

Índice

1.	Introducción	1
1.1.	Introducción	3
1.1.1.	Resumen.....	3
1.1.2.	CPS: SN e IoT.....	3
1.1.3.	Abordando la interoperabilidad en los CPS	5
1.2.	Motivaciones.....	7
1.3.	Objetivos	10
1.3.1.	Objetivo global del proyecto de tesis.....	10
1.3.2.	Objetivos específicos.....	10
1.4.	Alcance y Metodología.....	12
1.4.1.	Alcance de la tesis	12
1.4.2.	Metodología	12
1.5.	Principales aportaciones	16
1.5.1.	Artículos en revista.....	16
1.5.2.	Capítulo de libro	16
1.5.3.	Artículos en congreso.....	16
1.5.4.	Registros de derechos de autor	16
1.5.5.	Proyectos de investigación.....	16
1.6.	Organización de la memoria	18
2.	Estado del Arte.....	19
2.1.	Resumen.....	21
2.2.	Panorama tecnológico	22
2.2.1.	Desarrollo de las TIC.....	22
2.2.2.	Previsiones para las TIC en año 2020	23
2.3.	Sistemas Ciber-Físicos – Cyber-Physical Systems (CPS)	25
2.3.1.	Definición de los CPS.....	25
2.3.2.	Redes de sensores – Sensor Network (SN)	25
2.3.3.	Internet de las Cosas – Internet of Things (IoT)	25
2.4.	Cloud & Fog Computing	30
2.4.1.	Computación en la nube - Cloud Computing (CC).....	30
2.4.2.	Computación en la niebla - Fog Computing (FC).....	31
2.4.3.	Máquinas virtuales – Virtual Machine (VM)	31

2.4.4.	Contenedores Linux y Docker	32
2.5.	Marco de trabajo Sensor Web Enablement (SWE)	34
2.5.1.	Marco de trabajo para SN	34
2.5.2.	Modelo de información.....	34
2.5.3.	Modelo de servicio	35
2.5.4.	Implementaciones del SOS.....	37
2.5.5.	Recomendaciones para perfil de SOS Ligero.....	37
2.6.	Tecnologías aplicadas.....	39
2.6.1.	Uniform Resource Identifier (URI).....	39
2.6.2.	Representational State Transfer (REST)	39
2.6.3.	JavaScript Object Notation (JSON)	40
3.	SOSLite.....	42
3.1.	Resumen.....	44
3.2.	Análisis.....	46
3.2.1.	Requerimientos funcionales (RF) y no funcionales (RNF)	46
3.2.2.	Arquitectura	52
3.2.3.	Diagrama de conceptos.....	53
3.3.	Diseño.....	55
3.3.1.	Clases del sistema	55
3.3.2.	Modelo de datos	56
3.3.3.	Diagramas de secuencia (DS)	58
3.4.	Implementación	63
3.4.1.	Sensor Observation Service (SOS) Ligero	63
3.4.2.	Sensor Model Language (SensorML).....	71
3.4.3.	Observations & Measurements (O&M)	73
3.4.4.	Herramientas.....	74
3.5.	Pruebas y Evaluación.....	77
3.5.1.	Escenarios de prueba	77
3.5.2.	Pruebas en dispositivos limitados	78
3.5.3.	Pruebas en micro-instancias en la nube	86
3.6.	Conclusiones.....	95
4.	SOSLite en Redes de Sensores (SN).....	97
4.1.	Introducción	99
4.1.1.	Presentación del capítulo.....	99

4.1.2.	Interoperabilidad en las SN y el SOS	99
4.2.	SOSLite y las SN	100
4.2.1.	Arquitecturas de SN	100
4.2.2.	El SOSLite dentro de una arquitectura de sensores de referencia	102
4.2.3.	El SOSLite en las SN sobre dispositivos limitados.....	102
4.2.4.	El SOSLite en las SN distribuidas con FC sobre dispositivo limitado	104
4.2.5.	El SOSLite en las SN centralizadas con CC	106
4.2.6.	El SOSLite en las SN híbridas CC/FC.....	108
4.3.	Casos de uso.....	110
4.3.1.	Resumen.....	110
4.3.2.	El bus intermunicipal	110
4.3.3.	La estación de autobuses	113
4.3.4.	Nodos de transferencia (Transport hub).....	117
4.3.5.	Sistema integrado de transporte intermunicipal	121
4.4.	Conclusiones.....	123
5.	SOSFul.....	126
5.1.	Introducción	128
5.2.	Análisis.....	130
5.2.1.	Requerimientos y no funcionales.....	130
5.2.2.	Arquitectura	140
5.2.3.	Diagrama de Conceptos	141
5.3.	Diseño.....	143
5.3.1.	Scripts del sistema.....	143
5.3.2.	Modelo de datos	144
5.3.3.	Diagramas de actividad	145
5.4.	Implementación	163
5.4.1.	Adaptación del SOS a REST/JSON.....	163
5.4.2.	Adaptación del SensorML a JSON	171
5.4.3.	Adaptación del O&M a JSON.....	172
5.4.4.	Herramientas.....	173
5.5.	Pruebas y Evaluación.....	175
5.5.1.	Escenario de pruebas	175
5.5.2.	Docker	175
5.5.3.	Resultados	176

5.6.	Conclusiones.....	182
6.	SOSFul en Internet de las Cosas (IoT).....	183
6.1.	Introducción	185
6.2.	SOSFul en la IoT.....	186
6.2.1.	Arquitectura de referencia para la IoT.....	186
6.2.2.	SOSFul sobre dispositivos limitados.....	188
6.2.3.	SOSFul sobre FC.....	190
6.2.4.	SOSFul sobre CC	193
6.3.	Casos de uso: SmartCity	196
6.3.1.	Introducción	196
6.3.2.	Implementación	197
6.4.	Conclusiones.....	205
7.	Conclusiones y líneas de trabajo futuras	207
7.1.	Conclusiones finales.....	209
7.1.1.	Estado del Arte.....	209
7.1.2.	SOSLite.....	211
7.1.3.	SOSFul.....	213
7.1.4.	Conclusiones generales.....	215
7.2.	Líneas futuras de investigación.....	217
7.2.1.	SOSLite.....	217
7.2.2.	SOSFul.....	217
7.2.3.	Casos de Uso	218
8.	Referencias.....	220
8.1.	Bibliografía	222
9.	Anexo 1. Glosario	228
9.1.	Términos y acrónimos.....	230