



CURSO/GUÍA PRÁCTICA INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS

MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES



Índice

¿QUÉ APRENDERÁ?.....	24
Introducción.	25
PARTE PRIMERA	26
Fundamentos de Inspección de Infraestructuras: Métodos No Destructivos y Tecnologías Emergentes	26
Capítulo 1: Introducción a la Inspección de Infraestructuras: Métodos No Destructivos y Tecnologías Emergentes	26
1. Contexto y objetivos de la inspección de infraestructuras	26
a. Definición y alcance de la inspección	26
b. Objetivos de seguridad, durabilidad y servicio.....	26
c. Rol en el ciclo de vida de los activos	27
2. Evolución histórica: del método visual al análisis avanzado	27
a. Etapas clave y avances tecnológicos	27
b. Limitaciones del enfoque tradicional	27
c. Tendencias hacia la digitalización	27
3. Clasificación de infraestructuras	28
a. Puentes: tipologías y elementos críticos	28
b. Túneles, carreteras y presas.....	28
c. Edificios y otras estructuras singulares.....	28
4. Mecanismos de deterioro.....	28
a. Corrosión y agentes químicos	28
b. Fatiga, cargas cíclicas y fenómenos climáticos	29
c. Acciones sísmicas y eventos extremos	29
5. Marco normativo y estándares internacionales.....	29
a. Organismos de referencia (ISO, ASTM, UNE, EN)	29
b. Requisitos legales y auditorías	29
c. Adaptación a contextos nacionales y locales	29
6. Terminología clave y glosario ampliado	30
a. END, SHM, LiDAR, Muografía	30
b. GPR, AE, TLS y otros acrónimos emergentes.....	30
c. Uso coherente de vocabulario técnico	30
Capítulo 2: Principios Generales de los Métodos No Destructivos (END) de Inspección de Infraestructuras.....	31
1. Fundamentos físicos de los END	31
a. Propagación de ondas ultrasónicas	31
b. Magnetismo y partículas magnéticas	31
c. Radiaciones ionizantes y no ionizantes	32
2. Clasificación de técnicas END.....	32
a. Ensayos superficiales	32
b. Ensayos volumétricos	32

c. Técnicas emergentes y combinadas	33
3. Ventajas e incertidumbres de los END	33
a. No alteración del material	33
b. Límites de sensibilidad y alcance.....	33
c. Coste y tiempo de inspección	33
4. Seguridad y salud laboral en END	33
a. Riesgos radiológicos y electromagnéticos	33
b. EPI y buenas prácticas de trabajo.....	33
c. Procedimientos de emergencia	34
5. Certificación y cualificación del personal.....	34
a. Programas de formación y niveles de cualificación.....	34
b. Certificaciones (ISO 9712, PCN, SNT-TC-1A).....	34
c. Evaluación continua de competencias	34
6. Control de calidad y trazabilidad de datos	34
a. Calibración y verificación de equipos	34
b. Registro, archivo y gestión documental	34
c. Auditorías internas y externas	35
Capítulo 3: Economía, Sostenibilidad y Resiliencia de la Inspección de Infraestructuras....	36
1. Análisis coste-beneficio de los programas de inspección	36
a. Costes directos e indirectos de los END	36
b. Valor económico de la prevención de fallos	36
c. Modelos de retorno de inversión (ROI)	37
2. Impacto ambiental de las técnicas de inspección	37
a. Huella de carbono de métodos convencionales vs. emergentes	37
b. Materiales y consumibles sostenibles	37
c. Estrategias de minimización de residuos.....	37
3. Resiliencia frente a desastres y eventos extremos.....	37
a. Rol de la inspección en la reducción del riesgo	37
b. Planes de contingencia y continuidad operativa.....	38
c. Indicadores de resiliencia de infraestructuras.....	38
4. Modelos de financiación y partenariados público-privados (PPP)	38
a. Fuentes de financiación tradicionales y alternativas.....	38
b. Contratos de desempeño y concesiones.....	38
c. Estudios de caso internacionales.....	38
5. Indicadores clave de desempeño (KPIs) y benchmarking	38
a. Definición de KPIs para inspección y mantenimiento	38
b. Herramientas de comparación entre proyectos	39
c. Tableros de control para seguimiento estratégico	39
6. Casos de estudio de sostenibilidad y resiliencia.....	39
a. Puente urbano con plan de inspección sostenible	39
b. Presa con estrategia de resiliencia sísmica	39
c. Carretera de montaña: optimización de recursos	39
PARTE SEGUNDA.....	40
Métodos No Destructivos Convencionales de Inspección de Infraestructuras	40

Capítulo 4: Inspección Visual y Documentación Sistemática de Inspección de Infraestructuras

.....	40
1. Protocolo de inspección visual.....	40
a. Planificación y alcance.....	40
b. Rutas y puntos de control	41
c. Recursos y cronograma	41
2. Equipamiento básico.....	41
a. Cámaras y accesorios ópticos	41
b. Iluminación y medición	42
c. Herramientas auxiliares	42
3. Registro fotográfico y georreferenciación	42
a. GPS y metadatos de imagen.....	42
b. Software de catalogación	42
c. Técnicas de anotación digital.....	42
4. Evaluación de daños visibles.....	43
a. Fisuras y pérdida de recubrimiento	43
b. Corrosión y exudaciones	43
c. Desprendimientos y deformaciones.....	43
5. Uso de drones para inspección visual.....	43
a. Marco normativo (EASA/AESA)	43
b. Plan de vuelo y seguridad aérea.....	43
c. Buenas prácticas operativas	44
6. Casos reales y lecciones aprendidas.....	44
a. Puente ferroviario histórico.....	44
b. Edificio patrimonial de hormigón.....	44
c. Comparativa con inspección manual.....	44

Capítulo 5: Ensayos por Ultrasonidos y Análisis de Vibraciones de Inspección de Infraestructuras..... 45

1. Fundamentos de ultrasonidos	45
a. Generación y propagación de ondas	45
b. Reflexión y transmisión en discontinuidades	45
c. Velocidad de sonido en materiales.....	45
2. Equipamiento UT	46
a. Transductores (contacto, inmersión, ángulo)	46
b. Sistema de adquisición y acoplantes.....	46
c. Bloques patrón y guías de onda.....	46
3. Técnicas de calibración y barrido	46
a. Barrido lineal, sectorial y envolvente	46
b. Cobertura de zonas críticas	46
c. Ajuste de ganancia y frecuencia	47
4. Interpretación de señales UT.....	47
a. Amplitud y tiempo de vuelo	47
b. Localización de discontinuidades	47
c. Estimación de tamaño de defectos	47
5. Análisis de vibraciones	47

a. Análisis modal operacional (OMA)	47
b. Operational Deflection Shapes (ODS)	47
c. Sensores y adquisición dinámica	47
d. Correlación con modelos numéricos	48
6. Casos prácticos	48
a. Vigas metálicas en puentes carreteros	48
b. Hormigón pretensado en viaductos	48
c. Combinación UT-vibraciones para validación en un viaducto atirantado de 120 m	49
Capítulo 6: Radiografía Industrial y Gammagrafía de Inspección de Infraestructuras	51
1. Fundamentos de la radiografía	51
a. Rayos X y rayos γ	51
b. Principio de atenuación y densitometría	51
c. Backscatter y tomografía portátil	51
2. Equipos de radiografía	52
a. Paneles digitales y película analógica	52
b. Fuentes isotópicas vs. generadores X	52
c. Blindaje y seguridad radiológica	52
3. Preparativos en campo	52
a. Delimitación de zonas controladas	52
b. Posicionamiento de fuentes y detectores	52
c. Verificación previa de alineación	53
4. Interpretación de imágenes	53
a. Lectura de contraste y densidad	53
b. Detección de inclusiones y porosidades	53
c. Uso de software para mejora de imagen	53
5. Normativa radiológica y validación	53
a. Requisitos IAEA, ICRP, UNE	53
b. Control de dosis y registros	53
c. Ensayos complementarios de confirmación	53
6. Casos de estudio	54
a. Columnas de acero soldadas	54
b. Pilotes de hormigón en puentes	54
c. Comparativa digital vs. analógica	54
Capítulo 7: Partículas Magnéticas (MT) y Corrientes de Eddy (ET) de Inspección de Infraestructuras	55
1. Principios de partículas magnéticas	55
a. Magnetización y flujo de líneas	55
b. Tipos de partículas y contrastes	55
c. Flujo de fuga y detección en no-ferrosos	55
2. Equipos MT y procedimientos	56
a. Yugo, solenoide e imanes permanentes	56
b. Aplicación y retirada de partículas	56
c. Limpieza y preparación superficial	56
3. Interpretación de indicaciones MT	56
a. Líneas de fuga y patrones típicos	56
b. Criterios de aceptación (ISO 9934)	56

c. Registro y documentación gráfica	57
4. Fundamentos de corrientes de Eddy	57
a. Principios de inducción y profundidad efectiva	57
b. Influencia de propiedades eléctricas	57
c. Selección de frecuencia óptima	57
5. Equipos ET y calibración	57
a. Sondas planas, diferenciales y rotativas	57
b. Bloques de referencia y patrones	58
c. Ajuste de sensibilidad y filtrado	58
6. Casos prácticos	58
a. Soldaduras en vigas de acero	58
b. Uniones atornilladas críticas	58
c. Corrosión subsuperficial en barras	58
Capítulo 8: Líquidos Penetrantes (PT) y Ensayos de Fugas (LT) de Inspección de Infraestructuras	59
1. Fundamentos de líquidos penetrantes	59
a. Acción capilar y penetrabilidad	59
b. Tipos de penetrantes (fluorescentes, visibles)	59
c. Sistemas de revelado	60
2. Procedimiento PT	60
a. Limpieza y acondicionamiento de superficie	60
b. Aplicación de penetrante y tiempos de proceso	60
c. Revelado, inspección y limpieza final	60
3. Ensayos de fugas (LT)	60
a. Principios de detección de fugas	60
b. Métodos con cámara de vacío y burbujeo	61
c. Pruebas de estanqueidad con helio	61
4. Seguridad y compatibilidad de materiales	61
a. Toxicidad y manipulación de penetrantes	61
b. Compatibilidad con pinturas y selladores	61
c. Eliminación de residuos y normativa ambiental	61
5. Interpretación y criterios de aceptación	61
a. Tamaño y forma de indicaciones	61
b. Normas ISO 3452 y EN 1371	62
c. Registro fotográfico y trazabilidad	62
6. Aplicaciones y casos de estudio	62
a. Depósitos y tuberías en presas	62
b. Junta soldada en chapas de acero	62
c. Comparativa PT vs. MT en superficie lisa	62
PARTE TERCERA	63
Tecnologías Emergentes de Inspección de Infraestructuras	63
Capítulo 9: Termografía Infrarroja de Inspección de Infraestructuras	63
1. Fundamentos de termografía	63
a. Transferencia de calor	63

b. Detectores IR y sensibilidad térmica	63
c. Influencia de emisividad y reflexión	64
2. Cámaras térmicas y especificaciones	64
a. Portátiles, montadas en drones y vehiculares.....	64
b. Rango espectral (SWIR, MWIR, LWIR)	64
c. Factores de precisión y calibración.....	64
3. Procedimientos de escaneo.....	64
a. Planificación temporal y climática	64
b. Configuración de parámetros (NETD)	65
c. Protocolos de seguridad y accesibilidad	65
4. Interpretación de imágenes.....	65
a. Mapas de gradiente térmico	65
b. Detección de delaminaciones y humedad	65
c. Correlación con datos estructurales.....	65
5. Normativa y calidad de datos	65
a. ISO 18434, ASTM E1933	65
b. Trazabilidad y validación cruzada.....	66
c. Certificación de termógrafos	66
6. Casos prácticos	66
a. Tablero de puente con pérdidas de recubrimiento.....	66
b. Túnel con filtraciones activas	67
c. Techo de edificio patrimonial	67
Capítulo 10: Inspección con LiDAR y Fotogrametría de Inspección de Infraestructuras.....	70
1. Fundamentos del LiDAR	70
a. Principio tiempo-de-vuelo	70
b. Parámetros de resolución y alcance.....	70
c. Reflexión en hormigón y acero	70
2. Plataformas LiDAR	71
a. Terrestre estático y móvil.....	71
b. Aéreo (drones) y UAV híbridos.....	71
c. Terrestrial Laser Scanning (TLS)	71
3. Fotogrametría estructural	71
a. Captura estereoscópica y solapamiento	71
b. GCP y calibración de cámara	71
c. Reconstrucción de malla y texturizado.....	71
4. Procesamiento de nubes de puntos	72
a. Alineación (ICP) y filtrado de ruido.....	72
b. Clasificación semántica de elementos.....	72
c. Generación de modelos BIM/GIS	72
5. Gemelo digital con LiDAR y fotos	72
a. Fusión de datos multisensoriales	72
b. Actualización del modelo a lo largo del tiempo	72
c. Integración en sistemas de gestión de activos	72
6. Aplicaciones prácticas	73
a. Puente atirantado con monitoreo geométrico	73
b. Mapeo de deformaciones en presas	73

c. Conservación de patrimonio arquitectónico	74
--	----

Capítulo 11: Radar de Penetración Terrestre (GPR) y Emisión Acústica (AE) de Inspección de Infraestructuras

1. Fundamentos del GPR	76
a. Propagación de ondas EM en el subsuelo	76
b. Antenas de alta y baja frecuencia	76
c. Factores que afectan la penetración	76
2. Equipos y configuraciones GPR	77
a. Sistemas de carro y montados en vehículo	77
b. Antenas multi-canal y polarizadas	77
c. Software de visualización de secciones	77
3. Procesamiento e interpretación de GPR	77
a. Filtro de clutter y ganancia temporal	77
b. Migración y corrección de topografía	77
c. Identificación de vacíos y armaduras	77
4. Fundamentos de Emisión Acústica	78
a. Generación de ondas por liberación de energía	78
b. Sensores piezoeléctricos y configuraciones	78
c. Parámetros de localización y fuente	78
5. Aplicaciones combinadas GPR-AE	78
a. Evaluación de losa de puente con GPR y AE	78
b. Detección temprana de fisuras en presas	78
c. Validación con ultrasonidos y termografía	78
6. Casos prácticos	79
a. Pavimento aeroportuario con voids internos	79
b. Columna de hormigón armado con corrosión	79
c. Túnel urbano con filtraciones detectadas	80

Capítulo 12: Robótica y Drones Avanzados de Inspección de Infraestructuras

1. Plataformas robóticas terrestres, aéreas y subacuáticas	82
a. Robots crawler para túneles	82
b. Drones multirrotor para puentes altos	82
c. ROV para cimentaciones sumergidas	83
2. Sensores integrados en robots	83
a. Cámaras RGB y multiespectrales	83
b. LiDAR y escáneres 3D	83
c. Ultrasonidos, termografía y GPR embarcado	83
3. Navegación y SLAM	84
a. Localización en entornos GPS-denegados	84
b. Mapas en tiempo real y evasión de obstáculos	84
c. Protocolos de seguridad y fail-safe	84
4. Inspección autónoma vs. teleoperada	84
a. Ventajas de la autonomía total	84
b. Limitaciones y riesgos operativos	84
c. Criterios de selección y ROI	84
5. Casos de uso representativos	85

a. Crawler en revestimiento de túnel ferroviario	85
b. Drone inspeccionando tirantes de puente atirantado	85
c. ROV evaluando pilotes en río	85

6. Tendencias futuras e IA 85

a. Detección automática de defectos con deep-learning	85
b. Integración en gemelo digital y SHM	86
c. Escalabilidad y estándares de flotas	86

Capítulo 13: Escaneo de Muones y Tecnología GScan de Inspección de Infraestructuras ... 88

1. Fundamentos de la muografía 88

a. Origen cósmico de los muones	88
b. Interacción con materiales densos	88
c. Comparativa con radiografía convencional	89

2. Arquitectura de escáner muónico 89

a. Fibras plásticas y fotomultiplicadores	89
b. Electrónica de adquisición y canales de lectura	89
c. Diseño modular para infraestructuras	89

3. Metodología de adquisición y reconstrucción 90

a. Configuración de sensores en campo	90
b. Seguimiento de trayectorias y tomografía	90
c. Software de reconstrucción 3D	90

4. Interpretación de imágenes internas 90

a. Identificación de tendones corroídos	90
b. Detección de vacíos en hormigón	90
c. Correlación con UT y GPR	90

5. Ventajas, limitaciones y costes 91

a. Resolución y tiempo de exposición	91
b. Influencia de entorno y geometría	91
c. Análisis de coste y logística	91

6. Experiencias de implementación 91

a. Structures Moonshot (National Highways)	91
b. Ensayos piloto en viaducto costero	92
c. Otros proveedores (CRIPT-S, Cosmic-Ray)	93

PARTE CUARTA 94

Monitoreo y Gestión de la Salud Estructural de Inspección de Infraestructuras 94

Capítulo 14: Monitoreo Estructural Remoto (SHM) de Inspección de Infraestructuras 94

1. Fundamentos y objetivos del SHM 94

a. Concepto y beneficios clave	94
b. Diferencias con inspección periódica	95
c. Estrategias de despliegue	95

2. Sensores para SHM 95

a. Galgas extensiométricas y vibrómetros	95
b. Acelerómetros y sismómetros	96
c. Fibra óptica (FBG, DTS, DAS)	96

3. Redes de sensores y transmisión 96

a. ZigBee, LoRaWAN, NB-IoT	96
b. Nodos, gateways y cloud	96
c. Gestión energética de sensores	97
4. Gestión de datos masivos	97
a. Almacenamiento y bases de datos	97
b. Pre-procesado y filtrado de ruido	97
c. Machine learning para pre-alertas	97
5. Detección temprana de daños	98
a. Cambios en frecuencias naturales	98
b. Algoritmos supervisados y no supervisados	98
c. Prognosis y pronóstico de fallo	98
6. Casos de SHM	98
a. Puente colgante multi-sensor (Puente Vasco da Gama, Lisboa)	98
b. Presa con fibra óptica distribuida (Okutadami, Japón)	99
c. Edificio alto con monitoreo sísmico (rascacielos, Estambul)	99
Capítulo 15: Integración de Datos y Análisis Avanzado de Inspección de Infraestructuras	101
1. Plataformas de integración BIM/GIS/SCADA	101
a. Modelos IFC y gestión de activos	101
b. Georreferenciación y datos espaciales	101
c. SCADA para control en tiempo real	102
2. Procesamiento de señales estructurales	102
a. Filtrado digital y transformadas	102
b. Extracción de características	102
c. Herramientas MATLAB/Python	103
3. Modelado numérico y simulaciones	103
a. Elementos finitos para deterioro	103
b. Propagación de fisuras y corrosión	103
c. Cargas extremas y fatiga	103
4. Análisis estadístico y prognosis	104
a. Distribuciones Weibull y Monte Carlo	104
b. Intervalos de confianza y riesgo	104
c. Margen de seguridad y fiabilidad	104
5. Visualización de resultados	105
a. Dashboards dinámicos y alertas	105
b. KPIs de condición estructural	105
c. Reporting a distintos perfiles	105
6. Caso integral en puente urbano	105
a. Fusión LiDAR-UT-SHM	105
b. Simulación de intervención	106
c. Ahorro en costes y cierres	106
Capítulo 16: Gemelos Digitales y Metaverso Industrial de Inspección de Infraestructuras	107
1. Concepto y arquitectura de gemelo digital	107
a. Definición y componentes básicos	107
b. Modelos 3D, bases de datos y sensores	107
c. Ciclo de vida del gemelo	107

2. Integración con SHM y END	108
a. Sincronización en tiempo real	108
b. Visualización de datos en contexto	108
c. Gestión de cambios en modelo	108
3. Plataformas y estándares	108
a. ISO 23247, Digital Twin Consortium	108
b. Herramientas (Bentley iTwin, Unity, Omniverse)	108
c. Interoperabilidad con BIM/GIS	108
4. Aplicaciones en inspección y mantenimiento	109
a. Simulación de escenarios de fallo	109
b. Planificación de reparaciones y logística	109
c. Formación inmersiva en metaverso industrial	109
5. IA generativa aplicada a gemelos	109
a. Creación automática de modelos 3D	109
b. Detección de anomalías generada por IA	109
c. Planificación de intervenciones optimizada	110
6. Casos de éxito	110
a. Viaducto inteligente con gemelo digital (Viaducto de Millau, Francia)	110
b. Complejo industrial con IA generativa (Golfo de México)	111
c. Impacto agregado en costes y seguridad	111
Capítulo 17: Planificación y Gestión de Programas de Inspección de Infraestructuras.....	113
1. Diseño de planes de inspección	113
a. Alcance y frecuencia basados en riesgo	113
b. Inventariado y jerarquía de activos	113
c. Protocolos y documentación	114
2. Evaluación de riesgos y priorización	114
a. Métodos FMEA y Bow-Tie	114
b. Matrices de criticidad	114
c. Ejemplos en redes de puentes	114
3. Estimación de costes y recursos	114
a. Costes directos e indirectos	114
b. Asignación de equipos y personal	115
c. Optimización contractual	115
4. Control de calidad y auditorías	115
a. Auditoría interna de procedimientos	115
b. Verificación de datos y ensayos cruzados	115
c. Mejora continua y KPIs	115
5. Capacitación y certificaciones	115
a. Competencias mínimas por técnica END	115
b. Itinerarios formativos y reciclaje	115
c. Evaluación de desempeño anual	116
6. Programas nacionales y regionales	116
a. Estrategias de puentes autopistas	116
b. Modelos de inspección de presas	116
c. Lecciones aprendidas internacionales	116



Capítulo 18: Elaboración de Informes Técnicos y Comunicación de Resultados de Inspección de Infraestructuras117

1. Estructura de un informe de inspección	117
a. Secciones obligatorias y formato.....	117
b. Normas UNE-EN 1504 y UNE 14695.....	118
c. Criterios de confidencialidad	119
2. Descripción de metodologías aplicadas.....	119
a. END convencionales	119
b. Tecnologías emergentes	120
c. Limitaciones del estudio	120
3. Presentación de hallazgos	120
a. Tablas de defectos y severidad.....	120
b. Mapas de calor y nubes de puntos.....	120
c. Modelos 3D y visualización interactiva.....	120
4. Interpretación y recomendaciones	121
a. Criterios de aceptación normativos.....	121
b. Coste-beneficio de alternativas.....	121
c. Prioridad y cronograma de obras	121
5. Plantillas editables y ejemplos.....	121
a. Word, PDF y hojas de cálculo	121
b. Ejemplos reales avalados por autoridades.....	122
c. Buenas prácticas de presentación	122
6. Comunicación con stakeholders	122
a. Adaptación de lenguaje técnico	122
b. Informes ejecutivos para directivos	122
c. Divulgación pública y gestión de riesgo.....	122

Capítulo 19: Mantenimiento Predictivo y Toma de Decisiones Basada en Datos de Inspección de Infraestructuras123

1. Conceptos de mantenimiento predictivo vs. preventivo	123
a. Definición y objetivos	123
b. Ventajas económicas y operativas	123
c. Selección según criticidad.....	123
2. Modelos de deterioro y vida útil residual.....	124
a. Modelos físicos y empíricos.....	124
b. Métodos probabilísticos.....	124
c. Variables ambientales y de carga	124
3. Herramientas de planificación de intervenciones	124
a. Software CAFM y EAM.....	124
b. RCM y metodologías PMO	124
c. IA generativa para planificación automática	124
4. Optimización de recursos y tráfico.....	125
a. Programación en baja demanda.....	125
b. Materiales de curado rápido	125
c. Coordinación multi-contrato	125
5. Integración de inspección y SHM en gestión de activos	125

a. Bases de datos unificadas.....	125
b. Dashboards de condición	125
c. Alertas automáticas por umbral	125
6. Casos de estudio	125
a. Puente urbano con SHM predictivo	125
b. Red vial metropolitana	126
c. Resultados globales de ROI y seguridad	127
PARTE QUINTA	128
Herramientas y Formatos de Inspección de Infraestructuras	128
Capítulo 20. CHECKLIST DE INSPECCIÓN VISUAL DE INFRAESTRUCTURAS	128
SECCIÓN 1: SEGURIDAD Y ACCESIBILIDAD.....	128
1.a. EPI y señalización.....	128
1.b. Condiciones ambientales	129
1.c. Control de riesgos in situ	129
SECCIÓN 2: ELEMENTOS DE HORMIGÓN	129
2.a. Fisuras y grietas	129
2.b. Desprendimientos y exudaciones	130
2.c. Humedades y eflorescencias	130
SECCIÓN 3: ELEMENTOS METÁLICOS	130
3.a. Corrosión y recubrimientos	130
3.b. Soldaduras y tornillería	131
3.c. Deformaciones y pandeo.....	131
SECCIÓN 4: JUNTAS Y DRENAJES.....	131
4.a. Selladores y rellenos.....	131
4.b. Sistemas de drenaje	132
4.c. Limpieza y obstrucciones.....	132
SECCIÓN 5: ELEMENTOS DE SEGURIDAD VIAL	132
5.a. Barandillas y pasarelas	132
5.b. Anclajes y fijaciones	132
5.c. Vibraciones y rigidez	133
SECCIÓN 6: REGISTRO FOTOGRÁFICO	133
6.a. Georreferenciación.....	133
6.b. Anotaciones digitales	133
6.c. Clasificación de urgencia	133
Capítulo 21. FORMULARIO COMPLETO PARA ENSAYOS POR ULTRASONIDOS (UT).....	135
SECCIÓN 1: DATOS GENERALES DEL ENSAYO	135
1.a. Identificación de la estructura.....	135
1.b. Condiciones ambientales	135
1.c. Equipo e inspector	136
SECCIÓN 2: PREPARACIÓN Y CALIBRACIÓN	136
2.a. Limpieza de superficie	136
2.b. Bloques patrón	136
2.c. Ajustes de velocidad	136
SECCIÓN 3: PROCEDIMIENTO DE BARRIDO	136

3.a. Zonas críticas y cobertura.....	136
3.b. Patrón de puntos.....	136
3.c. Parámetros de ganancia	137
SECCIÓN 4: REGISTRO DE INDICACIONES	137
SECCIÓN 5: CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	137
5.a. Límites por tipo de defecto	137
5.b. Tolerancias de espesor	137
5.c. Verificación cruzada.....	137
SECCIÓN 6: INFORME Y RECOMENDACIONES.....	138
6.a. Resumen de defectos	138
6.b. Propuesta de reparación	138
6.c. Firma y anexos.....	138
Capítulo 22. FORMULARIO COMPLETO PARA INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA DE INFRAESTRUCTURAS	139
SECCIÓN 1: DATOS GENERALES Y CONFIGURACIÓN	139
1.a. Ubicación y contexto	139
1.b. Parámetros de cámara	139
1.c. Inspector responsable	140
SECCIÓN 2: PLAN DE ESCANEEO	140
2.a. Áreas críticas.....	140
2.b. Secuencia temporal	140
2.c. Condiciones climáticas.....	140
SECCIÓN 3: CAPTURA DE IMÁGENES.....	140
3.a. Gradientes térmicos	140
3.b. Detección de humedades.....	140
3.c. Registro continuo de vídeo.....	140
SECCIÓN 4: PROCESAMIENTO DE DATOS	141
4.a. Corrección de emisividad	141
4.b. Filtrado y contraste	141
4.c. Mapa cuantitativo.....	141
SECCIÓN 5: INTERPRETACIÓN Y VALIDACIÓN	141
5.a. Severidad de anomalías.....	141
5.b. Comparación con UT/GPR.....	141
5.c. Verificación in situ	141
SECCIÓN 6: INFORME Y CONCLUSIONES	142
6.a. Hallazgos clave.....	142
6.b. Recomendaciones	142
6.c. Anexos fotográficos	142
Capítulo 23. FORMULARIO COMPLETO PARA INSPECCIÓN LiDAR Y FOTOGRAMETRÍA	144
SECCIÓN 1: DATOS DEL PROYECTO Y ESCÁNER.....	144
1.a. Características del LiDAR	144
1.b. Condiciones climáticas	145
1.c. Equipo técnico	145
SECCIÓN 2: CONFIGURACIÓN DE GCP Y CALIBRACIÓN.....	145
2.a. Posicionamiento de puntos de control (GCP).....	145

2.b. Verificación de equipo.....	145
2.c. Seguridad de operación.....	145
SECCIÓN 3: PROCEDIMIENTO DE ESCANEEO	146
3.a. Densidad mínima de puntos.....	146
3.b. Patrón de recorrido	146
3.c. Registro de calidad	146
SECCIÓN 4: FOTOGRAMETRÍA ESTRUCTURAL.....	146
4.a. Configuración de cámaras	146
4.b. Captura aérea y terrestre	146
4.c. Generación de malla 3D	146
SECCIÓN 5: INTEGRACIÓN Y CLASIFICACIÓN	147
5.a. Registro LiDAR-foto	147
5.b. Filtrado de ruido	147
5.c. Gemelo digital y BIM	147
SECCIÓN 6: INFORME FINAL	147
6.a. Deformaciones y anomalías	147
6.b. Plan de mantenimiento.....	148
6.c. Anexos de nubes y ortos.....	148
Capítulo 24. FORMULARIO COMPLETO PARA INSPECCIÓN ROBÓTICA Y DRONES.....	149
SECCIÓN 1: DATOS GENERALES Y PLATAFORMA	149
1.a. Tipo de robot/dron.....	149
1.b. Sensores integrados	149
1.c. Condiciones de vuelo/trayecto.....	150
SECCIÓN 2: PLANIFICACIÓN DE MISIÓN	150
2.a. Rutas y puntos de interés (POI)	150
2.b. Zonas restringidas	150
2.c. Protocolos de emergencia	150
SECCIÓN 3: CALIBRACIÓN DE SENSORES	151
3.a. LiDAR y cámaras	151
3.b. Ultrasonidos y térmicos.....	151
3.c. Sincronización multisensor	151
SECCIÓN 4: ADQUISICIÓN DE DATOS	151
4.a. Calidad en tiempo real	151
4.b. Gestión de interferencias	151
4.c. Registro redundante.....	151
SECCIÓN 5: PROCESAMIENTO PRELIMINAR	152
5.a. Fusión de datos	152
5.b. Filtrado geométrico	152
5.c. Reporte rápido.....	152
SECCIÓN 6: INFORME DE MISIÓN	152
6.a. Defectos detectados.....	152
6.b. Recomendaciones inmediatas.....	152
6.c. Anexos multimedia	153
Capítulo 25. FORMULARIO COMPLETO PARA INSPECCIÓN MUOGRÁFICA DE INFRAESTRUCTURAS	154

SECCIÓN 1: DATOS DEL PROYECTO Y ESCÁNER.....	154
1.a. Modelo y área activa	154
1.b. Configuración inicial	154
1.c. Equipo e instaladores	155
SECCIÓN 2: POSICIONAMIENTO Y CALIBRACIÓN	155
2.a. Selección de puntos de medición	155
2.b. Alineación geométrica.....	155
2.c. Verificación de estabilidad.....	155
SECCIÓN 3: ADQUISICIÓN DE DATOS MUÓNICOS.....	156
3.a. Duración de exposición	156
3.b. Recuento de muones	156
3.c. Registro de condiciones ambientales	156
SECCIÓN 4: RECONSTRUCCIÓN Y PROCESAMIENTO.....	156
4.a. Algoritmos de tomografía.....	156
4.b. Visualización 3D preliminar	156
4.c. Segmentación de materiales	156
SECCIÓN 5: INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	157
5.a. Identificación de vacíos	157
5.b. Corrosión en tendones	157
5.c. Validación con técnicas complementarias.....	157
SECCIÓN 6: INFORME TÉCNICO DE MUOGRAFÍA	157
6.a. Modelo 3D final y cortes	157
6.b. Recomendaciones de intervención	157
6.c. Anexos de datos brutos	158
Capítulo 26. PLANTILLA COMPLETA PARA DISEÑO DE DASHBOARDS INTERACTIVOS	159
SECCIÓN 1: CONCEPTO Y BENEFICIOS DE DASHBOARDS	159
1.a. Monitorización en tiempo real	159
1.b. KPIs de condición estructural	160
1.c. Soporte a decisiones estratégicas.....	160
SECCIÓN 2: PLATAFORMAS Y HERRAMIENTAS	160
2.a. Power BI y Grafana.....	160
2.b. Tableau y QlikSense.....	160
2.c. Integración con bases de datos IoT	160
SECCIÓN 3: DISEÑO Y USABILIDAD	161
3.a. Principios de visualización clara	161
3.b. Interactividad y filtros dinámicos	161
3.c. Alertas y umbrales de color	161
SECCIÓN 4: CONEXIÓN DE DATOS END Y SHM	161
4.a. APIs y conectores.....	161
4.b. Actualización automática	161
4.c. Gestión de versiones	162
SECCIÓN 5: SEGURIDAD Y GOBERNANZA DE DATOS.....	162
5.a. Control de accesos.....	162
5.b. Encriptación y backups.....	162
5.c. Regulaciones (GDPR)	162

SECCIÓN 6: PLANTILLAS Y EJEMPLOS PRÁCTICOS	162
6.a. Dashboard de puente con SHM.....	162
6.b. Cuadro de mando para red de túneles.....	163
6.c. Ejemplo de informe exportable	163

Capítulo 27. FORMATO DE INFORME INTEGRAL DE INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS 164

SECCIÓN 1: DATOS DE IDENTIFICACIÓN Y CONTEXTO	164
1.a. Ubicación y descripción	164
1.b. Propiedad y responsables	165
1.c. Objetivo de la inspección.....	165
SECCIÓN 2: METODOLOGÍA APLICADA.....	165
2.a. END convencionales usados	165
2.b. Tecnologías emergentes aplicadas.....	165
2.c. Alcance y limitaciones.....	165
SECCIÓN 3: RESUMEN DE HALLAZGOS	166
3.a. Defectos y severidad	166
3.b. Ubicación georreferenciada	166
3.c. Tendencias y comparativas.....	166
SECCIÓN 4: ANÁLISIS Y CRITERIOS DE DECISIÓN.....	166
4.a. Normativa de referencia	166
4.b. Evaluación de riesgos	166
4.c. Priorización de intervenciones	167
SECCIÓN 5: RECOMENDACIONES Y PLAN DE ACCIÓN	167
5.a. Reparaciones y refuerzos	167
5.b. Cronograma y recursos	167
5.c. Indicadores de verificación	167
SECCIÓN 6: ANEXOS Y DOCUMENTACIÓN	168
6.a. Imágenes y modelos 3D.....	168
6.b. Datos crudos y procesados.....	168
6.c. Certificados y normas citadas.....	168

PARTE SEXTA 169

Práctica de la Inspección de Infraestructuras: métodos no destructivos y tecnologías emergentes 169

Capítulo 28. Casos prácticos de Práctica de la Inspección de Infraestructuras: métodos no destructivos y tecnologías emergentes. 169

Caso práctico 1. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Evaluación visual inicial de un puente 169	169
Causa del Problema	169
Soluciones Propuestas.....	170
1. Implantación de un protocolo de inspección visual sistematizada.....	170
2. Despliegue de drones con fotogrametría 3D y recogida de datos multiespectral	170
3. Integración de un Sistema de Gestión de Inspecciones (SGI)	170
Consecuencias Previstas.....	171
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	171
Lecciones Aprendidas	172
Caso práctico 2. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Inspección integral del revestimiento de un túnel transfronterizo	173
Causa del Problema	173

Soluciones Propuestas.....	173
1. Inspección visual con robot crawler y sistema de video HD	173
2. Ultrasonidos de inmersión (UT) en juntas y dovelas críticas	173
3. Radar de penetración terrestre (GPR) montado en vehículo autónomo.....	174
4. Monitorización de vibraciones y análisis modal	174
Consecuencias Previstas.....	174
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	175
Lecciones Aprendidas.....	175
Caso práctico 3. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Implantación de un sistema de monitorización estructural en viaducto atirantado	177
Causa del Problema	177
Soluciones Propuestas.....	177
1. Diseño e instalación de red de sensores de fibra óptica distribuida (DTS/DAS)	177
2. Instalación de acelerómetros triaxiales y galgas extensiométricas	177
3. Integración en plataforma SCADA/BIM	178
4. Desarrollo de protocolos de mantenimiento predictivo.....	178
Consecuencias Previstas.....	178
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	179
Lecciones Aprendidas.....	179
Caso práctico 4. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Inspección visual y documentación sistemática de un edificio patrimonial	181
Causa del Problema	181
Soluciones Propuestas.....	181
1. Protocolo de inspección visual con checklist estandarizado	181
2. Captura de imágenes 360 ° de alta resolución y georreferenciación	181
3. Producción de ortofotos mediante dron y fotogrametría	182
4. Integración en plataforma BIM/GIS para gestión de daños.....	182
5. Uso de realidad aumentada (RA) para inspección y formación	182
Consecuencias Previstas.....	183
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	183
Lecciones Aprendidas.....	184
Caso práctico 5. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Evaluación avanzada con ultrasonidos y análisis de vibraciones en vigas metálicas de un puente ferroviario.....	185
Causa del Problema	185
Soluciones Propuestas.....	185
1. Ensayos de ultrasonidos manuales (UT) de barrido lineal	185
2. Inspección con ultrasonidos de arreglo fase ("Phased Array UT")	185
3. Análisis de vibraciones: Operational Modal Analysis (OMA) y Operational Deflection Shapes (ODS).....	186
4. Modelado numérico y correlación experimental–numérica	186
5. Plan de mantenimiento predictivo y priorización de intervenciones	186
Consecuencias Previstas.....	187
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	187
Lecciones Aprendidas.....	188
Caso práctico 6. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Ensayo radiográfico de pilotes de cimentación en puerto internacional.....	189
Causa del Problema	189
Soluciones Propuestas.....	189
1. Radiografía industrial con generador portátil de Rayos X	189
2. Gammagrafía con fuente isotópica Iridio-192	189
3. Inspección complementaria con ultrasonidos de eco de fondo (TOFD)	190

4. Análisis avanzado de imágenes con software DICOM y filtros digitales	190
5. Propuesta de intervención y reparación	190
Consecuencias Previstas	191
Resultados de las Medidas Adoptadas	191
Lecciones Aprendidas	192
Caso práctico 7. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Detección de fisuras subsuperficiales en vigas de acero mediante partículas magnéticas y corrientes de Eddy.....	193
Causa del Problema	193
Soluciones Propuestas	193
1. Ensayo de partículas magnéticas (MT) en soldaduras críticas	193
2. Ensayo de corrientes de Eddy (ET) en espesor y zonas pintadas	193
3. Inspección combinada MT-ET con robot colaborativo	194
4. Calibración y validación con bloques patrón y simulacros de defectos	194
5. Integración en Sistema de Gestión de Inspecciones (SGI) con alertas dinámicas	194
Consecuencias Previstas	195
Resultados de las Medidas Adoptadas	195
Lecciones Aprendidas	196
Caso práctico 8. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Ensayo de líquidos penetrantes y pruebas de fugas en tubería submarina de exportación	197
Causa del Problema	197
Soluciones Propuestas	197
1. Inspección de líquidos penetrantes (PT) en soldaduras accesibles en estación costera	197
2. Ensayo PT con banco de inspección offshore	197
3. Prueba de estanqueidad con nitrógeno y agua jabonosa (LT-burbujeo)	198
4. Prueba de fugas por detector de helio ("LT-trazador")	198
5. Integración de datos y desarrollo de protocolo de mantenimiento predictivo	198
Resultados de las Medidas Adoptadas	199
Lecciones Aprendidas	200
Caso práctico 9. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Termografía infrarroja en tablero de puente de autopista	201
Causa del Problema	201
Soluciones Propuestas	201
1. Selección y calibración de cámara termográfica profesional	201
2. Elaboración de plan de escaneo y condiciones de medida	201
3. Captura de imágenes termográficas y generación de mosaico térmico	202
4. Interpretación de termogramas y cuantificación de anomalías	202
5. Verificación complementaria con ultrasonidos y extracción de testigos	202
Consecuencias Previstas	203
Lecciones Aprendidas	204
Caso práctico 10. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Inspección con LiDAR y Fotogrametría en viaducto de montaña	205
Causa del Problema	205
Soluciones Propuestas	205
1. Levantamiento LiDAR terrestre estático	205
2. Captura LiDAR móvil con dron UAV	205
3. Fotogrametría estructural con GCP	206
4. Procesado e integración BIM/GIS del modelo	206
5. Monitoreo periódico y generación de gemelo digital	206
Consecuencias Previstas	207
Resultados de las Medidas Adoptadas	207

Lecciones Aprendidas	208
Caso práctico 11. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Detección de vacíos y fisuras subsuperficiales mediante GPR y Emisión Acústica en pavimento aeroportuario	209
Causa del Problema	209
Soluciones Propuestas.....	209
1. Cartografía con GPR de baja frecuencia (500 MHz)	209
2. Inspección con GPR de alta frecuencia (1.000 MHz).....	209
3. Monitoreo de Emisión Acústica (AE) en continuo	209
4. Inspección combinada GPR-AE con plataforma robótica autónoma	210
5. Integración de resultados y plan predictivo en SGI/BIM	210
Consecuencias Previstas.....	210
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	211
Lecciones Aprendidas	211
Caso práctico 12. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Inspección robótica terrestre, aérea y subacuática de pilotes y tirantes de puente fluvial.....	212
Causa del Problema	212
Soluciones Propuestas.....	212
1. Robot terrestre tipo crawler para inspección de tableros y tirantes bajos	212
2. Drone multirrotor de largo alcance para inspección de tirantes superiores	212
3. ROV subacuático para inspección de pilotes y cimentaciones	213
4. Integración de datos en plataforma SCADA/BIM multisensor	213
5. Protocolos de inspección continua y mantenimiento predictivo	213
Consecuencias Previstas.....	214
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	214
Lecciones Aprendidas	215
Caso práctico 13. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Evaluación de vacíos y corrosión interna mediante muografía en viaducto costero	216
Causa del Problema	216
Soluciones Propuestas.....	216
1. Instalación de escáner muónico estático en pilas selectas	216
2. Uso de escáner muónico portátil GScan para trazas transversales	216
3. Procesado y reconstrucción tomográfica 3D	217
4. Validación complementaria con ultrasonidos de baja frecuencia	217
5. Integración de datos en plataforma BIM/GIS y plan predictivo.....	217
Consecuencias Previstas.....	218
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	218
Lecciones Aprendidas	219
Caso práctico 14. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Monitoreo estructural remoto (SHM) en puente colgante multi-sensor	220
Causa del Problema	220
Soluciones Propuestas.....	220
1. Despliegue de galgas extensiométricas y sensores de temperatura distribuidos	220
2. Instalación de acelerómetros y giróscopos MEMS para análisis modal operativo	220
3. Integración de fibra óptica FBG (Bragg Gratings) para monitoreo de temperatura y strain distribuido.....	221
4. Plataforma de gestión de datos SHM con visualización BIM/geoespacial.....	221
5. Protocolos de inspección y mantenimiento predictivo	221
Consecuencias Previstas.....	222
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	222
Lecciones Aprendidas	223
Caso práctico 15. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Integración de Datos y Análisis Avanzado	

en puente urbano	224
Causa del Problema	224
Soluciones Propuestas.....	224
1. Diseño de plataforma de integración BIM/GIS/SCADA.....	224
2. Desarrollo de algoritmos de fusión y análisis avanzado	224
3. Implementación de simulaciones numéricas acopladas.....	225
4. Dashboard interactivo y alertas predictivas.....	225
5. Programa de seguimiento y mejora continua.....	225
Consecuencias Previstas.....	226
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	226
Lecciones Aprendidas	227
Caso práctico 16. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Implementación de gemelo digital inmersivo y metaverso industrial para inspección y formación.....	228
Causa del Problema	228
Soluciones Propuestas.....	228
1. Arquitectura de gemelo digital interoperable	228
2. Plataforma de metaverso industrial con VR/AR colaborativa.....	228
3. IA generativa para detección automática de anomalías y simulación de escenarios	229
4. Integración de sensores en tiempo real y sincronización bidireccional.....	229
5. Desarrollo de módulos de formación inmersiva y simulacros de obra.....	229
Consecuencias Previstas.....	230
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	230
Lecciones Aprendidas.....	231
Caso práctico 17. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Diseño de un programa de inspección basado en riesgo para una red de puentes metropolitanos	232
Causa del Problema	232
Soluciones Propuestas.....	232
1. Análisis de riesgo y criticidad (FMEA y Bow-Tie).....	232
2. Jerarquización de activos y cálculo de frecuencia óptima	232
3. Definición de protocolos de inspección y alcance	233
4. Implementación de herramienta digital de gestión (SGI)	233
5. Auditoría y mejora continua	233
Consecuencias Previstas.....	234
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	234
Lecciones Aprendidas	234
Caso práctico 18. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Elaboración de Informes Técnicos y Comunicación de Resultados en presa hidroeléctrica transnacional	236
Causa del Problema	236
Soluciones Propuestas.....	236
1. Definición de estructura estándar de informe.....	236
2. Desarrollo de plantillas editables en Word, PDF interactivo y hojas de cálculo	236
3. Presentación de hallazgos mediante visualizaciones avanzadas	237
4. Interpretación clara y recomendaciones ejecutivas	237
5. Comunicación con stakeholders y capacitación.....	237
Consecuencias Previstas.....	238
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	238
Lecciones Aprendidas.....	239
Caso práctico 19. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Mantenimiento predictivo y toma de decisiones basada en datos en una red vial metropolitana.....	240
Causa del Problema	240

Soluciones Propuestas.....	240
1. Integración de inspecciones PERIODICAS con SHM y END	240
2. Desarrollo de modelos predictivos basados en MACHINE LEARNING	240
3. Programación automática de órdenes de trabajo	241
4. Monitorización CONTINUA en tiempo real	241
5. Formación y protocolos de respuesta rápida	241
Consecuencias Previstas.....	242
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	242
Lecciones Aprendidas.....	242
Caso práctico 20. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Inspección visual sistematizada de elementos críticos en infraestructuras viales	244
Causa del Problema	244
Soluciones Propuestas.....	244
1. Diseño de checklists personalizadas por tipología de elemento	244
2. Estandarización de protocolos de seguridad y accesibilidad	244
3. Desarrollo de aplicación móvil para checklist digital	245
4. Integración de georreferenciación y registro fotográfico obligatorio	245
5. Evaluación y actualización iterativa de checklists	245
Consecuencias Previstas.....	246
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	246
Lecciones Aprendidas	246
Caso práctico 21. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Formularios para Ensayos Ultrasonidos en vigas de acero de puente ferroviario	248
Causa del Problema	248
Soluciones Propuestas.....	248
1. Diseño de formulario digital estándar para UT	248
2. Procedimiento de calibración y verificación de bloques patrón	249
3. Integración de georreferenciación y trazabilidad de posición	249
4. Procedimiento de control de calidad y revisión cruzada	249
5. Capacitación y actualización continua	249
Consecuencias Previstas.....	250
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	250
Lecciones Aprendidas	251
Caso práctico 22. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Formularios para Inspección Termográfica	252
Causa del Problema	252
Soluciones Propuestas.....	252
1. Diseño de formulario digital para "Datos Generales y Configuración"	252
2. Formulario para "Plan de Escaneo y Mapeo"	252
3. Formulario para "Captura de Imágenes Termográficas"	253
4. Formulario para "Procesamiento de Datos y Validación"	253
5. Formulario para "Informe y Conclusiones"	253
Consecuencias Previstas.....	254
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	254
Lecciones Aprendidas	255
Caso práctico 23. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Formularios para Inspección LiDAR y Fotogrametría	256
Causa del Problema	256
Soluciones Propuestas.....	256
1. Formulario digital "Datos del Proyecto y Escáner LiDAR"	256



2. Formulario "Configuración de GCP y Calibración de Cámara"	256
3. Formulario "Procedimiento de Escaneo LiDAR"	257
4. Formulario "Captura Fotogramétrica Estructural"	257
5. Formulario "Integración y Reporte de Calidad"	257
Consecuencias Previstas.....	258
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	258
Lecciones Aprendidas.....	259
Caso práctico 24. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Formularios para Inspección Robótica y Drones	260
Causa del Problema	260
Soluciones Propuestas.....	260
1. Formulario "Datos Generales y Plataforma"	260
2. Formulario "Plan de Misión y Rutas"	260
3. Formulario "Captura Multisensor"	261
4. Formulario "Control de Calidad y Verificación de Cobertura"	261
5. Formulario "Informe Final y Entrega de Productos"	261
Consecuencias Previstas.....	262
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	262
Lecciones Aprendidas.....	263
Caso práctico 25. "INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS." Formularios para Muografía	264
Causa del Problema	264
Soluciones Propuestas.....	264
1. Formulario "Datos del Proyecto y Escáner"	264
2. Formulario "Posicionamiento y Calibración"	264
3. Formulario "Adquisición de Datos Muónicos"	265
4. Formulario "Reconstrucción y Procesamiento Tomográfico"	265
5. Formulario "Interpretación de Resultados"	265
6. Formulario "Informe Técnico de Muografía"	265
Consecuencias Previstas.....	266
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	266
Lecciones Aprendidas	267

¿QUÉ APRENDERÁ?



- Fundamentos y objetivos de la inspección de infraestructuras
- Evolución histórica y tendencias hacia la digitalización
- Clasificación de infraestructuras y mecanismos de deterioro
- Principios físicos y clasificación de los métodos no destructivos (END)
- Protocolos de inspección visual y uso de drones
- Ensayos por ultrasonidos y análisis de vibraciones
- Radiografía industrial, gammagrafía y seguridad radiológica
- Partículas magnéticas, corrientes de Eddy y líquidos penetrantes
- Termografía infrarroja y análisis térmico de estructuras
- Inspección con LiDAR, fotogrametría y generación de nubes de puntos
- Aplicaciones de GPR, emisión acústica y muografía
- Integración de SHM, gemelos digitales y mantenimiento predictivo

Introducción.



Cada día, millones de usuarios cruzan puentes, transitan túneles o transitan por carreteras y edificios en los que confiamos sin dudar. Detrás de esa aparente rutina, sin embargo, late la necesidad de garantizar que nuestras infraestructuras permanezcan seguras, resistentes y en plena forma. La Guía Práctica de Inspección de Infraestructuras: Métodos No Destructivos y Tecnologías Emergentes nace para transformar la forma en que detectamos, documentamos y gestionamos el estado de los activos críticos.

En sus páginas descubrirás cómo:

- Combinar técnicas clásicas y vanguardistas: desde la inspección visual sistemática hasta gemelos digitales y muografía con escaneo de muones.
- Aprovechar lo último en robótica y drones para acceder a zonas inaccesibles y capturar datos de alta resolución sin interrumpir el servicio.
- Integrar sensores inteligentes y sistemas SHM (Monitoreo de Salud Estructural) que permiten anticipar fallos mediante análisis en tiempo real.
- Optimizar coste y sostenibilidad, aplicando métricas claras de ROI, reduciendo la huella ambiental y diseñando programas de mantenimiento predictivo.

Esta guía te equipa con metodologías probadas, protocolos estandarizados, casos reales y formularios editables para que, sea cual sea tu rol—inspector, ingeniero, gestor de activos o responsable de mantenimiento—puedas aplicar un enfoque innovador, riguroso y eficiente. Prepárate para llevar la inspección de infraestructuras al siguiente nivel: más segura, más rápida y más inteligente. ¡Empecemos!