

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
1.2. Alcances	3
1.2.1. Alcances para los viajes seleccionados	3
1.2.2. Alcances para el modelo de cargas térmicas	3
2. Antecedentes	4
2.1. Vehículos eléctricos	4
2.1.1. Baterías	5
2.1.2. Sistema de gestión del vehículo	7
2.2. Vehículo parte del estudio	8
2.2.1. Motor sincrónico de imanes permanentes	10
2.3. Impacto de la climatización en vehículos eléctricos	10
2.4. Sistema de climatización de un vehículo eléctrico	12
2.4.1. Ciclo de compresión de vapor	14
2.4.2. Ciclo de refrigerante	15
2.5. Modelo lineal para estimación de potencia de aire acondicionado	15
2.6. Modelos de cargas térmicas para estimación de potencia de aire acondicionado	18
2.7. Transferencia de calor	23
2.7.1. Conducción	23
2.7.2. Convección	24
2.7.2.1. Convección natural	24
2.7.3. Radiación	26
2.7.3.1. Radiación solar	26
2.7.3.2. Ángulo de incidencia del haz de radiación solar sobre una superficie	27
3. Metodología	34
3.1. Selección de viajes	34
3.2. Recopilación de datos extras a la base de datos	36

3.2.1.	Obtención de datos desde el explorador solar	36
3.2.2.	Obtención de datos de temperatura ambiente	37
3.2.3.	Trazado de rutas y cálculo de distancia total	38
3.2.4.	Obtención de datos geométricos, termodinámicos y características de los materiales de la cabina	38
3.3.	Confección del modelo de cargas térmicas	38
4.	Creación de la geometría de la cabina	41
5.	Modelo térmico de la cabina	43
5.1.	Flujo de calor desde superficies opacas para un instante de tiempo: $\dot{Q}_{cvin,op}$.	44
5.2.	Flujo de calor en superficies transparentes en un instante de tiempo: $\dot{Q}_{cvin,t}$, $\dot{Q}_{rad\tau}$	47
5.3.	Coefficiente convectivo interno: h_i	50
5.4.	Coefficiente convectivo externo: h_e	51
5.5.	Flujo de calor metabólico: \dot{Q}_{met}	51
5.6.	Cálculo del ángulo de incidencia de la radiación directa sobre cada superficie de la cabina	52
6.	Cálculo de resultados	55
6.1.	Cálculo del consumo energético por el sistema de climatización	55
6.2.	Cálculo del consumo energético total por viaje	55
6.2.1.	Cálculo del consumo energético total teórico por el sistema de tracción	56
6.3.	Porcentaje de energía consumida por el sistema de climatización	57
6.4.	Parámetros para medir eficiencia del sistema de climatización por viaje . . .	57
7.	Resultados	58
7.1.	Potencia de aire acondicionado en el tiempo de viaje	58
7.1.1.	Viajes con ruta similar realizados entre las 17:00 y 18:00 horas	59
7.1.2.	Viajes con ruta similar realizados entre las 19:00 y 21:00 horas	60
7.1.3.	Viaje ruta larga realizado entre las 14:00 y 15:00 horas	61
7.2.	Variación de la potencia térmica de climatización a través del tiempo por cambios en la velocidad del vehículo	62
7.2.1.	Viajes con ruta similar realizados entre las 17:00 y 18:00 horas	62
7.2.2.	Viajes con ruta similar realizados entre las 19:00 y 21:00 horas	64
7.2.3.	Viajes con ruta larga realizado entre las 14:00 y 15:00 horas	67
7.3.	Consumo energético por parte del sistema de climatización para cada viaje .	68
7.4.	Consumo energético total por viaje	70
7.4.1.	Consumo total utilizando ecuación de potencia de tracción	72
7.4.2.	Porcentaje del consumo destinado a climatización	72
7.5.	Métricas de eficiencia para el sistema de climatización	73

8. Análisis de resultados	75
8.1. Efecto de la temperatura ambiente en la potencia de climatización para cada viaje	75
8.2. Efecto de la velocidad en la potencia térmica de aire acondicionado para cada viaje	77
8.3. Consumo energético del sistema de climatización	78
8.3.1. Viajes con ruta similar	78
8.3.1.1. Convección natural	78
8.3.1.2. Convección media	79
8.3.1.3. Modelo lineal	79
8.3.1.4. Diferencia entre consumos para cada viaje por tipo de convección	80
8.3.2. Viaje de ruta larga	80
8.4. Consumo energético total por viaje	80
8.4.1. Porcentaje destinado a HVAC	81
8.5. Métricas de eficiencia para el sistema de aire acondicionado	82
9. Conclusiones	84
9.1. Trabajo a futuro	86
9.2. Mejoras al modelo	86
Bibliografía	88
Anexos	91
A. Trayectorias	91
B. Perfiles de velocidad	97
C. Distancias	99
D. Código	102