

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>5</b>
1.1. Motivación . . . . .	6
1.2. Definición del problema . . . . .	8
1.3. Hipótesis . . . . .	8
1.4. Solución propuesta . . . . .	8
1.5. Objetivos . . . . .	9
1.5.1. Objetivo general . . . . .	9
1.5.2. Objetivos específicos . . . . .	9
1.6. Metodología y herramientas . . . . .	9
1.6.1. Metodología . . . . .	9
1.6.2. Herramientas . . . . .	11
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>14</b>
2.1. Dispositivos restringidos . . . . .	14
2.2. Modelos de servicio . . . . .	15
2.2.1. Representational State Transfer . . . . .	15
2.2.2. Publish/Subscribe . . . . .	15
2.3. IoT y Web of Things . . . . .	16
2.3.1. Arquitectura de IoT . . . . .	16
2.3.2. Pila de protocolos en IoT . . . . .	18
2.4. Tecnologías LoWPAN . . . . .	18
2.4.1. IEEE 802.15.4 . . . . .	19
2.4.2. ZigBee . . . . .	19
2.4.3. Bluetooth Low Energy . . . . .	20
2.4.4. WiFi . . . . .	21
2.5. Tecnologías LPWAN . . . . .	22
2.5.1. LoRaWAN . . . . .	22
2.5.2. SIGFOX . . . . .	23
2.5.3. NB-IoT . . . . .	24
2.5.4. Wi-SUN . . . . .	24
2.6. Capa de adaptación . . . . .	25
2.6.1. 6LoWPAN . . . . .	25
2.6.2. Grupos de trabajo 6lo y lpwan . . . . .	26
2.7. Capa de enrutamiento y transporte . . . . .	27
2.7.1. RPL . . . . .	27
2.7.2. TCP . . . . .	27

2.7.3.	UDP . . . . .	27
2.8.	Capa de seguridad . . . . .	28
2.8.1.	TLS . . . . .	28
2.8.2.	DTLS . . . . .	28
2.9.	Protocolos de Aplicación . . . . .	29
2.9.1.	CoAP . . . . .	29
2.9.2.	MQTT . . . . .	31
2.9.3.	DDS . . . . .	34
2.9.4.	AMQP . . . . .	34
2.9.5.	XMPP . . . . .	35
2.9.6.	HTTP/1.1 . . . . .	36
2.9.7.	SPDY . . . . .	37
2.9.8.	HTTP/2 . . . . .	39
<b>3.</b>	<b>Revisión del estado del arte</b>	<b>41</b>
3.1.	Evaluación de protocolos de aplicación en ambientes IoT . . . . .	41
3.2.	Comparación de protocolos de aplicación vía simulaciones y experimentos . .	43
3.3.	Diseño de protocolos . . . . .	45
<b>4.</b>	<b>Estudio de parámetros de HTTP/2 en IoT</b>	<b>49</b>
4.1.	Diseño de los experimentos . . . . .	49
4.2.	Discusión de resultados . . . . .	50
<b>5.</b>	<b>Adaptación de HTTP/2 a entornos IoT</b>	<b>54</b>
5.1.	Control de flujo . . . . .	54
5.2.	Propuesta de algoritmo de control de flujo . . . . .	54
5.3.	Análisis teórico de desempeño . . . . .	58
5.4.	Evaluación mediante simulaciones . . . . .	62
5.4.1.	Algoritmo de referencia . . . . .	62
5.4.2.	Simulador . . . . .	64
5.4.3.	Simulaciones . . . . .	64
5.4.4.	Comparación de resultados teóricos y simulados . . . . .	73
5.4.5.	Otros parámetros a considerar . . . . .	80
<b>6.</b>	<b>Conclusiones y trabajo futuro</b>	<b>81</b>
6.1.	Conclusiones . . . . .	81
6.2.	Trabajo futuro . . . . .	82
<b>A.</b>	<b>Anexos</b>	<b>83</b>
A.1.	Códigos de MATLAB para algoritmo propuesto . . . . .	83
A.1.1.	Código del algoritmo propuesto usado cuando el receptor es más rápido	83
A.1.2.	Código del algoritmo propuesto usado cuando el receptor es más lento	84
A.1.3.	Código del algoritmo de NGHTTP2 cuando hay cuello de botella . .	85
A.2.	Código de MATLAB para el algoritmo de NGHTTP . . . . .	85
A.3.	Resultados de simulaciones . . . . .	86
	<b>Bibliografía</b>	<b>89</b>