs during floods. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2016. 49(12): p. 122011.
- [75]. Li, Z.H., X.B. Yang, S.Q. Niu, and O.P. Malik, Maintenance-oriented information digitalization of hydro turbine generator sets. in 2009 IEEE Power & Energy Society General Meeting. 2009.
- [76]. Zhong, L., Z. Jian-zhong, and Z. Min. Condition Based Maintenance System of Hydroelectric Generating Unit. in 2006 IEEE International Conference on Industrial Technology. 2006.
- [77]. Qian, X. and Y. Wu. A practical method of predicting the failure intensity of hydropower generating units. in 2011 Prognostics and System Health Management Conference. 2011. IEEE.
- [78]. Li, Z., Y. Chen, and J. Guo. Integrated maintenance features of hydro turbine governors. in Proceedings. International Conference on Power System Technology. 2002. IEEE.
- [79]. Lauvland, M., Condition monitoring of a generator cooling system in a hydropower plant. 2019, NTNU.
- [80]. Glavan, B., Z. Hanić, M. Kovačić, and M. Vražić, Condition-Monitoring System for Identification and Representation of the Capability Diagram Limits for Multiple Synchronous Generators in a Hydro Power-Plant. 2020. 13(15): p. 3800.
- [81]. Milić, S.D., A.D. Žigić, and M.M. Ponjavić, Online Temperature Monitoring, Fault Detection, and a Novel Heat Run Test of a Water-Cooled Rotor of a Hydrogenerator. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2013. 28(3): p. 698-706.
- [82]. Diniş, C.M., G.N. Popa, and A. Iagăr, Analysis of synchronous and induction generators used at hydroelectric power plant. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017. 163(1): p. 012033.
- [83]. Leibbrandt, A., G. Caprari, U. Angst, R.Y. Siegwart, R.J. Flatt, and B. Elsener. Climbing robot for corrosion monitoring of reinforced concrete structures. in 2012 2nd International Conference on Applied Robotics for the Power Industry (CARPI). 2012. IEEE.
- [84]. Nan, J., L. Sui-chao, W. Lu, S. Yue, Z. Hai-long, and W. Ling. A new method of measuring capacitance current in non-effective grounding power system. in 2016 International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD). 2016. IEEE.
- [85]. Valavi, M., K.G. Jørstad, and A. Nysveen, Electromagnetic Analysis and Electrical Signature-Based Detection of Rotor Inter-Turn Faults in Salient-Pole Synchronous Machine. IEEE Transactions on Magnetics, 2018. 54(9): p. 1-9.
- [86]. Ehya, H., A. Nysveen, J.A. Antonino-Daviu, and B. Akin. Inter-turn Short Circuit Fault Identification of Salient Pole Synchronous Generators by Descriptive Paradigm. in 2021 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE). 2021.
- [87]. Robert, G. and G. Besançon. Fourier Series-based Kernel for Frequency Control Performance Monitoring of Hydroelectric Generating Units. in 2019 18th European Control Conference (ECC). 2019.
- [88]. Ehya, H., A. Nysveen, and J.A. Antonino-Daviu, Advanced Fault Detection of Synchronous Generators Using Stray Magnetic Field. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2022. 69(11): p. 11675-11685.
- [89]. Berlijn, S., S. Markalous, and K. Strom. Web-based PD monitoring of a generator in Loforsen Sweden. in 2008 International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis. 2008.
- [90]. Ribeiro, L.C., E.L. Bonaldi, L.E.L. de Oliveira, L.E.B.d. Silva, C.P. Salomon, W.C. Santana, J.G.B.d. Silva, and G. Lambert-Torres, Equipment for Predictive Maintenance in Hydrogenerators. AASRI Procedia, 2014. 7: p. 75-80.
- [91]. Gomes Pereira, J., L. Andolfatto, and F. Avellan, Monitoring a Francis turbine operating conditions. Flow Measurement and Instrumentation, 2018. 63: p. 37-46.
- [92]. Valero, C., E. Egusquiza, A. Presas, D. Valentin, M. Egusquiza, and M. Bossio. Condition monitoring of a prototype turbine. Description of the system and main results. in Journal of Physics: Conference Series. 2017. IOP Publishing.
- [93]. Li, Y.g., L. Wang, and M.h. Ma, Diagnosis of rotor winding inter-turn short-circuit of hydro-generator based on no-load curve reverse calculation. IEEE Transactions on Electrical Electronic Engineering, 2019. 14(1): p. 130-137.
- [94]. Huang, H., A. Qin, H. Mao, J. Fu, Z. Huang, Y. Yang, X. Li, and H. Huang. The Prediction Method on the Early Failure of Hydropower Units Based on Gaussian Process Regression Driven by Monitoring Data. Applied Sciences, 2021. 11, DOI: 10.3390/app11010153.
- [95]. Calvo-Bascones, P., M.A. Sanz-Bobi, and T.M. Welte, Anomaly detection method based on the deep knowledge behind behavior patterns in industrial components. Application to a hydropower plant. Computers in Industry, 2021. 125: p. 103376.
- [96]. Wang, H., L. Wang, and L. Ma. Anomaly Detection of Hydropower Bearing Based on Convolutional Neural Network Autoencoder. in 2021 IEEE 4th International Conference on Computer and Communication Engineering Technology (CCET). 2021.
- [97]. Yuan, W., G. Chuangli, W. Zhipeng, D. Pengcheng, and L. Yun. High Reliable Partial Discharge Online Monitoring System of

- Hydro-generator. in 2011 Third International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation. 2011.
- [98]. Du, Q., J. Li, and X. Chen. Fault Diagnosis of Generator Based on D-S Evidence Theory. in 2008 Eighth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications. 2008.
- [99]. Jamil, I., J. Zhao, Q. Jiang, D. Wei Ying, and R. Jamil. Technical communication of Condition Monitoring System of hydroelectric generating unit of HPP. in 2013 IEEE 4th International Conference on Electronics Information and Emergency Communication. 2013.
- [100]. Kumar, K. and R.P. Saini, Adaptive neuro-fuzzy interface system based performance monitoring technique for hydropower plants. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 2022: p. 1-11.
- [101]. Amini, A., O. Pacot, D. Voide, V. Hasmatuchi, P. Roduit, and C. Münch-Alligné, Development of a Novel Cavitation Monitoring System for Hydro Turbines Based on Machine Learning Algorithms. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022. 1079(1): p. 012015.
- [102]. Gruber, P., D. Felix, G. Storti, M. Lattuada, P. Fleckenstein, and F. Deschwenden, Acoustic measuring techniques for suspended sediment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2016. 49(12): p. 122003.
- [103]. Kurzin, V.B. and V.S. Seleznev, Mechanism of emergence of intense vibrations of turbines on the Sayano-Shushensk hydro power plant. *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics*, 2010. 51(4): p. 590-597.
- [104]. Bhavani, S.T., N.H. Narasimhaiah, and P.G. Sudhindra, Acoustic emission partial discharge detection technique applied to fault diagnosis: Case studies of generator transformers. *Serbian Journal of Electrical Engineering*, 2016. 13(2): p. 189-202.
- [105]. Diaz, J.M.N., P. Teixeira, and M.A.S. Seoane, Acoustic cloud based approach for Corona early detection on Hydropower Equipment. 2019: Universitätsbibliothek der RWTH Aachen.
- [106]. Rai, A.K., A. Kumar, T. Hies, and H.H. Nguyen, Field application of a multi-frequency acoustic instrument to monitor sediment for silt erosion study in Pelton turbine in Himalayan region, India. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2016. 49(12): p. 122004.
- [107]. Andriawan, A., Sobriyah, and C. Ikhsan, An Evaluation of the Success Rate of Sermo Dam Management in Daerah Istimewa Yogyakarta. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2017. 267(1): p. 012033.
- [108]. Cantelli, A., C. Paola, and G. Parker, Experiments on upstream-migrating erosional narrowing and widening of an incisional channel caused by dam removal. *Water Resources Research*, 2004. 40(3): p. W033041-W0330412.
- [109]. Bernstone, C. and A. Heyden, Image analysis for monitoring of crack growth in hydropower concrete structures. *Measurement*, 2009. 42(6): p. 878-893.
- [110]. Bishwakarma, M.B. and H. Støle, Real-time sediment monitoring in hydropower plants. *Journal of Hydraulic Research*, 2008. 46(2): p. 282-288.
- [111]. Müller, M., G. De Cesare, and A.J. Schleiss, Continuous long-term observation of suspended sediment transport between two pumped-storage reservoirs. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2014. 140(5): p. 05014003.
- [112]. Rai, A.K. and A. Kumar, Analyzing hydro abrasive erosion in Kaplan turbine: A case study from India. *Journal of Hydrodynamics, Ser. B*, 2016. 28(5): p. 863-872.
- [113]. Sangal, S., M.K. Singhal, and R.P. Saini, Hydro-abrasive erosion in hydro turbines: a review. *International Journal of Green Energy*, 2018. 15(4): p. 232-253.
- [114]. Reani, A., Hanafi, Misdi, Triantisto, and A. Setiadi. Quality Water for Relative Hydroelectric Life Assessment. in 2006 IEEE 8th International Conference on Properties & applications of Dielectric Materials. 2006.
- [115]. Winfield, I.J., J.M. Fletcher, J.B. James, and C.W. Bean, Assessment of fish populations in still waters using hydroacoustics and survey gill netting: Experiences with Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in the UK. *Fisheries Research*, 2009. 96(1): p. 30-38.
- [116]. Keppeler, F.W., M.C. Andrade, P.A.A. Trindade, L.M. Sousa, C.C. Arantes, K.O. Winemiller, O.P. Jensen, and T. Giarrizzo, Early impacts of the largest Amazonian hydropower project on fish communities. *Science of The Total Environment*, 2022. 838: p. 155951.
- [117]. Keithmalesatti, S., R. Angkaew, and M.G. Robson, Impact of Water Fluctuation from a Dam on the Mekong River on the Hatching Success of Two Sandbar-Nesting Birds: A Case Study from Bueng Kan Province, Thailand. 2022. 14(11): p. 1755.
- [118]. Ulańczyk, R., C. Kliś, B. Łozowski, A. Babczyńska, A. Woźnica, J. Długosz, and E. Wilk-Woźniak, Phytoplankton production in relation to simulated hydro- and thermodynamics during a hydrological wet year – Goczałkowice reservoir (Poland) case study. *Ecological Indicators*, 2021. 121: p. 106991.
- [119]. Raffo, D.C.D., D. Norris, S.M. Hartz, and F. Michalski, Anthropogenic influences on the distribution of a threatened apex-predator around sustainable-use reserves following hydropower dam installation. *PeerJ*, 2022. 10: p. e14287.
- [120]. Keefer, M.L., M.A. Jepson, T.S. Clabough, and C.C. Caudill, Technical fishway passage structures provide high passage efficiency and effective passage for adult Pacific salmonids at eight large dams. *PLOS ONE*, 2021. 16(9): p. e0256805.
- [121]. Pompeu, C.R., F.J. Peñas, A. Goldenberg-Vilar, M. Álvarez-Cabria, and J. Barquín, Assessing the effects of irrigation and hydropower dams on river communities using taxonomic and multiple trait-based approaches. *Ecological Indicators*, 2022. 145: p. 109662.
- [122]. Yu, X., J. Zhang, and L. Zhou, Hydraulic Transients in the Long Diversion-Type Hydropower Station with a Complex Differential Surge Tank. *The Scientific World Journal*, 2014. 2014: p. 241868.
- [123]. Cerpinska, M., M. Irbe, and R. Elmanis-Helmanis. Displacement of shaft during hydropower generator air gap measurements. in proceedings of the international scientific conference. 2018. [Latvijas Lauksaimniecības universitāte].
- [124]. Dreyer, M., C. Nicolet, A. Gaspoz, D. Biner, S. Rey-Mermet, C. Saillen, and B. Boulicaut, Digital clone for penstock fatigue monitoring. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019. 405(1): p. 012013.
- [125]. Binli, W. and Z. Zheng. Water conditions monitoring system based on GPRS. in 2009 International Conference on Test and Measurement. 2009.
- [126]. Rhim, H.C., Condition monitoring of deteriorating concrete dams using radar. *Cement and Concrete Research*, 2001. 31(3): p. 363-373.



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

AEND | www.aend.org

radiografia digital portatil

c•met
yxlon



NOVO
Digital Radiography

más ligera
y accesible
que nunca

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

**izasa
scientific**
a werfen company

RADIOGRAFÍA DIGITAL PORTÁTIL EN END: ACTUALIDAD, TENDENCIAS

Autores

COMET Yxlon – Varios Autores, NOVO DR – varios Autores
Diego Pulgar – Jefe de Producto END Izasa Scientific. dpulgar@izasascientific.com

1. ¿Por qué Radiografía Digital?

1.1 Radiografía – Algunas siglas

Aún hoy en día existe alguna confusión sobre los diferentes métodos empleados en Radiografía.

A continuación, un intento de clarificar un poco las opciones más usuales:

Película

El soporte para la imagen es una película radiográfica. La imagen latente se fija gracias al comportamiento de los recubrimientos de haluros de plata de la película. Es un método muy empleado en campo, que ofrece una buena resolución espacial y una gran flexibilidad de uso. Quizás su mayor inconveniente es la necesidad de revelado.

CR: Radiografía Computerizada

Una radiografía obtenida mediante placas de fósforo reutilizables – semejantes a una película tradicional – se escanea en un dispositivo láser especial y se digitaliza. Es un reemplazo casi directo a la película, que evita el revelado, pero exige el escaneado. Las placas de fósforo son reutilizables, pero se debe ser muy cuidadoso en su manipulación.

DR: Radiografía digital directa

Obtención de forma directa de una imagen en un soporte digital (DDA: *Digital Detector Array* o FP: *Flat Panel*). Si bien la técnica es parecida a la empleada con película, requiere de una educación en nuevos conceptos por parte del operador. Ofrece la obtención inmediata de la imagen, sin el empleo de consumibles adicionales – líquidos, película – ni de procesos posteriores – escaneado.

1.2 Razones para usar Radiografía

La radiografía es uno de los métodos END más antiguos y empleados. Mediante el uso de Rayos X o *Gamma* es posible producir una imagen radiográfica de un objeto mostrando diferencias en espesor, defectos (internos y superficiales), cambios en su estructura, detalles de montaje, etc...

Los sistemas de radiografía ofrecen una inspección por imagen, relativamente sencilla de evaluar. Se trata de equipos bastante sencillos de usar que no precisan de una gran preparación previa al ensayo.

1.3 Razones para usar Radiografía digital portátil

En muchos casos, el tipo de objeto inspeccionado no es susceptible de ser llevado a un búnker o cabina de Rayos X. La inspección ha de ser *"in-situ"*. Un sistema "portátil" permite realizar inspecciones en campo, fuera de un búnker (Figura1).



Figura 1. Radiografía en campo

En este artículo consideraremos un equipo de radiografía digital portátil al conjunto de un generador portátil de Rayos X y a un sistema de captura de imagen digital (Figura 2).



Figura 2. Sistema DR Portátil

2. ¿Qué debe ofrecer un sistema portátil?

2.1 Con respecto al sistema al completo

- Un sistema de radiografía digital portátil ha de ser compacto y robusto. Algunos sistemas actuales pueden transportarse en una mochila y permitir la visualización de imágenes en un teléfono móvil
- Ha de poder ser alimentado desde un amplio rango de tensiones o con batería o bien con un generador de tensión
- Debe ofrecer una buena conectividad entre los diferentes componentes
- Debe disponer de suficientes accesorios – trípodes, soportes, armaduras, manipuladores, maletas, colimadores, etc. – para adaptarse a las diferentes aplicaciones es fundamental

2.2 Con respecto al generador de Rayos X

- El tubo de Rayos X debe tener un foco pequeño, para un mejor desempeño en DR

- Debe generar suficiente potencia para cubrir el mayor rango posible de aplicaciones
- Debe ser ligero: ¡algunos recientes tubos portátiles de potencial constante sólo pesan 13 kg! (Figura 3)
- Debe ser de adecuadas dimensiones para poder usarse en espacios reducidos. (Figura 4)
- Debe ser robusto, para resistir el trabajo diario: ¡mejor metal-cerámico que de vidrio!
- La unidad de control debe estar diseñada para aguantar un trato poco amable
- Disponibilidad de indicadores *led* e indicadores láser. Mejor integrados en la propia carcasa
- Debe ofrecer un ciclo de trabajo amplio, para evitar paradas para refrigeración. Es importante prestar atención a los rangos de temperatura de funcionamiento



Figura 3. Potencial constante ligero



Figura 4. Rayos X pulsados

2.3 Con respecto al sistema de imagen

- Debe generar la imagen en tiempo real, sin necesidad de posteriores procesamientos. Esto permite conseguir, de una vez, la imagen requerida sin tener que regresar al lugar de inspección.
- Es deseable que disponga de una pantalla de alta calidad, sobre todo si se quiere evaluar "in-situ"
- Tiene que ofrecer un potente y amigable *software* de procesamiento de imágenes
- Debe permitir el control del sistema desde diversos puntos: operador, supervisor...
- Debe ofrecer diversas posibilidades de conexión: cableada, inalámbrica, mixta
- Es conveniente que se ofrezca como una solución completa, robusta, global (Figura 5)



Figura 5. Sistema de Imagen DR portátil

3. Generadores Portátiles de Rayos X

Un generador de Rayos X portátil de potencial constante suele estar compuesto por:

- Generador de Alta Tensión y Tubo de Rayos X, generalmente en el mismo contenedor
- Unidad de control
- Cables de conexión
- Accesorios

En el caso de los equipos de Rayos X pulsados,

- Todo el sistema queda incluido en un único elemento, de mucho menor tamaño. (Figura 6)



Figura 6. RX pulsados

3.1 ¿Por qué es importante el peso?

Obtener datos de calidad de una inspección de END en campo requiere de una manipulación y posicionamiento precisos por parte del técnico sobre el terreno. Ya se trate de inspección de soldaduras en tuberías o de verificación de la integridad de los componentes de aviación, no hay forma de que obtener buenos resultados no implique un esfuerzo físico.

Un tanque más ligero acelera esta reposición y protege al personal de este esfuerzo físico—que puede ser realizado por una única persona—no sólo durante el reposicionamiento, sino también durante el transporte (Figura 7).



Figura 7. Tubo RX ligero

El peso no debe reducirse a costa de comprometer la resistencia mecánica y la robustez, ambas de importancia clave para el cliente. Hoy pueden encontrarse en el mercado tubos de Rayos X de potencial constante de 200 kV con un peso de sólo 14 kg.

En cuanto a peso y dimensiones, los equipos de Rayos X pulsados son imbatibles. Otras ventajas son su funcionamiento con batería y su reducida área de seguridad.

Bien es cierto que adolecen de algunos inconvenientes: tamaño de foco, reducida potencia, etc.

3.2 Tamaño de foco

Un tubo con un tamaño focal pequeño ofrece diversas ventajas. Hablaremos de dos de ellas:

3.2.1 Reducción de la penumbra (borrosidad) geométrica

La penumbra geométrica, con la pérdida de nitidez que causa, es un efecto que se origina en el tamaño físico del punto o mancha focal y, tiene una gran influencia en la resolución de la imagen y la capacidad de detectar defectos o ver pequeños detalles.

La penumbra geométrica (U_g) resulta en una difuminación de detalles en la imagen (Figura 8) ya que la radiación se origina no sólo en un único punto finito, sino a partir de toda la superficie de la mancha focal.

La penumbra geométrica se caracteriza por tres parámetros: $U_g = f \cdot (b / a)$

- El tamaño del punto focal (f),
- La distancia entre el objeto examinado y la fuente (a),
- La distancia entre el objeto y la película (b).

Si se cambia uno de los parámetros, la U_g cambiará.

Por ejemplo, si el punto focal (f) se hace más pequeño, de 3,0 mm a 1,0 mm, la U_g se hará, como resultado, menor y defectos o detalles más pequeños podrán ser detectados. Esos detalles o defectos pueden estar situados más cerca entre sí ya que el U_g se ha hecho menor.

Esto significa que la disminución en el tamaño del punto focal de 3,0 mm a 1,0 mm reducirá la penumbra geométrica por un factor de tres y, por lo tanto, ampliará los límites de detección de defectos en los sistemas de Rayos X direccionales.

3.2.2 Reducción del tiempo de exposición

Sabemos por la física que la tasa de dosis (I) sigue la ley del inverso del cuadrado, y se incrementará con una potencia de dos, si la distancia del objeto inspeccionado (d) se reduce. $I = 1 / d^2$

Cuando se utilizan técnicas elípticas, el tamaño del punto focal y la distancia fuente-objeto son parámetros importantes; por ejemplo, si se reduce el tamaño del punto focal, la distancia fuente objeto se puede reducir.

Esto significa que, si el punto focal es de 1 mm en lugar de 3 mm, la distancia entre la fuente y la película puede reducirse hasta en un tercio, lo que significa que la dosis tasa se incrementará en un factor de hasta nueve, resultando en una reducción del tiempo de exposición de hasta nueve veces.

De forma que no sólo el flujo de trabajo puede ser significativamente mejorado, sino también la gama de aplicaciones en las que los equipos de Rayos X direccionales se pueden utilizar se ampliará, debido al tiempo de exposición reducido.

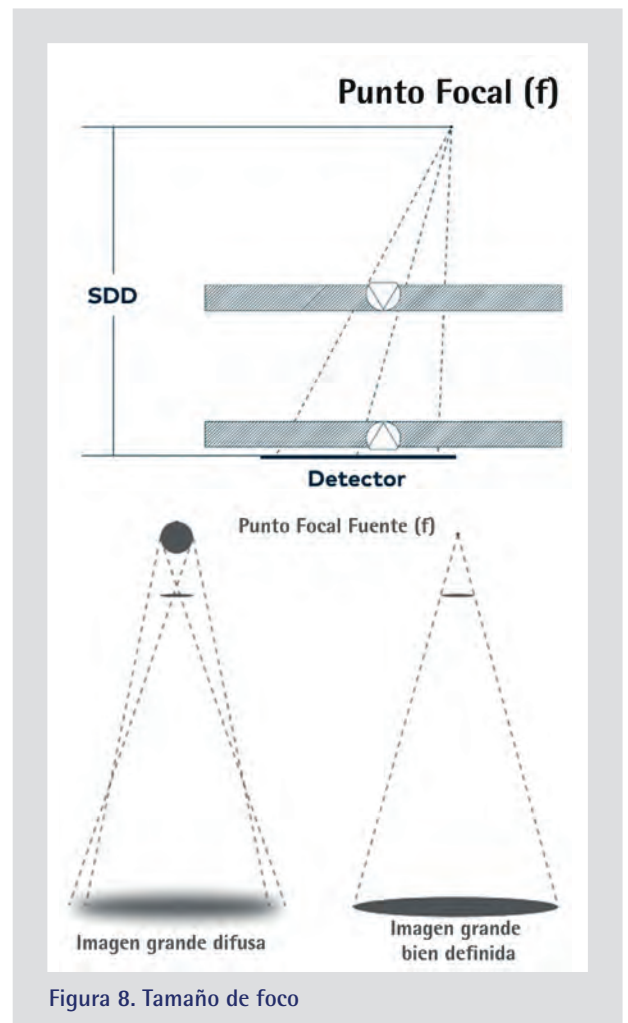


Figura 8. Tamaño de foco

3.3 ¿Cuál es el propósito de integrar diodos de advertencia?

Los diodos LED (Figura 9) tienen una vida útil mucho más larga en comparación con las bombillas tradicionales. Esto reduce interrupciones causadas por una bombilla defectuosa o rota. Por otra parte, la luz es más brillante y visible a luz del sol. El funcionamiento de los LED debe estar está monitorizado, y un potencial de mal funcionamiento hará que, por razones de seguridad, el equipo se desconecte o que se impida su conexión.

La luz de aviso de los LED es visible desde cualquier ángulo.



Figura 9. Lámparas aviso

3.4 ¿Cuál es el propósito de láseres integrados?

Si el equipo incluye punteros láser integrados junto a la ventana de salida del haz de Rayos X, estos indicarán el borde del haz sobre el objeto a radiografiar. Los láseres ayudan al operador a asegurar que la zona de inspección está cubierta y, más importante, que los alrededores están protegidos del haz primario.

3.5 ¿Por qué es tan importante disponer de un amplio rango de temperatura?

Un funcionamiento estable, tanto a temperaturas ambiente altas como bajas, es una ventaja que aporta un valor añadido. Una refrigeración eficiente hace posible la ejecución de largas exposiciones en temperaturas ambientales altas, en algunos casos de hasta 50°C. Esto mejora el ciclo de trabajo.

Un equipo portátil no debería ofrecer prestaciones muy distintas a poder llevar a cabo una exposición continuada de al menos una hora a máximo kV y mA a 35°C de temperatura ambiente.

3.6 ¿Por qué es importante el rango de tensiones y la regulación de la red eléctrica?

Un sistema corrector de factor de potencia (PFC) elimina los picos de voltaje y protege a la red eléctrica. El PFC permite una amplia gama de tensiones alternas de entrada, 85-265 VAC y 45 a 65 Hz, lo que elimina la necesidad de adaptaciones a la red eléctrica local.

Un PFC también permite a los equipos trabajar en condiciones eléctricas deficientes o inestables que a menudo están presentes en entornos de la industria pesada o cuando se usan generadores de corriente alterna portátiles. Conseguimos así un menor consumo y una mayor flexibilidad.

3.7 ¿Por qué interfaces USB, Bluetooth y Ethernet?

El sistema debe usar conexiones actuales (Figura 10), con múltiples interfaces que admitan la operación remota a través de ordenadores portátiles, diagnóstico remoto, actualizaciones de *software* "in-situ" y volcados de pantalla para documentación, solo por mencionar algunas de las nuevas posibilidades.



Figura 10. Conexiones

4. Sistema digital de captura de imágenes de Rayos X en campo

Un sistema de imagen de Rayos X portátil (Figura 5) consta, fundamentalmente de:

- Un detector digital de panel plano
- Los detectores de panel plano son dispositivos de imágenes de Rayos X de estado sólido. Estos dispositivos de radiografía digital utilizan un recubrimiento destellante para la conversión directa de Rayos X en luz (sistemas de @-Si)

o bien realizan una conversión directa que convierte los Rayos X en carga (sistemas de @-Se). Los detectores de panel plano están hechos de una matriz de elementos sensores (*píxeles*) con un área rectangular o cuadrada

- Unidad de visualización
- *Software* de control
- Cables de conexión
- Accesorios

Algunos comentarios sobre las prestaciones de los equipos:

4.1 La densidad óptica

Cuando alguien inicia su andadura con la DR, no es fácil superar el intento de buscar la densidad óptica de la imagen digital. En Radiografía Digital, se ha sustituido ese concepto por otros más conformes a la tecnología aplicada, como Relación Señal-Ruido (SNR), Relación Contraste-Ruido (CNR) sensibilidad de contraste (CS), Resolución Espacial (SBR) etc. La Figura 11 nos muestra un ejemplo de cálculo de estos valores.



Figura 11. Cálculo SNR, CNR, etc.

4.2 ¿Es mejor cuanto menor es el *píxel* del detector?

El tamaño de *píxel* del panel suele ocupar un lugar predominante al hablar sobre DR, pero ¿es realmente tan decisivo? No siempre

Al disminuir el tamaño de *píxel*:

- Algunas ventajas:
 - Mejor resolución espacial
- Algunas desventajas:
 - Menor contraste en la imagen
 - Mayores tiempos de adquisición

4.3 Tamaño útil del panel

- El tamaño del panel nos definirá el tamaño máximo de las imágenes que podamos tomar. Por el contrario, al aumentar el tamaño, será más complicado ubicarlo en determinadas posiciones.

4.4 Comunicación entre los componentes del sistema

El sistema debería permitirnos utilizar diversas opciones de comunicar el panel – o incluso el generador – con la unidad

de control. Por ejemplo, por cable, de forma inalámbrica, de forma mixta.

En algunos casos, el que el propio panel disponga de una autodetección de dosis puede resultar muy práctico para inspecciones rápidas.

El control y la visualización de resultados se debería poder hacer desde:

- Una o más tabletas, con distintas resoluciones, tamaños, etc.
- Desde un teléfono inteligente

5. Software de Control y Procesamiento de imagen

Uno de los grandes beneficios de la DR es la posibilidad de aplicar un tratamiento digital a las imágenes que nos permita mejorar la detectabilidad de defectos, pero también realizar múltiples operaciones sobre las imágenes.

Tanto el proceso de ajuste y calibración del detector, como los de adquisición y tratamiento de imágenes han de ser sencillos de ejecutar por el operador (Figura 12).

- Cálculo de estadísticas de imagen:

- Resolución espacial
- Relación señal/ruido
- Contraste

6. Accesorios para todas las aplicaciones

En ocasiones disponer del accesorio adecuado puede facilitar la ejecución del trabajo de forma considerable. Es necesario disponer de, entre otros elementos:

- Soportes, trípodes (Figura 13), elementos de fijación para panel y tubo
- Armaduras y cubiertas para los paneles
- Maletas, mochilas de transporte



Figura 12. Adquisición y tratamiento de imágenes

Algunas de las funciones con las que debe contar el equipo han de ser:

- Control del Generador de Rayos X
- Ajuste automático de calidad de imagen
- Medidas en la imagen:
 - De espesor; tangencial, de Doble Pared (DWT), etc.
 - Longitudes
- Operaciones con imágenes:
 - Cosido, estadísticas, anotaciones, etc.
- Múltiples formatos de salida



Figura 13. Soporte tubo

- Manipuladores para radiografiar objetos de gran tamaño
- Extensiones para las cables de comunicación
- Colimadores para los tubos, cinturones de plomo, etc.

7. Tendencias

7.1 Disminución del tamaño de foco de los tubos

Como se ha comentado anteriormente, el uso de un punto focal de menor tamaño en los tubos ofrece la posibilidad de aplicar técnicas de magnificación para mejorar la resolución espacial de las imágenes obtenidas.

Actualmente es posible encontrar en el mercado equipos portátiles con focos de aprox. 200 μm , (Figura 14) cuando lo habitual es que sean de 1.0 mm. o mayores

Es una tendencia que seguirá avanzando, pero de momento, estos equipos tienen algunas limitaciones:

- Bajo rango de Kilovoltaje
- Reducidas potencias
- Ciclo de trabajo limitado
- Robustez aún por confirmar



Figura 14. Adquisición y tratamiento de imágenes, generadores de pequeño foco

7.2 Panel plano curvo / flexible

Un factor limitante en el uso de DR, desde la perspectiva de muchos radiólogos, ha sido la rigidez de los paneles planos, la imposibilidad de ajustarlos a la curvatura de los tubos a radiografiar.

Este diseño plano es evidente que provoca una cierta degradación de la imagen desde el centro a los bordes de la imagen.

Una demanda histórica, que empieza a ser contestada, ha sido la disponibilidad de paneles planos digitales flexibles (Figura 15) o curvos. Recientemente han aparecido en el mercado algunos modelos que permiten cierta flexibilidad o admiten alguna curvatura.

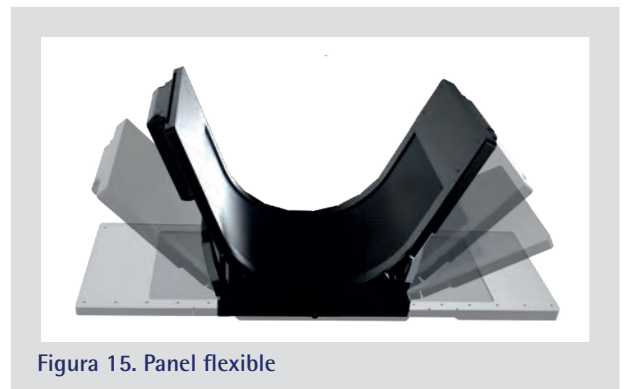


Figura 15. Panel flexible

No son pocos los integradores de soluciones para DR que están estudiando las posibilidades que brindan estos equipos, su respuesta, comportamiento, etc.

De momento, hay disponibles algunos modelos para tubos de diámetro superior a 200 mm.

7.3 Evaluación automática, Inteligencia Artificial

Hoy en día resulta extraño no incluir una referencia a la Inteligencia Artificial sea cual sea el tema que se trate.

Pero la realidad es que cuando varias personas deben decidir qué hilo del indicador de calidad de imagen (IQI por su nombre en inglés) es visible en una radiografía, lo más habitual es que no haya una plena coincidencia. Son diversos los factores humanos que afectan a la percepción del hilo, por lo que sería deseable disponer de un método de evaluación completamente objetivo.

La evaluación de imágenes radiográficas (Figura 16), sobre todo si hablamos de la inspección de piezas en producción, con largos lotes de piezas del mismo tipo -la Detección

Automática de Defectos (ADR por sus siglas en inglés) – es un método empleado desde hace mucho tiempo por la mayoría de los fabricantes de sistemas de inspección por Rayos X.

Sin embargo, ya existen estudios que buscan soluciones en esta dirección. Por ejemplo, en la evaluación de soldaduras.



Figura 16. Evaluación automática de calidad de imagen

De forma semejante, muchos de los *softwares* de procesamiento de imágenes disponibles ya permiten una evaluación objetiva de la calidad de imagen obtenida, bien en cuanto a resolución espacial – mediante el IQI de doble hilo o bien en cuanto a SNR o CNR.

Al referirnos a la inspección en campo, en donde los ensayos son muy diferentes unos de otros, las imágenes radiográficas tienen poco en común entre sí y, en general, no contamos con una potente estación de trabajo *"in-situ"*, la situación cambia.

Algunos proyectos analizan en primer lugar la calidad de la imagen, midiendo niveles de grises y detectando los IQI's (indicadores de calidad de imagen) colocados en la pieza bajo examen.

Posteriormente, mediante segmentación, se detecta la zona de soldadura y, realizando los correspondientes análisis de grises, detección de bordes, análisis de pixels y otros algoritmos, se logra evaluar la calidad de la soldadura que estamos inspeccionando (Figura 17).



Figura 17. ADR en radiografía



¿QUIERES
DIFERENCIARTE?
CERTIFÍCATE
CON CESOL



Entidad Nacional de Acreditación
CERTIFICACIÓN
Nº 04/C - PE004

CESOL, ÚNICA ENTIDAD ACREDITADA
EN ESPAÑA PARA LA CERTIFICACIÓN
DE SOLDADORES

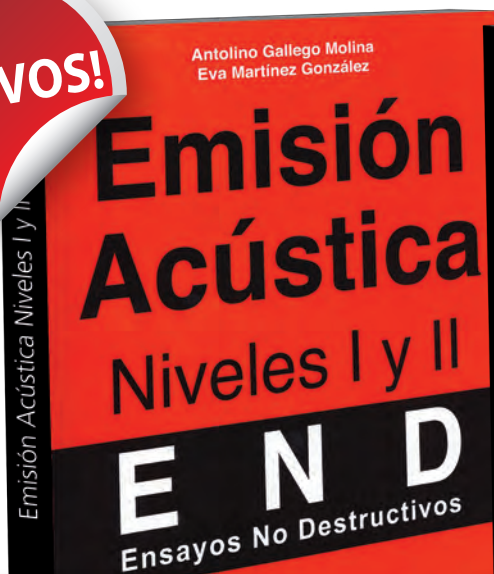


AEND

asociación española de
ensayos no destructivos

PUBLICACIONES

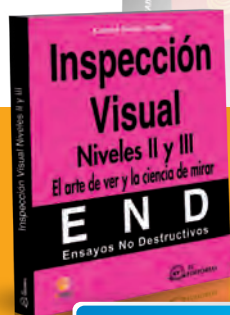
¡NUEVOS!



27€



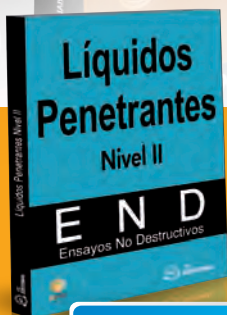
28€



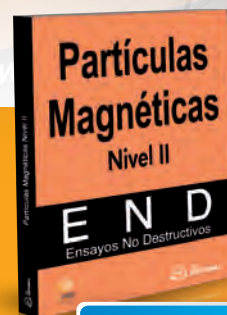
29€



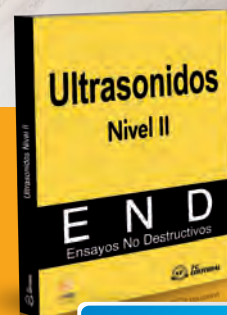
23€



19€



21€



23€

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

Precios con IVA incluido.

MÁS INFORMACIÓN:

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

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

E-mail: informacion@aend.org

AEND | www.aend.org



El valor de la **CERTIFICACIÓN**



ENAC
Entidad Nacional de Acreditación

Otorga la presente
ACREDITACION
a la entidad técnica

Asociación Española de Ensayos No Destructivos
Órgano de Certificación (CERTIAEND)
Según criterios recogidos en la norma EN 45013: 1989 (UNE 66513:1991),
para CERTIFICACIÓN de:

Personas

conforme a los documentos definidos en el Anexo Técnico adjunto.
Acreditación n.º: **01/C-PE001**
Fecha de entrada en vigor: **23/12/97**

La acreditación mantiene su vigencia hasta notificación en contra.
En Madrid, a 14 de abril de 2000

El Presidente

[Signature]
D. Antonio Muñoz Muñoz

Este documento es una copia correspondiente, cuyo número coincide con el del original registrado por ENAC en caso necesario.
El documento original y su validez al de fecha 23/12/97

EF European Federation for
Non-Destructive
NDT

Multilateral Agreement on Recognition of Certification
Certificate of Registration
Asociación Española de Ensayos no Destructivos
Órgano de Certificación (CERTIAEND)

has satisfied all of the qualification criteria of the EFNDT Multilateral Agreement for Recognition of NDT Personnel Certification Schemes, and has been accepted for recognition and registration within the terms of the Multilateral Recognition Agreement (MRA).

The Certification Body may therefore announce that holders of its certificates gained under these arrangements are certified by a scheme which is recognised by the European Federation for NDT as meeting the requirements of the European Standards and Technical Documents referenced in the schedule of accredited scope issued by the accreditor.

A copy of the MRA, including a list of the signatories and a schedule of those certification bodies registered as satisfying the criteria for recognition, is available from all organisations which are signatory to the Agreement.

Signed for the EFNDT

[Signature]

Secretary, EFNDT WGC

Initial registration date: June 1997
Issue date: 13th May 2003
Valid until: 22 December 2005

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



2023*

Datos

Empresa / Persona de contacto:

Actividad:

Dirección:

Población:

Tfno.:

Fax:

E-mail:

C.I.F.:

C.P.:

Provincia:

Tarifas de anuncios y de noticias técnicas

Miembros AEND

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

Anunciantes

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

** IVA 21% no incluido.

No Miembros AEND

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

No Anunciantes

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

(1) Deseo la inserción de mi anuncio para el n° _____ que se publicará en el mes de _____ 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 n° aparecido (adjuntando prueba de inserción), y en la fecha que le corresponda sea con cargo a (2): _____

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

Nota: El anuncio (marcar según proceda):

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

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

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

(*) 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



20 23*

Invoice Data

Company / Full Name:

Activity:

Address:

City:

Phone No.:

Fax No.:

E-mail:

VAT No.:

Postal Code:

Province / State:

Advertising and technical news publishing price list

AEND Members

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

Advertisers

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

*21% VAT not included.

No Miembros AEND

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

No Anunciantes

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

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

AEND. Revista "END" (C/ Bocángel, 28 - 2º izda. 28028 Madrid - SPAIN)

☐ Will be e.mailed to: informacion@aend.org

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

(2) Publishing an advert implies payment of the invoices corresponding to previous ads.

(*) 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 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

Hoja de Inscripción como miembro 2023*



Datos

Entidad / Nombre de la Persona:

Actividad:

C.I.F. / N.I.F.:

Dirección:

Población:

C.P.:

Provincia:

Tfno.:

E-mail:

Deseo inscribirme como Miembro (Colectivo de Número o Asociado)

en la AEND.

Dirigir la correspondencia e información a:

Población:

C.P.:

Provincia:

Cuotas Asociados

Miembro Colectivo de más de 500 empleados

348 €/anual

Miembro Colectivo de hasta 500 empleados

243 €/anual

Miembro de Número

40 €/anual

Miembro Asociado (estudiantes y jubilados)

8 €/anual

Domiciliación Bancaria

Banco / Caja:

Agencia N°:

Calle / Plaza:

N°:

Población:

C.P.:

Cuenta Corriente / N° IBAN:

/

/

/

Titular de la Cuenta:

Muy Sres. míos / nuestros:

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

Atentamente,

(*) 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



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.

AEND

C/ Bocángel, 28-2º izda.

28028 Madrid (SPAIN)

Phone No.: +34 913 612 585

Fax No.: +34 913 614 761

E.mailed: informacion@aend.org

www.aend.org

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

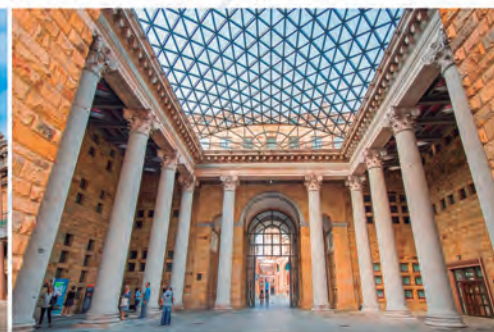
I authorise AEND to send me commercial information about its products and services. ☐

10TH EDITION



EURO-AMERICAN CONGRESS

Official Languages: English, Italian, Portuguese and Spanish



07-10 May, 2024. Gijón, 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



<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

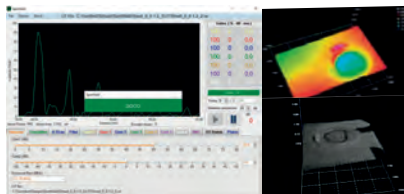


TecniTest NDT

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

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.



REALIZAMOS
CALIBRACIÓN Y
MANTENIMIENTO
DE EQUIPOS

Síguenos en



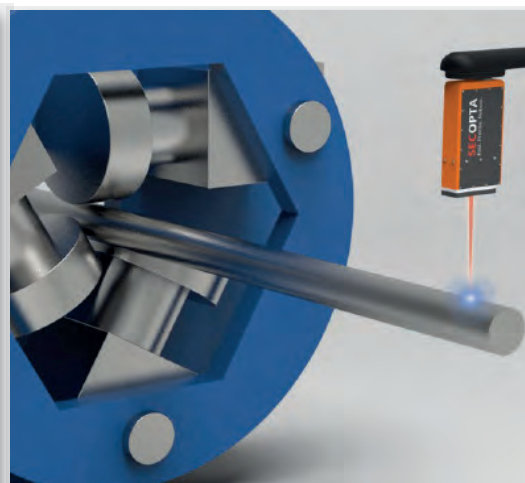
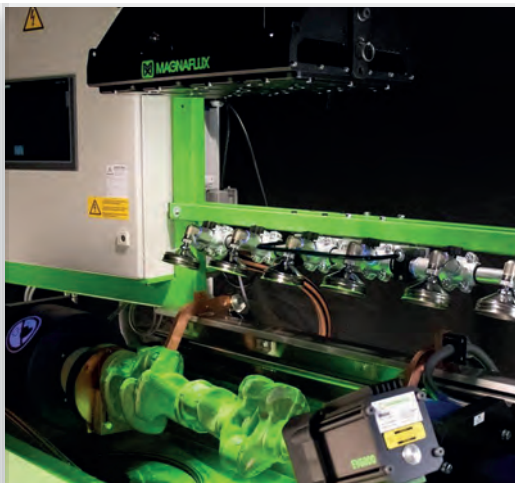
Tel: 91 796 14 18

Consultas: comercial@tecnitest.com



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