

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Antecedentes Generales	1
1.2. Motivación	1
1.3. Objetivos y Limitaciones	2
1.3.1. Objetivo General	2
1.3.2. Objetivo Específico	2
1.3.3. Limitaciones	2
2. Antecedentes	3
2.1. Celdas de Litio	3
2.1.1. Celdas Primarias:	3
2.1.2. Celdas Secundarias:	3
2.2. Antecedentes	4
2.2.1. Análisis Térmicos	4
2.2.2. Modelos Matemáticos y Eléctricos	5
2.3. Transferencia de Calor	6
2.3.1. Conducción	7
2.3.2. Convección	7
2.3.3. Grupos adimensionales	8
2.4. Ecuaciones de Energía	8

2.5. Modelación fluidodinámica	10
2.6. Método de Volúmenes Finitos	10
2.6.1. Modelo Turbulencia $k - \epsilon$	11
2.7. Intercambiadores de Calor	11
3. Metodología	14
3.1. Geometría y Condiciones del Experimento.	14
3.2. Pruebas de Mallado	14
3.3. Configuraciones Estudiadas	16
3.4. Análisis de Datos	17
4. Resultados Simulaciones	18
4.1. Configuración “En Línea”	18
4.2. Configuraciones en Paralelo	18
4.3. Configuraciones Escalonadas	22
4.4. Configuraciones tipo Intercambiador	22
4.4.1. Separación 1 milímetro	22
4.4.2. $\frac{S_t}{d} = \frac{S_d}{d} = 1,5$	25
4.4.3. $\frac{S_t}{d} = \frac{S_d}{d} = 2$	25
4.4.4. $\frac{S_t}{d} = 1,5 \frac{S_d}{d} = 2$	25
4.4.5. $\frac{S_t}{d} = 2 \frac{S_d}{d} = 1,5$	27
5. Modelación Matemática y Análisis.	31
5.1. Caso de comprobación de $70 \frac{km}{h}$	34
5.2. Caso de comprobación $St 2,5 Sd 1,5$	35
5.3. Caso de comprobación $St 2 Sd 1$	35
6. Conclusiones y Recomendaciones	38
6.1. Conclusiones	38
6.2. Recomendaciones	39

Bibliografía	40
A. Trabajos Relacionados	41
A.1. Celdas Prismáticas	41
A.2. Número de Celdas	41
A.3. Calor Pulsante	42
A.4. Baterías de una Bicicleta	45
A.5. Cálculo de Superficie	45
B. Códigos Computacionales	47
C. Figuras Complementarias	61

Índice de figuras

2.1. Celdas Primarias	4
2.2. Celdas Secundarias	4
2.3. Capa límite de velocidad	7
2.4. Volumen de control diferencial, $dx dy dz$, para análisis de conducción en coordenadas cartesianas [1]	9
2.5. Intercambiadores a contra flujo de tubos alineados, y escalonados.	12
2.6. Variables espaciales del modelo	13
3.1. Malla 201269 elementos	15
3.2. Curvas de temperatura para distintas mallas	15
3.3. Configuración tipo “Intercambiador” y “En Línea”	16
3.4. Configuración “en V” y “en W”	16
3.5. Configuraciones con celdas en paralelo	16
4.1. Comparación Térmica de la configuración “En Línea”	19
4.2. Comparación Térmica Configuración Paralela 1	19
4.3. Comparación Térmica Configuración Paralela 2	20
4.4. Comparación Térmica a velocidad fija de $40 \frac{km}{h}$	20
4.5. Comparación Térmica a velocidad fija de $60 \frac{km}{h}$	21
4.6. Comparación Térmica a velocidad fija de $90 \frac{km}{h}$	21
4.7. Comparación Térmica Configuración “tipo V”	22
4.8. Comparación Térmica Configuración “Tipo W”	23

4.9. Comparación Térmica a velocidad fija de $40 \frac{km}{h}$	23
4.10. Comparación Térmica a velocidad fija de $60 \frac{km}{h}$	24
4.11. Comparación Térmica a velocidad fija de $90 \frac{km}{h}$	24
4.12. Comparación Térmica configuración Intercambiador a 1 mm de separación	25
4.13. Comparación Térmica configuración Intercambiador $\frac{S_t}{d} = \frac{S_d}{d} = 1,5$	26
4.14. Comparación Térmica configuración Intercambiador $\frac{S_t}{d} = \frac{S_d}{d} = 2$	26
4.15. Comparación Térmica configuración Intercambiador $\frac{S_t}{d} = 1,5 \frac{S_d}{d} = 2$	27
4.16. Comparación Térmica configuración Intercambiador a $\frac{S_t}{d} = 2 \frac{S_d}{d} = 1,5$	28
4.17. Comparación Térmica configuración Intercambiador a $40 \frac{km}{h}$	28
4.18. Comparación Térmica configuración Intercambiador a $60 \frac{km}{h}$	29
4.19. Comparación Térmica configuración Intercambiador a $90 \frac{km}{h}$	29
A.1. Flujo a través de celdas prismáticas	42
A.2. Celdas pequeñas	43
A.3. Celdas pequeñas	43
A.4. Comportamiento Térmico 30 celdas.	44
A.5. Comportamiento Térmico 2 celdas.	44
A.6. Contorno de Velocidad Pack de Baterías de una Bicicleta	45
A.7. Temperatura de la carcasa de batería	46
C.1. Comportamiento térmico configuración “En Línea” a $40 \frac{km}{h}$	62
C.2. Comportamiento térmico configuración “En Línea” a $60 \frac{km}{h}$	62
C.3. Comportamiento térmico configuración “En Línea” a $90 \frac{km}{h}$	63
C.4. Comportamiento térmico configuración “Paralela 1” a $40 \frac{km}{h}$	63
C.5. Comportamiento térmico configuración “Paralela 1” a $60 \frac{km}{h}$	64
C.6. Comportamiento térmico configuración “Paralela 1” a $90 \frac{km}{h}$	64
C.7. Comportamiento térmico configuración “Paralela 2” a $40 \frac{km}{h}$	65
C.8. Comportamiento térmico configuración “Paralela 2” a $60 \frac{km}{h}$	65

C.9. Comportamiento térmico configuración “Paralela 2” a $90 \frac{km}{h}$	66
C.10. Comportamiento térmico configuración “en V” a $40 \frac{km}{h}$	66
C.11. Comportamiento térmico configuración “en V” a $60 \frac{km}{h}$	67
C.12. Comportamiento térmico configuración “en V” a $90 \frac{km}{h}$	67
C.13. Comportamiento térmico configuración “en W” a $40 \frac{km}{h}$	68
C.14. Comportamiento térmico configuración “en W” a $60 \frac{km}{h}$	68
C.15. Comportamiento térmico configuración “en W” a $90 \frac{km}{h}$	69
C.16. Comportamiento térmico configuración “Intercambiador” 1 [mm] a $40 \frac{km}{h}$	69
C.17. Comportamiento térmico configuración “Intercambiador” 1 [mm] a $60 \frac{km}{h}$	70
C.18. Comportamiento térmico configuración “Intercambiador” 1 [mm] a $90 \frac{km}{h}$	71
C.19. Comportamiento térmico configuración “Intercambiador” $\frac{St}{d} = 1,5$ $\frac{Sd}{d} = 1,5$ a $40 \frac{km}{h}$	72
C.20. Comportamiento térmico configuración “Intercambiador” $\frac{St}{d} = 1,5$ $\frac{Sd}{d} = 1,5$ a $60 \frac{km}{h}$	73
C.21. Comportamiento térmico configuración “Intercambiador” $\frac{St}{d} = 1,5$ $\frac{Sd}{d} = 1,5$ a $90 \frac{km}{h}$	73
C.22. Comportamiento térmico configuración “Intercambiador” $\frac{St}{d} = 2$ $\frac{Sd}{d} = 2$ a $40 \frac{km}{h}$	74
C.23. Comportamiento térmico configuración “Intercambiador” $\frac{St}{d} = 2$ $\frac{Sd}{d} = 2$ a $60 \frac{km}{h}$	74
C.24. Comportamiento térmico configuración “Intercambiador” $\frac{St}{d} = 2$ $\frac{Sd}{d} = 2$ a $90 \frac{km}{h}$	75
C.25. Comportamiento térmico configuración “Intercambiador” $\frac{St}{d} = 1,5$ $\frac{Sd}{d} = 2$ a $40 \frac{km}{h}$	75
C.26. Comportamiento térmico configuración “Intercambiador” $\frac{St}{d} = 1,5$ $\frac{Sd}{d} = 2$ a $60 \frac{km}{h}$	76
C.27. Comportamiento térmico configuración “Intercambiador” $\frac{St}{d} = 1,5$ $\frac{Sd}{d} = 2$ a $90 \frac{km}{h}$	76
C.28. Comportamiento térmico configuración “Intercambiador” $\frac{St}{d} = 2$ $\frac{Sd}{d} = 1,5$ a $40 \frac{km}{h}$	77
C.29. Comportamiento térmico configuración “Intercambiador” $\frac{St}{d} = 2$ $\frac{Sd}{d} = 1,5$ a $60 \frac{km}{h}$	77
C.30. Comportamiento térmico configuración “Intercambiador” $\frac{St}{d} = 2$ $\frac{Sd}{d} = 1,5$ a $90 \frac{km}{h}$	78