



CURSO/GUÍA PRÁCTICA MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS



Índice

¿QUÉ APRENDERÁ?	20
Introducción.	21
PARTE PRIMERA	23
Introducción y Fundamentos de Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras	23
Capítulo 1: Panorama global de MMC y DfMA	23
1. Conceptos básicos y terminología	23
a. Definición de MMC.....	23
b. Principios de DfMA	24
c. Relación MMC–DfMA–BIM.....	24
2. Evolución histórica y líneas de tiempo	25
a. Sistemas prefabricados tempranos	25
b. Industrialización de la obra civil	25
c. Tendencias recientes de digitalización	25
3. Comparativa con métodos tradicionales	26
a. Coste y plazo.....	26
b. Calidad y seguridad	26
c. Productividad y mano de obra.....	26
4. Marco regulatorio internacional	26
a. Eurocódigos y EN 1090	26
b. Estándares ISO para prefabricación	26
c. Directivas de contratación pública	27
5. Ventajas y barreras de adopción	27
a. Beneficios económicos y ESG	27
b. Obstáculos técnicos y culturales	27
c. Estrategias de mitigación.....	27
6. Perspectivas futuras y escenarios	27
a. Integración de IA y gemelos digitales	27
b. Circularidad y economía de plataforma	28
c. Innovaciones emergentes (Robótica, 4D-printing).....	29
Capítulo 2: Tipologías de infraestructuras y ámbitos de aplicación de Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras	30
1. Transporte terrestre y aéreo	30
a. Aeropuertos y terminales.....	30
b. Estaciones ferroviarias y metro.....	31
c. Autovías y puentes modulares	31
2. Energía y utilities	31
a. Centrales fotovoltaicas modulares.....	31
b. Subestaciones y redes de distribución	32
c. Plantas de tratamiento de agua	32

3. Edificación industrial y logística	32
a. Centros logísticos multinivel.....	32
b. Naves industriales ligeras	33
c. Data centers prefabricados.....	33
4. Instalaciones sanitarias y educativas	34
a. Hospitales de ensamblaje rápido	34
b. Colegios y residencias universitarias	34
c. Laboratorios e I+D.....	35
5. Infraestructuras marítimas y portuarias.....	35
a. Pasarelas y fingers prefabricados	35
b. Muelles flotantes y dolphin structures.....	36
c. Plataformas off-shore modulares.....	36
6. Proyectos especiales y entornos extremos.....	36
a. Bases militares y de emergencia	36
b. Instalaciones en clima ártico/desértico.....	36
c. Espacios urbanos temporales (fan zones, ferias).....	37
PARTE SEGUNDA.....	38
Metodologías y Tecnologías MMC.....	38
Capítulo 3: Construcción modular volumétrica y no volumétrica	38
1. Sistemas volumétricos 3D	38
a. Celdas habitables completas	38
b. Núcleos de servicios (pods)	39
c. Contenedores marítimos reconvertidos.....	39
2. Paneles estructurales y de cerramiento	39
a. Paneles sándwich aislados.....	39
b. Fachadas ligeras unitizadas	40
c. Paneles CLT y mass-timber	40
3. Estructuras híbridas acero-hormigón	40
a. Columnas compuestas.....	40
b. Forjados colaborantes	41
c. Núcleos postensados prefabricados	41
4. Conectividad y uniones	42
a. Placas de apoyo y pernos	42
b. Sistemas de apriete controlado	42
c. Monitorización de tensiones	42
5. Control de calidad en fábrica	43
a. Ensayos no destructivos (NDT)	43
b. Protocolos de trazabilidad.....	44
c. Certificación EN 1090-2	45
6. Escalabilidad y replicabilidad	45
a. Matrices de módulos repeatables	45
b. Plataformas de producto.....	46
c. Catálogos digitales interoperables	46
Capítulo 4: Métodos off-site, impresión 3D y soluciones emergentes	48

1. Prefabricación 2D y kits de partes.....	48
a. Sistemas de panel plano	48
b. Estructuras ligeras steel-frame.....	49
c. Diseños plug-and-play MEP	49
2. Impresión 3D en obra y en planta	50
a. Hormigón impreso in-situ.....	50
b. Extrusión de polímeros reforzados	50
c. Grandes impresoras robóticas de brazo	50
3. Forjados y losas prefabricadas.....	51
a. Losa alveolar pretensada.....	51
b. Encofrados perdidos de poliestireno	51
c. Casetón prefabricado híbrido	52
4. Soluciones dobles muro y panel macizo	52
a. Twin-wall de hormigón armado	52
b. Panel macizo pretensado	52
c. Núcleos prefabricados de escalera	53
5. Construcción híbrida on-/off-site.....	53
a. Ajuste de tolerancias entre sistemas.....	53
b. Estrategias de secuenciación mixta.....	54
c. Casos comparativos de plazo.....	55
6. Innovaciones piloto.....	55
a. Robots de ensamblaje automatizado	55
b. Materiales compuestos avanzados	56
c. Sensórica embebida de serie	56
Capítulo 5: Fundamentos de BIM aplicados a MMC	58
1. Niveles de madurez y roles BIM.....	58
a. Modelo conceptual y LOD	58
b. BEP y matriz de responsabilidades.....	59
c. Rol del BIM Manager	59
2. Modelado 3D–4D–5D	59
a. Fases de diseño progresivas	59
b. Vinculación de planificación 4D.....	60
c. Presupuestación 5D integrada.....	60
3. Datos 6D y 7D	60
a. Sostenibilidad y análisis LCA	60
b. Facility Management y CAFM.....	60
c. IoT y mantenimiento predictivo	61
4. Estándares de intercambio	61
a. IFC, BCF y COBie.....	61
b. Normas ISO 19650.....	61
c. Requisitos de entrega EIR	62
5. Modelos federados y coordinación	62
a. Clash detection automatizada	62
b. Revisión de interferencias MEP.....	62
c. Gestión de versiones y aprobaciones	62

6. Plataformas colaborativas	62
a. CDE y flujos de autorización	63
b. Integración ERP–BIM	63
c. Seguridad y gobernanza de datos	63
PARTE TERCERA	64
BIM y Transformación Digital de los Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras	64
Capítulo 6: Gemelos digitales, IoT e inteligencia artificial aplicados a MMC	64
1. Definición y ciclo de vida del gemelo digital	64
a. Gemelo de diseño	64
b. Gemelo de construcción	65
c. Gemelo operativo	65
2. Sensores IoT para infraestructuras críticas	65
a. Vibración y deformaciones	65
b. Calidad del aire y energía	66
c. Geolocalización de activos	66
3. Machine learning y analítica predictiva	66
a. Predicción de fallos estructurales	66
b. Optimización de rutinas de mantenimiento	67
c. Detección de patrones de uso	67
4. Realidad aumentada y virtual	67
a. Visualización en obra (HoloLens)	67
b. Formación inmersiva	67
c. Simulación de escenarios de riesgo	68
5. Big Data y cuadros de mando	68
a. Integración de fuentes heterogéneas	68
b. KPIs en tiempo real	68
c. Alertas y umbrales automatizados	68
6. Ciberseguridad y protección de datos	69
a. Normativa NIS2 y ISO/IEC 27001	69
b. Estrategias de red segura OT/IT	69
c. Gestión de incidentes	69
PARTE CUARTA	70
Fabricación, Montaje y Logística de los Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras	70
Capítulo 7: Diseño para la fabricación y el ensamblaje (DfMA)	70
1. Principios DfMA aplicados a infraestructuras	70
a. Reducción de piezas únicas	70
b. Simplificación de uniones	71
c. Modularización de sistemas MEP	72
2. Coordinación temprana con la cadena de suministro	72
a. Programa de “Early Contractor Involvement” (ECI)	72
b. Integración de proveedores clave	73
c. Gestión de aprobaciones de taller	74

3. Optimización geométrica y tolerancias	74
a. Análisis Finite Element (FEA) iterativo.....	74
b. Ajustes de fabricación aditiva.....	75
c. Banco de ensayos a escala 1:1.....	76
4. Prototipado digital y validación	76
a. Mock-ups virtuales y físicos.....	76
b. Gemelo de proceso de ensamblaje	77
c. Value engineering colaborativo	77
5. Trazabilidad y control de materiales	78
a. Etiquetado RFID y QR	78
b. Sistemas MES y SCADA de planta.....	79
c. Reporte automatizado al CDE.....	79
6. Métricas de desempeño de fabricación.....	80
a. OEE (Overall Equipment Effectiveness).....	80
b. First-Time-Right ratio	80
c. Índice de desperdicio y retrabajo	81
Capítulo 8: Logística y montaje en obra con Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras.....	82
1. Planificación de transporte y acopios.....	82
a. Rutas y ventanas de entrega	82
b. Equipos de izado y maniobra	83
c. Requisitos aduaneros y permisos	84
2. Seguridad en entornos operativos 24/7	85
a. Protocolos airside y trackside.....	85
b. Coordinación con autoridades y ATC	85
c. Gestión de interferencias con usuarios	86
3. Secuenciación y ensamblaje rápido	87
a. Time-lapse y línea de balance.....	87
b. Montaje en escalera y just-in-time.....	88
c. Estrategias de contingencia	88
4. Herramientas de seguimiento y control	89
a. Drones y fotogrametría	89
b. Sensores de carga en grúas	90
c. Dashboards de avance en obra	91
5. Gestión de residuos y sostenibilidad.....	91
a. Plan de Minimización de Residuos (PMR)	91
b. Reutilización de embalajes.....	92
c. Huella de carbono de transporte.....	93
6. Supuestos prácticos comparativos.....	94
a. Ampliación modular de terminal aeroportuaria	94
b. Montaje nocturno de viaducto urbano	94
c. Sustitución de puente ferroviario en 72 h	95
PARTE QUINTA	96
Gestión, Sostenibilidad y Riesgos de los Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras	96

Capítulo 9: Gestión de proyectos y modelos contractuales de los Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras 96

1. Marco contractual y delivery models	96
a. EPC y contratos llave en mano	96
b. Integrated Project Delivery (IPD).....	97
c. Alianzas público-privadas (APP).....	97
2. Asignación y mitigación de riesgos.....	97
a. Matriz de riesgos MMC-DfMA.....	97
b. Seguros específicos de prefabricación	98
c. Cláusulas de penalización por demora	98
3. Herramientas de control y gobierno del proyecto	98
a. Earned Value Management (EVM)	98
b. Last Planner System adaptado	99
c. Auditorías BIM-based	100
4. Planificación financiera y control de costes	100
a. Análisis de coste-beneficio	100
b. Cash-flow y curva "S"	101
c. Forecast de desviaciones	101
5. Compliance y certificaciones	102
a. LEED, BREEAM y Envision	102
b. ISO 45001 (salud y seguridad).....	102
c. Declaraciones Ambientales de Producto	103
6. KPIs y cuadros de mando.....	103
a. Productividad por módulo instalado	103
b. Índice de accidentes TRIR.....	104
c. Carbono incorporado por unidad funcional	104

Capítulo 10: Sostenibilidad y economía circular de los Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras 106

1. Estrategias ESG en infraestructuras MMC	106
a. Gobernanza y reporting GRI	106
b. Inversión sostenible (Green Bonds)	106
c. Indicadores de valor social	107
2. Diseño eco-eficiente	107
a. Minimización de material y peso.....	107
b. Diseño para desmontaje (DfD)	107
c. Selección de materiales de bajo impacto	108
3. Análisis de ciclo de vida (LCA)	108
a. Definición de límites de sistema.....	108
b. Herramientas de evaluación (OneClick, SimaPro).....	109
c. Benchmarking sectorial	109
4. Energías renovables y autoconsumo	110
a. Integración de paneles solares modulares.....	110
b. Sistemas de almacenamiento baterías.....	110
c. Estrategias "net-zero energy"	111
5. Economía circular y reutilización de módulos.....	111

a. Pasaporte de materiales.....	111
b. Mercados secundarios de módulos.....	111
c. Modelos de negocio “as-a-service”	112
6. Políticas públicas y estándares verdes	112
a. Taxonomía UE y fondos NextGenerationEU.....	112
b. Requisitos mínimos de compra verde	112
c. Incentivos fiscales a MMC sostenible	112
PARTE SEXTA	114
Checklists y Formularios Técnicos de los Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras	114
Capítulo 11: Metodología de uso y personalización de plantillas de los Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras	114
1. Alcance y limitaciones de los formularios.....	114
a. Propósito formativo	114
b. Adaptación a normativas locales.....	115
c. Responsabilidades del usuario.....	115
2. Estructura de los documentos editables	115
a. Campos obligatorios y opcionales	115
b. Niveles de aprobación y firmas	116
c. Versionado y control de cambios	116
3. Integración con plataformas digitales	116
a. Carga en CDE y permisos de acceso	116
b. Vínculo con modelos BIM.....	116
c. Automatización mediante scripts	117
4. Procedimiento de validación técnica	117
a. Revisión por especialista disciplinar	117
b. Auditoría legal y de seguros	117
c. Trazabilidad de revisiones	118
5. Guía rápida de actualización periódica.....	118
a. Frecuencia de revisión semestral	118
b. Registro de lecciones aprendidas.....	118
c. Sistema de retroalimentación	118
6. Tabla resumen de compatibilidad de formatos	119
a. DOCX y PDF interactivo	119
b. Plantillas Excel con macros.....	119
c. Formularios web y apps móviles	119
Capítulo 12: Checklist de inicio de proyecto MMC–DfMA	120
1. Requisitos de viabilidad técnica.....	120
a. Estudio de prefabricabilidad.....	120
b. Compatibilidad normativa y permisos	121
c. Evaluación de suelos y accesos.....	121
2. Evaluación de cadena de suministro	122
a. Capacidad de producción local.....	122
b. Certificaciones de proveedores.....	122
c. Plan de contingencia logística.....	123

3. Definición de objetivos BIM y CDE	123
a. Niveles de detalle requeridos	123
b. Estructura de carpetas y nomenclatura	124
c. Plan de colaboración y BEP	124
4. Estrategia de contratación y riesgos	125
a. Selección de modelo contractual	125
b. Identificación de riesgos críticos	125
c. Asignación de responsabilidades	126
5. Sostenibilidad y criterios ESG iniciales	126
a. Objetivos de carbono incorporado	127
b. Estrategias de residuos cero	127
c. Requisitos de accesibilidad universal	128
6. Programación preliminar e hitos clave	128
a. Fechas de freeze de diseño	128
b. Ventanas de montaje en obra	129
c. Plan de entrega y commissioning	129

Capítulo 13: Formulario de control de calidad en fábrica conforme a los Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras131

1. DATOS GENERALES DEL MÓDULO / PANEL.....	131
a. Identificación y lote de producción	131
b. Normas y tolerancias aplicables (marcar las que correspondan y anotar versión)	132
c. Fecha y datos de inspección	132
2. INSPECCIÓN DIMENSIONAL Y GEOMÉTRICA.....	132
a. Verificación de escuadría (± 3 mm por 3 m)	132
b. Control de angulación y alabeo (± 2 mm/m y $\pm 0,3^\circ$)	132
c. Registro fotográfico (incluir referencia en archivo)	132
3. CONTROL DE MATERIALES Y TRAZABILIDAD.....	133
a. Certificados de materiales (adjuntar copia)	133
b. Etiquetas RFID / QR (verificadas con lector)	133
c. Gestión de No Conformidades (NC)	133
4. ENSAYOS FUNCIONALES Y PRUEBAS DE SERVICIO	133
a. Prueba hidráulica en circuitos MEP	133
b. Ensayo de carga estructural	133
c. Test hermeticidad y acústica	134
5. DOCUMENTACIÓN Y LIBERACIÓN DE ENVÍO.....	134
a. Check de documentación complementaria	134
b. Aprobación Responsable de Calidad (RCQ)	134
c. Autorización de Expedición Logística	134
6. SEGUIMIENTO DE INCIDENCIAS POS-FABRICACIÓN	134
a. Registro de defectos detectados en obra	134
b. Plan de acción y cierre	134
c. Análisis de causa raíz – Método 5 Why	135

Capítulo 14: Checklist de seguridad y montaje en obra con Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras136

1. PLANIFICACIÓN DE IZADO Y MANIOBRAS	137
--	------------

a. Cálculo de radios de grúa	137
b. Revisión de suelos y estabilización	137
c. Autorizaciones especiales	137
2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL Y COLECTIVA	137
a. Listado de EPI obligatorios (marcar entregados)	137
b. Barreras y redes de seguridad	138
c. Señalización temporal	138
3. PROCEDIMIENTO DE INDUCCIÓN Y FORMACIÓN	138
a. Inducción específica MMC/DfMA	138
b. Simulacros de emergencia	138
c. Registro de asistencia	138
4. CONTROL DE INTERFERENCIAS CON OPERACIÓN EXISTENTE	138
a. Coordinación con stakeholders	139
b. Ventanas de corte de servicio	139
c. Plan de comunicación al usuario	139
5. VERIFICACIÓN DE UNIONES Y ANCLAJES	139
a. Apriete controlado de pernos	139
b. Inyección de resinas de fijación	139
c. Ensayo ultrasónico de soldaduras	139
6. CIERRE DE JORNADA Y REPORTE DIARIO	140
a. Checklist de limpieza y orden	140
b. Inventario de herramientas y equipos	140
c. Registro de incidentes / cuasi-incidentes (Near Miss)	140
Capítulo 15: Formulario de coordinación BIM y DfMA	141
1. DATOS DEL MODELO FEDERADO	141
a. Versión y fecha de emisión	141
b. Disciplina y responsable	142
c. Alcance del clash-test	142
2. RESULTADOS DE DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS	142
a. Número total de clashes críticos: _____	142
b. Clasificación por prioridad	142
c. Capturas de pantalla y coordenadas (añadir tantas filas como sea necesario)	142
3. REUNIÓN DE COORDINACIÓN (ICE SESSION)	143
a. Datos de la sesión	143
b. Participantes y roles	143
c. Minutas y acuerdos (resumen conciso por ítem)	143
d. Próximos pasos asignados	143
4. SEGUIMIENTO DE ACCIONES CORRECTIVAS	143
A. TABLA MAESTRA DE ACCIONES CORRECTIVAS	144
B. CRITERIOS Y FLUJO DE CIERRE ("Definition of Done")	144
C. KPI DE CONTROL (actualización semanal)	144
D. HERRAMIENTAS / AUTOMATISMOS	144
E. ESCALADO Y PENALIZACIONES	145
F. EJEMPLO RELLENADO (extracto)	145
5. SINCRONIZACIÓN CON PLANIFICACIÓN 4D	145
a. Tareas afectadas por cambio	145

b. Re-secuenciación de montaje	145
c. Impacto en ruta crítica.....	145

6. APROBACIÓN FINAL Y CONGELACIÓN DE MODELO145

a. Firma digital del BIM Manager	145
b. Bloqueo de versión para fabricación	146
c. Publicación en CDE	146

Capítulo 16: Checklist de entrega de activos y explotación conforme a los Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras.....147

1. DOCUMENTACIÓN “AS-BUILT”148

a. Modelos BIM con códigos QR.....	148
b. Manuales de operación y mantenimiento	148
c. Certificados de prueba.....	148

2. FORMACIÓN AL PERSONAL OPERATIVO.....148

a. Sesiones presenciales y on-line	148
b. Material didáctico entregado	148
c. Evaluación de competencias	148

3. VERIFICACIÓN DE SISTEMAS MEP CRÍTICOS149

a. Puesta en marcha HVAC	149
b. Test de sistemas de seguridad	149
c. Ajustes de control BMS.....	149

4. TRANSFERENCIA A SOFTWARE FM.....149

a. Migración de datos a CMMS/CAFM	149
b. Estructura de ubicaciones y activos	149
c. Validación de etiquetas IoT	150

5. PERIODO DE PUESTA A PUNTO (SOFT LANDING)150

a. Visitas periódicas de ajuste	150
b. Registro de incidencias post-occupancy.....	150
c. Plan de mejora continua.....	150

6. CIERRE CONTRACTUAL Y GARANTÍA150

a. Certificado de final de obra	150
b. Retenciones y pagos finales	150
c. Activación pólizas de seguro.....	151

Capítulo 17: Formularios de auditoría, seguimiento y mejora continua de los Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras.....152

A. FORMULARIO DE AUDITORÍA POST-EJECUCIÓN152

1. CHECKLIST DE CUMPLIMIENTO CONTRACTUAL153

a. Verificación de entregables BEP y EIR	153
b. Pruebas FAT / SAT y certificados NDT	153
c. Penalizaciones / Bonificaciones contractuales	153

2. REVISIÓN DE KPIs DE PROYECTO.....153

a. Desempeño de montaje (productividad)	153
b. Indicadores EVM – Fase de montaje	154
c. Seguridad y sostenibilidad	154

3. INFORME DE DESVIACIONES.....154

a. Registro de desviaciones abiertas	154
--	-----

b. Análisis de causa raíz (metodología 5 Why o Ishikawa)	154
c. Seguimiento y cierre	154
B. EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DEL PROVEEDOR	155
1. INDICADORES DE CALIDAD Y PLAZO (ponderación 60 %)	156
2. FEEDBACK 360° (ponderación 25 %)	156
3. PLAN DE ACCIONES CORRECTIVAS (CAPA) (ponderación 15 %)	157
4. PUNTUACIÓN FINAL Y CLASIFICACIÓN	157
C. ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL CLIENTE FINAL	158
1. METODOLOGÍA NPS (Net Promoter Score)	158
2. PREGUNTAS CLAVE (Escala Likert 1-5; 1 = Muy insatisfecho, 5 = Muy satisfecho)	158
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	159
D. FORMULARIO DE LECCIONES APRENDIDAS Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	160
1. WORKSHOPS DE RETROALIMENTACIÓN	160
2. REGISTRO EN BASE DE DATOS CORPORATIVA (KM-DB)	161
3. DIFUSIÓN INTERNA	161
E. FORMULARIO • ACTUALIZACIÓN DE DOCUMENTOS Y PLANTILLAS	162
1. VERSIÓN Y FECHA DE REVISIÓN	163
2. APROBACIÓN POR COMITÉ TÉCNICO	164
3. ARCHIVO Y DIFUSIÓN EN CDE	164
4. CONTROL POST-ACTUALIZACIÓN	164
F. PLAN DE INNOVACIÓN Y PRÓXIMOS PASOS	165
1. IDENTIFICACIÓN DE PILOTOS TECNOLÓGICOS	166
2. ROADMAP DE MEJORA DE PROCESOS	166
3. PRESUPUESTO Y RESPONSABLES	167
PARTE SÉPTIMA	169
Supuestos Prácticos Internacionales de los Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras	169
Capítulo 18: Estudios de caso y lecciones aprendidas de los Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras	169
1. Expansión modular de aeropuerto europeo	169
a. Descripción del proyecto	169
b. Claves DfMA	170
c. Resultados	170
d. Lecciones aprendidas	171
2. Sustitución acelerada de puente ferroviario	171
a. Estrategia de planificación 4D	171

b. Control de riesgos trackside	172
c. Beneficios cuantificados	172
d. Lecciones aprendidas	172
3. Data center prefabricado de despliegue rápido.....	173
a. Solución volumétrica plug-and-play	173
b. Integración MEP en fábrica	173
c. Métricas de eficiencia energética	174
d. Lecciones aprendidas	174
4. Planta solar con estructura modular ligera.....	175
a. Diseño repetible de trackers	175
b. Logística off-site en contenedor	175
c. Reducción de huella de carbono	176
d. Lecciones aprendidas	176
5. Hospital de campaña escalable.....	176
a. Unidades UCI prefabricadas	176
b. Montaje en 12 días.....	177
c. Feedback clínico.....	177
d. Lecciones aprendidas	178
6. Rehabilitación patrimonial con impresión 3D.....	178
a. Digitalización láser-scan	178
b. Piezas impresas sustitutivas	179
c. Conservación de valor histórico.....	179
d. Lecciones aprendidas	179
PARTE OCTAVA.....	181
Práctica de Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras	181
Capítulo 19. Casos prácticos de Métodos modernos de construcción (MMC) y DfMA en infraestructuras.	181
Caso práctico 1. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Diseño y montaje de una caseta prefabricada de servicios en una zona de aparcamiento.	181
Causa del Problema	181
Soluciones Propuestas.....	182
1. Prefabricación modular estructural en planta	182
2. Logística "Just-In-Time" y coordinación de elevación.....	182
3. Sistemas "plug-and-play" de instalaciones integradas	183
Consecuencias Previstas.....	183
Lecciones Aprendidas	184
Caso práctico 2. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Rehabilitación modular de un puente peatonal sobre canal urbano.	186
Causa del Problema	186
Soluciones Propuestas.....	186
1. Sustitución por tramos modulares de acero galvanizado precintados	186
2. Refuerzo del sistema de apoyos mediante anclajes químicos y placas compuestas	187
3. Puesta en servicio rápida con sistema "bridge-in-a-box"	187
Consecuencias Previstas.....	188
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	188
Lecciones Aprendidas	189

Caso práctico 3. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Instalación de estación de bombeo modular para alcantarillado en entorno urbano.191

Causa del Problema	191
Soluciones Propuestas.....	191
1. Cámaras y sala de máquinas prefabricadas en paneles de hormigón ligero	191
2. Integración MEP DfMA "en bloque"	192
3. Logística y montaje modular con caja-palet	192
Consecuencias Previstas.....	193
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	193
Lecciones Aprendidas	194

Caso práctico 4. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Instalación modular de estación de recarga rápida para vehículos eléctricos en autopista.195

Causa del Problema	195
Soluciones Propuestas.....	195
1. Módulos prefabricados "plug-and-play" para sala técnica y punto de atención.....	195
2. Marquesina fotovoltaica integrada en cubierta modular	196
3. Banco de cargadores rápidos "all-in-one" instalados mediante sistema "skid"	196
Consecuencias Previstas.....	197
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	197
Lecciones Aprendidas	198

Caso práctico 5. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Construcción modular de una subestación eléctrica para línea de cercanías.200

Causa del Problema	200
Soluciones Propuestas.....	200
1. Plataforma prefabricada de hormigón para cimentación "slab-on-grade"	200
2. Módulo prefabricado plug-and-play para sala técnica y transformador	201
Descripción	201
3. Sistema de cubiertas modulares con integración de UPS y enfriamiento líquido	201
Consecuencias Previstas.....	202
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	202
Lecciones Aprendidas	203

Caso práctico 6. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Instalación modular de tanque de tormentas subterráneo en entorno urbano denso.204

Causa del Problema	204
Soluciones Propuestas.....	204
1. Cámara modular de segmentos prefabricados de hormigón ligero	204
2. Posicionamiento y nivelación con escáner 3D y GPS RTK	204
3. Conexión plug-and-play de tuberías pluviales y válvulas de retención	205
Consecuencias Previstas.....	205
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	206
Lecciones Aprendidas	207

Caso práctico 7. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Instalación modular de pantallas acústicas prefabricadas en entorno residencial.....208

Causa del Problema	208
--------------------------	-----

Soluciones Propuestas.....	208
1. Paneles modulados de hormigón polimérico con núcleo absorbente.....	208
2. Estructura portante “cold-formed” en acero galvanizado.....	209
3. Logística JIT y montaje nocturno “roll-out”	209
Consecuencias Previstas.....	210
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	210
Lecciones Aprendidas.....	211
Caso práctico 8. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Revestimiento modular de túnel urbano de carretera.	212
Causa del Problema.....	212
Soluciones Propuestas.....	212
1. Revestimiento interior modular “panel-in-panel”	212
2. Impermeabilización DfMA con membrana termo-soldable en fábrica.....	213
3. Paneles multifuera con absorbentes acústicos y luminarias integradas	213
Consecuencias Previstas.....	214
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	214
Lecciones Aprendidas.....	215
Caso práctico 9. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Montaje modular de viaducto peatonal temporal en obra de túnel subterráneo.....	216
Causa del Problema.....	216
Soluciones Propuestas.....	216
1. Módulos truss-frame de acero galvanizado con plataforma antideslizante	216
2. Zapatas prefabricadas de hormigón con base articulada	217
3. Sistema de pasarela ligera “roll-out” sobre rodillos	217
Consecuencias Previstas.....	218
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	218
Lecciones Aprendidas.....	219
Caso práctico 10. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Instalación modular de refugios de parada de autobús inteligentes en vía interurbana.	220
Causa del Problema.....	220
Soluciones Propuestas.....	220
1. Módulos prefabricados de estructura ligera y paneles sandwich.....	220
2. Base de cimentación ligera “slab-on-ground” prefabricada	220
3. Sistemas plug-and-play de energía, iluminación y conectividad	221
Consecuencias Previstas.....	221
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	222
Lecciones Aprendidas.....	223
Caso práctico 11. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Construcción modular de garitas de peaje en autopista.	224
Causa del Problema.....	224
Soluciones Propuestas.....	224
1. Módulos prefabricados de hormigón ligero y acero	224
2. Integración “plug-and-play” de instalaciones y sistemas de cobro	224
3. Logística JIT y montaje nocturno por fases	225
Consecuencias Previstas.....	225
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	226
Lecciones Aprendidas.....	226

Caso práctico 12. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Montaje modular de estación depuradora de aguas residuales en entorno periurbano.228

Causa del Problema	228
Soluciones Propuestas.....	228
1. Módulos prefabricados de tanques biológicos y decantadores	228
2. Sala de mando y tableros MEP plug-and-play.....	229
3. Conexiones hidráulicas y eléctricas JIT con juntas rápidas	229
Consecuencias Previstas.....	230
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	230
Lecciones Aprendidas	231

Caso práctico 13. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Instalación de paso de fauna modular bajo carretera nacional.233

Causa del Problema	233
Soluciones Propuestas.....	233
1. Cajón prefabricado de hormigón autocompactante.....	233
2. Plataforma de descarga e izado con sistema "roll-on/roll-off"	234
3. Conexiones hidráulicas DfMA y drenaje plug-and-play	234
Conclusión de Soluciones	234
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	235
Lecciones Aprendidas	236

Caso práctico 14. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Construcción e instalación de pasarela peatonal prefabricada entre muelles en puerto comercial.....237

Causa del Problema	237
Soluciones Propuestas.....	237
1. Estructura modular de cajones prefabricados en aluminio marino.....	237
2. Zapatas prefabricadas de hormigón marino con anclaje integrado	238
3. Montaje flotante provisional y posicionamiento "roll-in"	238
Consecuencias Previstas.....	239
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	239
Lecciones Aprendidas	240

Caso práctico 15. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Instalación modular de carril bici elevado en entorno urbano.241

Causa del Problema	241
Soluciones Propuestas.....	241
1. Tramos prefabricados de hormigón ligero con guardarraíles integrados.....	241
2. Zapatas prefabricadas de base con ajuste de pendiente.....	242
3. Montaje nocturno JIT y señalización semiautónoma	242
Consecuencias Previstas.....	242
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	243
Lecciones Aprendidas	244

Caso práctico 16. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Montaje modular de cubierta ligera para polideportivo público.245

Causa del Problema	245
Soluciones Propuestas.....	245
1. Módulos de cerchas space-frame prefabricadas	245
2. Paneles sandwich para cerramiento y aislamiento	246
3. Sistema retráctil DfMA con guías y accionamiento eléctrico.....	246

Consecuencias Previstas.....	246
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	247
Lecciones Aprendidas.....	248

Caso práctico 17. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Implementación modular de dique anti-inundación y estación de bombeo móvil en ribera urbana.249

Causa del Problema	249
Soluciones Propuestas.....	249
1. Segmentos prefabricados de dique interbloqueable.....	249
2. Estación de bombeo móvil plug-and-play.....	250
3. Anclaje rápido al terreno mediante picas helicoidales	250
Consecuencias Previstas.....	251
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	251
Lecciones Aprendidas.....	252

Caso práctico 18. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Instalación modular de planta potabilizadora de agua para abastecimiento periurbano.253

Causa del Problema	253
Soluciones Propuestas.....	253
1. Módulos prefabricados de decantadores-floculadores	253
2. Skids de filtración con membrana ultrafina DfMA.....	254
3. Módulo de dosificación y telemetría móvil.....	254
Consecuencias Previstas.....	255
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	255
Lecciones Aprendidas.....	256

Caso práctico 19. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Implantación modular de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en vial principal de barrio.257

Causa del Problema	257
Soluciones Propuestas.....	257
1. Módulos prefabricados de cámara de infiltración y retención	257
2. Pozos de laminación de superficie con rejilla absorbente "plug-and-play".....	258
3. Canaletas lineales prefabricadas con encapsulado antivuelco	258
Consecuencias Previstas.....	259
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	259
Lecciones Aprendidas.....	260

Caso práctico 20. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Instalación modular de plataforma logística temporal para zona de carga de aeropuerto.262

Causa del Problema	262
Soluciones Propuestas.....	262
1. Plataforma prefabricada de paneles alveolares y vigas de acero	262
2. Oficinas y almacén en módulos "plug-and-play"	262
3. Conexiones "just-in-time" de servicios y enlaces de datos.....	263
Consecuencias Previstas.....	263
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	264
Lecciones Aprendidas.....	265

Caso práctico 21. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Montaje modular de pasarela peatonal retráctil sobre río en entorno urbano.

.....	266
Causa del Problema	266
Soluciones Propuestas.....	266
1. Módulos truss-frame retráctiles en dos mitades	266
2. Zapatas autonivelantes prefabricadas	266
3. Sistema de izado y retracción "winch-and-rail"	267
Consecuencias Previstas.....	267
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	268
Lecciones Aprendidas	268

Caso práctico 22. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Implantación modular de estación de medición de calidad del aire urbana.

.....	270
Causa del Problema	270
Soluciones Propuestas.....	270
1. Módulos plug-and-play sobre mástil telescópico	270
2. Base prefabricada antivibración y climatizada.....	270
3. Conexiones autoportantes de fibra y energía.....	271
Consecuencias Previstas.....	271
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	272
Lecciones Aprendidas	273

Caso práctico 23. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Instalación modular de muros de tierra armada prefabricados en talud ferroviario.

.....	274
Causa del Problema	274
Soluciones Propuestas.....	274
1. Paneles prefabricados de tierra armada con geogrilla integrada	274
2. Zapatas prefabricadas con anclajes de tirantes tensados	274
3. Sistema "clip-and-stack" de drenaje integrado	275
Consecuencias Previstas.....	275
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	276
Lecciones Aprendidas	277

Caso práctico 24. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Montaje modular de muro de contención prefabricado en carretera de montaña.

.....	278
Causa del Problema	278
Soluciones Propuestas.....	278
1. Paneles prefabricados de muro "T"-invertida	278
2. Sistema de drenaje "plug-and-play" en base de muro	279
3. Geogrilla y vegetación modular integrada	279
Consecuencias Previstas.....	279
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	280
Lecciones Aprendidas	281

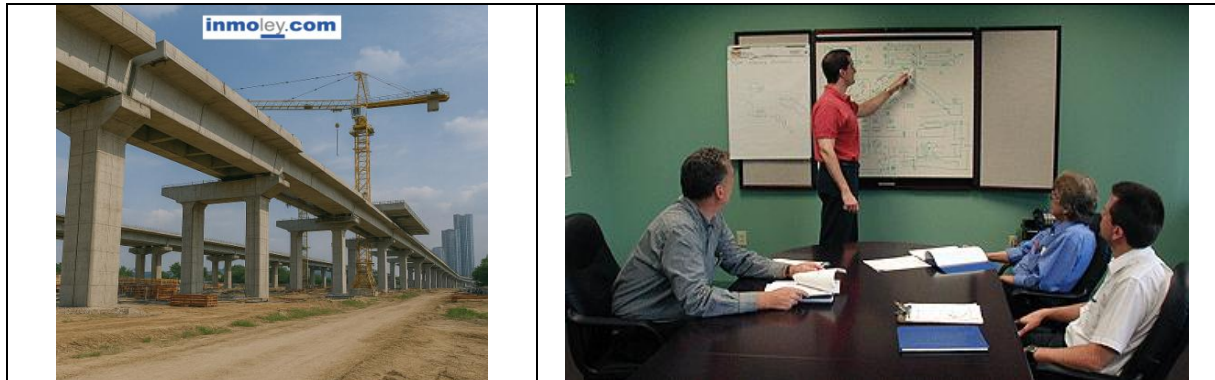
Caso práctico 25. "MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN (MMC) Y DfMA EN INFRAESTRUCTURAS." Construcción modular de tramo de autovía con losas alveolares de hormigón pretensado.

.....	282
Causa del Problema	282
Soluciones Propuestas.....	282
1. Losas alveolares de hormigón pretensado "plug-and-lock"	282
2. Plataforma JIT y gestión de tráfico escalonada.....	283
3. Refuerzo de base mediante geogrilla y microaglomerado en frío	283



Consecuencias Previstas.....	283
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	284
Lecciones Aprendidas.....	284

¿QUÉ APRENDERÁ?



- Comprender los principios fundamentales de los MMC y DfMA.
- Identificar las infraestructuras más adecuadas para la aplicación de MMC.
- Conocer las tipologías de sistemas modulares volumétricos y paneles prefabricados.
- Aplicar BIM 4D-5D para planificación y control de proyectos industrializados.
- Desarrollar gemelos digitales e integrar sensores IoT en infraestructuras críticas.
- Planificar la fabricación y el ensamblaje siguiendo criterios DfMA.
- Gestionar la logística Just-In-Time y el montaje rápido en obra.
- Implantar controles de calidad y trazabilidad en procesos de fábrica.
- Asignar y mitigar riesgos contractuales en modelos EPC e IPD.
- Integrar estrategias de sostenibilidad y economía circular en MMC.
- Analizar métricas de productividad, coste y seguridad en proyectos prefabricados.
- Implementar procesos de mejora continua y documentación de lecciones aprendidas.

Introducción.



Vivimos una era en la que la revolución industrial de la construcción se traslada de la "obra in situ" a la fábrica, donde la precisión, la velocidad y la sostenibilidad se unen con el poder del diseño digital. Con "Métodos Modernos de Construcción (MMC) y DfMA en Infraestructuras", darás el salto de los procesos convencionales al ensamblaje modular, aprovechando las mejores prácticas de diseño para fabricación y ensamblaje (DfMA), la prefabricación avanzada y la integración total con BIM y gemelos digitales.

En sus páginas descubrirás cómo:

- Dominar el marco global de MMC y DfMA, sus ventajas económicas, medioambientales y los estándares internacionales que los regulan.
- Identificar las tipologías de infraestructuras (puentes, aeropuertos, plantas de energía, data centers, hospitales, puertos) donde la modularidad acelera plazos y controla costes.
- Aplicar tecnologías de vanguardia: impresión 3D, robots de ensamblaje, sistemas híbridos acero-hormigón y paneles CLT, todo bajo un riguroso control de calidad "off-site".
- Implementar BIM 4D/5D/6D/7D para coordinar diseño, calendario, presupuestos, sostenibilidad y mantenimiento predictivo desde el primer boceto hasta la operación.
- Desplegar gemelos digitales, IoT e IA que convierten cada módulo en un activo inteligente capaz de alertar, predecir y optimizar su ciclo de vida.
- Optimizar la logística y el montaje on-site con estrategias Just-In-Time, trazabilidad RFID/QR y planos de izado y seguridad adaptados a entornos críticos.
- Gestionar riesgos, gobernar proyectos con EVM, Last Planner y contratos EPC/IPD, y certificar tus infraestructuras bajo LEED, BREEAM o Envision.



- Cerrar el círculo con economía circular: diseño para desmontaje, pasaportes de materiales y modelos de negocio “as-a-service” que prolongan el valor y reducen residuos.

A través de checklists, formularios y 25 casos prácticos —desde puentes peatonales modulados hasta estaciones de bombeo plug-and-play— contarás con la guía más completa para transformar cualquier obra civil en un proyecto industrializado, eficiente y sostenible. ¡Prepárate para liderar la próxima generación de infraestructuras!