

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Contexto . . . . .	1
1.2. Antecedentes . . . . .	2
1.3. Objetivos . . . . .	3
1.4. Metodología . . . . .	4
1.5. Organización de la tesis . . . . .	5
<b>2. Del origen del magnetismo a la ecuación de LLGS</b>	<b>7</b>
2.1. Magnetismo . . . . .	7
2.1.1. Momentos magnéticos . . . . .	7
2.1.2. Tipos de materiales magnéticos . . . . .	8
2.2. Efecto Spin-Órbita . . . . .	9
2.3. Efecto Hall de Spin . . . . .	10
2.4. Torque de Transferencia de Spin . . . . .	11
2.5. Micromagnetismo . . . . .	11
2.5.1. Energía de Zeeman . . . . .	12
2.5.2. Energía de intercambio . . . . .	13
2.5.3. Energía de anisotropía magnetocristalina . . . . .	14
2.5.4. Energía demagnetizante . . . . .	15
2.6. Ecuación de Landau Lifshitz Gilbert Slonczewski . . . . .	15
2.6.1. Torque de transferencia de Spin . . . . .	17
2.6.2. Disipación . . . . .	17
<b>3. Modos normales de oscilación</b>	<b>19</b>
3.1. Soluciones a orden lineal . . . . .	20
3.2. Correcciones no lineales . . . . .	22
<b>4. Auto-oscilaciones</b>	<b>25</b>
4.1. Modelo para la corriente . . . . .	25
4.2. Desarrollo de la ecuación de dinámica . . . . .	26
4.3. Soluciones a orden lineal . . . . .	29
4.4. Modelo universal de auto-osciladores . . . . .	30
4.4.1. Dinámica del auto-oscilador autónomo . . . . .	31
4.4.1.1. Regimen estacionario de generación . . . . .	31
4.5. Aplicación del modelo universal . . . . .	33
4.5.1. Desarrollo lineal . . . . .	34
4.5.1.1. Corriente crítica . . . . .	35
4.5.2. Desarrollo no lineal . . . . .	35

4.5.2.1. Solución con amplitud no nula . . . . .	38
<b>5. Resultados numéricos</b>	<b>39</b>
5.1. Modelo Macro-spin . . . . .	39
5.1.1. Modo normal de oscilación . . . . .	40
5.1.2. Coeficiente de corrimiento no lineal de la frecuencia . . . . .	40
5.1.3. Auto-oscilador y corriente crítica . . . . .	41
5.1.4. Tasas de disipación y solución para la amplitud . . . . .	42
5.1.5. Aproximación al plano infinito en modelo macro-spin . . . . .	44
5.1.6. Variación del ancho del nano-alambre . . . . .	44
5.2. Modo Cuasi-Uniforme . . . . .	46
<b>6. Sincronización de dos auto-osciladores</b>	<b>50</b>
6.1. Dinámica de la fase del auto-oscilador perturbado . . . . .	50
6.1.1. Fase de un auto-oscilador . . . . .	50
6.1.2. Dinámica de fase para el auto-oscilador perturbado . . . . .	51
6.2. Sincronización en osciladores de spin . . . . .	53
<b>7. Sincronización de SHNO en geometría nano-alambre</b>	<b>55</b>
7.1. Campo de interacción dipolar . . . . .	56
7.2. Ecuación para la fase de un auto-oscilador . . . . .	58
7.3. Auto-osciladores con interacción dipolar a orden no lineal . . . . .	59
7.4. Ecuación para la fase perturbada . . . . .	61
7.5. Aplicación al modelo Macro-spin . . . . .	62
7.6. Resultados numéricos del modelo Macro-spin . . . . .	63
7.7. Sincronización en función de la distancia entre los osciladores . . . . .	65
<b>8. Conclusiones</b>	<b>67</b>
<b>9. Bibliografía</b>	<b>69</b>
<b>Anexos</b>	<b>73</b>
<b>Anexo A. Energía Libre</b>	<b>73</b>
A.1. Energía de Zeeman . . . . .	73
A.2. Energía de intercambio . . . . .	73
A.3. Energía de anisotropía cristalina . . . . .	74
A.4. Energía demagnetizante . . . . .	74
<b>Anexo B. Integrales</b>	<b>78</b>
B.1. Orden lineal . . . . .	78
B.2. Orden no lineal . . . . .	78
B.2.1. Definiciones . . . . .	78
B.2.2. Desarrollo de las integrales . . . . .	79