

# **NORMATIVA RELATIVA A LA CAPACITACIÓN DE PERSONAL QUE EJECUTA ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**

Ing. César Belinco<sup>1</sup>, Arq. Walter Solferino<sup>1</sup>, Dr. Mario Mariscotti<sup>1</sup> e Ing. Sebastián Laprida<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Comité de Ensayos No Destructivos para la Ingeniería Civil y el Patrimonio Histórico – Asociación Argentina de Ensayos No Destructivos y Estructurales, Av. Gral. Paz 1499, Tel +54 11 6772 7429, [comunicacion@aaende.org.ar](mailto:comunicacion@aaende.org.ar)

## **RESUMEN**

En obras mecánicas existe un conjunto de normas que establecen no solamente los protocolos de ejecución y la realización de Ensayos No Destructivos (END) en distintas ramas de la industria, sino que también existe normativa que trata acerca de la capacitación de los individuos que los ejecutan, basadas en un sistema de control por terceras partes. Esta Normativa está regulada por el ISO, y es aceptada universalmente por industrias de alta complejidad. Los esquemas de certificación y los contenidos mínimos de los cursos de capacitación están especificados en un cuerpo normativo en constante evolución. Con relación a los END aplicados en las obras civiles, solamente en Italia, Alemania y la Federación Rusa existen cuerpos normativos y de certificación nacionales equivalentes a los establecidos para los ensayos mecánicos. Actualmente, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), está desarrollando varios programas de fortalecimiento en la normalización y entrenamiento de personal para ejecutar END en el área civil. En algunos de estos programas, la Argentina está representada por miembros del Comité de Ensayos No Destructivos, la Asociación Argentina de Ensayos No Destructivos y Estructurales, y la CNEA. En la presentación se describirá el trabajo que se está desarrollando en este contexto para el desarrollo de programas de estudio para la capacitación del personal que ejecute una treintena de ensayos en distintas especialidades de las obras civiles.

**Palabras claves:** Ensayos No Destructivos - Civiles

## **INTRODUCCIÓN**

### **Campos de aplicación de los Ensayos No Destructivos**

Actualmente no se concibe el funcionamiento de las industrias nuclear, aeroespacial, naviera, y las instalaciones mecánicas complejas sin la ejecución sistemática de END, que verifiquen las condiciones de seguridad y funcionamiento de los elementos propios de cada sector de la industria. Así se verifican al fabricar y periódicamente los fuselajes, alas y turbinas de aviones; cascos y componentes de buques; cañerías de los más diversos tipos durante la fabricación y montaje, y luego en funcionamiento para verificar pérdida de espesor por corrosión y estado de las soldaduras, bridas y soportes. Análogamente en el complejo ferroviario se controlan no solamente los ejes y boogies, sino también mediante análisis de vibraciones el estado de las suspensiones y rieles. Por razones obvias, los

estudios de verificación en las etapas de fabricación, montaje y luego en funcionamiento, se efectúan mediante Ensayos No Destructivos (END) de las clases más variadas. En aquellos productos y sectores de la industria donde los resultados de los ensayos son garantía de la seguridad y buen funcionamiento del producto a ensayar, se exige que el personal que define cuales ensayos han de efectuarse, los que ejecutan esos ensayos, y quienes informan de los resultados, posean el conocimiento y experiencia que aseguren que los ensayos hayan sido correctamente definidos previos a su ejecución, que hayan sido correctamente ejecutados, y que los resultados de los mismos hayan sido correctamente interpretados e informados. Esto requiere no sólo de la capacitación de los individuos que ejecutan esas tareas, sino además de que esa capacidad esté garantizada mediante un proceso de certificación de la capacidad adquirida. En la normativa ISO, nacida en parte gracias a una iniciativa desarrollada a partir de un proyecto para América Latina y El Caribe que financiara el OIEA y la Oficina de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y liderara la CNEA, esa certificación de aptitudes personales tiene que ser emitida por una tercera parte, independiente del organismo que haya capacitado a la persona en cuestión. De esta forma, se evita que las instituciones (públicas o privadas) que capacitan en la ejecución de los ensayos, sean juez y parte.

## SISTEMA DE CERTIFICACIÓN DE COMPETENCIAS PERSONALES BASADOS EN LA NORMA IRAM NM ISO 9712 (NORMA MERCOSUR ISO 9712) EN LA ARGENTINA

Como se observa en la Fig. 1, existe un ordenamiento dentro del Sistema Nacional de Normas, Calidad y Certificación que define los roles de los entes que certifican, entre otros rubros, las competencias de las personas y de cómo se articula ese sistema con el organismo acreditador reconocido el Organismo Argentino de Acreditación.

En la Fig. 2., se indica que cualquiera que sea el sistema de competencias que se desee certificar, deberá ser sometido al criterio de la norma IRAM ISO/IEC 17024[1], que es la que vela para que el sistema de certificación cumpla con cada uno de los requerimientos de la norma específica en la certifique la competencia, en este caso la norma IRAM NM ISO 9712 [2], en un marco de total transparencia.



Figura 1. Sistema Nacional

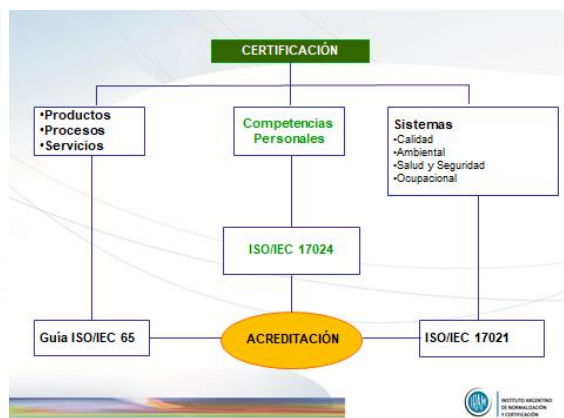


Figura 2: Esquema de certificación acreditado

La norma exige que el organismo responsable de la certificación de competencias tenga las siguientes características: debe contar con un "Comité del Esquema" en el que haya representantes de todas las partes interesadas, debe asegurar imparcialidad, debe controlar a los Organismos de Calificación Autorizados (OCAs, en la Argentina son CNEA, UTN Delta, UTA Mendoza y UNCOMA) y los Centros de Examinación de los OCAs, a través de auditorías periódicas. El organismo debe ser el que emita los certificados y garantice la seguridad de los exámenes. Este último punto, que es fundamental, se realiza controlando

que las probetas de entrenamiento no sean las de examen (las de examen deben estar resguardadas y tener dos informes maestros coincidentes de personal ya certificado), que el equipamiento esté calibrado, que los/as candidatos/as a calificar no tengan acceso al banco de preguntas (que debe ser tan numeroso, como para que los exámenes no se puedan repetir fácilmente), entre otras.

Para conocer todo este proceso, es conveniente conocer algunas definiciones de los conceptos fundamentales del mismo.

Evaluación de la conformidad: toda actividad que tenga por finalidad determinar, directa o indirectamente, si se cumplen los requisitos aplicables.

Certificación: procedimiento por el cual una tercera parte asegura por escrito que un producto, proceso, servicio o competencia está en conformidad con los requisitos especificados.

Acreditación: procedimiento por el cual un organismo autorizado reconoce formalmente que un organismo o una persona es competente para efectuar tareas específicas.

Organismo de acreditación: organismo que dirige y administra un sistema de acreditación y que otorga la acreditación.

Organismo acreditado: organismo al que se ha otorgado la acreditación.

Tercera parte: organismo que es independiente de las partes involucradas en lo que concierne al tema en cuestión. (Nota: primera parte: proveedor; segunda parte: comprador).

Competencia: conjunto de conocimientos, experiencia y habilidades requeridas y demostradas para el desarrollo eficaz de las tareas encomendadas.

Debe entenderse entonces, que la certificación de competencias personales es una herramienta contrastada que consiste en el reconocimiento formal por una tercera parte independiente, del cumplimiento de un conjunto de requisitos por parte de personas. Tiene como objetivo el aportar confianza en la competencia de las personas certificadas para realizar determinadas actividades.

La norma de certificación actual (NM ISO 9712) reconoce que existen 3 niveles de competencias, comenzando por el nivel 1, que es el inicial, uno operativo que es el nivel 2 y el nivel 3, que es el máximo. Esos niveles pueden ser en cualquiera de los métodos que reconoce la norma (cosa que es dinámica y depende de los avances tecnológicos en esta disciplina), los más conocidos son: Partículas Magnetizables (PM), Líquidos Penetrantes (LP), Ensayo Visual (EV), Ultrasonido (US), Radiografía industrial (RI) y Corrientes Inducidas (CI). Además, la norma diferencia sectores dentro de los que una persona debe certificarse, algunos más generales y otros específicos (que varían también entre países, según sus necesidades, desarrollo relativo y mercado demandante), los que están en funcionamiento en la Argentina son los 3 que siguen: caños y tubos, ensayos previos y durante el servicio (que incluyen los de fabricación) y varillas de bombeo.

Las competencias de cada nivel son las que siguen.

Nivel 1: llevar a cabo los END según instrucciones escritas y bajo supervisión de un Nivel 2 o 3, ajustar los equipos de END, realizar los ensayos, registrar y clasificar resultados e informar resultados. Como se observa una persona de nivel 1 NO puede opinar sobre los resultados.

Nivel 2: Llevar a cabo los END de acuerdo a procedimientos establecidos, seleccionar la técnica, definir las limitaciones de aplicación, traducir códigos, normas, etc. de END en instrucciones de END adaptándolos a las condiciones reales de trabajo, ajustar y verificar los ajustes de los equipos, realizar y supervisar los ensayos, interpretar y evaluar los resultados de acuerdo a códigos y otros, preparar instrucciones escritas, llevar a cabo y supervisar todas las tareas del Nivel 2 o inferior, proveer guía al personal del Nivel 2 o inferior, informar los resultados de los END. En el nivel 2 la persona puede firmar un informe.

**Nivel 3:** llevar a cabo y operar directamente los END, asumir la responsabilidad total de las instalaciones, centro examinador y personal, establecer, revisar la redacción y corrección técnica y validez de los procedimientos y de las instrucciones de END, interpretar códigos, normas, especificaciones y procedimientos, indicar el método de ensayo particular, procedimiento e instrucciones de END a ser utilizadas, llevar a cabo y supervisar los trabajos de todo los niveles, proveer la guía para el personal de todos los niveles, demostrar competencia para evaluar e interpretar resultados de acuerdo a códigos, etc., demostrar conocimientos prácticos suficientes en los materiales, fabricación y procesos tecnológicos, aplicables para seleccionar los métodos de END, establecer las técnicas de END, y asistir en el establecimiento de los criterios de aceptación cuando no están disponibles, Demostrar conocimiento general de los otros métodos de END. En el nivel 3 la persona llega al máximo de esta especialidad y, además de ser referente para tomar decisiones en materia de ensayos, es el entrenador y examinador del sistema de certificación y la persona de consulta que normalmente asesora a una empresa en temáticas de END.

Para que una persona acceda a la certificación se requieren las condiciones que se indican en la Fig. 3.



Figura 3: requisitos para la certificación según NM ISO 9712

Existe un entrenamiento mínimo en horas que exige la norma, como ejemplo para una persona que desee calificarse en PM2 requiere 40 hs. y en US2 requiere 120 hs.; todos los detalles de las características de los entrenamientos para todos los métodos y niveles pueden encontrarse en el "syllabus" del OIEA: IAEA-TECDOC 628/Rev.3 [3].

Además de aprobar ese curso, que es teórico práctico, para poder rendir el examen de calificación, deberá en cada caso demostrar experiencia con supervisión calificada de la siguiente duración en cada caso: PM2, 4 meses y US2 12 meses.

Finalmente, el examen de calificación, consiste en un examen general de 30 preguntas de respuestas múltiples para PM2 y 40 para US2, a eso deben agregarse 20 preguntas de examen específico para ambos métodos (para un único sector, sino deben agregarse 10 preguntas del sector adicional). Las preguntas deben elegirse aleatoriamente del banco de preguntas de examen, respetando proporciones sobre temáticas pre

establecidas. El "Comité del Esquema" debe definir los tiempos máximos para el examen general y el específico.

Si aprueba ambos exámenes, debe rendir el examen práctico que consiste en examinar 2 probetas e informar e interpretar el resultado en el formato requerido. De una de ellas debe redactar un borrador de instrucción de ensayo para un nivel 1. El tiempo máximo de examen para la parte práctica, según la recomendación de la norma, es de 3 hs. por cada probeta, a las que se suman las 2 hs. de elaboración del borrador de instrucción. Para cada una de las partes del examen existe una ponderación (que difiere según el nivel). Para aprobar se requiere tener un mínimo de 70% de las respuestas correctas para cada parte del examen: general, específico, por cada probeta y por el borrador de instrucción en el nivel 2.

Finalmente, si la persona supera todos estos exámenes, el OCA enviará al certificador (IRAM) la evidencia de su entrenamiento calificado, de su aptitud visual y la evidencia de aprobación de los exámenes para la emisión del certificado. Los exámenes deben guardarse en los OCAs, pueden ser motivo de auditoría tanto del IRAM como del OAA en cualquier momento, incluyendo el momento de la toma del mismo, lo que es bastante habitual.

Para el nivel 3 existe toda una arquitectura de entrenamiento y examen que profundiza en temáticas generales y específicas, abarca el conocimiento del sistema de certificación, las normas IRAM NM ISO 9712 [2] e ISO/IEC 17024 [3], los sistemas de calidad, la seguridad e higiene y la organización empresarial de los END.

En todos los casos la certificación se otorga por un período de 5 años, que pueden renovarse por otros 5, si la persona demostró durante los primeros 5 años que continuó trabajando en el método que está certificado. Después de los 10 años, en el nivel 1 o 2 debe rendir una recertificación que consiste en un examen práctico reducido, que está orientado a que el personal se actualice tecnológicamente. En el caso de los niveles 3, ese examen puede evitarse con un sistema de créditos, que computa si desarrolla investigación, docencia, publicaciones, participación en congresos/conferencias de la especialidad, integra asociaciones de END, participa en comités específicos, etc.

### **END en Ingeniería Civil**

En la Ingeniería Civil existe abundante experiencia en diversos tipos de END. Muchos de ellos se basan en los mismos principios físicos generales que los empleados en la Industria Mecánica (métodos sónicos, o radiantes, o electromagnéticos). También existen técnicas cuyos principios físicos no tienen correlación con los existentes en la Ingeniería Mecánica, por la propia naturaleza de los materiales que emplea: compuestos como el hormigón (simple o reforzado), los concretos asfálticos, la mampostería, o materiales naturales tales como la madera (con o sin elaboración) requieren de técnicas específicas, basadas a su vez en principios físicos específicos, para obtener datos de ciertas propiedades del producto en elaboración o terminado. Actualmente, con la excepción de las normativas nacionales de las Repúblicas de Italia, Alemania y en la Federación Rusa; no existe en la Ingeniería Civil un cuerpo normativo tan extenso y completo como el existente para la Ingeniería Mecánica. Justamente por ello, distintos actores internacionales, entre ellos el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), está trabajando en la redacción de planes de estudio de las capacitaciones, así como en los programas de certificación de esas capacitaciones, de forma tal de lograr la formación de cuerpos de inspectores análogos a los existentes en las obras mecánicas. La complejidad creciente de las obras civiles, así como la necesidad de certificar la calidad de las obras, y la de obtener y/o renovar los certificados ambientales de obras nuevas y existentes, en consonancia con los problemas de durabilidad que han ido haciendo evidentes en estructuras añosas, han generado un grupo de iniciativas que se verá reflejada a corto o mediano plazo en la

normativa internacional. En función de esto, se detallará en lo que sigue el esquema de funcionamiento de los cuerpos de capacitación y certificación de los individuos que ejecutan END.

### Avances en la formulación de planes de estudio para capacitaciones.

En Comité de Ensayos No Destructivos para la Ingeniería Civil y el Patrimonio (CEND), que es integrante de la AAENDE y del Capítulo Argentino del ACI, participa activamente en varios programas regionales e interregionales relacionados a las Obras Civiles en el ámbito del OIEA. En algunos de esos programas, se están elaborando los Planes de Estudio (Syllabus) para la capacitación de individuos para ejecutar END en Obras Civiles. Este trabajo se está desarrollando siguiendo los lineamientos de la norma ISO 9712. La misma permite a los organismos certificadores la creación de Sectores de Productos e Industriales a los cuales ser aplicada. Con relación a las Obras Civiles (excluyendo las estructuras metálicas y los compuestos de matriz polimérica ya incluidas en la Norma), se considera que las mismas se encuentran construidas especialmente con materiales incluidos en el Sector de Materiales Compuestos de matriz cementicia (tanto cementos Portland como Asfálticos), si bien se solicitará al ISO incorporar otros materiales tales como la madera. También se considera que la Industria de la Construcción pertenece al Sector Industrial de Manufacturas. Sobre esta base, y dándole prioridad a las construcciones de hormigón y mampostería, se seleccionaron las técnicas indicadas en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Técnicas incluidas en el Programa de Redacción de Planes de Estudio

Principio Físico	Técnicas
Conocimientos Generales	Construcciones de Hormigón
	Construcciones de Mampostería
Mediciones mecánicas	Número de Rebote
	Ensayo de Penetración
	Ensayo de arrancamiento (pull out)
	Gatos planos (mampostería)
	Carbonatación y contenido de cloruros in situ
	Relevamiento geométrico con dispositivos manuales
	Relevamiento geométrico con dispositivos ópticos y digitales
	Inspección Visual
	Medición de deformaciones unitarias (strain gauging)
	Ensayo de estanquidad
Técnicas Radiantes	Radiografía con Film
	Radiografía Digital
	Radiografía con Neutrones
	Radiometría para medición de humedad y densidad
Ultrasonido	Velocidad de Pulso
	Impacto – Eco
	Impulso – Eco
	Arreglo de Fases
	Emisiones Acústicas
Electromagnéticos	Georradar (GPR)
	Detección Magnética
	Mapeo de Potenciales (Potencial de Media Pila)
	Permeabilidad

El formato de cada syllabus sigue el establecido en la norma ISO 25107. Un ejemplo de encabezado puede observarse en la Tabla 2. No se consideran en esta etapa los syllabi

para Nivel 3. Cada línea de la Tabla 2 posee su desarrollo en una tabla aparte, que no se muestra por estar en desarrollo.

**Tabla 2:** Resumen de requerimientos mínimos para Syllabus de capacitación – Ensayo de extracción (Pull Out) - PRELIMINAR

Contenido		Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
		(% de la duración total)	(% de la duración total)	(% de la duración total)
1	Introducción a la terminología e historia	7	7	
2	Principios físicos del método y conocimiento asociado	12	6	
3	Conocimiento sobre el producto, y capacidad del método y sus técnicas derivadas (***)	--	--	
4	Equipamiento	6	--	
5	Información preliminar al ensayo	6	--	
6	Ensayo (*) (**)	32	38	
7	Evaluación y reporte (*) (**)	19	31	
8	Evaluación	--	--	
9	Aspectos de calidad	12	12	
10	Desarrollos	6	6	
(*) = incluye práctica 60% de los ítems 6 y 7 para Nivel 1; (**) = incluye práctica 40% de los ítems 6 y 7 para Nivel 2; (***) = incluido en el syllabus de Conocimiento General (24 horas para Niveles 1, 24 horas para Nivel 2)				
NÚMERO TOTAL DE HORAS		16 hrs	16 hrs	

## CONCLUSIONES

Se ha presentado en la ponencia, la práctica usual de los END en la ingeniería mecánica, en un amplio campo de actividades donde los mismos se ejecutan de manera rutinaria al materializar una instalación o producto, y cómo el personal que ejecute esos ensayos debe poseer no solamente una adecuada capacitación y calificación para ejecutar y/o informar los resultados, sino también cómo terceras partes certifican esa capacidad y calificación. También se ha indicado que actualmente, con la excepción de sistemas nacionales en solamente 3 países, en la Ingeniería Civil (con la excepción de las construcciones metálicas) no existe un esquema internacionalmente aceptado que sea equivalente al existente para las obras mecánicas. También se ha descrito el trabajo que algunos organismos internacionales como el OIEA, están encarando para poder resolver este vacío que dificulta en grado sumo la ejecución e interpretación de ensayos sobre obras terminadas o en fase de terminación, ejecutadas en hormigón y/o mampostería. Se ha hecho resaltar que actualmente el CEND y la AAENDE están colaborando con este último organismo, y que los planes de estudio (syllabi) se encuentran en avanzado grado de desarrollo. Pasará un tiempo, sin embargo, hasta que estos syllabi se incorporen a la normativa ISO y luego a las normativas nacionales, pero estableciendo un acuerdo internacional sobre los contenidos podrán encararse las capacitaciones y certificaciones que tanto hacen falta para darle mayoría de edad a los END en el área de las Obras Civiles.

## REFERENCIAS

### Normas:

- [1] IRAM ISO/IEC 17024: Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para los organismos que certifican personas, 2ª edición, IRAM, (2013), 35 páginas
- [2] IRAM NM ISO 9712: Ensayos no destructivos - Calificación y certificación del personal para END, IRAM, (2014), 61 páginas

### Libros:

[3] Isaac Einav et al, "IAEA-TECDOC 628: Training Guidelines in Non-destructive Testing Techniques", 3a edición, International Atomic Energy Agency, (2013), 286 páginas.