

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Objetivo general . . . . .	2
1.3. Objetivos específicos . . . . .	2
1.4. Metodología . . . . .	3
1.5. Descripción del documento . . . . .	3
<b>2. Antecedentes</b>	<b>4</b>
2.1. Smart Cities . . . . .	4
2.2. Modelamiento en telecomunicaciones . . . . .	5
2.2.1. Modelo de referencia para los protocolos de la red de arquitectura en capas . . . . .	5
2.2.2. Modelamiento en capa física . . . . .	7
2.2.3. Modelamiento en capa de enlace y capa de red . . . . .	8
2.2.4. Modelamiento en capa de transporte . . . . .	11
2.2.5. Diseño de redes de ordenadores . . . . .	12
2.3. Internet of Things . . . . .	12
2.3.1. Capacidades relacionadas con dispositivos IoT . . . . .	12
2.3.2. Aplicaciones de tecnologías IoT para las Smart Cities . . . . .	14
2.3.3. Arquitectura IoT . . . . .	14
2.3.4. Tecnologías . . . . .	15
2.4. Wireless Sensor Network . . . . .	18
2.4.1. Restricciones de consumo de energía . . . . .	18
2.4.2. Seguridad en los nodos sensores . . . . .	19
2.4.3. Interoperabilidad . . . . .	19
2.4.4. Computación distribuida . . . . .	19
2.4.5. Redes auto-organizadas . . . . .	20
2.4.6. Modelo de capas . . . . .	21
2.4.7. Protocolos MAC en redes WSN . . . . .	22
2.5. Marco regulatorio: Internet of Things para Smart Cities . . . . .	23
2.6. Infraestructura . . . . .	24
2.6.1. Iluminación Pública: eficiencia energética . . . . .	24
2.6.2. Iluminación Pública: estudios económicos . . . . .	25
2.6.3. Iluminación Pública: impactos en la salud . . . . .	27
2.7. Antecedentes metodológicos . . . . .	28
2.7.1. Software de simulación en redes de telecomunicaciones . . . . .	28

2.7.2.	Softwares de simulación en entornos IoT . . . . .	29
<b>3.</b>	<b>Metodología</b>	<b>32</b>
3.1.	Descripción de trabajo de memoria . . . . .	32
3.2.	Metodología para el desarrollo de modelos . . . . .	32
3.3.	Metodología para el desarrollo de simulaciones . . . . .	33
3.4.	Planificación de trabajo . . . . .	33
3.5.	Modelamiento . . . . .	34
3.5.1.	Comparativa entre tecnologías IoT . . . . .	34
3.5.2.	Diseño de infraestructura TICAR habilitante . . . . .	36
<b>4.</b>	<b>Resultados</b>	<b>45</b>
4.1.	Comparativa de tecnologías IoT . . . . .	45
4.1.1.	Métricas en recepción . . . . .	45
4.1.2.	Desglose de los paquetes recibidos . . . . .	46
4.1.3.	Latencia del nivel de aplicación . . . . .	47
4.2.	Diseño de infraestructura TICAR habilitante . . . . .	49
4.2.1.	Frame Delivery Ratio . . . . .	49
4.2.2.	End to End Delay . . . . .	50
4.2.3.	RSSI Recibido . . . . .	51
4.2.4.	Internet Cloud Queue . . . . .	52
4.2.5.	Energía total consumida por nodo . . . . .	53
<b>5.</b>	<b>Discusión</b>	<b>54</b>
5.1.	Comparativa de tecnologías IoT . . . . .	54
5.1.1.	Métricas en recepción . . . . .	54
5.1.2.	Desglose en la recepción de los paquetes . . . . .	56
5.1.3.	Latencia del nivel de aplicación . . . . .	57
5.2.	Diseño de infraestructura TICAR habilitante . . . . .	58
5.2.1.	Frame Delivery Ratio . . . . .	58
5.2.2.	End to End Delay . . . . .	58
5.2.3.	RSSI Recibido . . . . .	59
5.2.4.	Internet Cloud Queue . . . . .	60
5.2.5.	Energía total consumida por nodo . . . . .	61
<b>6.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>62</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>65</b>
<b>A.</b>	<b>Antecedentes</b>	<b>68</b>
A.1.	Modelo TCP/IP . . . . .	68
A.2.	Protocolo MAC: CSMA/CA . . . . .	69
A.2.1.	Distributed Coordination Function . . . . .	69
A.2.2.	RTS/CTS . . . . .	69
A.3.	Protocolo TCP . . . . .	71
A.4.	Protocolo UDP . . . . .	72
A.5.	Diseño de redes de ordenadores . . . . .	72
A.5.1.	Paradigma Cliente-Servidor . . . . .	72

A.5.2. Paradigma P2P . . . . .	73
A.6. Protocolos de enlace de datos en IoT . . . . .	73
A.6.1. IEEE 802.15.4 . . . . .	73
A.6.2. IEEE 802.11ah . . . . .	75
A.7. Infraestructura . . . . .	76
A.7.1. Iluminación Pública: eficiencia energética . . . . .	76
<b>B. Desarrollos</b>	<b>78</b>