



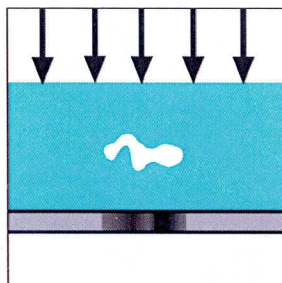
LEONARDO DA VINCI II



EUROPEAN TRAINING PROGRAMME FOR THE  
QUALIFICATION OF NDT PERSONNEL

# RADIOGRAFÍA

Manual de estudio nivel 3



## INDICE

<b>UD1</b>	<b>PROPIEDADES DE LA RADIACIÓN</b> .....	7
	1.1. Propiedades de los rayos X y gamma .....	9
	1.2. Características de la radiación .....	10
	1.3. Ionización; efecto ionizador .....	11
	1.4. Efecto biológico .....	12
	1.5. Dualismo .....	12
<b>UD2</b>	<b>ATENUACIÓN, COEFICIENTE DE RADIACIÓN DIFUSA, CONTRASTE ESPECÍFICO</b> .....	13
	2.1. Interacción de la radiación con la materia .....	15
	2.2. Ley de atenuación .....	15
	2.3. Factor de acumulación .....	15
	2.4. Mecanismos de atenuación y funciones .....	17
	2.5. Espesor de semirreducción .....	19
	2.6. Coeficiente de radiación difusa .....	20
<b>UD3</b>	<b>EQUIPOS DE RAYOS X</b> .....	27
	3.1. Radiación de frenado .....	29
	3.2. Características de la radiación X .....	30
	3.3. Equipos de rayos X .....	33
	3.4. Penumbra geométrica .....	37
	3.5. Distancia B .....	41
	3.6. Distancia foco-película FFD .....	42
	3.7. Ley de la atenuación con la distancia .....	42
	3.8. Efecto de la penumbra geométrica "ug" sobre el contraste $\Delta D$ .....	43
	3.9. Medida del foco en el marco de las normas europeas .....	43
<b>UD4</b>	<b>PROCESOS BÁSICOS DE LAS IMÁGENES DIGITALES</b> .....	47
	4.1. Introducción .....	49
	4.2. Producción de la imagen .....	49
	4.3. Intensificación de la imagen .....	52
	4.4. Densidad, perfil y medida .....	53
<b>UD5</b>	<b>PROCESO DE LA IMAGEN DIGITAL</b> .....	55
	5.1. Producción de la imagen .....	57
	5.2. Descripción de la imagen .....	57
	5.3. Reducción del ruido .....	60
	5.4. Tabla de consulta (LUT) .....	61
	5.5. Aumento .....	63
<b>UD6/7</b>	<b>DETECTORES</b> .....	65
	6.1. Película de rayos X .....	67
	6.2. Pantalla luminiscente .....	76
	6.3. Placas fosfóricas de formación de imagen .....	77
	6.4. Intensidad de imagen y procesado digital de la imagen .....	80
	6.5. Detectores de línea .....	91
<b>UD8</b>	<b>CONTRASTE DE RADIACIÓN</b> .....	93
	8.1. Diferencia de intensidad .....	95
	8.2. Contraste específico .....	96
	8.3. Proporción de difusión X .....	97
	8.4. Contraste de radiación .....	99
<b>UD9</b>	<b>INDICADOR DE CALIDAD DE IMAGEN</b> .....	101
	9.1. Indicadores de calidad de imagen (IQI) según EN 462-1 y EN 462-2 .....	103
	9.2. Indicadores ASTM (EE.UU.) .....	106
	9.3. Penetrómetro AFNOR (Francia) .....	106
	9.4. Penetrómetro tipo doble hilo, EN 462-5 .....	107



<b>UD10</b>	<b>COMPARACIÓN ENTRE PELÍCULA (EN 444) Y RADIOSCOPIA (EN 13068)</b> .....	111
	10.1. Clases de ensayo .....	113
	10.2. Contraste .....	113
	10.3. Granularidad/ruido .....	116
	10.4. Penumbra .....	118
	10.5. Comprobación de la calidad de imagen .....	121
	10.6. Comparación general entre los sistemas de formación de imágenes .....	123
<b>UD11</b>	<b>CONDICIONES DE INSPECCIÓN</b> .....	125
	11.1. Condiciones de inspección de las películas .....	127
	11.2. Condiciones de visionado en el monitor .....	129
<b>UD12</b>	<b>REGULACIONES TÉCNICAS Y NORMAS</b> .....	133
	12.1. Resumen .....	135
	12.2. Estado de las normas CEN/TC 138: ensayo radiográfico (agosto 2006) .....	137
<b>UD13</b>	<b>TUBOS CON MICROFOCO</b> .....	163
	13.1. General .....	165
	13.2. Construcción de una instalación de microfoco .....	165
<b>UD14</b>	<b>PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN</b> .....	171
	14.1. Visión general .....	173
	14.2. Licencias administrativas .....	174
	14.3. Permiso de transporte .....	174
	14.4. Medidas básicas de protección radiológica .....	174
	14.5. Medidas fundamentales de protección radiológica .....	175
	14.6. Normas de protección para personas en formación y estudiantes .....	179
	14.7. Medidas de protección para los miembros del público en circunstancias normales .....	179
	14.8. Intervenciones .....	179
	14.10. Sanciones .....	180
<b>UD15</b>	<b>DIGITALIZACIÓN DE PELÍCULAS</b> .....	181
	15.1. Digitalización de películas de rayos X .....	183
	15.2. Comparación de la evaluación entre la película de rayos X y la imagen digital .....	188
	15.3. Principios y funciones del procesado digital de imágenes .....	191
	15.4. Aumento de contraste .....	192
<b>UD16</b>	<b>RADIOGRAFÍA DE PROYECCIÓN</b> .....	199
	16.1. Discontinuidades en tubos con y sin recubrimiento aislante .....	201
	16.2. Radiografía de proyección .....	202
	16.3. Determinación del espesor de pared en radiografías digitalizadas .....	204
	16.4. Exposición mediante la técnica del paralaje .....	206
<b>UD17</b>	<b>TÉCNICAS LAMINOGRÁFICAS</b> .....	207
	17.1. Introducción .....	209
	17.2. Principio de laminografía .....	209
	17.3. Aplicaciones .....	210
	17.4. Conclusión .....	215
<b>UD18</b>	<b>TOMOGRAFIA COMPUTERIZADA</b> .....	217
	18.1. Introducción .....	219
	18.2. Registro de los datos de medición .....	220
	18.3. Ruido .....	223
	18.4. Artefactos .....	223
	18.5. Visualización/evaluación .....	225
	18.6. Campos de aplicación .....	227
<b>UD19</b>	<b>RADIACIÓN DE ENERGÍA ALTA</b> .....	229
	19.1. Equipo para la producción de rayos X de energía alta .....	231
	19.2. Betatrón .....	235



<b>UD20</b>	<b>EVALUACIÓN DE PIEZAS FUNDIDAS</b> .....	237
	20.1. Interpretación de tipos de indicaciones .....	239
	20.2. Categorías de las imperfecciones; niveles de calidad .....	239
	20.3. Selección de catálogos de referencia .....	240
	20.4. Clasificación de las indicaciones .....	240
	20.5. Evaluación .....	241
	20.6. Clasificación de aleaciones de fundición de metales ligeros .....	241
	20.7. Normas para el ensayo de fundiciones (ensayo radiográfico) .....	243
<b>UD21</b>	<b>EVALUACIÓN DE PELÍCULAS DE UNIONES SOLDADAS</b> .....	247
	21.1. Detección, clasificación y evaluación de imperfecciones de uniones soldadas .....	249
	21.2. Evaluación de imperfecciones de uniones soldadas .....	249
	21.3. Catálogos DVS .....	254
	21.4. AD-2000 Merkblatt HP 5/3 .....	255
	21.5. Evaluación según la guía alemana DVGW-GW 350 .....	256
	21.6. Lista de chequeo para evaluación de películas .....	260
	21.7. Informe de evaluación .....	263
<b>UD22</b>	<b>FUENTES DE GAMMAGRAFÍA. EQUIPOS DE TRABAJO</b> .....	265
	22.1. Definiciones generales .....	267
	22.2. Radiactividad; tipos de decaimientos .....	268
	22.3. Construcción y equipo operativo de rayos gamma .....	273
	22.4. Elementos de trabajo para gammagrafía .....	276
<b>UD23</b>	<b>LIMITACIONES DE LOS RAYOS X</b> .....	279
	23.1. Límites del área evaluable .....	281
	23.2. Imagen de imperfecciones reales .....	285
<b>UD24</b>	<b>INSPECCIÓN DE UNIONES SOLDADAS SEGÚN EN 1435</b> .....	287
	24.1. Planificación de exposición para uniones planas .....	289
	24.2. Planificación de exposición para áreas de ensayo curvas .....	289
	24.3. EN 1435 .....	292
	24.4. Extensión máxima interpretable en una exposición única (6.7) .....	297
	24.5. Observaciones posteriores .....	299
<b>UD25</b>	<b>INSTRUCCIONES DE ENSAYO</b> .....	301
	25.1. Tareas y responsabilidades de un inspector de nivel 3 .....	303
	25.2. Sistema de gestión de calidad .....	304
	25.3. Registro de ensayo .....	307
<b>UD26</b>	<b>INSTRUCCIONES DE ENSAYO PARA LA INSPECCIÓN DE UNA CALDERA DE ACUERDO CON HP5/3</b> .....	311
	26.1. Instrucciones de ensayo para una caldera .....	313
<b>UD27</b>	<b>ENSAYO DE FUNDICIÓN SEGÚN EN 12681</b> .....	319
	27.1. Consideraciones generales .....	321
	27.2. Alcance .....	321
	27.3. Clases de ensayo .....	321
	27.4. Selección de la técnica de exposición .....	321
	27.5. Selección de la fuente de radiación .....	321
	27.6. Selección de la combinación película/pantalla .....	322
	27.7. Densidad óptica "D" requerida .....	323
	27.8. Establecimiento de las condiciones geométricas .....	324
	27.9. Aumento del rango de espesor cubiertos .....	324
	27.10. Establecimiento de criterios de área de ensayo Eva-Luable "L" .....	325
	27.11. Solapado de películas y áreas de ensayo .....	326
<b>UD28</b>	<b>TÉCNICAS DE PELÍCULA MÚLTIPLE</b> .....	327
	28.1. Definición de incremento de espesores del objeto $\Delta w$ .....	329



28.2.	Aumento del incremento de espesores del objeto .....	330
28.3.	Posibilidad de aumentar el incremento de espesores del objeto .....	330
28.4.	Realización de exposiciones con técnicas de película múltiple .....	332
28.5.	Diagrama especial para la selección de película múltiple de Andree Pittlik ...	334
<b>UD29</b>	<b>INSTRUCCIONES DE ENSAYO PARA PLACAS DE FUNDICIÓN DE ACERO .....</b>	<b>337</b>
29.1.	Instrucciones de ensayo para placas de fundición de acero .....	339
29.2.	Instrucciones de ensayo .....	340
<b>UD30</b>	<b>INSTRUCCIONES DE ENSAYO PARA CANALIZACIONES .....</b>	<b>345</b>
30.1.	Instrucciones de ensayo para canalizaciones .....	347
30.2.	Instrucciones de ensayo .....	348
<b>UD31</b>	<b>INSTRUCCIONES DE ENSAYO PARA UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO .....</b>	<b>353</b>
31.1.	Instrucciones de ensayo para un tanque de almacenamiento .....	355
<b>UD32</b>	<b>INSTRUCCIONES TÉCNICAS PARA LA INSPECCIÓN DE UN CUERPO DE VALVULA .</b>	<b>363</b>
32.1.	Instrucciones técnicas para la inspección de un cuerpo de válvula .....	365
32.2.	Instrucción del ensayo .....	367
<b>UD33</b>	<b>TÉCNICAS ESPECIALES DE RAYOS X .....</b>	<b>373</b>
33.1.	Exposición panorámica .....	375
33.2.	Ensayo de la placa tubular .....	375
33.3.	Técnicas de haz duro y blando .....	378
33.4.	Influencias en técnicas de ensayo específicas .....	378
33.5.	Aplicaciones especiales .....	379