

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación y antecedentes . . . . .	2
1.2. Definición del problema . . . . .	2
1.3. Hipótesis . . . . .	3
1.4. Objetivos . . . . .	3
1.4.1. Objetivos Generales . . . . .	3
1.4.2. Objetivos Particulares . . . . .	4
1.5. Metodologías y herramientas . . . . .	4
1.5.1. Herramientas de software y hardware . . . . .	5
<b>2. Marco Teórico y Estado del Arte</b>	<b>7</b>
2.1. Marco Teórico . . . . .	7
2.1.1. Low-Power Wide-Area Network (LPWAN) . . . . .	7
2.1.2. Model Checking . . . . .	8
2.2. Estado del Arte . . . . .	12
2.2.1. Model Checking para protocolos de comunicación . . . . .	12
2.2.2. Análisis de desempeño de SCHC . . . . .	14
<b>3. SCHC: Static Context Header Compression</b>	<b>16</b>
3.1. Compresión y fragmentación . . . . .	16
3.2. Estructura de los paquetes y tipos . . . . .	17
3.3. Modos de transmisión . . . . .	19

3.3.1.	No-ACK . . . . .	19
3.3.2.	ACK-Always . . . . .	20
3.3.3.	ACK-On-Error . . . . .	24
3.4.	Perfil Sigfox . . . . .	27
3.4.1.	ACK-On-Error . . . . .	28
<b>4.</b>	<b>Modelos</b>	<b>30</b>
4.1.	No-ACK . . . . .	30
4.1.1.	Fragmentos . . . . .	30
4.1.2.	Transmisor . . . . .	30
4.1.3.	Receptor . . . . .	31
4.2.	ACK-Always . . . . .	32
4.2.1.	Fragmentos . . . . .	32
4.2.2.	Transmisor . . . . .	32
4.2.3.	Receptor . . . . .	32
4.3.	ACK-On-Error Perfil Sigfox . . . . .	33
4.3.1.	Fragmentos . . . . .	33
4.3.2.	Transmisor . . . . .	34
4.3.3.	Receptor . . . . .	35
<b>5.</b>	<b>Resultados</b>	<b>39</b>
5.1.	No-ACK . . . . .	39
5.2.	ACK-Always y ACK-On-Error perfil Sigfox . . . . .	40
5.2.1.	Verificación de propiedad fairness . . . . .	42
<b>6.</b>	<b>Análisis</b>	<b>46</b>
6.1.	No-ACK . . . . .	46
6.2.	ACK-Always . . . . .	47
6.3.	ACK-On-Error Perfil Sigfox . . . . .	49

6.4. Propiedad verificada . . . . .	49
<b>7. Conclusiones y trabajo a futuro</b>	<b>52</b>
7.1. Conclusiones . . . . .	52
7.2. Trabajo a futuro . . . . .	53
<b>Bibliografía</b>	<b>55</b>
<b>Anexo A. Definición de máquinas de estado dinámicas</b>	<b>57</b>
<b>Anexo B. Esquema para implementar máquinas de estado dinámicas en Promela</b>	<b>59</b>
<b>Anexo C. Código para transmisor en modo No-ACK</b>	<b>62</b>
<b>Anexo D. Código para receptor en modo No-ACK</b>	<b>63</b>
<b>Anexo E. Código para transmisor en modo ACK-Always</b>	<b>65</b>
<b>Anexo F. Código para receptor en modo ACK-Always</b>	<b>70</b>
<b>Anexo G. Código para transmisor en modo ACK-On-Error</b>	<b>79</b>
<b>Anexo H. Código para receptor en modo ACK-On-Error</b>	<b>84</b>