

LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA EDUCACIÓN NAVAL

MUÑOZ, M^a E.^{1(*)}; FILGUEIRA, A.¹; SÁNCHEZ, F.J.²; MUÑOZ, E.²

1 - UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA | (*) España 2 - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Resumen:

La infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial, para España, parte de AENOR como organismo de normalización, ENAC como entidad de acreditación y, para el caso de los ensayos no destructivos, de la entidad técnica Asociación Española de Ensayos no Destructivos (AEND).

Para contribuir a alcanzar la calidad en los ensayos, la AEND tiene entre sus fines la promoción del perfeccionamiento profesional y la formación en el ámbito de los ensayos no destructivos (END).

Entre los sectores industriales que emplean de forma habitual los END están el naval y el aeronáutico. Aunque la formación en este tipo de ensayos resultaría del máximo interés en estos sectores, la realidad es que dicha formación, en la actualidad y en el ámbito universitario, es demasiado generalista y dispersa.

La obligada adaptación de los estudios, en nuestras universidades, al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) nos brinda una magnífica oportunidad para incorporar los, cada vez más, necesarios conocimientos de END en las nuevas titulaciones.

Palabras clave: Ensayos no destructivos; Seguridad industrial; Acreditación; Certificación.

1.- Introducción

Los materiales (perteneciente o relativo a la materia) precisan para su producción y procesado que los ingenieros que los fabrican, utilizan, inspeccionan o destruyen, cuenten con amplios conocimientos sobre su estructura y propiedades.

Los conocimientos referidos se aportan a los alumnos de ingeniería a lo largo de sus estudios en distintas materias básicas y de aplicación que suelen tener como soporte la Química. Esta, como ciencia de la materia y de los cambios que en esta tienen lugar, estudia su composición y las propiedades de los productos y materiales que se originan a partir de ella. Su amplio campo de trabajo necesita de una clasificación adecuada de la misma por ámbitos concretos y así de forma tradicional se habla de Orgánica, Inorgánica, Analítica, ...

En las titulaciones de ingeniería, en España, los estudios de las propiedades y aplicaciones de los materiales se desgajaron de la Química en las modificaciones de los planes de estudio llevadas a cabo generalmente en la década de los años ochenta y principios de los noventa. A partir de esas modificaciones los estudios citados adquieren cuerpo propio y aunque con distintas denominaciones pasan a formar parte de asignaturas tales como “Materiales”, “Ciencia de materiales”, “Ingeniería de materiales”, etc. en las que temas como estructura atómica, fuerzas de enlace, sistemas cristalinos y polimerización forman parte del conocimiento básico que en ellas se desarrolla.

El análisis de los materiales, esto es su composición y estructura se ha estudiado tradicionalmente en Química Analítica y dentro de ella preferentemente en “Técnicas Instrumentales de Análisis”. La verificación de que los materiales cumplen las especificaciones exigidas para su uso precisa del conocimiento por parte del ingeniero de las distintas técnicas de análisis y de los fundamentos de estas, de forma que disponga de un criterio claro sobre la interpretación de los datos analíticos. Hoy la mayor parte de las titulaciones de ingeniería recogen estos conocimientos en asignaturas tales como “Tecnología de materiales” u otras ligadas a su análisis y control.

La inmensa mayoría de las técnicas analíticas, instrumentales o no, precisan de la destrucción de la muestra para verificar su composición y/o propiedades. En ciertos casos la destrucción necesaria de la muestra origina un serio problema tanto práctico como económico, por lo que en muchas aplicaciones relativas al control de materiales, dichas técnicas quedan excluidas.

Para resolver estos problemas, tales como la detección de grietas en materiales ferroviarios, aparecen ya en el siglo IXX los ensayos no destructivos (END)

2.- Los Ensayos No Destructivos (END)

La necesidad de avanzar en el conocimiento de las grietas, fisuras o discontinuidades en general, dimensionando estas y analizando sus consecuencias para el ciclo de vida previsto para el material, condujo a la aparición de nuevas técnicas de control de calidad que concretaron un campo de estudio conocido como ensayos no destructivos (END).

La mayoría de los métodos instrumentales de análisis y la totalidad de los ensayos no destructivos son métodos físicos. Miden por tanto una propiedad física que debe relacionarse con el comportamiento previsible del material objeto de ensayo o con una variable tecnológica significativa del mismo.

Estos ensayos, no suelen proporcionar información sobre composición de la muestra, aportando simplemente una información generalista sobre el comportamiento frente a una acción externa. Siendo este su principal punto débil, resulta poco significativo frente a las fortalezas que aportan para el control de elementos en servicio, de procesos de fabricación y para grandes piezas.

El conocimiento de las variables medidas y del material analizado resultan fundamentales para realizar una correcta interpretación de las alteraciones que hayan podido observarse en la propiedad evaluada.

La evaluación completa del método de control empleado precisa de una especificación para su validación como ensayo aceptable.

Existen gran número de ensayos no destructivos aceptados de forma general, esto es que han superado la fase experimental necesaria para su aplicación industrial. Su clasificación puede realizarse en base a distintas técnicas, como metrología, caracterización o principalmente defectología. Estas últimas técnicas pueden clasificarse a su vez en función de que la posición de la discontinuidad esté sobre la superficie del

material analizado o bien en el interior del mismo. En el primer caso puede hablarse de ensayos superficiales y en el segundo de ensayos volumétricos.

Como ensayos superficiales se consideran los de inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y corrientes inducidas. En la terminología de los END estas técnicas se conocen como VT, PT, MT y ET respectivamente.

Los conocidos como ensayos volumétricos proporcionan información de discontinuidades o alteraciones en el interior del material ensayado, destacando como técnicas más oficiales la radiografía industrial (RT) y los ultrasonidos (UT).

La detección de fugas (LT) se encuadraría en un tercer grupo de clasificación, que generalmente se corresponde con variaciones de presión o de determinación de componentes.

3.- Regulación de la actividad industrial

En España, las actividades de normalización y certificación se reorganizaron por Real Decreto (RD) 1614/1985 y se designó a la empresa Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) como la entidad reconocida para desarrollar tareas de normalización y certificación.

Como consecuencia de nuestra pertenencia a la Unión Europea y a la constitución del Mercado Interior se hace necesario adaptar la regulación de la actividad industrial. Ello implica la necesidad de compatibilizar los instrumentos de la política industrial con los de la libre competencia y la libre circulación de mercancías y productos, así como asumir el nuevo enfoque comunitario basado en la progresiva sustitución de la tradicional homologación administrativa de productos por la certificación que realizan empresas y otras entidades, con la correspondiente supervisión de sus actuaciones por los poderes públicos.

En este sentido se aprueba el Reglamento de la infraestructura para la calidad y la seguridad industrial mediante el RD 2200/1995.

La Asociación Española de Normalización y Certificación, en adelante AENOR, queda reconocida como Organismo de normalización de los establecidos en el capítulo II del Reglamento aprobado por este RD.

Igualmente se reconoce y designa a la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), como entidad de acreditación de las establecidas en el citado capítulo II.

El objeto del Reglamento citado es establecer los requisitos de organización y funcionamiento que deberán cumplir los agentes, públicos o privados, que constituyen la infraestructura para la calidad y la seguridad industrial, según lo dispuesto en la Ley de Industria (Ley 21/1992)

Constituyen la infraestructura común para la calidad y la seguridad industrial las entidades y organismos que se encuadren en las siguientes categorías:

a) Organismos de normalización, con el cometido de desarrollar las actividades relacionadas con la elaboración de normas.

b) Entidades de acreditación, con los cometidos de realizar el reconocimiento formal de la competencia técnica de una entidad para certificar, inspeccionar o auditar la calidad, o un laboratorio de ensayo o de calibración y de verificar en el ámbito estatal el cumplimiento de las condiciones y requisitos técnicos exigidos para el funcionamiento de los Organismos de control y de los verificadores medioambientales.

Constituyen la infraestructura acreditable para la calidad las entidades y organismos que se encuadren en las siguientes categorías:

a) Entidades de certificación, con el cometido de establecer la conformidad de una determinada empresa, producto, proceso, servicio o persona a los requisitos definidos en normas o especificaciones técnicas.

b) Laboratorios de ensayo, con el cometido de llevar a cabo la comprobación de que los productos industriales cumplan con las normas o especificaciones técnicas que les sean de aplicación.

c) Entidades auditoras y de inspección, con el cometido de determinar si las actividades y los resultados relativos a la calidad satisfacen a los requisitos previamente establecidos, y si estos requisitos se llevan a cabo efectivamente y son aptos para alcanzar los objetivos.

d) Laboratorios de calibración industrial, con el cometido de facilitar la trazabilidad y uniformidad de los resultados de medida.

La infraestructura en seguridad industrial queda constituida por los Organismos de control, con el cometido de realizar en el ámbito reglamentario, en materia de seguridad industrial, actividades de certificación, ensayo, inspección o auditoría.

Para paliar errores de interpretación el RD 2200/95 se modifica por el RD 411/1997 definiendo la naturaleza y finalidad de las entidades de acreditación como entidades privadas sin ánimo de lucro, que se constituyen con la finalidad de acreditar o reconocer formalmente, en el ámbito estatal y a través de un sistema conforme a normas internacionales, la competencia técnica de una entidad para certificar, inspeccionar o auditar la calidad o de un laboratorio de ensayo o de un laboratorio de calibración, que operen tanto en el ámbito voluntario de la calidad como en el ámbito obligatorio de la seguridad industrial, o de una persona o entidad en el ámbito de la verificación medioambiental.

3.1.- Asociación Española de Ensayos No Destructivos (AEND)

Las asociaciones de END aparecen ya a principios del siglo pasado siendo en 1941 cuando se funda la Sociedad Americana para Ensayos No Destructivos (ASNDT) Es también creadora de estándares y servicios para la Calificación y Certificación de personal que realiza ensayos no destructivos.

La entidad que reúne a todas las instituciones debidamente constituidas de END es el Comité Internacional de Ensayos No Destructivos (ICNDT) con sede en Viena.

El ICNDT creó en 1973, durante la 7ª conferencia Mundial de END, un grupo de trabajo para el desarrollo de la reconocida necesidad de armonización internacional en la formación, cualificación y certificación del personal de END. Doce años después el grupo de trabajo citado había elaborado un conjunto de documentos, nominados como ICNDT WH XX-85, que presentó a la 11ª Conferencia Internacional, que recogen los conocimientos mínimos exigibles para los técnicos de END en los tres niveles que se habían establecido.

En la actualidad los ensayos no destructivos son reconocidos como procedimientos de control de calidad en todo el mundo y se han creado sociedades de END en todos los continentes. Pueden citarse:

Sociedad Argentina de Ensayos No Destructivos (AAENDE)
Instituto Australiano para Ensayos No Destructivos (AINDT),
Sociedad Austriaca de Ensayos No Destructivos (OGFZP),
Sociedad Brasileña de Ensayos No Destructivos (ABENDE),
Sociedad Canadiense de Ensayos No destructivos (CSNDT),
Sociedad China para Ensayos No Destructivos (ChSNDT),
Federación Europea de Ensayos no Destructivos (EFNDT)

Para España, en 1971, se crea el Comité Español de END integrado en la Asociación Española de Control de Calidad y a partir de él nació la Asociación Española de Ensayos No Destructivos, que se constituye como una asociación sin ánimo de lucro y con personalidad jurídica propia, que reúne a las distintas personas naturales y jurídicas relacionadas con los ensayos no destructivos.

Entre sus fines cabe citar:

- La recopilación, selección y difusión de la información relativa a la ciencia y técnica de los END.
- Promover y facilitar la enseñanza de dichas técnicas a todos los niveles, participando en el perfeccionamiento profesional y en la formación permanente
- Certificar personal de END.

3.2.- CERTIAEND

AENOR, como entidad reconocida para el desarrollo de tareas de normalización y certificación, creó, en 1990 para el personal de END, el Comité Técnico de Certificación 039, cuya secretaría recayó en la AEND.

Para el cumplimiento de uno de los fines de la AEND, la certificación de personal mediante la norma UNE EN 473, seguida y aceptada de forma general en Europa, fue preciso crear un órgano técnico que cumpliera con la norma EN 45013. Nace así en 1997 el CERTIAEND, al ser acreditado por ENAC, según los criterios de la norma UNE-EN ISO/IEC 17024, para la certificación de personas.

Recientemente se ha procedido a una revisión de la EN 473 que queda como UNE EN 473:2009. En ella los métodos cubiertos por CERTIAEND, en base al procedimiento PC03, son ET, LT, MT, PT, RT, UT y VT.

La formación en END queda por tanto regulada por la normativa anteriormente referida, tanto en profundidad y extensión en función del nivel de que hablemos como en cuanto a contenidos.

Para los centros que pueden impartir formación en END queda igualmente regulado su procedimiento, siendo preciso que propongan un programa formativo que debe ser aprobado por el organismo de certificación, en base a lo establecido en el procedimiento PC18. En este sentido los estudios impartidos en distintos centros universitarios, sobre END, no acreditan en general para trabajar en este campo.

La persona que desee certificarse en END debe aportar evidencias documentadas de haber superado satisfactoriamente una formación en el método y nivel que se haya fijado, que cumpla un programa aprobado por CERTIAEND de acuerdo a los contenidos temáticos recogidos en UNE CEN ISO/TR 25107 IN.

La certificación puede obtenerse para un método, un nivel y un sector, pero no incluye autorización para operar pues esta debe ser dada por la empresa en que desarrolla su labor de END.

4.- Sistema Universitario

El Sistema Universitario español está compuesto por 77 universidades: 50 públicas y 27 privadas. De ellas 5 están configuradas como universidades no presenciales; impartiendo docencia en el curso actual sólo la UNED, la UOC y UDIMA.

El Sistema se completa con dos universidades que sólo imparten programas especializados de posgrado: la Universidad Internacional Menéndez Pelayo y la Internacional de Andalucía.

Sobre una población en España de 45.448.471 personas, en el tramo de edad entre 18 y 24 años la población era de 3.733.330.

Con estos datos se podría decir que en España hay 1,7 universidades por cada millón de personas, cifra similar a la de los países de nuestro entorno. Esto corresponde con una universidad por cada 48.500 jóvenes en edad universitaria, y una media de 19.500 estudiantes matriculados por universidad.

Con la descentralización de la Educación Universitaria en 1985 se produce un crecimiento importante en el número de universidades: En 1975 en España había 28 universidades, 10 años después había 35, y 30 años más tarde el número de universidades se duplica hasta llegar al número actual de 77, repartidas en 165 campus universitarios.

En el curso 2008-09 en las universidades españolas coexisten diferentes niveles formativos: Estudios de primer y segundo ciclo, estudios de grado (que ya han comenzado a impartirse este año), másteres oficiales (que se comenzaron a impartir en el curso 2006/07) y programas de doctorado.

En el curso referido la oferta docente de las universidades públicas presenciales fue de 260.113 plazas universitarias de 1.er y 2.º ciclo distribuidas entre 2.606 enseñanzas.

Adicionalmente a estas enseñanzas oficiales se autoriza la impartición de 163 nuevos grados universitarios en 33 universidades, diseñados ya de acuerdo a las directrices que marca el Espacio Europeo de Educación Superior, 2.021 másteres oficiales y 989 programas de doctorado, dentro también del diseño del EEES.

El número de estudiantes de primer y segundo ciclo está disminuyendo en los últimos años, hasta situarse en 1.389.394 estudiantes el curso pasado.

De estos estudiantes de primer y segundo ciclo el 55,3% cursan estudios de ciclo largo, el 40,4% de ciclo corto y el 4,3% de sólo segundo ciclo.

La distribución de estudiantes por ámbitos científicos se da en la siguiente tabla, observándose que los matriculados en Enseñanzas Técnicas suman un 25%.

En el último curso 187.767 estudiantes de primer y segundo ciclo, prácticamente el mismo número que el curso anterior, alcanzaron su graduación.

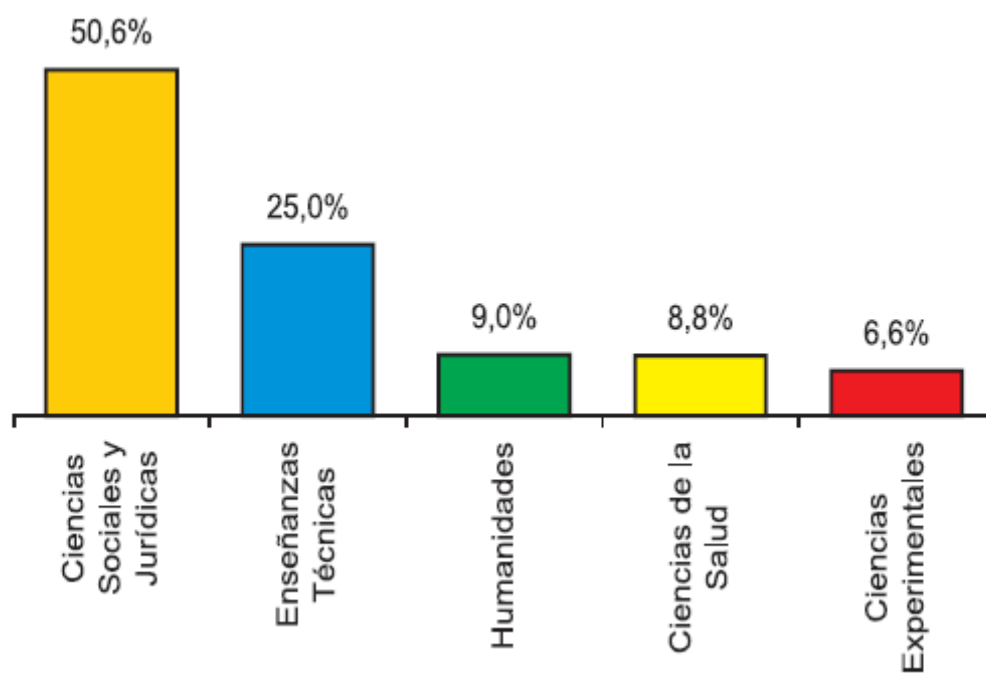
Tanto los másteres oficiales como los estudiantes de estos (33.021) se han duplicado en sus dos años de vigencia.

En doctorado los matriculados en el curso pasado fueron 77.654.

Estos datos reflejan claramente el valor ínfimo de la relación entre el número de personas certificadas en END y la potencial masa de titulados que por preparación pudieran acceder con garantías de éxito a esta certificación.

Estudiantes matriculados en 1^{er} y 2^o ciclo. Previsión curso 2008-09

	Total	Univ. Públicas		Univ. Privadas y de la Iglesia	
		Total	%	Total	%
Total	1.366.542	1.218.344	89,2%	148.198	10,8%
Ciclo Largo	741.564	657.014	88,6%	84.550	11,4%
Ciclo Corto	558.292	504.468	90,4%	53.824	9,6%
Sólo Segundo Ciclo	66.686	56.862	85,3%	9.824	14,7%
Rama de enseñanza					
Ciencias Sociales y Jurídicas	691.568	607.717	87,9%	83.851	12,1%
Enseñanzas Técnicas	346.578	312.414	90,1%	34.164	9,9%
Humanidades	121.020	114.003	94,2%	7.017	5,8%
Ciencias de la Salud	121.904	101.981	83,7%	19.923	16,3%
Ciencias Experimentales	85.472	82.229	96,2%	3.243	3,8%



4.1.- Análisis del sistema en relación con los END

Como hemos comentado en el apartado anterior los estudios universitarios se distribuyen en cinco ámbitos científicos, con resultados dispares en cuanto a alumnos matriculados.

En los ámbitos de Ciencias de la Salud, Ciencias Sociales y Jurídicas y Humanidades no se incluye ninguna formación sobre ensayos no destructivos, al considerarse que estos estudios quedan lejos de los objetivos de formación definidos para cada una de las titulaciones que se incluyen en ellos.

Sin embargo el campo de los END es muy amplio y está en fase de expansión como demuestran las últimas aplicaciones en el mundo del arte, en el del patrimonio artístico y del patrimonio construido (caracterización mecánica de morteros, etc.).

En el ámbito de las Ciencias Experimentales tampoco se incluyen estudios sobre END, aunque en las titulaciones de Química y de Física se tratan algunas de las técnicas de base de los END pero siempre bajo una óptica muy científica y sin aplicación ni mención alguna a ellos. La percepción, sin duda equivocada, de que la aplicación de los END es tarea menor poco apropiada para su realización por un titulado superior no es cuestión baladí en las propuestas de contenidos ajenos a este campo en los correspondientes planes de estudio.

Es en el ámbito de las Enseñanzas Técnicas donde, teóricamente, se podrían incluir los estudios sobre END, pero en general tampoco se tratan como materia específica, si bien en algunas titulaciones se estudian distintas materias como Química, Física,

Electromagnetismo y/o Ciencia e Ingeniería de materiales, que constituyen la base de las técnicas de END.

La multitud de materias optativas que forman parte de los planes de estudio de las ingenierías, fundamentalmente Industrial, Naval, Aeronáutica y Civil, ha dado pie a que en alguna de estas titulaciones se incluyan temas concretos sobre END. Sin embargo no se encuentra correspondencia con esos mismos estudios en otras universidades o incluso de la misma en cursos diferentes. Esto es, donde se tratan los END como tal, se debe más a una opción personal que a una decisión discutida, razonada y aprobada a nivel institucional.

Por su relación directa con temas propios de este congreso se presenta, en la siguiente tabla, la clasificación de materias propuesta para la titulación de Ingeniería Naval y Oceánica por el Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.

Clasificación de materias	Definición	Ejemplos
Materias básicas	Aquellas ramas de las Ciencias que son de aplicación a la ingeniería o necesarias para la comprensión de otras materias de la titulación.	Matemáticas (álgebra, cálculo, geometría), Física General, Química.
Materias genéricas	Materias tecnológicas y sociales necesarias en el ejercicio de la profesión o como soporte de las materias específicas.	Sistemas de representación Resistencia de materiales Informática, Economía Mecánica de fluidos Gestión de calidad, seguridad y medio ambiente. Gestión de proyectos
Materias específicas	Materias tecnológicas exclusivas de la ingeniería naval y oceánica	Proyecto de buques Construcción naval Estructuras marítimas Hidrodinámica naval Transporte marítimo Sistemas de pesca

Como puede observarse no aparecen, como por otra parte resulta lógico, estudios directos relacionados con END en esta propuesta de estudios. Queda sin embargo una puerta abierta para su inclusión dentro de la materia genérica de Gestión de calidad y desde luego como en la mayor parte de las titulaciones de ingeniería se recogen con minuciosidad asignaturas que deberían aportar los conocimientos científicos básicos para comprender, desarrollar y aplicar las técnicas habituales en los END.

Para la Ingeniería Industrial la distribución de materias es similar así como la asignación de contenidos en ellas. Dado el amplio abanico de especialidades que se cursan en esta titulación, alguna de ellas profundiza más en los conocimientos tanto de base como de aplicación que se precisan en los END.

4.2.- Propuesta de estudios

El primer planteamiento a realizar en cuanto a la inclusión de temas específicos de END en titulaciones de ingeniería debería ser si esta es necesaria para el trabajo profesional habitual a realizar por los ingenieros. En este sentido con carácter general la respuesta sería negativa.

Ahora bien para titulaciones concretas como las correspondientes a las Ingenierías Aeronáutica, Industrial y Naval, no resultaría descabellado proponer la inclusión de una materia sobre seguridad industrial y END dentro del grupo de optativas correspondientes a una especialidad concreta de dichas titulaciones .

Si optásemos por incluir una asignatura sobre END en titulaciones relacionadas con los campos profesionales citados la siguiente decisión sería sobre en que tipo de estudios, en los de grado o en los de master sería mas adecuada su inclusión.

En la actual normativa, sobre ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, se fija la finalidad de las enseñanzas de Grado y Master. Las de Grado tienen como finalidad la obtención por parte del estudiante de una formación general, en una o varias disciplinas, orientada a la preparación para el ejercicio de actividades de carácter profesional.

Las enseñanzas de Máster tienen como finalidad la adquisición por el estudiante de una formación avanzada, de carácter especializado o multidisciplinar, orientada a la especialización académica o profesional, o bien a promover la iniciación en tareas investigadoras.

En base a las finalidades establecidas para cada tipo de enseñanza, en una primera consideración parecería mas adecuado proponer su inclusión en las titulaciones de grado del ámbito de las tres ingenierías citadas.

La negación realizada en el primer párrafo de este apartado no debe ser óbice para desear que en una formación orientada al ejercicio de actividades profesionales se incluyesen asignaturas específicas de END.

Los diferentes centros universitarios, con actividad en los END, están sobradamente preparados por profesorado y medios materiales para que los programas de formación que propusiesen, en este ámbito, fuesen aprobados por el organismo de certificación correspondiente.

Los graduados en ingeniería dispondrán de una buena base científica adquirida en las denominadas materias básicas y una base tecnológica fuerte que, sin duda, facilitaría y enriquecería la formación específica propia de las aplicaciones concretas de los END. Por ello, orientado por profesores de las áreas de materiales o afines, podría trazarse una línea de trabajo que tomando la “Química” y la “Ciencia de materiales” como materias base y las “Tecnología de materiales” o “Tecnología Química” como materias tecnológicas se cerrase la formación con una asignatura de aplicación directa en control

de productos y/o de materiales, en la que encajaría perfectamente los contenidos correspondientes a END.

De los tres niveles de cualificación que en cualquiera de las normas sobre certificación se establecen, la formación obtenida en los estudios universitarios propuestos se correspondería con el nivel máximo (3).

Los graduados en ingeniería de los campos citados, con la formación recibida habrían adquirido conocimiento en tecnología de los materiales y en los métodos y sectores de los END, a la vez que competencia para:

- Interpretar y evaluar los resultados en términos de las normas, los códigos y las especificaciones existentes.
- Seleccionar los métodos de ensayo de inspección y establecer y validar técnicas y procedimientos.
- Designar los métodos, procedimientos e instrucciones que convenga utilizar para ensayos particulares.

5.- Conclusiones

Como se ha comentado hoy se imparten en nuestras actuales titulaciones de ingeniería aeronáutica, industrial y naval asignaturas de Física, Química y Ciencia de materiales que aportan unos conocimientos de base que facilitan la comprensión en detalle de las diferentes técnicas de END en su máximo nivel en el que los profesionales de este campo podrían certificarse. La inclusión de estas materias en los correspondientes planes de estudio obedece a razones formativas de conjunto que se entienden indispensables en la formación global del ingeniero, sin que en ningún caso se hayan considerado conocimientos puntuales de temas, como los de END, que faciliten una aplicación inmediata.

A nivel global los END no aportan un valor añadido sustancial académico, profesional o investigador, ni para el Centro Universitario ni para el profesorado ni para los futuros titulados fuera del aprovechamiento personal que profesores o titulados puntuales puedan tener por su relación concreta con el mundo de los END.

Para que la formación en END resultase de interés académico, debería enfocarse, en su aspecto profesional, como una actividad mas a realizar dentro de un grupo de investigación y desarrollo que se conformase con una infraestructura acreditable como laboratorios de ensayo y como entidad auditora y de inspección.

La escasa consideración de los trabajos con empresas y de la transferencia de resultados de investigación en el currículo del profesorado de cara a la acumulación de valores en su carrera profesional es un factor limitante adicional para el desarrollo de laboratorios y entidades auditoras como las referidas anteriormente.

También habría que considerar la distorsión que, de cuajar en el ámbito universitario la enseñanza específica dirigida a conseguir la certificación de personal en las técnicas de END, podría originarse en el mercado de este tipo de profesionales.

6.- Bibliografía.

- AEND “Certificación de personal que realiza ensayos no destructivos” Boletín informativo de la AEND nº 48, Madrid, 2009
- ALONSO, A. y otros; “Métodos de ensayos no destructivos”, INTA, Madrid, 1996.
- SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA MEPSYD “Datos básicos del Sistema Universitario Español: 2008/09”, Madrid, 2008.
- MUÑOZ, E.; “Proyecto docente”, Ferrol, 1996.
- MUÑOZ, E. y otros “El Espacio Europeo de Educación Superior: aspectos generales”, ACSUG, 2004.
- SIERRA, H. y otros, “El Ingeniero Naval y Oceánico del siglo XXI”, Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos”, Madrid, 2000.
- SKOOG, D.A. y WEST, D.M.; “Análisis Instrumental”, Interamericana, México, 1984.
- VARIOS; “Ensayos no destructivos”, Fundación Confemetal, Madrid, 2002-2006.
- VILLAR, L.M. y ALEGRE, O.M.; “Manual para la excelencia en la enseñanza superior”, McGraw-Hill, Madrid, 2004.
- WHITTEN, K.W. y GAILEY, K.D. “Química General”, McGraw-Hill, Nueva York, 1993.