

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Hipótesis	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Estructura de la tesis	2
2. Marco teórico y estado del arte	3
2.1. Estado del arte	3
2.1.1. Optimización de baterías de litio	3
2.1.2. Trabajos anteriores	4
2.2. Marco teórico	5
2.2.1. Conceptos de mecánica de fluidos	5
2.2.1.1. Expresiones de interés	5
2.2.1.1.1. Número de Reynolds	5
2.2.1.1.2. Número de Prandtl	5
2.2.1.1.3. Coeficiente de arrastre	5
2.2.1.1.4. Factor de fricción	6
2.2.1.1.5. Número de Nusselt	6
2.2.1.2. Ecuaciones de interés	6
2.2.1.2.1. Fuerza de fricción	6
2.2.1.2.2. Caída de presión	6
2.2.1.2.3. Conservación del momento lineal	7
2.2.1.2.4. Conservación del momento para fluidos	7
2.2.1.2.5. Conservación de la energía	8
2.2.1.2.6. Transferencia de calor	8
2.2.2. Batería de ion-litio	8
2.2.2.1. Reacciones químicas	9
2.2.2.2. Comportamiento eléctrico	9
2.2.2.3. Comportamiento térmico	10
2.2.2.3.1. Balance de energía	10
2.2.2.3.2. Circuito equivalente	11
2.2.2.4. Empaquetamiento de baterías de litio	12
2.2.3. Modelo térmico paramétrico	13
2.2.3.1. Estructura y variables	13
2.2.3.2. Cálculo de propiedades del fluido y de las celdas	14

2.2.3.2.1	Caída de presión del fluido	15
2.2.3.2.2	Velocidad del fluido	15
2.2.3.2.3	Temperatura del fluido	15
2.2.3.2.4	Temperatura de la celda	15
2.2.3.3.	Algoritmo general para el cálculo de propiedades	16
2.2.4.	Algoritmos evolutivos (EA)	17
2.2.4.1.	Definiciones generales	17
2.2.4.2.	Familias de algoritmos evolutivos	18
2.2.4.3.	<i>Grammatical Evolution</i> y sus variaciones	19
2.2.4.3.1	<i>Notación de Backus-Naur</i>	19
2.2.4.3.2	<i>Grammatical Evolution</i> (GE)	20
2.2.4.3.3	<i>Structured Grammatical Evolution</i> (SGE)	22
2.2.4.3.4	<i>Dynamic Structured Grammatical Evolution</i> (DSGE)	24
2.2.4.3.5	<i>Probabilistic Grammatical Evolution</i> (PGE)	24
3.	Metodología	25
3.1.	Herramientas	25
3.2.	Datos	25
3.2.1.	Simulaciones mediante CFD	25
3.2.1.1.	Variables simuladas	25
3.2.1.2.	Procesamiento para estimar los valores de interés	26
3.2.1.3.	Separación de los datos para el ajuste del modelo paramétrico	27
3.2.1.4.	Selección de características	27
3.2.2.	Mediciones experimentales	28
3.3.	Optimización de modelo térmico paramétrico de baterías de litio mediante algoritmos evolutivos	29
3.3.1.	Formulación del problema y solución propuesta	29
3.3.2.	Aplicación y adaptación de SGE al problema propuesto	30
3.3.2.1.	Modificaciones realizadas	30
3.3.2.2.	Parámetros	30
3.3.2.3.	Individuos	31
3.3.2.4.	Gramáticas	31
3.4.	Evaluación de modelo paramétrico	32
3.4.1.	Ajuste de las expresiones obtenidas con respecto a CFD	32
3.4.2.	Ajuste del modelo con respecto a CFD	33
3.4.3.	Sentido físico del modelo ajustado	33
3.5.	Extensión del modelo paramétrico y su evaluación	34
3.5.1.	Inclusión de dinámica para la temperatura	34
3.5.2.	Adaptación de resultados para otras estructuras	35
4.	Resultados y análisis	36
4.1.	Expresiones obtenidas	36
4.1.1.	Coefficiente de arrastre	36
4.1.2.	Factor de fricción	37
4.1.3.	Número de Nusselt	38
4.1.4.	Error de las expresiones	39
4.2.	Modelo térmico paramétrico	40

4.2.1.	Ajuste general	40
4.2.2.	Ajuste por columna	40
4.2.3.	Sentido físico	42
4.3.	Extensión del modelo térmico paramétrico	43
5.	Conclusión	45
	Bibliografía	46
	Anexos	51
A.	Modelo térmico paramétrico	51
A.1.	Funcionamiento general	51
A.2.	Funcionamiento específico	51
B.	Estimar expresiones de interés en base a los resultados de simulaciones mediante CFD	54
C.	Evaluación de Modelo paramétrico	55
C.1.	Sentido físico	55
C.1.1.	Corriente	55
C.1.2.	Factor de separación	56
C.1.3.	Flujo de entrada	56
C.1.4.	Diámetro	57
C.1.5.	Temperatura de entrada del fluido	57