

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Antecedentes del proyecto	3
1.3. Objetivos	4
1.4. Alcance	5
1.5. Estructura del trabajo	6
2. Antecedentes teóricos y trabajos previos	7
2.1. Vehículos Eléctricos	7
2.1.1. Sistema de almacenamiento de energía	8
2.1.2. Motores	9
2.2. Tren de potencia del Áuriga	9
2.2.1. Banco de baterías	10
2.2.2. Motor <i>QS 260 V3</i>	10
2.2.3. Controlador <i>Sevcon Gen4 Size 4</i>	12
2.3. Motor Síncrono de Corriente Alterna	14
2.3.1. Motor Síncrono de Imán Permanente <i>PMSM</i>	15
2.3.2. Motor <i>DC</i> de Imán Permanente <i>BLDC</i>	15
2.4. Control máquinas síncronas de imán permanente	16
2.4.1. Modelo <i>PMSM</i>	19
2.5. Protocolo <i>CAN</i> y <i>DVTC</i>	22
2.5.1. Protocolo <i>CAN</i>	22
2.5.2. <i>DVT</i>	22
2.6. Trabajo previo	25
3. Propuesta de modelamiento y simulaciones	30
3.1. Modelamiento del Sistema de Tracción	30
3.1.1. Modelo Controlador-Motor	30
3.1.2. Modelo en vacío y en carga	31
3.1.3. Observador del torque en la carga	32
3.1.4. Modelo en banco baterías	34
3.2. Medidas de potencia y eficiencia	35
3.2.1. Potencia de entrada y de salida	35
3.2.2. Estimación de la eficiencia	36
3.2.3. Medidas de descarga	36
3.3. Modelo integrado batería-controlador-motor	37
3.3.1. Simulaciones	38

3.4.	Implementación Modelo control óptimo	46
3.4.1.	Simulaciones modelo óptimo	49
4.	Construcción del tren de potencia	56
4.1.	Construcción Electromotriz	57
4.1.1.	Motor	57
4.1.2.	Controlador	58
4.1.3.	Unión e implementos complementarios del Sistema de Tracción	61
4.2.	Configuración de los controladores <i>Sevcon</i>	64
4.2.1.	Inicialización del programa	65
4.2.2.	Configuración del nodo <i>CAN</i> y manejo del estado de la red	65
4.2.3.	Configuración entradas digitales y analógicas	66
4.2.4.	Configuración del contactor	67
4.2.5.	Configuración de sensor de posición	67
4.2.6.	Datos de manufacturación del motor y límites locales	67
4.2.7.	Configuración del accionamiento y del perfil de conducción	68
4.2.8.	Datos de manufacturación del banco de baterías	69
4.2.9.	Configuración del límite de corriente y potencia de los motores	69
4.2.10.	Configuración de mapas de potencia	69
4.2.11.	Configuración del control	71
4.2.12.	Configuración de mensajes del inversor	72
5.	Ensayos del Sistema implementado	73
5.1.	Ensayos sin límite de potencia	73
5.1.1.	Falla de componentes	73
5.1.2.	Ensayo en vacío	74
5.1.3.	Ensayos en carga	74
5.2.	Ensayos con límite de potencia	76
5.2.1.	Ensayos en vacío	76
5.2.1.1.	Ensayos alineamiento del ángulo del rotor	76
5.2.1.2.	Ensayos validación velocidad mecánica	77
5.2.2.	Ensayos en carga	77
5.2.2.1.	<i>Offset</i> de estimación de corriente de descarga	78
5.2.2.2.	Error control <i>PI</i>	79
5.2.2.3.	Aplicación de entorno de simulación	79
5.3.	Ensayos Maestro y Esclavo	80
5.3.1.	Ensayo en carretera	83
5.3.2.	Análisis final del Sistema de Tracción modelado e implementado	85
6.	Contribuciones, Conclusiones y Trabajo Futuro	86
6.1.	Contribución	86
6.2.	Conclusiones	88
6.3.	Trabajo Futuro	89
	Bibliografía	91
	Anexos	95

Anexo A. Simulaciones modelo batería-controlador-motor	96
A.1. Implementación en <i>Matlab Simulink</i>	96
A.2. Vacío directa y reversa	100
A.3. Carga directa y reversa	107
Anexo B. Ensayos	113
B.1. Ensayos en pista sin límite de potencia	113
B.A.1. Ensayo en vacío, sin límite de corriente de descarga	113
B.A.2. Ensayo en carga, sin límite de potencia	115
B.2. Ensayos en pista con límite potencia	120
B.B.1. Ensayo en vacío, con límite de potencia	120
B.B.2. Ensayo alineamiento en vacío	125
B.B.3. Ensayo tacómetro	126
B.3. Ensayo en carga, con límite de potencia	128
B.C.1. Estimación de la corriente de descarga	133
B.C.2. Control <i>PI</i>	135
B.C.3. Aplicación de datos en el entorno de Simulación	136
B.4. Ensayo Maestro y Esclavo	140
B.D.1. Ensayo en pista las Vizcachas sin sobre exigir el sistema	140
B.D.2. Ensayo en pista las Vizcachas sobre exigiendo el sistema	145
B.D.3. Ensayo en carretera	152
Anexo C. Modelo motor imán permanente	159
C.1. Análisis de operación	159
Anexo D. Configuración de los Controladores	163
D.1. Sistema de adquisición de datos	163
D.A.1. Lectura del tráfico en la red <i>CAN</i> del inversor	163
D.A.2. Remuestreo de datos para modelo planta inversor-motor	165
D.2. Configuración de los <i>Sevcon</i>	166
D.B.1. Inicialización del programa	166
D.B.1.1. Archivos <i>EDS</i> y <i>DCF</i>	166
D.B.2. Configuración de nodo <i>CAN</i> y manejo del estado de la red	168
D.B.3. Configuración entradas digitales y analógicas	169
D.B.4. Configuración de contactor	171
D.B.5. Configuración de sensor de posición	173
D.B.6. Configuración de datos de manufacturación del motor y límites locales	174
D.B.7. Configuración del perfil de conducción	177
D.B.8. Configuración de datos de manufacturación del banco de baterías	179
D.B.9. Configuración de límite de corriente y potencia de los motores	181
D.B.10. Configuración de mapas de potencia	182
D.B.11. Configuración del modulador de voltaje	184
D.B.12. Configuración de parámetros de control del inversor	184
D.B.13. Configuración Maestro Esclavo	186
D.B.14. Configuración de mensajes del inversor	187
D.B.15. Decodificación trama <i>CANopen</i>	187
D.B.16. Listado de alertas	190

Anexo E. <i>CANbus</i> y <i>CANopen</i>	192
E.1. <i>CANbus</i>	192
E.A.1. Tipos de Tramas <i>CAN</i>	195
E.2. <i>CANopen</i>	196
Anexo F. Características de motores <i>Qs</i>	199
F.1. Informe de pruebas motores <i>Qs</i> Eolian Áuriga	199
F.2. Otros motores <i>Qs</i>	203