



CURSO/GUÍA PRÁCTICA SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN ISO 45001 CON IoT Y KPIs



Índice

¿QUÉ APRENDERÁ?	25
Introducción.	26
PARTE PRIMERA.	28
Fundamentos de ISO 45001 aplicada a la construcción 4.0	28
Capítulo 1: Propósito, alcance internacional (España y Latinoamérica) y enfoque 4.0	28
1. Objetivos de la guía y público profesional	28
a. Propósito práctico y resultados esperados	28
b. Ámbito ES/LatAm y diferencias de contexto	29
c. Uso del índice, casos y plantillas	29
2. Marco normativo y estándares relacionados	30
a. ISO 45001, ISO 45003, ISO 19011, ISO 31000.....	30
b. Sinergias con BIM/ISO 19650 y CDE	30
c. Mapeo regulatorio: plantilla por país	30
3. Principios de Seguridad y Salud 4.0	31
a. Jerarquía de controles + tecnología	31
b. Dato como activo preventivo y trazabilidad	31
c. Enfoque basado en evidencia (data-driven)	32
4. Perfil de riesgos en construcción	32
a. Trabajos críticos: altura, izado, excavación	32
b. SIF/SIFp y eventos de alto potencial	32
c. Contratistas y subcontratas: complejidad	33
5. Arquitectura conceptual SSO 4.0	33
a. Capas: campo, plataforma, analítica, reporting	33
b. Integraciones: CDE, CMMS/EAM, ERP, BMS/SCADA	34
c. Flujos de datos y gobernanza	34
6. Hoja de ruta de lectura e implantación	34
a. Quick wins y secuencia de capítulos.....	34
b. Uso de checklists y formularios.....	35
c. Casos prácticos para benchmarking	35
Capítulo 2: ISO 45001 integrando IoT y KPIs en obra	36
1. Contexto de la organización y liderazgo	36
a. Política SSO 4.0 y roles (RACI).....	36
b. Participación y consulta de trabajadores	37
c. Objetivos preventivos alineados a negocio	37
2. Planificación basada en riesgos	38
a. Identificación de peligros apoyada en datos	38
b. Evaluación, criterios y priorización digital	38
c. Controles tecnológicos, integración y analítica	38
3. Soporte y competencias digitales	39
a. Capacidades, formación y microlearning	39

b. Comunicación y documentación viva en CDE	39
c. Recursos, presupuesto y mantenimiento	40
4. Operación conectada en obra.....	40
a. e-PTW, permisos electrónicos y condicionantes	40
b. LOTO digital y verificación	40
c. Control operacional con sensores y reglas	41
5. Evaluación del desempeño	41
a. KPIs leading y lagging, y SIF/SIFp	41
b. Auditoría digital y calidad de datos	42
c. Lecciones aprendidas y acciones efectivas	42
6. Mejora continua basada en evidencia.....	42
a. OKR preventivos y sprints de mejora	42
b. RCA, ICAM apoyado en datos y priorización	43
c. Revisión de dirección y roadmap de madurez	43
PARTE SEGUNDA.....	44
Arquitectura tecnológica (IoT, wearables, geovallas/geocercas, visión)	44
Capítulo 3: Gobierno del dato, CDE y ciberseguridad OT/IT	44
1. Modelo de datos EHS y diccionario mínimo	44
a. Eventos, exposiciones, controles, acciones	44
b. Metadatos, trazabilidad y cadena de custodia.....	46
c. Calidad de datos, validación y muestreo	46
2. Plataforma y CDE para SSO 4.0	47
a. Integración con BIM/ISO 19650	47
b. APIs, ETL y middleware.....	48
c. Versionado, auditoría y retención	49
3. Ciberseguridad y resiliencia	49
a. Arquitectura OT/IT según IEC 62443	49
b. Gestión de identidades y accesos	50
c. Continuidad de negocio y copias	50
4. Privacidad, ética y cumplimiento	51
a. Datos personales y biométricos	51
b. Consentimiento, minimización y finalidad	51
c. Evaluaciones de impacto, plantilla práctica.....	52
5. Interoperabilidad y estándares.....	52
a. BLE, UWB, RFID, GNSS, LoRa/LPWAN	52
b. Formatos y esquemas de intercambio	53
c. Pruebas de aceptación FAT/SAT	53
6. Operación y soporte.....	54
a. Mantenimiento y calibración	54
b. SLA con proveedores tecnológicos.....	55
c. Gestión de obsolescencia y upgrades	55
Capítulo 4: Sensores, EPI conectados y wearables en obra	57
1. Sensórica ambiental y de exposición	57
a. Gases, polvo, ruido, vibración, microclima.....	57

b. Límites, alarmas y registros	58
c. Ubicación y densidad de sensores	58
2. EPI conectados y wearables.....	59
a. Detección de caídas y hombre muerto.....	59
b. Fatiga, ergonomía y exoesqueletos.....	59
c. Compatibilidad con e-PTW y LOTO.....	60
3. Comunicación y cobertura.....	60
a. Topologías y repetidores	60
b. Latencia y fiabilidad	61
c. Zonas ciegas y mitigaciones.....	61
4. Gestión de flotas de dispositivos	61
a. Inventario y asignación.....	61
b. Firmware y parches	62
c. Reposición y reciclaje.....	62
5. Seguridad funcional y validación	63
a. Ensayos, calibraciones y certificados.....	63
b. Trazabilidad de medidas.....	63
c. Registros para auditoría.....	63
6. Caso de uso integrado.....	64
a. Alertas y evacuación guiada	64
b. Registro automático en incidentes.....	64
c. Métricas de eficacia del control.....	65
Capítulo 5: Geovallas/geocercas y localización precisa (interior/exterior).....	66
1. Tecnologías de localización.....	66
a. GNSS y RTK para exterior.....	66
b. UWB/BLE/Rfid para interior	67
c. Híbridas y precisión esperada	67
2. Diseño de geovallas/geocercas.....	68
a. Zonas prohibidas y peligrosas.....	68
b. Rutas seguras y pasillos logísticos	68
c. Matriz de permisos por oficio.....	69
3. Casos preventivos en obra.....	69
a. Proximidad a equipos móviles.....	69
b. Excavaciones, borde de forjado	69
c. Espacios confinados.....	70
4. Integración con e-PTW y KPIs	70
a. Validación automática de permisos	70
b. Tiempos en zona y exposición.....	71
c. Near misses por proximidad	71
5. Gestión de alarmas y fatiga de alertas	71
a. Reglas, umbrales y priorización	71
b. Escalado y cierre de eventos	72
c. Revisión y tuning periódico.....	72
6. Evidencias y protección de datos	72
a. Retención y anonimización.....	72
b. Acceso por roles y auditoría	73

c. Uso disciplinario: límites éticos	73
Capítulo 6: Analítica de vídeo y visión por computador en SSO 4.0.....	74
1. Fuentes y calidad de imagen	74
a. Cámaras fijas y móviles (drones)	74
b. Iluminación, oclusiones y zonas ciegas	75
c. Latencia y almacenamiento	75
2. Modelos de detección y casos de uso	76
a. EPI (cascos/arneses), caídas e intrusiones.....	76
b. Orden y limpieza (5S) y segregación de flujos	76
c. Operaciones críticas (izaje, corte).....	77
3. Analítica y verificación humana	77
a. Precisión, recall y falsos positivos.....	77
b. Revisión asistida y anotación	77
c. Bucles de mejora del modelo	78
4. Integración con incidentes y KPIs.....	78
a. Enriquecimiento de reportes.....	78
b. Near misses detectados automáticamente.....	78
c. Métricas de severidad potencial.....	79
5. Ética, privacidad y aceptación social	79
a. Transparencia y señalización	79
b. Minimización y desenfoque	79
c. Gobernanza de uso	80
6. Mantenimiento y coste total (TCO).....	80
a. Limpieza/calibración y repuestos	80
b. Licencias y soporte	80
c. Evaluación de ROI	81
PARTE TERCERA.	82
Operación preventiva conectada en obra	82
Capítulo 7: e-PTW y LOTO digital (permiso de trabajo y energías peligrosas)	82
1. Modelo de e-PTW	82
a. Flujos, roles y autorizaciones.....	82
b. Integración con geovallas y sensores	83
c. Auditoría y trazabilidad.....	83
2. LOTO digital	84
a. Inventario de puntos de energía	84
b. Bloqueo/etiquetado con verificación	84
c. Pruebas de energía cero	85
3. Trabajos simultáneos (SIMOPS)	85
a. Conflictos y segregaciones	85
b. Ventanas y secuencias seguras	85
c. Señalización y comunicaciones.....	86
4. Gestión de cambios (MOC).....	86
a. Evaluación de impacto.....	86
b. Aprobaciones y cierre.....	86

c. Registro documental.....	87
5. Evidencias y cumplimiento	87
a. Registros electrónicos	87
b. Muestreo y auditorías	87
c. Indicadores de eficacia	88
6. Lecciones aprendidas	88
a. Análisis de desviaciones	88
b. Mejora de plantillas.....	88
c. Capacitación específica.....	89
Capítulo 8: Trabajos de alto riesgo y controles tecnológicos	90
1. Alturas y bordes de forjado	90
a. Sistemas anticaídas inteligentes.....	90
b. Alarmas de proximidad	91
c. Rescate y tiempos de respuesta	91
2. Izado y grúas.....	91
a. Zonas de exclusión por geovallas	91
b. Alertas por viento y límites operativos	92
c. Señalista y verificación cruzada	92
3. Excavaciones	93
a. Estabilidad, atmósferas y accesos	93
b. Colisiones con maquinaria.....	93
c. Drenaje y episodios de lluvia	93
4. Espacios confinados	94
a. Control de atmósferas	94
b. Vigilante y recuento en tiempo real.....	94
c. Plan de rescate	94
5. Energías peligrosas.....	95
a. Identificación y bloqueo	95
b. Secuencias seguras.....	95
c. Verificación antes de arrancar.....	95
6. Coordinación con contratistas	96
a. Requisitos mínimos tecnológicos	96
b. Inducción y e-learning	96
c. Seguimiento de desempeño	96
Capítulo 9: Emergencias conectadas y primeros auxilios.....	97
1. Plan y escenarios	97
a. Incendio, colapso, climatología extrema.....	97
b. Roles y comunicación	98
c. Integración con sensores	98
2. Alerta y evacuación.....	99
a. Sirenas, wearables y móviles.....	99
b. Rutas y puntos de encuentro	99
c. Recuento inteligente	99
3. Primeros auxilios	100
a. Kits y desfibriladores conectados	100

b. Protocolos y tiempos objetivo.....	100
c. Registro clínico mínimo	101
4. Simulacros y evaluación	101
a. Diseño de ejercicios	101
b. Métricas de desempeño	101
c. Acciones de mejora	102
5. Integración externa.....	102
a. 112/servicios de emergencia.....	102
b. Accesos y llaves digitales	102
c. Interoperabilidad de datos	103
6. Post-evento y retorno seguro	103
a. Investigación rápida.....	103
b. Reapertura por etapas	103
c. Comunicación a partes interesadas	104
PARTE CUARTA.	105
Cultura preventiva, comportamiento y formación	105
Capítulo 10: Cultura preventiva 4.0 y liderazgo visible	105
1. Modelos de madurez cultural	105
a. Del cumplimiento al cuidado	105
b. Cultura justa (just culture) y aprendizaje	106
c. Indicadores culturales.....	106
2. Liderazgo y roles	106
a. Dirección y mandos intermedios	106
b. Delegados/Comités de Seguridad	107
c. Reconocimiento y accountability.....	107
3. Seguridad basada en el comportamiento (BBS) con datos	108
a. Observaciones estructuradas	108
b. Micro-intervenciones	108
c. Refuerzo positivo y feedback.....	108
4. Comunicación y campañas	109
a. Mensajes y rituales de seguridad	109
b. Gamificación responsable	109
c. Historias y casos reales	109
5. Bienestar y riesgos psicosociales (ISO 45003)	110
a. Fatiga y turnos.....	110
b. Estrés y carga mental	110
c. Programas de apoyo	110
6. Medición y mejora	111
a. Encuestas/Focus groups	111
b. Planes de acción	111
c. Seguimiento con KPIs culturales	111
Capítulo 11: Formación inmersiva y competencias digitales.....	112
1. Mapa de competencias	112
a. Oficios y roles críticos	112



b. Niveles y rutas de aprendizaje.....	113
c. Certificaciones internas	113
2. VR/AR y simuladores	114
a. Escenarios de alto riesgo	114
b. Evaluaciones prácticas.....	114
c. Evidencias para auditoría.....	115
3. Microlearning y mobile	115
a. Píldoras y recordatorios.....	115
b. Evaluaciones on-the-job	115
c. Trazabilidad.....	116
4. Inducción de contratistas	116
a. Requisitos mínimos	116
b. Verificación y refrescos	116
c. Idiomas y accesibilidad	117
5. Medición de eficacia	117
a. Pre/Post-test y transferencia al puesto.....	117
b. Observaciones BBS	117
c. Relación con incidentes	118
6. Mejora continua del plan	118
a. Ciclos PDCA.....	118
b. Actualizaciones por cambios	118
c. Lecciones aprendidas.....	119
PARTE QUINTA.	120
KPIs, analítica y cuadros de mando.....	120
Capítulo 12: Catálogo de KPIs (leading/lagging) y calidad de datos	120
1. Indicadores lagging	120
a. IF, IG, TRIR, LTIFR	120
b. Gravedad y días perdidos	121
c. SIF/SIFp	121
2. Indicadores leading	122
a. Observaciones, formaciones, auditorías	122
b. Cumplimiento e-PTW/LOTO	122
c. Near misses y tiempos de cierre	122
3. Indicadores de exposición	123
a. Horas por riesgo y proximidad (geovallas)	123
b. Tiempos en zona roja/amarilla.....	123
c. Alarmas atendidas vs totales	123
4. Fórmulas y normalización.....	124
a. Por 100.000 h, por millón h, por trabajador.....	124
b. Tasas y ratios comparables	124
c. Metas y bandas objetivo.....	124
5. Calidad y gobernanza del dato.....	125
a. Reglas, validaciones y muestreo.....	125
b. Sesgos y outliers	125
c. Linaje del dato y auditoría	125

6. Visualización y storytelling	126
a. Gráficos adecuados por indicador	126
b. Alertas y umbrales.....	126
c. Informes para dirección/obra	126
Capítulo 13: Dashboards, analítica avanzada y decisión	128
1. Cuadros de mando por nivel.....	128
a. Dirección, proyecto, frente de obra	128
b. Drill-down y filtros	128
c. Reportes periódicos	129
2. Analítica predictiva/prescriptiva.....	129
a. Modelos de riesgo y triggers	129
b. Recomendaciones de control	130
c. Validación y mejora continua	130
3. OKR preventivos	130
a. Alineación con estrategia	130
b. Resultados clave medibles	131
c. Rituales de revisión.....	131
4. Alertas y gestión de casos	131
a. Priorización y SLA.....	131
b. Escalado y cierre.....	132
c. Métricas de eficacia	132
5. Integración con investigación de incidentes	132
a. ICAM/Tripod/BowTie.....	132
b. Evidencias y anexos digitales.....	133
c. Seguimiento de acciones	133
6. Benchmarking y madurez	133
a. Comparativas internas.....	133
b. Externas por tipología	133
c. Roadmap de mejora	134
PARTE SEXTA.	135
Cumplimiento, auditoría e investigación	135
Capítulo 14: Auditorías ISO 45001 y conformidad legal digital	135
1. Programa de auditorías (ISO 19011)	135
a. Alcance, criterios y equipo auditor.....	135
b. Planes y listas de verificación	136
c. Informes y acciones correctivas.....	136
2. Conformidad legal (plantilla)	137
a. Identificación y actualización	137
b. Evidencias y registros electrónicos.....	137
c. Muestreo y revisiones	138
3. Inspecciones internas y walkthroughs	138
a. Estandarización y frecuencias	138
b. Observaciones BBS integradas	138
c. Seguimiento de hallazgos	139

4. Cadena de custodia y trazabilidad	139
a. Versionado y control de cambios	139
b. Accesos y permisos.....	139
c. Conservación y borrado seguro	139
5. Relación con autoridades y clientes	140
a. Requerimientos documentales	140
b. Demostración de desempeño	140
c. Auditorías de terceros	140
6. Mejora continua del sistema	141
a. Análisis de tendencias	141
b. Prioridades anuales	141
c. Comunicación de resultados.....	141
Capítulo 15: Investigación de incidentes con soporte digital	142
1. Notificación y registro inmediato.....	142
a. Canales y formularios móviles	142
b. Geolocalización y medios	143
c. Protección de testigos	143
2. Categorización y severidad	143
a. Taxonomía y SIF potencial	143
b. Near misses y aprendizaje	144
c. Criterios de escalado	144
3. RCA/ICAM/Tripod y evidencias.....	144
a. Entrevistas y líneas de tiempo.....	144
b. Fotos, vídeo y sensores	145
c. Hipótesis y barreras	145
4. Acciones correctivas y preventivas	145
a. Priorización y responsables	145
b. Plazos y verificación de eficacia	146
c. Cierre y documentación.....	146
5. Integración con KPIs y dashboards.....	146
a. Métricas de recurrencia	146
b. Lead time de acciones	146
c. Lecciones transversales	147
6. Comunicación y ética	147
a. Transparencia y aprendizaje.....	147
b. Cultura justa y no culpabilización.....	147
c. Revisión de políticas	147
PARTE SÉPTIMA.	148
Implantación, ROI y roadmap.....	148
Capítulo 16: Roadmap por fases y gestión del cambio	148
1. Diagnóstico y baseline.....	148
a. Mapa de madurez.....	148
b. Brechas tecnológicas	149
c. Priorización	149



2. Pilotos y quick wins	149
a. Selección de frentes	149
b. Métricas de éxito	150
c. Escalado	150
3. Despliegue y adopción	151
a. Plan de proyecto	151
b. Formación y soporte	151
c. Comunicación	151
4. Gestión del cambio	152
a. Patrocinio y champions	152
b. Resistencias y mitigación	152
c. Refuerzos	152
5. Gobierno y sostenibilidad	153
a. Comité y rituales	153
b. Política de mejoras	153
c. Revisión anual	153
6. Riesgos de implantación	154
a. Técnicos/organizativos	154
b. Coste/beneficio	154
c. Planes B	154
Capítulo 17: Caso económico, coste total (TCO) y retorno (ROI)	155
1. Modelo de costes	155
a. CAPEX vs OPEX	155
b. Licencias y soporte	156
c. Operación y renovación	156
2. Beneficios cuantificables	156
a. Reducción de siniestralidad	156
b. Productividad y tiempos	157
c. Evitación de sanciones	157
3. Beneficios cualitativos	158
a. Cultura y clima	158
b. Reputación y cliente	158
c. Atracción de talento	158
4. Métricas financieras	159
a. VAN y TIR	159
b. Periodo de retorno (payback)	159
c. Sensibilidades	159
5. Caso tipo y sensibilidades	160
a. Escenarios conservador/base/alto	160
b. Riesgos y mitigaciones	161
c. Plan de captura de valor	162
6. Presentación a dirección	162
a. Argumentario y KPIs	162
b. Decisión por etapas	163
c. Compromisos	163

PARTE OCTAVA.....164

**HERRAMIENTAS DE SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs.
CHECKLISTS Y FORMULARIOS164**

Capítulo 18: Checklists generales SSO 4.0 en obra.....164

CHECKLIST Nº 18.01 — Política y liderazgo SSO 4.0 en obra.....164

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	164
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	165
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	165
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	165
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	166
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	166
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	166
Sección 8. Evidencias y referencias	166

CHECKLIST Nº 18.02 — Identificación de peligros y riesgos 4.0 (metodologías, priorización y controles).....167

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	167
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	167
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	168
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	168
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	168
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	168
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	168
Sección 8. Evidencias y referencias	169

CHECKLIST Nº 18.03 — Control operacional conectado (e-PTW, LOTO y SIMOPS)169

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	169
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	169
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	170
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	170
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	170
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	170
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	170
Sección 8. Evidencias y referencias	171

CHECKLIST Nº 18.04 — Gestión de contratistas 4.0 (homologación, inducción y seguimiento) ..171

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	171
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	171
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	172
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	172
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	172
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	172
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	172
Sección 8. Evidencias y referencias	173

CHECKLIST Nº 18.05 — Formación y comunicaciones 4.0 (plan anual, registros y evaluación) ...173

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	173
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	173
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	175
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	175
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	175
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	175

Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	175
Sección 8. Evidencias y referencias	176
CHECKLIST Nº 18.06 — Auditoría interna digital (plan, evidencias y acciones correctivas)	176
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	176
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	176
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	177
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	177
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	177
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	177
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	177
Sección 8. Evidencias y referencias	177
Capítulo 19: Formularios e-PTW y trabajos críticos (listos para uso).....	178
FORMULARIO Nº 19.01 — Permiso de trabajo estándar (e-PTW).....	178
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	178
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	179
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	179
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	179
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	180
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	180
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	180
Sección 8. Evidencias y referencias	180
CHECKLIST Nº 19.02 — Trabajos en altura (requisitos previos, controles y cierre)	181
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	181
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	181
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	182
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	182
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	182
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	182
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	182
Sección 8. Evidencias y referencias	183
CHECKLIST Nº 19.03 — Izado (plan de izado, zona de exclusión y señalista)	183
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	183
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	183
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	184
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	184
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	184
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	184
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	184
Sección 8. Evidencias y referencias	185
CHECKLIST Nº 19.04 — Excavaciones (estabilidad, accesos y inspecciones)	185
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	185
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	187
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	187
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	187
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	187
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	187
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	188
Sección 8. Evidencias y referencias	188
CHECKLIST Nº 19.05 — Espacios confinados (monitorización, vigilante y cierre seguro)	188

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	188
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	189
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	189
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	189
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	189
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	189
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	190
Sección 8. Evidencias y referencias	190

CHECKLIST Nº 19.06 — Energías peligrosas (LOTO: puntos, verificación y retiro)190

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	190
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	191
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	191
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	191
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	191
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	191
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	192
Sección 8. Evidencias y referencias	192

Capítulo 20: Checklists tecnológicos (wearables, geovallas, visión)193

CHECKLIST Nº 20.01 — Selección de dispositivos 4.0 (requisitos, certificados y compatibilidades)193

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	193
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	194
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	194
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	194
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	195
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	195
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	195
Sección 8. Evidencias y referencias	195

CHECKLIST Nº 20.02 — Pruebas FAT/SAT y aceptación técnica (sensores, wearables, geovallas y VMS)196

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	196
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	196
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	197
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	197
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	197
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	197
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	197
Sección 8. Evidencias y referencias	198

CHECKLIST Nº 20.03 — Cobertura, latencia y calidad de servicio (site survey y pruebas)198

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	198
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	198
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	199
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	199
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	199
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	199
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	199
Sección 8. Evidencias y referencias	200

CHECKLIST Nº 20.04 — Plan de contingencia y continuidad (degradación segura)200

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	200
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	200

Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	201
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	201
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	201
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	201
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	201
Sección 8. Evidencias y referencias	202

CHECKLIST Nº 20.05 — Operación y mantenimiento (calibraciones, parches y sustituciones) ...202

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	202
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	202
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	203
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	203
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	203
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	203
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	203
Sección 8. Evidencias y referencias	203

CHECKLIST Nº 20.06 — Geovallas/geocercas (diseño, reglas y tuning)204

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	204
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	204
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	204
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	205
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	205
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	205
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	205
Sección 8. Evidencias y referencias	205

CHECKLIST Nº 20.07 — Analítica de vídeo (modelos, precisión, privacidad y evidencias)206

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	206
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	206
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	206
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	207
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	207
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	207
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	207
Sección 8. Evidencias y referencias	207

CHECKLIST Nº 20.08 — Seguridad y privacidad de la plataforma (accesos, retención y auditoría)208

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	208
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	208
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	208
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	209
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	209
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	209
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	209
Sección 8. Evidencias y referencias	209

Capítulo 21: Auditoría ISO 45001 digital, KPIs y RFP de tecnología210

CHECKLIST Nº 21.01 — Auditoría interna ISO 45001 digital (cláusulas, evidencias y no conformidades)210

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	210
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	211
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	211
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	212

Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	212
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	212
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	212
Sección 8. Evidencias y referencias	212
FORMULARIO Nº 21.02 — KPI book SSO 4.0 (definiciones, frecuencias, fuentes y metas).....	213
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	213
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	213
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	213
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	214
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	214
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	214
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	215
Sección 8. Evidencias y referencias	215
CHECKLIST Nº 21.03 — Dashboard pack SSO 4.0 (dirección, jefe de obra y equipo)	215
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	215
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	216
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	216
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	216
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	216
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	217
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	217
Sección 8. Evidencias y referencias	217
FORMULARIO Nº 21.04 — RFP/Pliegos plataforma EHS/IoT (alcance, criterios y SLA)	217
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	217
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	218
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	218
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	218
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	219
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	219
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	219
Sección 8. Evidencias y referencias	219
FORMULARIO Nº 21.05 — Evaluación de proveedores (técnica, económica y piloto/MVP)	219
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	220
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	220
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	220
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	221
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	221
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	221
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	221
Sección 8. Evidencias y referencias	221
CHECKLIST Nº 21.06 — Contratos y cláusulas SSO 4.0 (datos, responsabilidades y penalizaciones/bonos)	222
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	222
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	222
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	222
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	223
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	223
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	223
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	223
Sección 8. Evidencias y referencias	224

PARTE NOVENA.225

PRÁCTICA DE SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs225

Capítulo 22: Casos prácticos sectoriales de Edificación y Obra Civil con IoT y geovallas ...225

1. Torres en altura: caídas y bordes	225
a. Geovallas por plantas	225
b. EPI conectados	226
c. Rescate.....	226
2. Infraestructuras lineales.....	227
a. Tráfico y maquinaria pesada	227
b. Proximidad y colisiones	227
c. Señalización inteligente	227
3. Túneles y espacios confinados	228
a. Atmósferas y ventilación	228
b. Recuento y permisos	228
c. Simulacros.....	228
4. Hormigonado y prefabricado.....	228
a. Vibración y ergonomía	228
b. Izado seguro	229
c. Control de tiempos	229
5. Rehabilitación y demolición	229
a. Polvo y amianto (control y registro)	229
b. Caídas de objetos	229
c. Rutas seguras.....	230
6. Lecciones y KPIs comparativos.....	230
a. Indicadores clave	230
b. Ahorros y ROI	231
c. Roadmap por fases	231

Capítulo 23: Casos prácticos de seguridad y salud 4.0 en la construcción: ISO 45001 con IoT y KPIs232

Caso práctico 1. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."

Implantación piloto de geovallas, wearables y e-PTW en una obra en altura.	232
Causa del Problema	232
Soluciones Propuestas.....	232
1) Diseño e implantación de geovallas (UWB/BLE) y localización precisa interior/exterior	232
2) EPI conectados y wearables con detección de caída, "hombre muerto" y fatiga	233
3) e-PTW/LOTO digital integrado con geovallas y matriz de competencias	233
4) Análítica de vídeo con verificación humana (visión por computador)	233
5) Programa de formación y cultura 4.0 (microlearning, BBS con datos y simulacros conectados).....	233
Consecuencias Previstas.....	234
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	234
Lecciones Aprendidas	236

Caso práctico 2. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."

Control conectado de sílice y ruido en una rehabilitación interior.	237
Causa del Problema	237
Soluciones Propuestas.....	237

1) Malla sensorica ambiental (polvo/ruido/microclima) con activación automática de controles	237
2) Dosimetría personal por muestreo y verificación previa de controles en e-PTW	237
3) Plan de logística ruidosa y ventanas horarias con geovallas internas	238
4) Formación microlearning + BBS (seguridad basada en comportamiento) con datos	238
5) Dashboard de KPIs leading/lagging y protocolo de respuesta a quejas	238
Consecuencias Previstas	238
Resultados de las Medidas Adoptadas	239
Lecciones Aprendidas	240

Caso práctico 3. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."

Gestión integral de espacios confinados con e-PTW, recuento y ventilación inteligente en una galería de servicios.

Causa del Problema	242
Soluciones Propuestas	242
1) e-PTW específico para espacios confinados integrado con LOTO digital y sensores	242
2) Recuento y control de acceso con localización interior BLE/UWB y hard caps por tramo	242
3) Ventilación inteligente con control por demanda (VFD/PLC) y sensores fijos	243
4) Comunicaciones resilientes y posicionamiento: leaky feeder + malla Wi-Fi/LoRa	243
5) Simulacros conectados y plan de rescate cronometrado por KPIs	243
6) Capacitación inmersiva y microlearning previo a la entrada	243
Consecuencias Previstas	244
Resultados de las Medidas Adoptadas	245
Lecciones Aprendidas	246

Caso práctico 4. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."

Orquestación segura de izados críticos con grúa torre mediante geovallas 3D, viento y visión por computador.

Causa del Problema	247
Soluciones Propuestas	247
1) Plan de izado digital (e-Lift Plan) integrado con e-PTW y BIM/CDE	247
2) Geovallas 3D y anti-colisión entre grúas con localización UWB y zonas de exclusión	247
3) Gestión del viento y límites operativos con anemometría redundante y reglas	248
4) Visión por computador para verificación de eslingado, EPI y zonas limpias	248
5) Inventario RFID de accesorios de izado con LOTO digital de equipos fuera de servicio	248
6) Comunicaciones y competencias del equipo de izado (microlearning + radio)	248
Consecuencias Previstas	249
Resultados de las Medidas Adoptadas	249
Lecciones Aprendidas	251

Caso práctico 5. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."

Gestión inteligente de excavaciones con "permiso de excavar" digital, detección de proximidad y alerta meteorológica.

Causa del Problema	252
Soluciones Propuestas	252
1) "Permiso de excavar" (e-PTD) digital integrado con GIS/CDE y verificación previa de servicios	252
2) Detección de proximidad persona-máquina con UWB/BLE y zonas dinámicas	252
3) Control de estabilidad de taludes y entibaciones con sensorica estructural	253
4) Alerta meteorológica operativa y criterios de parada/reinicio	253
5) Gestión de atmósferas y rescate en pozos/cámaras con e-PTW específico	253
6) Formación y cultura 4.0 (microlearning, BBS y toolbox con datos)	253
Consecuencias Previstas	254
Resultados de las Medidas Adoptadas	254
Lecciones Aprendidas	256

Caso práctico 6. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."

Orquestación de trabajos simultáneos (SIMOPS) con matriz de conflictos, e-PTW y geovallas en una planta industrial.257

Causa del Problema	257
Soluciones Propuestas.....	257
1) Matriz digital de conflictos de SIMOPS integrada con e-PTW y planificación	257
2) Geovallas dinámicas por tarea/zona y bloqueo por conflicto	257
3) e-PTW unificado con LOTO digital, verificación de barreras y MOC.....	258
4) Centro de Control SIMOPS (sala obeya) y tablero de decisión con KPIs.....	258
5) Analítica de vídeo focalizada en SIMOPS y 5S de pasillos/logística	258
6) Formación y cultura de coordinación (microlearning, BBS y simulacros).....	258
Consecuencias Previstas.....	259
Resultados de las Medidas Adoptadas	259
Lecciones Aprendidas	261

Caso práctico 7. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."

Emergencias conectadas y evacuación guiada con recuento inteligente y DEA en obra multibloque.262

Causa del Problema	262
Soluciones Propuestas.....	262
1) Plan de emergencias digital y escenarios parametrizados	262
2) Alerta y evacuación multicanal con rutas dinámicas	262
3) Recuento inteligente y puntos de reunión con kioscos/QR y wearables	263
4) Primeros auxilios conectados con DEA IoT y protocolo "cadena de supervivencia"	263
5) Integración con 112/servicios externos y control de accesos de emergencia.....	263
6) Simulacros cronometrados y analítica de desempeño	263
7) Cultura y microlearning con foco en emergencias	263
Consecuencias Previstas.....	264
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	265
Lecciones Aprendidas	266

Caso práctico 8. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."

Trabajos en altura con sistema anticaídas inteligente, verificación de anclajes y rescate cronometrado.267

Causa del Problema	267
Soluciones Propuestas.....	267
1) e-PTW específico de "trabajos en altura" con validación de competencias y check de pre-uso digital.....	267
2) Anclajes y líneas de vida inteligentes (RFID/NFC + célula de carga) y trazabilidad de inspecciones	267
3) Wearables/EPI conectados con detección de caída, "hombre muerto" y geovalla de borde	268
4) Visión por computador para verificación de casco/barboquejo, uso de doble anclaje y zona limpia.....	268
5) Rescate en altura cronometrado, kits etiquetados y micro-simulacros mensuales	268
6) Microclima y viento: reglas operativas y pausas térmicas basadas en datos	268
7) Formación inmersiva (VR) + BBS con datos	268
Consecuencias Previstas.....	269
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	269
Lecciones Aprendidas	270

Caso práctico 9. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."

Retirada de materiales con amianto en demolición selectiva con presión negativa inteligente y cadena de custodia digital.....272

Causa del Problema	272
Soluciones Propuestas.....	272
1) Contención inteligente con presión negativa monitorizada y control de puertas	272

2) Vigilancia ambiental y personal con lectura directa + muestreo confirmatorio.....	272
3) e-PTW específico "AMIANTO" con matriz de competencias, EPI conectados y verificación de doffing.....	273
4) Cadena de custodia digital de residuos con RFID/GPS y balanza	273
5) Analítica de vídeo para zona limpia/sucia y orden-limpieza (5S) con revisión humana.....	273
6) Microlearning y toolbox basados en datos + comunicación con vecinos	274
Consecuencias Previstas.....	274
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	275
Lecciones Aprendidas.....	276

Caso práctico 10. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."

Puesta en marcha eléctrica con LOTO digital, verificación de energía cero y gemelo unifilar

conectado.	277
Causa del Problema	277
Soluciones Propuestas.....	277
1) Gemelo unifilar conectado y CDE integrado.....	277
2) LOTO digital con candados electrónicos/IoT y registro de cadena de custodia	277
3) Verificación de "energía cero" instrumentada y foto-evidencias.....	278
4) Matriz de conflictos de comisionado (SIMOPS) y ventanas seguras	278
5) Sensórica y alarmas en cuadros principales (temperatura, apertura y eventos)	278
6) Formación y cultura 4.0: microlearning, simulacros de arco y "roles claros"	278
Consecuencias Previstas.....	279
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	279
Lecciones Aprendidas.....	280

Caso práctico 11. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."

Gobierno del dato SSO 4.0 y CDE en una UTE internacional: calidad, privacidad y auditabilidad.

Causa del Problema	282
Soluciones Propuestas.....	282
1) Modelo de datos EHS común y diccionario mínimo (MD-EHS) con reglas de validación	282
2) Plataforma CDE integrada (ISO 19650) y orquestación de datos con APIs/ETL.....	282
3) Calidad del dato y roles: Data Steward SSO y "score" por fuente	283
4) Privacidad y ética: identidad y accesos (IAM), minimización y DPIA	283
5) Ciberseguridad OT/IT (IEC 62443) y continuidad.....	283
6) KPI Book y dashboards normalizados por nivel (dirección, obra, frente)	283
Consecuencias Previstas.....	284
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	284
Lecciones Aprendidas.....	286

Caso práctico 12. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."

Diseño e implantación de un libro de KPIs y cuadros de mando con indicadores de exposición y

SIF/SIFp en obra lineal.	287
Causa del Problema	287
Soluciones Propuestas.....	287
1) Libro de KPIs (KPI Book) normalizado con definiciones, fórmulas y fuentes	287
2) Modelo de datos EHS y pipeline ETL para KPIs de exposición	288
3) Indicadores SIF/SIFp y matriz de severidad potencial con gatillos automáticos	288
4) Cuadros de mando multinivel (dirección, jefatura de obra, frente) con storytelling	288
5) Programa de calidad de datos y "score" por lote/contratista	288
6) OKR preventivos trimestrales y sprints de mejora	289
7) Capacitación y guía de lectura de indicadores (microlearning + clinic)	289
Consecuencias Previstas.....	289
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	290
Lecciones Aprendidas.....	291

Caso práctico 13. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs." Análítica predictiva y prescriptiva para SIF/SIFp en un megaproyecto industrial con priorización automática de controles.292

Causa del Problema	292
Soluciones Propuestas.....	292
1) Inventario de datos y marco de calidad (linaje y gobernanza)	292
2) Etiquetado histórico y taxonomía SIF/SIFp con revisión humana	292
3) Modelos predictivos multinivel y explicables (XAI)	293
4) Motor prescriptivo de controles y "playbooks" vinculados a e-PTW	293
5) Centro diario de decisión (sala obeya) con tablero de riesgo por turno	293
6) Integración con visión/IoT para cierres automáticos y verificación	293
7) Programa de formación y cultura basada en datos (microlearning + BBS)	294
Consecuencias Previstas.....	294
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	295
Lecciones Aprendidas	296

Caso práctico 14. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs." Respuesta a ransomware y rediseño OT/IT para mantener e-PTW, LOTO y geovallas operativas.297

Causa del Problema	297
Soluciones Propuestas.....	297
1) Contención del incidente y "modo degradado seguro" para continuidad operativa	297
2) Segmentación OT/IT y arquitectura por zonas y conductos (IEC 62443)	297
3) Copias de seguridad inmutables y objetivos de RPO/RTO para SSO 4.0	298
4) Gestión de identidades y accesos (IAM), MFA y PAM de proveedores	298
5) Hardening de gateways y endpoints IoT con EDR y lista blanca	298
6) Monitorización y detección (SIEM) con telemetría EHS/IoT	298
7) Ejercicios de recuperación y "día del caos" preventivo	299
8) Capacitación y higiene digital en obra	299
Consecuencias Previstas.....	299
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	300
Lecciones Aprendidas	301

Caso práctico 15. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs." Investigación digital de un incidente de alto potencial (SIFp) con reconstrucción temporal, ICAM y verificación de eficacia.....302

Causa del Problema	302
Soluciones Propuestas.....	302
1) Notificación y registro inmediato multicanal con geolocalización y captura de evidencias.....	302
2) Reconstrucción temporal asistida ("timeline engine") con fuentes IoT/visión	303
3) Investigación con metodología ICAM integrada y biblioteca de barreras	303
4) Gestión de acciones (CAPA) con verificación de eficacia y "pruebas de control"	303
5) Cadena de custodia y conservación legal de evidencias (privacidad y acceso por roles)	303
6) KPIs de investigación y tablero de aprendizaje (leading y lagging)	304
7) Capacitación de investigadores y cultura justa (no punitiva)	304
Consecuencias Previstas.....	304
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	305
Lecciones Aprendidas	306

Caso práctico 16. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs." Roadmap por fases y gestión del cambio para escalar SSO 4.0 en un grupo constructor multinacional.307

Causa del Problema	307
Soluciones Propuestas.....	307

1) Diagnóstico de madurez y línea base medible (6 semanas)	307
2) Pilotos “quick wins” de alto impacto y repetibles (12 semanas)	307
3) Oficina de Proyecto SSO 4.0 (PMO) y gobierno (comité, RACI, decisiones)	308
4) Gestión del cambio y comunicación (personas primero)	308
5) Modelo tecnológico y compras: pliegos, RFP y SLA unificados.....	308
6) Despliegue por oleadas (12–18 meses) con plantillas y “kits” de obra	308
7) Métricas de implantación (adoption KPIs) y valor (value KPIs).....	309
Consecuencias Previstas.....	309
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	310
Lecciones Aprendidas.....	311
Caso práctico 17. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs." Caso económico (TCO–ROI) con contrato por resultados para desplegar SSO 4.0 en la ampliación de un metro urbano.	312
Causa del Problema	312
Soluciones Propuestas.....	312
1) Inventario de alcance y modelo de coste (TCO) con vida útil.....	312
2) Mapa de beneficios cuantificables y “libro de supuestos” auditable	312
3) Métricas financieras y criterios de decisión (VAN, TIR, payback, WACC)	313
4) Contrato por resultados (gainshare) y KPI de pago	313
5) Trazabilidad y auditoría: “caja negra” de KPIs y tableros	313
6) Plan de implantación por fases y quick wins de validación económica	313
7) Gestión del cambio y comunicación al comité de dirección	313
Consecuencias Previstas.....	314
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	314
Lecciones Aprendidas.....	316
Caso práctico 18. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs." Estandarización digital de checklists SSO 4.0 y formularios e-PTW en una ampliación aeroportuaria internacional.	317
Causa del Problema	317
Soluciones Propuestas.....	317
1) Catálogo corporativo de checklists SSO 4.0 y formularios e-PTW con lógica condicional y multilingüe.....	317
2) App de checklists conectada a e-PTW/LOTO con evidencia obligatoria y validaciones	317
3) Muestreo estadístico y “Data Quality Score” por checklist y contratista	318
4) Integración con CDE/BIM y gobernanza de plantillas (comité, RACI, MOC)	318
5) Bibliotecas de “evidencias mínimas” y de “buenas prácticas” (microlearning incrustado).....	318
6) Auditoría interna digital (ISO 19011) con listas relacionadas y “pruebas de eficacia”	318
Consecuencias Previstas.....	319
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	319
Lecciones Aprendidas.....	321
Caso práctico 19. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs." Izados complejos con grúas torre y móviles: permiso de izado inteligente, geovalla 3D y control por viento.....	322
Causa del Problema	322
Soluciones Propuestas.....	322
1) e-PTW “Izado inteligente” integrado con BIM/4D y plan de izado.....	322
2) Geovallas 3D dinámicas para zona de barrido, carga y “ángulo de caída”	322
3) Anemometría conectada y límites operativos (pluma y coronación)	323
4) Limitador de momento/anticolisión conectados y verificación de envoltentes	323
5) Visión por computador para verificación de tagline, zona limpia y EPI	323
6) Señalista y comunicaciones: prueba de radio y roles RACI	323
7) Apoyos y capacidad portante del terreno (células de carga en estabilizadores)	324

8) SIMOPS y ventanas seguras de izado.....	324
Consecuencias Previstas.....	324
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	325
Lecciones Aprendidas.....	326
Caso práctico 20. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."	
Localización híbrida GNSS RTK + UWB/BLE para prevenir colisiones persona-máquina en una obra lineal.....	327
Causa del Problema.....	327
Soluciones Propuestas.....	327
1) Arquitectura de localización híbrida por entorno (GNSS RTK exterior + UWB/BLE en zonas cubiertas).....	327
2) Fusión de sensores y handover automático (GNSS ↔ UWB/BLE) con tolerancia a pérdidas.....	327
3) Geovallas y reglas de proximidad por tipología y velocidad (alertas escaladas).....	328
4) Backhaul mixto y edge computing para latencia controlada.....	328
5) Integración con e-PTW y plan de tráfico interno.....	328
6) FAT/SAT, mapa de precisión y tuning semanal (calidad de datos).....	328
7) Gestión de flota de dispositivos (inventario, baterías y firmware OTA).....	329
8) Privacidad y aceptación social (DPIA, pseudonimización y uso legítimo).....	329
Consecuencias Previstas.....	329
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	330
Lecciones Aprendidas.....	331
Caso práctico 21. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."	
Auditoría ISO 45001 digital y RFP tecnológica con KPI Book corporativo en un contrato EPC multipaís.	332
Causa del Problema.....	332
Soluciones Propuestas.....	332
1) Programa de auditorías digitales (ISO 19011) con plan trianual y checklist vivo.....	332
2) Captura de evidencias con cadena de custodia digital (linaje, firma y sellado).....	333
3) KPI Book corporativo y cuadro de mando de "auditabilidad".....	333
4) Flujo CAPA (Acciones Correctivas y Preventivas) con verificación de eficacia.....	333
5) RFP/RFI corporativa para plataforma EHS/IoT con criterios ponderados y SLA.....	333
6) Cuadro de proveedores (scorecard) y comité técnico-compras-HSE.....	334
7) Formación de auditores y "clínicas" de auditoría para mandos.....	334
8) Política de privacidad y acceso por roles (RBAC) para auditoría.....	334
Consecuencias Previstas.....	334
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	335
Lecciones Aprendidas.....	336
Caso práctico 22. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."	
Túnel carretero con ventilación adaptativa, recuento inteligente y permisos conectados de espacios confinados.....	337
Causa del Problema.....	337
Soluciones Propuestas.....	337
1) e-PTW "Espacios confinados/Túnel" con validaciones automáticas y matriz SIMOPS.....	337
2) Sensórica ambiental IoT distribuida y ventilación adaptativa (VFD).....	337
3) Recuento inteligente con UWB/BLE y puntos de mustering.....	338
4) Comunicaciones resilientes: leaky feeder + radios PTT + canal de datos.....	338
5) Geovallas por sectores y control de simultaneidades (SIMOPS).....	338
6) Simulacros conectados y tiempos objetivo (detección→muster→evacuación).....	338
7) Formación inmersiva (VR) y microlearning.....	339
Consecuencias Previstas.....	339
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	340
Lecciones Aprendidas.....	341

Caso práctico 23. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."	
Gestión de fatiga y riesgos psicosociales (ISO 45003) en pavimentación nocturna 24/7 con wearables, PVT y detección de somnolencia en cabina.	342
Causa del Problema	342
Soluciones Propuestas.....	342
1) Línea base ISO 45003 y mapa de riesgo de fatiga por frentes y franjas	342
2) Wearables de activación/actigrafía y PVT antes de tomar maquinaria	342
3) Detección de somnolencia en cabina (visión + dirección) y bloqueo suave	343
4) Planificación de turnos "circadian-friendly", pausas y micro-siestas guiadas.....	343
5) Pausas térmicas y microclima conectados (WBGT) con rutas de hidratación	343
6) Geovallas de velocidad nocturna, iluminación adaptativa y "zonas de foco"	344
7) Programa de apoyo psicosocial y cultura justa (ISO 45003)	344
8) KPIs y tablero de fatiga 4.0	344
Consecuencias Previstas.....	344
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	346
Lecciones Aprendidas	347
Caso práctico 24. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."	
Demolición selectiva con amianto y sílice: control ambiental conectado, zonas presurizadas y trazabilidad de residuos.....	348
Causa del Problema	348
Soluciones Propuestas.....	348
1) e-PTW específico "Desamiantado/Demolición con polvo" con validaciones automáticas	348
2) Red de sensórica ambiental y de proceso con umbrales y alarmas	349
3) Muestreo personal conectado y gobernanza de análisis de fibras.....	349
4) Control de accesos y geovallas interiores con UWB/BLE y "zonas rojo/ámbar/verde"	349
5) Trazabilidad de residuos con QR/NFC y cadena de custodia	349
6) Controles de proceso: nebulización inteligente y herramientas con extracción	350
7) Vestuarios y esclusas inteligentes con control de secuencia y duchas.....	350
8) Programa de formación/microlearning y cultura justa	350
9) KPI Book de exposición y control	350
Consecuencias Previstas.....	351
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	351
Lecciones Aprendidas	353
Caso práctico 25. "SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs."	
LOTO digital multi-energía en pruebas y puesta en marcha con integración SCADA/BMS y verificación de energía cero.	354
Causa del Problema	354
Soluciones Propuestas.....	354
1) Inventario digital de energías peligrosas y etiquetado único (P&ID/monolíneas/as-built).....	354
2) LOTO digital con e-PTW integrado y dispositivos inteligentes (candados NFC/BLE y cerrojos)	355
3) Verificación de energía cero instrumentada ("prueba antes de tocar")	355
4) Integración con BMS/SCADA/CMMS y enclavamientos de software ("tag-out" lógico)	355
5) Matriz SIMOPS de energización y geovallas por zonas.....	355
6) Auditoría LOTO digital (walkthroughs + analítica) y programa de calidad del dato	356
7) Capacitación y acreditación de personal autorizado (microlearning + prácticas)	356
8) Plan de emergencia y liberación controlada de bloqueos (two-key).....	356
Consecuencias Previstas.....	356
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	357
Lecciones Aprendidas	358

¿QUÉ APRENDERÁ?



- Integrar ISO 45001 en obras con enfoque 4.0 alineado con objetivos de negocio.
- Diseñar el gobierno del dato EHS y un CDE conforme a ISO 19650.
- Seleccionar y desplegar sensórica ambiental, EPI conectados y wearables.
- Implementar geovallas interior/exterior y sistemas de localización híbrida.
- Aplicar analítica de vídeo con verificación humana y criterios éticos y de privacidad.
- Operar e-PTW y LOTO digital integrados con BIM/CDE y reglas de control.
- Gestionar trabajos de alto riesgo y SIMOPS mediante tecnología y procedimientos.
- Orquestrar emergencias conectadas y primeros auxilios con recuento inteligente.
- Impulsar cultura preventiva 4.0, BBS con datos y formación VR/AR y microlearning.
- Definir KPIs leading/lagging, SIF/SIFp y construir cuadros de mando efectivos.
- Auditar digitalmente, asegurar conformidad legal y realizar investigación ICAM.
- Elaborar roadmap de implantación, estimar TCO/ROI y utilizar checklists y formularios listos para usar.

Introducción.



SEGURIDAD Y SALUD 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN: ISO 45001 CON IoT Y KPIs La clave para liderar la prevención en la era digital

La construcción vive una transformación profunda: digitalización, sensorización, datos en tiempo real y nuevas exigencias de seguridad marcan el futuro de las obras. En este escenario, los accidentes laborales y los costes derivados de la siniestralidad siguen siendo un reto crítico para promotores, contratistas y responsables de prevención. Surge así la necesidad urgente de contar con herramientas avanzadas que integren la normativa ISO 45001 con tecnologías como IoT, geovallas, wearables y analítica de datos, elevando la gestión de la seguridad a un nuevo nivel.

Esta guía práctica ofrece un recorrido completo y aplicado para implantar Seguridad y Salud 4.0 en proyectos de edificación y obra civil. A lo largo de sus capítulos encontrará desde los fundamentos de ISO 45001 hasta el gobierno del dato, la selección de sensores y EPI conectados, la integración de e-PTW y LOTO digital, el uso de KPIs leading y lagging, y los cuadros de mando que permiten decisiones rápidas y fundamentadas. Incluye, además, casos prácticos detallados, formularios y checklists listos para aplicar en entornos reales.

Con esta guía, el profesional del sector podrá reforzar su estrategia preventiva, optimizar la gestión de riesgos, reducir el coste de incidentes y mejorar la productividad. También obtendrá ventajas intangibles como una cultura preventiva sólida, mayor reputación corporativa y capacidad de atraer y retener talento en un mercado cada vez más competitivo.

Invertir en conocimiento es invertir en éxito. Adquirir esta guía práctica supone dar un paso decisivo para dominar la Seguridad y Salud 4.0, integrando la normativa ISO 45001 con las tecnologías más innovadoras y garantizando obras más seguras, eficientes y rentables.

Mantenerse actualizado ya no es opcional: es una responsabilidad profesional. Es el momento de liderar la prevención en la era digital y convertir la seguridad en una ventaja estratégica. Dé el siguiente paso y convierta esta guía en su aliada



para alcanzar la excelencia en la gestión de la seguridad y la salud en la construcción.

