

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	2
1.2.1. Objetivo General . . . . .	2
1.2.2. Objetivos Específicos . . . . .	2
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>3</b>
2.1. Sistema de referencia . . . . .	3
2.1.1. Sistema de referencia inercial . . . . .	3
2.1.1.1. Sistema de referencia móvil . . . . .	3
2.2. Representación de orientación . . . . .	4
2.2.1. Cuaterniones . . . . .	4
2.2.1.1. Magnitud de error . . . . .	5
2.2.1.2. Conversión a ángulos de Euler . . . . .	5
2.3. Simuladores de SPEL . . . . .	6
2.3.1. Spacecraft Simulator . . . . .	6
2.3.1.1. Modos de iniciación de órbita . . . . .	6
2.3.2. Herramientas de Visualización . . . . .	7
2.4. Error State Kalman Filter . . . . .	8
2.5. Revisión de Hardware . . . . .	10
2.5.1. Procesador . . . . .	10
2.5.2. Unidad de Medición Inercial . . . . .	10
2.5.3. Sensor de Sol Fino . . . . .	11
<b>3. Estado del Arte</b>	<b>13</b>
3.1. Estimación de Orientación . . . . .	13
<b>4. Desarrollo del Sistema</b>	<b>15</b>
4.1. Pruebas de ESKF en <i>Spacecraft Simulator</i> . . . . .	15
4.1.1. Condiciones de simulación . . . . .	15
4.1.2. Pruebas de simulación . . . . .	17
4.2. Solución propuesta . . . . .	20
4.2.1. Diseño del sistema . . . . .	20
4.2.2. Integración mecánica . . . . .	22
4.2.3. Integración de sensores . . . . .	23
4.2.3.1. Unidad de medición inercial . . . . .	23
4.2.3.1.1. Procesamiento de señal digital en tiempo real . . . . .	25

4.2.4.	Sensor de Sol Fino . . . . .	29
4.2.4.1.	Sistema de referencia del sensor . . . . .	33
4.2.4.2.	Pruebas de medición . . . . .	33
4.2.4.3.	Transformación de ejes de referencia . . . . .	35
4.3.	Plataforma de Prueba . . . . .	38
4.4.	Orientación de referencia . . . . .	40
4.5.	Herramienta de visualización de orientación . . . . .	42
<b>5.</b>	<b>Diseño de pruebas</b>	<b>43</b>
5.1.	Metodología de ejecución de pruebas . . . . .	43
5.2.	Definición de pruebas . . . . .	46
5.2.1.	Pruebas de estabilidad con DMP . . . . .	46
5.2.2.	Pruebas de estimación con ESKF . . . . .	46
5.2.2.1.	Utilizando solo giroscopio: . . . . .	46
5.2.2.2.	Utilizando giroscopio, magnetómetro y FSS . . . . .	47
<b>6.</b>	<b>Resultados y Análisis</b>	<b>48</b>
6.1.	Pruebas de estabilidad con DMP . . . . .	48
6.1.1.	Experimento 1 . . . . .	48
6.1.2.	Experimento 2 . . . . .	48
6.2.	Pruebas de estimación . . . . .	49
6.2.1.	Utilizando solo giroscopio . . . . .	49
6.2.1.1.	Experimento 3 . . . . .	49
6.2.1.2.	Experimento 4 . . . . .	50
6.2.1.3.	Experimento 5 . . . . .	51
6.2.1.4.	Experimento 6 . . . . .	52
6.2.2.	Utilizando giroscopio, magnetómetro y FSS . . . . .	53
6.2.2.1.	Experimento 7 . . . . .	53
<b>7.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>54</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>54</b>
	<b>Anexos</b>	<b>57</b>
A.	Sensor de Sol Fino . . . . .	57
B.	Plataforma de prueba . . . . .	58
B.1.	Acople de satélite de prueba a la máquina . . . . .	59
C.	Montaje para toma de pruebas . . . . .	60
D.	Variables guardadas en la ejecución del ESKF . . . . .	61
E.	Variables guardadas en la ejecución del DMP . . . . .	62