

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación y Antecedentes	1
1.2. Descripción del problema	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. Estructura de la memoria	4
2. Marco Teórico y Estado del Arte	5
2.1. Marco Teórico.	5
2.1.1. LoRaWAN	5
2.1.1.1. Arquitectura y topología	5
2.1.1.2. Características del espectro	8
2.1.1.3. Long Range - Frequency Hopping Spread Spectrum LR-FHSS	8
2.1.2. Visión general del chip LR1110	9
2.1.3. Fórmula del Haversine	10
2.2. Estado del Arte.	10
2.2.1. Trabajos relacionados: LoRaWAN	10
2.2.1.1. Trabajos para armar el setup, pruebas y tipo de métricas	12
2.2.2. Trabajos con el chip LR1110	12
3. Revisión general de Hardware y la Arquitectura de red	13
3.1. Hardware	13
3.1.1. Gateway	13
3.1.2. Development Kit chip LR1110	15
3.1.3. Wisblock	16
3.2. Arquitectura de la red LoRaWAN	17
4. Pruebas de comportamiento	19
4.1. Metodología	20
4.1.1. Parámetros de la modulación LoRa para el transmisor	20
4.1.2. Experimentos	20
4.2. Resultados y análisis	25
4.2.1. Experimento 1	25
4.2.2. Resultados generales	28
4.2.2.1. Escenario 1	29
4.2.2.2. Escenario 2	31
4.2.2.3. Escenario 3	33

5. Pruebas Comparativas	37
5.1. Metodología	37
5.1.1. Experimentos	38
5.2. Resultados y análisis	42
5.2.1. Experimento 13	43
5.2.2. Resultados generales	46
5.2.2.1. Escenario 1	46
5.2.2.2. Escenario 2	48
5.2.2.3. Escenario 3	50
5.2.2.4. Escenario 4	53
5.3. Análisis de consumo	55
6. Conclusiones	56
Bibliografía	59
Anexos	
Anexo A. Configuraciones de la red LoRaWAN	62
A.1. Montar las partes del Gateway	63
A.2. Configurar el Gateway	63
A.3. Registrar y asegurar el Gateway en el <i>Semtech Network Server</i>	71
A.4. Armar el transmisor <i>LoRa Edge™ LR1110 Tracking Device</i>	75
A.5. Instalar el software del núcleo y del chip LR1110	76
A.6. Reclamar el dispositivo en el portal de <i>LoRa Cloud™</i>	79
A.7. Crear un propietario del dispositivo y obtener el Token de acceso	82
A.8. Actualizar el almacenamiento de GNSS en el chip LR1110	85
A.9. Agregar el transmisor del <i>Development Kit</i> en el <i>Semtech Network Server</i> y conexión con los servicios de <i>LoRa Cloud™</i>	88
A.10. Pruebas de localización del <i>Development Kit</i>	94
A.11. Visualización mediante <i>ThingsBoard</i>	102