



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**Diseño de sistema de aire acondicionado por absorción solar  
para climatizar el interior de vehículo liviano de transporte público**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Alarcon Reyna, Edwin (orcid.org/0000-0003-4116-4178)

**ASESOR:**

Dr. Celada Padilla, James Skinner (orcid.org/0000-0002-5901-2669)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2023



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CELADA PADILLA JAMES SKINNER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de sistema de aire acondicionado por absorción solar para climatizar el interior de vehículo liviano de transporte público", cuyo autor es ALARCON REYNA EDWIN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 29 de Noviembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CELADA PADILLA JAMES SKINNER <b>DNI:</b> 16782335 <b>ORCID:</b> 0000-0002-5901-2669	Firmado electrónicamente por: CPADILLAJ el 11-12- 2023 20:04:51

Código documento Trilce: TRI - 0672722



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, ALARCON REYNA EDWIN estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Diseño de sistema de aire acondicionado por absorción solar para climatizar el interior de vehículo liviano de transporte público", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
EDWIN ALARCON REYNA <b>DNI:</b> 71447700 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4116-4178	Firmado electrónicamente por: EALARCONREY el 29- 11-2023 19:45:44

Código documento Trilce: TRI - 0672723

## **DEDICATORIA**

Esta investigación está dedicada a Dios por el guía en la búsqueda del conocimiento, así como a nuestros padres por su apoyo constante.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento a todos mis Docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y a mis compañeros con quien compartimos no solo conocimientos, sino también vivencias durante el periodo de estudios.

## Índice de Contenidos

Carátula.....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor .....	ii
Declaratoria de originalidad del autor.....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
Índice de contenidos .....	vi
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>14</b>
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>41</b>
REFERENCIAS.....	42
ANEXOS	

## Índice de Tablas

Tabla 1. Información Técnica de Vehículos analizados .....	11
Tabla 2. Número de días al mes de uso del aire acondicionado, año 2022 .....	13
Tabla 3. Tiempo de Funcionamiento de Sistema de aire acondicionado .....	18
Tabla 4. Registros de consumo específico de combustible.....	23
Tabla 5. Comparación entres consumos específicos .....	33
Tabla 6. Temperatura máxima y mínima en la ciudad de Chiclayo .....	35
Tabla 7. Valores Horarios de Temperatura. ....	37
Tabla 8. Indicadores estadísticos de Temperatura, entre 10:00 y 15:00 Horas	41
Tabla 9. Indicadores estadísticos de Temperatura, entre 11:00 y 14:00 Horas	42
Tabla 10. Dimensiones de carrocería de vehículo liviano .....	43
Tabla 11. Velocidades del vehículo para cálculo de transferencia de calor .....	50
Tabla 12. Flujo de calor por convección a diferentes velocidades en carrocería de vehículo liviano.....	52
Tabla 13. Calor por convección a 60 km/h .....	62
Tabla 14. Costos de la inversión inicial .....	70
Tabla 15. Ingresos Estimados del Proyecto .....	71
Tabla 16. Flujo de caja .....	72
Tabla 17. Cálculo de Valor Actual Neto.....	73
Tabla 18. Tasa Interna de Retorno.....	73
Tabla 19. Simulación de amortización.....	74

## Índice de Figuras

Figura 1 Porcentaje de días al año de uso del aire acondicionado, año 2022..	17
Figura 2. Tiempo de funcionamiento de aire acondicionado.....	21
Figura 3. Consumo específico de combustible con y sin aire acondicionado. ...	34
Figura 4. Temperatura máxima y mínima en la Ciudad de Chiclayo .....	37
Figura 5. Geometría de carrocería de vehículo liviano.....	47
Figura 6. Procesos termodinámico Refrigeración por absorción .....	63
Figura 7. Balance térmico en generador.....	65
Figura 8. Balance Térmico en evaporador. ....	66
Figura 9. Balance térmico en Absorbedor .....	67
Figura 10. Intercambio de energía em evaporador.....	68

## Resumen

Los vehículos automotrices en su totalidad, vienen equipados con un sistema de aire acondicionado, el cual permite brindar condiciones de confort para los ocupantes del mismo, sin embargo el uso del aire acondicionado, representa un exceso en el consumo de combustible, que está alrededor del 20%. Este incremento del consumo de combustible, es porque el sistema de aire acondicionado, utiliza el sistema de compresión de vapor, el cual es accionado con la energía mecánica, proveniente del motor de combustión interna del vehículo.

En la presente investigación, se hizo un estudio que permita el accionamiento del aire acondicionado, utilizando la energía calorífica proveniente del sol, para lo cual se utilizó el sistema de refrigeración por absorción, el cual sigue los procesos termodinámicos de generar temperatura adecuada en el evaporador del sistema, ubicado en el interior del vehículo liviano; es decir utilizar la energía calorífica mediante un intercambiador de calor. La energía calorífica, se aprovecha solo en las horas de mayor temperatura, siendo una alternativa al sistema convencional de refrigeración por compresión de vapor, existente en el vehículo.

La propuesta se enmarcó dentro de las políticas energéticas en el sector automotriz, las cuales están encaminadas a reducir el consumo específico de combustible en las nuevas versiones de las unidades vehiculares que cada año ingresan al parque automotor. Se inició haciendo una recopilación de los consumos de combustible de los vehículos automotrices livianos de 1300cc, de los años de fabricación 2017 al 2022, dedicados al sector público de pasajeros en la ciudad de Chiclayo; luego se hizo mediante los indicadores estadísticos, los valores de tendencia central y de dispersión de la temperatura ambiente, comprendida entre las horas de mayor temperatura durante el día; luego se hizo el dimensionamiento de los elementos que conforman el sistema de aire acondicionado por absorción solar, y finalmente se realizó la evaluación económica del sistema propuesto.

Palabras clave: Aire acondicionado, absorción solar, consumo específico de combustible.

## **Abstract**

Automotive vehicles in their entirety are equipped with an air conditioning system, which allows providing comfort conditions for their occupants, however the use of air conditioning represents an excess in fuel consumption, which is around twenty%. This increase in fuel consumption is because the air conditioning system uses the vapor compression system, which is powered by mechanical energy from the vehicle's internal combustion engine.

In the present investigation, a study was carried out to allow the activation of the air conditioning, using the heat energy from the sun, for which the absorption refrigeration system was used, which follows the thermodynamic processes of generating adequate temperature in the evaporator. of the system, located inside the light vehicle; That is, use the heat energy through a heat exchanger. The heat energy is used only during the hours of highest temperature, being an alternative to the conventional vapor compression refrigeration system existing in the vehicle.

The proposal was framed within the energy policies in the automotive sector, which are aimed at reducing the specific fuel consumption in the new versions of the vehicle units that enter the vehicle fleet each year.

It began by compiling the fuel consumption of 1300cc light automotive vehicles, from the years of manufacture 2017 to 2022, dedicated to the public passenger sector in the city of Chiclayo; Then it was done using the statistical indicators, the values of central tendency and dispersion of the ambient temperature, included between the hours of highest temperature during the day; Then the sizing of the elements that make up the solar absorption air conditioning system was carried out, and finally the economic evaluation of the proposed system was carried out.

**Keywords:** Air conditioning, solar absorption, specific fuel consumption.

## I. INTRODUCCIÓN

El confort en la climatización de los vehículos automotrices, se requiere en todo momento y en todo lugar, es por ellos que los sistemas de aire acondicionado, es parte importante del vehículo; sin embargo, los usuarios no utilizan de manera adecuada este sistema, o en su totalidad no lo utilizan, debido a que el incremento del consumo de combustible se incrementa significativamente. (Chancafe, 2017).

La climatización del interior de un vehículo, es una necesidad de los usuarios, debido a que garantiza un viaje adecuado, es decir se mantiene a una temperatura que es agradable para el cuerpo humano. Esta situación muchas veces, es la razón por la cual, los usuarios deciden el uso de una determinada marca y modelo de vehículo; en América Latina, el ingreso de unidades vehiculares a partir del año 2010, todos vienen equipados con sistema de aire acondicionado, con sistemas que regulan su uso, y garantizan un clima adecuado dentro del salón del vehículo. (Rojas, 2019).

En el Perú, el parque automotor es relativamente nuevo, cada año ingresan unidades modernas, todas ellas, con sistema de aire acondicionado, pero los usuarios optan por no utilizar el aire acondicionado, debido a que representan un incremento significativo de consumo de combustible, por lo general este incremento está alrededor del 20 a 25%, dependiendo de la marca y tipo de vehículo. Si el consumo específico de combustible para un vehículo automotriz liviano de 1300 cc de cilindrada es en promedio de 40 km por galón en ciudad y de 55 km por galón en carretera; cuando utilizan el aire acondicionado los consumos específicos de combustible son de 30 km por galón en ciudad y de 48 km por galón en carretera. (Gonzales, 2020).

En la ciudad de Chiclayo, la cual tiene un clima muy bien diferenciado en las estaciones de verano e invierno, con temperaturas que oscilan en verano de 25 a 32 °C, y de 18 a 23 °C en invierno; los vehículos que se dedican al transporte público de pasajeros, no activan su aire acondicionado, porque el incremento de combustible afecta a los costos operativos de la unidad, y optan por solo abrir

las ventanas de las puertas, para que ingrese el aire hacia el interior del vehículo; el ingreso es de forma no controlada, que en algunas ocasiones, causan malestar a los usuarios.

Así mismo, muchas unidades vehiculares no utilizan el aire acondicionado, lo cual hace que el sistema de aire acondicionado presente fallos, porque se evidenciaron que disminuye la cantidad de refrigerante que tiene el sistema de refrigeración por compresión de vapor.

Se justificó la investigación desde el punto de vista técnico, económico, social y ambiental; desde la perspectiva técnica, se hizo el análisis con el sistema de aire acondicionado, el cual utiliza los procesos termodinámicos de refrigeración por absorción; desde el punto de vista económico, se justificó la investigación porque actualmente los conductores de los vehículos automotrices livianos, dedicados al transporte público de pasajeros, tienen mayores costos de operación, cuando utilizan el aire acondicionado; éstos sistemas consumen energía mecánica del motor de combustión interna, y por ende mayor combustible por kilómetro recorrido, al momento de activar el aire acondicionado.

Socialmente se justificó la investigación, porque permitió analizar el beneficio que tienen los usuarios del transporte público de pasajeros, debido a que en horas de mayor temperatura, el sistema de aire acondicionado es activado por la energía calorífica del sol, generando confort en el pasajero. Desde el punto de vista ambiental, se justificó la investigación, porque si se compara el exceso de consumo de combustible por activación del aire acondicionado de un sistema convencional, el sistema propuesto no genera quema de combustible adicional, es decir se evita la emanación de dióxido de carbono y monóxido de carbono, por el uso del aire acondicionado.

Se formuló el problema: ¿Cómo diseñar el sistema de aire acondicionado por absorción solar para climatizar el interior de vehículo liviano de transporte público?.

El objetivo general de la investigación fue diseñar el sistema de aire acondicionado por absorción solar para climatizar el interior de vehículo liviano

de transporte público, para lo cual se plantearon 4 objetivos específicos, siendo: hacer una recopilación de los consumos de combustible de los vehículos automotrices livianos de 1300cc, de los años de fabricación 2017 al 2022, dedicados al sector público de pasajeros en la ciudad de Chiclayo; realizar mediante los indicadores estadísticos, los valores de tendencia central y de dispersión de la temperatura ambiente en la ciudad de Chiclayo, comprendida entre las horas de mayor temperatura durante el día; hacer el dimensionamiento de los elementos que conforman el sistema de aire acondicionado por absorción solar, y finalmente realizar la evaluación económica del sistema propuesto.

La hipótesis de la investigación fue: el diseño del sistema de aire acondicionado por absorción solar determina la climatización del interior de vehículo liviano de transporte público

Existe investigaciones acerca de diseños de sistemas fotovoltaicos, sin embargo, muy pocas investigaciones se han realizado en cuanto a la optimización del suministro de energía eléctrica generado con panel fotovoltaico, relacionado con el uso en motores eléctricos.

(Chancafe, 2017), en su tesis denominado: Evaluación Del Aire Acondicionado En Vehículos De 1300cc Utilizando R-134a Y R-12 Para Determinar El Consumo De Combustible. Chiclayo, hizo dichas investigaciones a fin de determinar diferentes refrigerantes en el sistema convencional de compresión de vapor, menciona en su resumen que el uso del aire acondicionado en los vehículos no solo tiene un objeto de confort en los pasajeros, sino también en brindar condiciones ambientales para que la salud no se afecte. El consumo de combustible se incrementa cuando se utiliza el aire acondicionado, debido a que es el sistema de aire acondicionado funciona mediante la acción de un compresor de refrigerante en estado de vapor, por lo que requiere de energía mecánica para su accionamiento. El requerimiento de energía mecánica del sistema de aire acondicionado incrementa el consumo de combustible del motor, y eso está en función al tipo de refrigerante que utiliza, esto fue el objeto de estudio de la presente tesis, en la cual se emplea dos refrigerantes diferentes,

en los cuales se analizó el incremento de combustible, así como también los valores de contaminación de los gases de escape.

Logró determinar en la investigación que si se modifica la cantidad de energía que requiere el sistema al utilizar diferentes refrigerantes; si bien es cierto que los fabricantes estipulan un determinado refrigerante para un determinado sistema de refrigeración, es posible hacer modificaciones y pruebas con otros líquidos refrigerantes, que cada vez ofrecen mayores prestaciones, tanto en propiedades térmicas, como también en su efecto con el medio ambiente.

(Antón, 2020), en su informe final de investigación: Implementación de un sistema de aire acondicionado con energía fotovoltaica para disminuir el consumo de combustible en un vehículo motorizado liviano, determinó que el accionamiento del sistema de aire acondicionado, es por medio de dispositivos que transforman la energía solar en energía eléctrica. La innovación, tiene como finalidad utilizar el recurso de la energía solar para hacer funcionar un motor compresor y accesorios, logrando de tal manera el funcionamiento de un conjunto de dispositivos para climatizar la cabina de un vehículo motorizado liviano y demostrar que las energías renovables son eficientes y no convencionales. En la actualidad los vehículos motorizados livianos en la ciudad de Chiclayo (población), algunos cuentan con equipo de aire acondicionado y otros no debido a los costos de los equipos e implementación de los mismos, utilizando el sistema convencional del ciclo de refrigeración por compresión del gas refrigerante, el compresor del sistema que esta acoplado al motor recibe energía mecánica por parte del motor, esforzándose este para entregar una parte de la potencia que incrementa en un 10 % el consumo de combustible, siendo inevitable su uso debido a las condiciones ambientales dentro de la cabina del vehículo.

El aprovechamiento de la energía fotovoltaica para el sistema de aire acondicionado, se puede hacer en forma de aprovechamiento directo de la energía térmica, como también en el aprovechamiento de energía fotovoltaica; dependerá de los mecanismos y el proceso de refrigeración que utilice. Los sistemas de refrigeración por compresión de vapor y el sistema de refrigeración

absorción son los que mayor se adaptan a utilizar este tipo de climatización por energía solar.

(Gonzales, 2020), hizo un informe de tesis “DISEÑO DE UN TURBO PARA EL ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN LOS VEHICULOS VOLVO FM”, y tuvo como objetivo de estudio realizar el diseño de un mecanismo que genera energía mecánica a partir de los gases de escape del motor de combustión interna, para que accione el sistema de aire acondicionado del camión Volvo FM. La investigación se inicia con la descripción del funcionamiento del sistema de aire acondicionado por compresión de vapor en cuanto a su consumo de combustible los vehículos Volvo FM, para lo cual se obtuvo un registro de consumos de combustible; luego se realizó el análisis de los parámetros de funcionamiento de cada dispositivo del sistema de aire acondicionado, en función a los flujos de refrigerante y a la potencia que requieren. Se hizo el análisis de las cargas térmicas en el interior de la cabina de la unidad vehicular, y se estableció la transferencia de calor hacia el exterior de la cabina, a una temperatura de confort. El diseño del turbo que acciona al sistema de aire acondicionado, se hizo en función a la oferta de energía de los gases de escape, a diferentes regímenes de velocidad, así como también de la demanda de energía del sistema de aire acondicionado. Finalmente se hizo la evaluación económica, utilizando indicadores tales como VAN, TIR y relación beneficio – costo.

En esta investigación, hizo el análisis de las propiedades de los gases de escape y su capacidad para el accionamiento de un turbocompresor, capaz de accionar el sistema de refrigeración por compresión de vapor. Este sistema es el más eficiente en cuanto a utilizar la energía, debido a que ya se cuenta con sistemas parecidos, tales como es el caso del turbocompresor que se utiliza para el sistema de aire forzado para los motores de combustión interna, aumentando significativamente su potencia.

(Moreno, 2018) en el artículo científico denominado Diseño y evaluación de un sistema de refrigeración experimental trabajando por adsorción solar; este informe presentó una caracterización de un sistema de refrigeración empleando

la radiación solar como única fuente de energía para generar el fenómeno de la adsorción asistido en un colector estacionario tipo placa plana. Este colector presenta un área de captación de 1.1m<sup>2</sup> trabajando con carbón activado como adsorbato y empleando metanol como adsorbente. Los resultados experimentales permitieron compararse en dos condiciones de trabajo cuya finalidad fue enfriar una pequeña cantidad de agua reservada de 2 litros. Se registraron temperaturas de generación en el colector solar por encima de los 50°C para intensidades solares por encima de los 800 [watt/m<sup>2</sup>]. El COP del sistema se presentó por encima de los 0,4 según etapas de enfriamiento y adsorción isobárica.

(Romero, 2016), en el artículo científico denominado: Simulación de un sistema de refrigeración solar por absorción. Esta simulación fue realizada empleando el programa TRNSYS 17; muy usado, actualmente, por muchos investigadores para estudiar diversas tecnologías. El sistema simulado consta de 120 m<sup>2</sup> de captadores solares de tubos al vacío, un tanque de almacenamiento de agua caliente de 3,2 m<sup>3</sup>, y una máquina de absorción de bromuro de litio y agua de 35,2 kW. Los resultados obtenidos muestran que se puede garantizar la demanda de enfriamiento con esta tecnología durante 8 meses del año. El sistema de captación solar simulado aporta una fracción solar anual de hasta un 60 %y el COP promedio anual de la máquina de absorción se encuentra entre los valores reportados en la bibliografía para sistemas similares.

El sistema de refrigeración por compresión de vapor, está compuesto por 4 elementos básicos, que son el evaporador, el compresor, condensador y válvula de expansión. Un líquido refrigerante va cambiando de estados y fases termodinámicas dentro de un circuito cerrado, y genera un efecto refrigerante en el interior del evaporador.

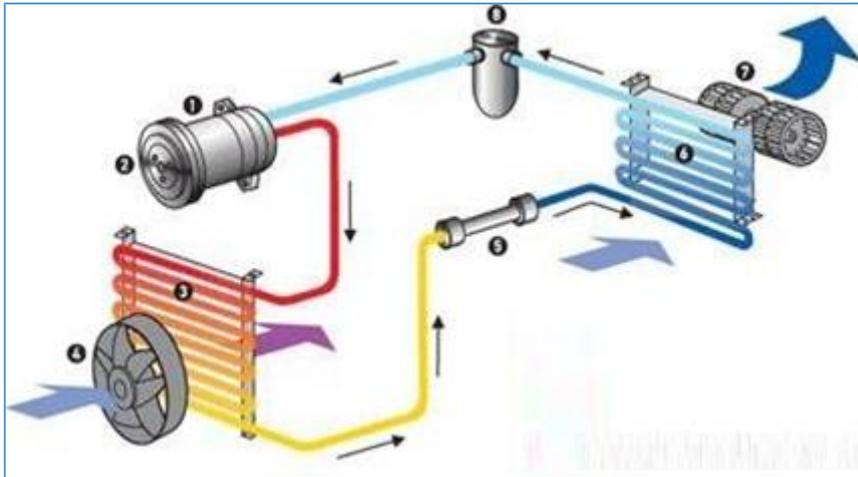


Figura 1 – Partes del sistema de aire acondicionado por compresión de vapor

Un sistema de compresión de vapor por absorción tiene los siguientes elementos: evaporador, colector solar, condensador, unidad de absorción, válvula de expansión.

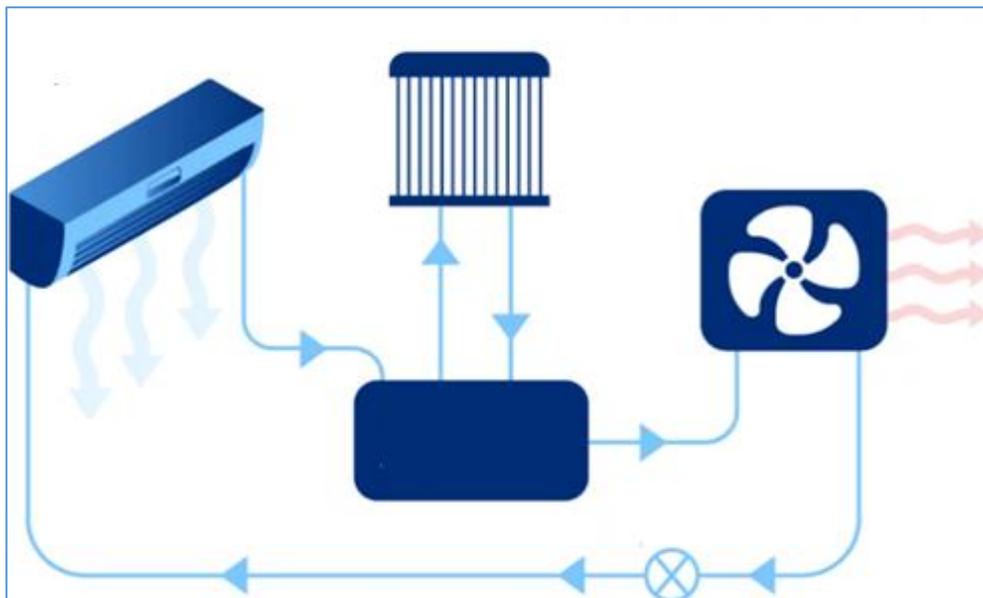


Figura 2 – Partes de un sistema de refrigeración por absorción solar.

El sistema de refrigeración por absorción, genera temperaturas bajas, para lo cual utilizan sustancias que absorben calor, al haber cambio de fase de líquido a vapor. Normalmente se usa el bromuro de litio como absorbedor de calor.

## II. METODOLOGÍA

El Tipo de investigación fue Aplicada, porque en función a las teorías existentes de transferencia de calor y de sistemas de refrigeración por absorción, se utilizaron como principios para el sistema propuesto y el Diseño de investigación fue Diseño no experimental, debido a que no se manipularon las variables de estudio.

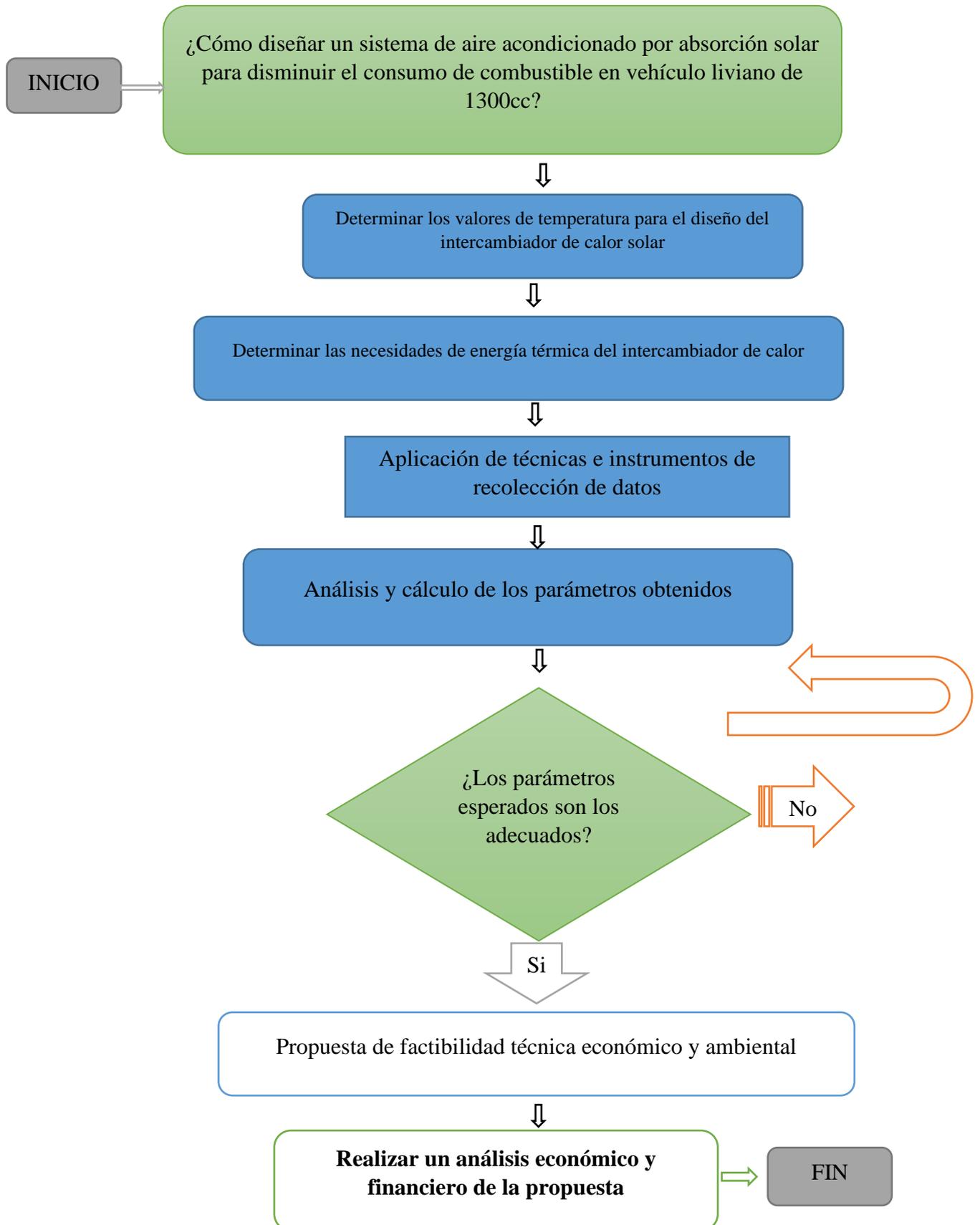
En cuanto a las variables de estudios, existe relación entre el diseño propuesto y el efecto que causa en el interior del vehículo, la Variable independiente fue Diseño de sistema de aire acondicionado por absorción y la Variable dependiente: climatizar el interior de vehículo liviano de transporte público.

Población: está constituido por los vehículos automotrices livianos de 1300cc, destinados al sector público de pasajeros, entre los años de fabricación 2018 y 2022, con sistema de aire acondicionado de la empresa de transportes “Chiclayo Taxi”, que son 20 unidades; la Muestra coincide con la población y el muestreo: es no probabilístico por conveniencia.

Se emplearon la técnica de la observación y del Análisis Documental. La técnica de la observación consistió en observar los registros del consumo del exceso de combustible cuando los vehículos activan el aire acondicionado. La técnica de análisis de datos consistió en verificar las leyes que determinan el funcionamiento del mecanismo de refrigeración por absorción.

Entre los instrumentos de recolección de información, se empleó la ficha de registro, en el cual se registró los consumos de combustible en los vehículos livianos, así mismo los registros de temperatura ambiente en la ciudad de Chiclayo.

## Procedimientos



En este estudio se utilizó la estadística descriptiva como método de análisis de los datos obtenidos a través de nuestras herramientas. Entre ellos, el análisis cuantitativo, que se refiere al estudio, a medir, es útil a la hora de desarrollar un análisis estadístico de los cambios que trae en algún aspecto que puede ser cuantificado fácilmente. Con lo que respecta a los autores referenciados, se respetó la autoría, citando cada uno de los mismos, sin incurrir en plagio, del mismo modo fue sometido al software anti plagio Turnitin.

### III. RESULTADOS.

#### 3.1. Hacer una recopilación de los consumos de combustible de los vehículos automotrices livianos de 1300cc, de los años de fabricación 2017 al 2022, dedicados al sector público de pasajeros en la ciudad de Chiclayo.

##### Información técnica de unidades vehiculares.

Se tuvo acceso a la información de los 20 vehículos livianos de 1300 cc, dedicados al transporte público de pasajeros, en cuanto a su año de antigüedad, números de mantenimientos realizados y número de veces en el cual se hizo el cambio del líquido refrigerante del sistema de aire acondicionado. Existe variabilidad en la utilización del aire acondicionado, que no solo son por aspectos técnicos, sino también aspectos de cultura de uso de los pasajeros, en algunos casos, el aire acondicionado ocasiona malestar a los pasajeros, en otros casos su uso es necesario, debido a que los viajes tienen un tiempo de duración entre 3 a 4 horas, y son realizados en horas en el cual se tiene mayores temperaturas y sensación térmica.

Tabla 1. Información Técnica de Vehículos analizados

Vehículo	Año de Fabricación	Kilometraje	N° Mantenimientos	N° Cambios de Refrigerante de aire acondicionado
1	2018	211012	15	5
2	2018	187512	12	5
3	2018	207451	10	5
4	2018	145784	8	3
5	2019	187545	12	6
6	2019	112454	10	5
7	2019	81102	8	3
8	2019	84512	6	3
9	2020	123541	9	5
10	2020	78454	8	3
11	2020	98741	7	3
12	2020	89745	6	3
13	2020	91451	10	3
14	2021	84545	9	2
15	2021	54787	7	2

Vehículo	Año de Fabricación	Kilometraje	N° Mantenimientos	N° Cambios de Refrigerante de aire acondicionado
16	2021	78454	10	3
17	2021	35412	6	1
18	2022	47845	7	1
19	2022	42144	6	1
20	2022	45784	5	1

Fuente: Oficina de Administración de empresa de transportes, 2023.

### **Tiempo de funcionamiento del sistema de aire acondicionado.**

La utilización del sistema de aire acondicionado está en función directa a las condiciones de confort que requieren los usuarios dentro del vehículo; el confort no solo es por las condiciones del movimiento de la unidad, sino también por la climatización de este. Se hizo la recopilación de la información en lo referente al uso de este sistema, a las diferentes condiciones de operación del vehículo automotriz liviano; se puede ver la incidencia del uso entre los meses de noviembre y abril, en los meses restantes es casi imperceptible su utilización.

El tiempo de funcionamiento se incrementa en unidades vehiculares en el cual los tiempos de viaje son prolongados, y más aún en lugares con temperatura alta y con exposición directa. Sin embargo, hay usuarios que optan por abrir las ventanas de la unidad vehicular, estando funcionando el aire acondicionado, ello tiene implicancias directas en el consumo específico de combustible. Así mismo se pudo evidenciar que los propietarios de las unidades vehiculares para el transporte público, incrementan el costo del pasaje entre un 15 al 25%, al utilizar el aire acondicionado, ofreciendo un mayor confort al usuario.

Tabla 2. Número de días al mes de uso del aire acondicionado

Año 2019

Vehículo	Número de días al mes de uso del aire acondicionado, año 2019												% Días utilizados
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1	14	15	17	14	8	0	0	0	2	2	9	14	26
2	23	15	22	13	6	0	0	0	0	1	8	15	28.4
3	14	13	12	8	2	0	0		0	1	5	16	19.4
4	14	19	21	15	7	0	0	0	0	0	7	14	26.7
5	21	22	19	17	5	0	0	0	2	1	8	9	28.7
6	22	19	17	12	4	0	0	0	0	0	5	8	23.9
7	19	23	19	15	5	0	0	0	0	1	8	11	27.8
8	16	18	17	10	6	0	0	1	0	0	4	11	22.7
9	23	21	21	14	3	0	0	0	2	0	6	10	27.6
10	15	19	23	17	5	2	0	0	0	0	5	13	27.3
11	25	23	22	18	10	4	0	1	0	3	4	15	34.5
12	24	23	23	15	3	0	0	0	0	0	2	16	29.3
13	22	22	17	13	6	0	0	0	0	0	5	16	27.8
14	21	17	21	16	4	0	0	0	2	2	8	8	27.3
15	17	15	14	10	2	0	0	0	0	0	4	14	20.6
16	20	19	23	17	3	0	0	0	0	3	7	11	28.4
17	19	21	19	14	5	1	0	0	0	0	6	12	26.7
18	21	19	23	13	6	1	0	0	0	3	2	16	28.7
19	23	21	21	15	3	0	0	0	1	0	8	15	29.5
20	22	25	23	19	5	0	0	0	4	5	6	14	34.1

Año 2020

Vehículo	Número de días al mes de uso del aire acondicionado, año 2019												% Días utilizados
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1	16	18	20	16	10	0	0	0	2	2	9	14	29.3
2	28	18	26	15	8	0	0	0	0	1	8	15	32.3
3	16	15	14	10	3	0	0		0	1	5	16	21.8
4	16	23	25	18	9	0	0	0	0	0	7	14	30.4
5	25	26	23	20	6	0	0	0	2	1	8	9	32.9
6	26	23	20	14	5	0	0	0	0	0	5	8	27.5
7	23	28	23	18	6	0	0	0	0	1	8	11	31.9
8	19	21	20	11	8	0	0	1	0	0	4	11	26.0
9	28	25	25	16	4	0	0	0	2	0	6	10	31.7
10	18	23	28	20	6	2	0	0	0	0	5	13	31.2
11	30	28	26	21	11	4	0	1	0	3	4	15	39.3
12	29	28	28	18	4	0	0	0	0	0	2	16	33.7
13	26	26	20	15	8	0	0	0	0	0	5	16	31.8
14	25	20	25	19	5	0	0	0	2	2	8	8	31.2
15	20	18	16	11	3	0	0	0	0	0	4	14	23.4
16	24	23	28	20	4	0	0	0	0	3	7	11	32.5
17	23	25	23	16	6	1	0	0	0	0	6	12	30.6
18	25	23	28	15	8	1	0	0	0	3	2	16	32.8
19	28	25	25	18	4	0	0	0	1	0	8	15	33.6
20	26	30	28	23	6	0	0	0	4	5	6	14	38.8

Año 2021

Vehículo	Número de días al mes de uso del aire acondicionado, año 2019												% Días utilizados
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1	12	13	14	12	7	0	0	0	2	2	9	14	23.1
2	20	13	19	11	5	0	0	0	0	1	8	15	24.9
3	12	11	10	7	2	0	0		0	1	5	16	17.3
4	12	16	18	13	6	0	0	0	0	0	7	14	23.4
5	18	19	16	14	4	0	0	0	2	1	8	9	25.1
6	19	16	14	10	4	0	0	0	0	0	5	8	20.7
7	16	20	16	13	4	0	0	0	0	1	8	11	24.3
8	13	15	14	8	5	0	0	1	0	0	4	11	19.8
9	20	18	18	12	3	0	0	0	2	0	6	10	24.0
10	13	16	20	14	4	2	0	0	0	0	5	13	23.9
11	21	20	19	15	8	4	0	1	0	3	4	15	30.2
12	21	20	20	13	3	0	0	0	0	0	2	16	25.5
13	19	19	14	11	5	0	0	0	0	0	5	16	24.4
14	18	14	18	13	4	0	0	0	2	2	8	8	23.8
15	14	13	12	8	2	0	0	0	0	0	4	14	18.1
16	17	16	20	14	3	0	0	0	0	3	7	11	24.8
17	16	18	16	12	4	1	0	0	0	0	6	12	23.3
18	18	16	20	11	5	1	0	0	0	3	2	16	25.1
19	20	18	18	13	3	0	0	0	1	0	8	15	25.9
20	19	21	20	16	4	0	0	0	4	5	6	14	30.0

Año 2022

Vehículo	Número de días al mes de uso del aire acondicionado, año 2022												% Días utilizados
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1	16	14	16	13	8	0	0	0	2	2	9	14	25.7
2	22	14	21	12	6	0	0	0	0	1	8	15	27.0
3	13	12	11	8	2	0	0	1	0	1	5	16	19.0
4	15	18	20	14	7	0	0	0	0	0	7	14	26.1
5	20	21	18	16	5	0	0	0	2	1	8	9	27.6
6	21	18	16	11	4	0	0	0	0	0	5	8	22.3
7	18	22	18	14	5	0	0	0	0	1	8	11	26.1
8	15	17	16	9	6	0	0	1	0	0	4	11	21.5
9	22	20	20	13	3	0	0	0	2	0	6	10	26.3
10	14	18	22	16	5	2	0	0	0	0	5	13	25.7
11	24	22	21	17	9	4	0	1	0	3	4	15	32.5
12	23	22	22	14	3	0	0	0	0	0	2	16	28.0
13	21	21	16	12	6	0	0	0	0	0	5	16	26.8
14	20	16	20	15	4	0	0	0	2	2	8	8	25.9
15	16	14	13	9	2	0	0	0	0	0	4	14	19.7
16	19	18	22	16	3	0	0	0	0	3	7	11	27.4
17	18	20	18	13	5	1	0	0	0	0	6	12	25.7
18	20	18	22	12	6	1	0	0	0	3	2	16	27.6
19	22	20	20	14	3	0	0	0	1	0	8	15	28.0
20	21	24	22	18	5	0	0	0	4	5	6	14	32.4

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

De la tabla 2, se puede afirmar lo siguiente:

- a) El porcentaje mínimo de días al año de uso del aire acondicionado fue de 19% y como máximo de 32.5%, ello evidencia que el uso del sistema es variable, debido a que en algunas ocasiones los conductores del vehículo abren las ventanas de las puertas a fin de no utilizar el aire acondicionado.
- b) La mayor incidencia del uso se da entre los meses de noviembre y abril, y en el resto de los meses, el sistema de aire acondicionado en algunos vehículos permanece inactivo, y se ha reportado que ello, conlleva a que exista una disminución del líquido refrigerante.



Figura 1 Porcentaje de días al año de uso del aire acondicionado, año 2022

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Los días en los cuales no se activan el sistema de aire acondicionado, no funciona el sistema de refrigeración por compresión de vapor, es decir la compresora que impulsa el refrigerante en el circuito cerrado, no recibe energía mecánica proveniente del motor; esto hace que torque que entrega el motor de combustión interna sea para el accionamiento del sistema de transmisión del vehículo y los elementos accesorio del motor; ello tiene como resultado que el consumo específico de combustible, está dentro de los márgenes que el fabricante proyecta para las condiciones de funcionamiento en ciudad y en carretera.

Para cada vehículo, se tuvo el registro de la información del día de mayor uso del sistema de aire acondicionado, a fin de determinar los tiempos en el cual se tiene la sensación de confort en la unidad vehicular que se utiliza para el sector de transporte público de pasajes, a una temperatura promedio entre 17 y 19°C en el interior del vehículo.

Tabla 3. Tiempo de Funcionamiento de Sistema de aire acondicionado

Año 2019

Vehículo	Horas de funcionamiento al día	Horas funcionamiento de Sistema de aire acondicionado	% Tiempo de funcionamiento de sistema de aire acondicionado	Temperatura Interior °C
Vehículo 1	8	4.5	56.3	17
Vehículo 2	9.5	6.1	64.2	17
Vehículo 3	7.4	4.8	64.9	18
Vehículo 4	8.3	6.3	75.9	18
Vehículo 5	9.2	5.1	55.4	16.5
Vehículo 6	8.1	5.6	69.1	17.6
Vehículo 7	10.5	5.3	50.5	18.2
Vehículo 8	9.5	3.5	36.8	19.1
Vehículo 9	12.4	6.1	49.2	18.3
Vehículo 10	11.5	4.2	36.5	16.9
Vehículo 11	9.2	3.6	39.1	17.6
Vehículo 12	8.6	4.2	48.8	18.3
Vehículo 13	8.9	3.8	42.7	16.9
Vehículo 14	9.8	4.2	42.9	18.1
Vehículo 15	10.6	5.2	49.1	18
Vehículo 16	12.5	5.9	47.2	17.3
Vehículo 17	9.6	4.1	42.7	16.9
Vehículo 18	11.6	4.9	42.2	17.6
Vehículo 19	12.3	5.2	42.3	18.5
Vehículo 20	13.1	6.4	48.9	18.2

Año 2020

Vehículo	Horas de funcionamiento al día	Horas funcionamiento de Sistema de aire acondicionado	% Tiempo de funcionamiento de sistema de aire acondicionado	Temperatura Interior °C
Vehículo 1	8.2	4.6	58.0	17.5
Vehículo 2	9.8	6.3	66.1	17.5
Vehículo 3	7.6	4.9	66.8	18.5
Vehículo 4	8.5	6.5	78.2	18.5
Vehículo 5	9.5	5.3	57.1	17.0
Vehículo 6	8.3	5.8	71.2	18.1
Vehículo 7	10.8	5.5	52.0	18.7
Vehículo 8	9.8	3.6	37.9	19.7
Vehículo 9	12.8	6.3	50.7	18.8
Vehículo 10	11.8	4.3	37.6	17.4
Vehículo 11	9.5	3.7	40.3	18.1
Vehículo 12	8.9	4.3	50.3	18.8
Vehículo 13	9.2	3.9	44.0	17.4
Vehículo 14	10.1	4.3	44.2	18.6
Vehículo 15	10.9	5.4	50.6	18.5
Vehículo 16	12.9	6.1	48.6	17.8
Vehículo 17	9.9	4.2	44.0	17.4
Vehículo 18	11.9	5.0	43.5	18.1
Vehículo 19	12.7	5.4	43.6	19.1
Vehículo 20	13.5	6.6	50.4	18.7

Año 2021

Vehículo	Horas de funcionamiento al día	Horas funcionamiento de Sistema de aire acondicionado	% Tiempo de funcionamiento de sistema de aire acondicionado	Temperatura Interior °C
Vehículo 1	8.5	4.8	59.7	18.0
Vehículo 2	10.1	6.5	68.1	18.0
Vehículo 3	7.9	5.1	68.9	19.1
Vehículo 4	8.8	6.7	80.5	19.1

Vehículo 5	9.8	5.4	58.8	17.5
Vehículo 6	8.6	5.9	73.3	18.7
Vehículo 7	11.1	5.6	53.6	19.3
Vehículo 8	10.1	3.7	39.0	20.3
Vehículo 9	13.2	6.5	52.2	19.4
Vehículo 10	12.2	4.5	38.7	17.9
Vehículo 11	9.8	3.8	41.5	18.7
Vehículo 12	9.1	4.5	51.8	19.4
Vehículo 13	9.4	4.0	45.3	17.9
Vehículo 14	10.4	4.5	45.5	19.2
Vehículo 15	11.2	5.5	52.1	19.1
Vehículo 16	13.3	6.3	50.1	18.4
Vehículo 17	10.2	4.3	45.3	17.9
Vehículo 18	12.3	5.2	44.8	18.7
Vehículo 19	13.0	5.5	44.9	19.6
Vehículo 20	13.9	6.8	51.9	19.3

Año 2022

Vehículo	Horas de funcionamiento al día	Horas funcionamiento de Sistema de aire acondicionado	% Tiempo de funcionamiento de sistema de aire acondicionado	Temperatura Interior °C
Vehículo 1	7.4	4.2	52.4	15.8
Vehículo 2	8.8	5.7	59.7	15.8
Vehículo 3	6.9	4.5	60.4	16.8
Vehículo 4	7.7	5.9	70.6	16.8
Vehículo 5	8.6	4.7	51.6	15.4
Vehículo 6	7.5	5.2	64.3	16.4
Vehículo 7	9.8	4.9	47.0	16.9
Vehículo 8	8.8	3.3	34.2	17.8
Vehículo 9	11.5	5.7	45.8	17.0
Vehículo 10	10.7	3.9	34.0	15.7
Vehículo 11	8.6	3.4	36.4	16.4
Vehículo 12	8.0	3.9	45.4	17.0
Vehículo 13	8.3	3.5	39.7	15.7
Vehículo 14	9.1	3.9	39.9	16.8
Vehículo 15	9.9	4.8	45.7	16.8
Vehículo 16	11.6	5.5	43.9	16.1
Vehículo 17	8.9	3.8	39.7	15.7

Vehículo 18	10.8	4.6	39.3	16.4
Vehículo 19	11.4	4.8	39.4	17.2
Vehículo 20	12.2	6.0	45.5	16.9

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

De la tabla 3, se puede deducir:

- El porcentaje mayor de tiempo de operación del sistema de aire acondicionado fue de 75.9 y el porcentaje menor de tiempo de operación del sistema de aire acondicionado fue 36.1; es decir que existe variabilidad en el uso del sistema.
- Los tiempos de activación del aire acondicionado, se hacen durante el momento en el cual se produce el transporte de pasajeros, en el resto del periodo de trabajo, los conductores desactivan el aire acondicionado debido a que se incrementa el consumo de combustible.
- Así mismo, según el reporte, los horarios de mayor frecuencia del uso del sistema de aire acondicionado, en el día en el cual ocurre el mayor uso, es en lapso entre las 9.30 a 16.30 horas, debido a que la temperatura exterior es elevada en la estación de verano en la ciudad de Chiclayo.

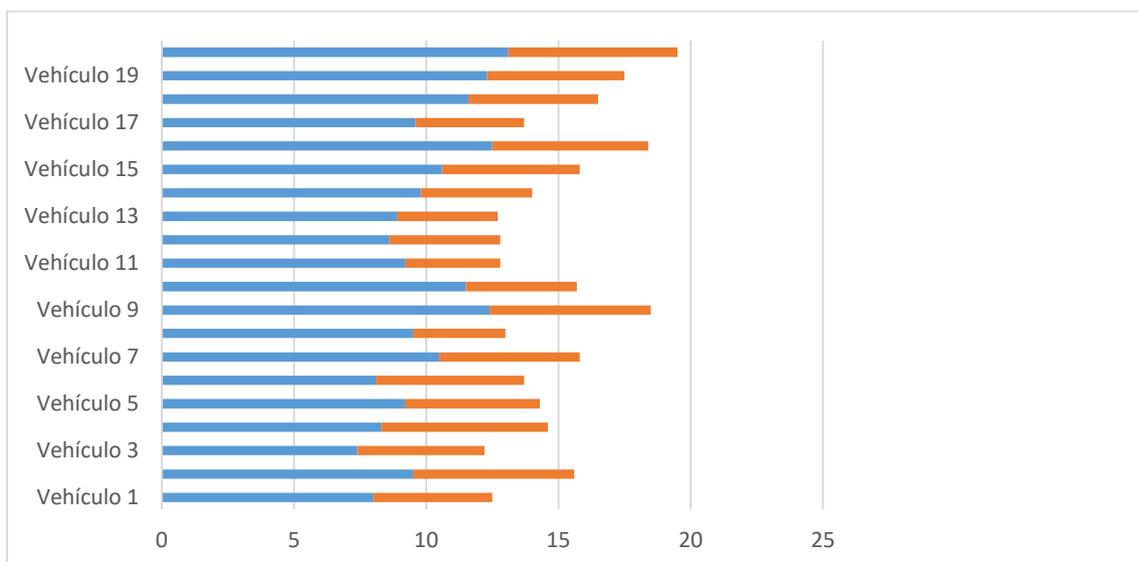


Figura 2. Tiempo de funcionamiento de aire acondicionado.

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

### **Consumo específico de combustible.**

Este indicador permitió establecer los valores del consumo de combustible cuando el vehículo activa y no activa el sistema de aire acondicionado. El exceso de consumo de combustible que ocurre cuando el vehículo tiene activado el aire acondicionado, es porque el motor entrega un torque mecánico adicional, con la finalidad de accionar el compresor del sistema de refrigeración de compresión de vapor.

Se obtuvo el registro de los consumos de combustible en las condiciones de activación y desactivación del sistema de aire acondicionado, estableciendo los recorridos del vehículo y el consumo de combustible; para determinar este indicador, se hizo el registro de ambas variables (recorrido en km y consumo de combustible en galones), para cada uno de los vehículos de la empresa de transporte público de pasajeros.

Tabla 4. Registros de consumo específico de combustible

Primera Prueba

Vehículo	Sin Aire acondicionado				Con Aire acondicionado			
	Recorrido (km)	Consumo (Galones)	Consumo específico (km/galón)	Consumo específico promedio (km/galón)	Recorrido (km)	Consumo (Galones)	Consumo específico (km/galón)	Consumo específico promedio (km/galón)
1	89	1.97	45.2	44.88	42	1.13	37.1	36.78
	92	2.05	44.8		56	1.53	36.7	
	112	2.53	44.2		45	1.25	36.1	
	96	2.12	45.3		40	1.07	37.2	
2	114	2.71	42.1	42.45	41	1.21	34.0	35.10
	158	3.87	40.8		52	1.52	34.0	
	147	3.22	45.6		50	1.32	38.0	
	156	3.78	41.3		49	1.41	34.4	
3	95	2.11	45.1	43.73	43	1.14	37.6	35.73
	145	3.26	44.5		66	1.77	37.1	
	125	2.85	43.8		58	1.66	35.0	
	139	3.35	41.5		46	1.39	33.2	
4	147	3.43	42.9	42.46	51	1.50	34.3	33.97
	159	3.84	41.4		56	1.68	33.1	
	135	3.18	42.5		62	1.83	34.0	
	145	3.37	43.0		60	1.74	34.4	
5	123	2.86	43.0	43.05	50	1.46	33.9	33.95
	145	3.37	43.0		54	1.59	33.9	
	189	4.39	43.0		57	1.67	33.9	
	147	3.41	43.0		50	1.47	33.9	
6	169	3.93	43.0	42.92	53	1.57	33.9	33.82

	123	2.86	43.0		50	1.47	33.9	
	165	3.88	42.5		58	1.73	33.4	
	146	3.39	43.1		51	1.50	34.0	
7	157	3.73	42.1	43.49	55	1.67	33.0	34.39
	136	3.16	43.0		48	1.40	33.9	
	124	2.70	45.9		43	1.18	36.8	
	129	3.01	42.9		45	1.34	33.8	
8	187	4.46	41.9	43.23	65	2.00	32.8	34.13
	201	4.61	43.6		78	2.27	34.5	
	221	4.98	44.4		86	2.44	35.3	
	214	4.97	43.0		83	2.46	33.9	
9	189	4.09	46.2	44.50	74	1.99	37.1	35.40
	98	2.22	44.2		46	1.31	35.1	
	59	1.34	44.1		38	1.09	35.0	
	154	3.54	43.5		72	2.10	34.4	
10	208	4.80	43.3	43.16	98	2.86	34.2	35.03
	135	3.13	43.1		63	1.87	34.0	
	214	4.99	42.9		101	3.01	33.4	
	124	2.86	43.3		58	1.51	38.5	
11	208	4.75	43.8	44.42	58	1.71	34.1	32.88
	154	3.48	44.2		43	1.30	33.2	
	124	2.78	44.6		35	1.10	31.6	
	198	4.39	45.1		55	1.70	32.6	
12	145	3.23	44.9	44.59	41	1.18	34.5	35.48
	156	3.49	44.7		44	1.24	35.1	
	145	3.26	44.5		41	1.25	32.5	
	201	4.54	44.3		82	2.07	39.8	
13	219	5.24	41.8	40.88	90	2.60	34.5	33.98
	214	5.28	40.5		88	2.71	32.4	

	189	4.69	40.3		77	2.41	32.2	
	96	2.35	40.9		39	1.07	36.8	
14	147	3.61	40.7	41.94	60	1.59	37.8	34.80
	169	4.07	41.5		69	1.97	35.1	
	125	2.95	42.3		51	1.53	33.4	
	178	4.12	43.2		73	2.22	32.9	
15	198	4.60	43.1	42.92	81	2.25	36.1	35.10
	162	3.77	43.0		66	1.90	34.9	
	174	4.06	42.9		71	2.05	34.8	
	189	4.42	42.8		77	2.24	34.7	
16	211	4.95	42.6	42.48	87	2.50	34.5	34.82
	201	4.73	42.5		82	2.39	34.4	
	145	3.42	42.4		59	1.65	36.1	
	123	2.91	42.3		50	1.47	34.2	
17	124	2.79	44.5	44.84	51	1.40	36.4	35.39
	154	3.41	45.1		63	1.88	33.5	
	178	3.97	44.8		73	2.10	34.8	
	189	4.21	44.9		77	2.10	36.8	
18	214	4.75	45.1	45.29	66	1.79	37.0	37.19
	211	4.67	45.2		65	1.76	37.1	
	120	2.65	45.4		37	1.00	37.3	
	129	2.84	45.5		40	1.07	37.4	
19	189	4.14	45.6	44.44	59	1.61	36.5	34.90
	178	3.97	44.8		55	1.65	33.5	
	156	3.54	44.0		59	1.60	37.1	
	145	3.35	43.3		55	1.70	32.5	
20	139	3.37	41.2	41.33	53	1.60	33.1	33.25
	178	4.23	42.1		68	1.98	34.1	
	149	3.65	40.8		57	1.73	32.7	

	132	3.20	41.2		50	1.52	33.1	
--	-----	------	------	--	----	------	------	--

Segunda Prueba

Vehículo	Sin Aire acondicionado				Con Aire acondicionado			
	Recorrido (km)	Consumo (Galones)	Consumo específico (km/galón)	Consumo específico promedio (km/galón)	Recorrido (km)	Consumo (Galones)	Consumo específico (km/galón)	Consumo específico promedio (km/galón)
1	89.9	2.0	45.7	45.3	42.4	1.1	37.5	37.1
	92.9	2.1	45.2		56.6	1.5	37.1	
	113.1	2.6	44.6		45.5	1.3	36.5	
	97.0	2.1	45.8		40.4	1.1	37.6	
2	115.1	2.7	42.5	42.9	41.4	1.2	34.3	35.5
	159.6	3.9	41.2		52.5	1.5	34.3	
	148.5	3.3	46.1		50.5	1.3	38.4	
	157.6	3.8	41.7		49.5	1.4	34.7	
3	96.0	2.1	45.6	44.2	43.4	1.2	38.0	36.1
	146.5	3.3	44.9		66.7	1.8	37.5	
	126.3	2.9	44.2		58.6	1.7	35.4	
	140.4	3.4	41.9		46.5	1.4	33.5	
4	148.5	3.5	43.3	42.9	51.5	1.5	34.6	34.3
	160.6	3.9	41.8		56.6	1.7	33.4	
	136.4	3.2	42.9		62.6	1.8	34.3	
	146.5	3.4	43.4		60.6	1.8	34.7	
5	124.2	2.9	43.4	43.4	50.5	1.5	34.2	34.2
	146.5	3.4	43.4		54.5	1.6	34.2	

	190.9	4.4	43.4		57.6	1.7	34.2	
	148.5	3.4	43.4		50.5	1.5	34.2	
6	170.7	4.0	43.4	43.3	53.5	1.6	34.2	34.1
	124.2	2.9	43.4		50.5	1.5	34.2	
	166.7	3.9	42.9		58.6	1.7	33.7	
	147.5	3.4	43.5		51.5	1.5	34.3	
7	158.6	3.8	42.5	43.9	55.6	1.7	33.3	34.7
	137.4	3.2	43.4		48.5	1.4	34.2	
	125.2	2.7	46.4		43.4	1.2	37.2	
	130.3	3.0	43.3		45.5	1.4	34.1	
8	188.9	4.5	42.3	43.7	65.7	2.0	33.1	34.5
	203.0	4.7	44.0		78.8	2.3	34.8	
	223.2	5.0	44.8		86.9	2.5	35.7	
	216.1	5.0	43.4		83.8	2.5	34.2	
9	190.9	4.1	46.7	44.9	74.7	2.0	37.5	35.8
	99.0	2.2	44.6		46.5	1.3	35.5	
	59.6	1.4	44.5		38.4	1.1	35.4	
	155.5	3.6	43.9		72.7	2.1	34.7	
10	210.1	4.8	43.7	43.6	99.0	2.9	34.5	35.4
	136.4	3.2	43.5		63.6	1.9	34.3	
	216.1	5.0	43.3		102.0	3.0	33.7	
	125.2	2.9	43.7		58.6	1.5	38.9	
11	210.1	4.8	44.2	44.9	58.6	1.7	34.4	33.2
	155.5	3.5	44.6		43.4	1.3	33.5	
	125.2	2.8	45.0		35.4	1.1	31.9	

	200.0	4.4	45.6		55.6	1.7	32.9	
12	146.5	3.3	45.3	45.0	41.4	1.2	34.8	35.8
	157.6	3.5	45.1		44.4	1.3	35.5	
	146.5	3.3	44.9		41.4	1.3	32.8	
	203.0	4.6	44.7		82.8	2.1	40.2	
13	221.2	5.3	42.2	41.3	90.9	2.6	34.8	34.3
	216.1	5.3	40.9		88.9	2.7	32.7	
	190.9	4.7	40.7		77.8	2.4	32.5	
	97.0	2.4	41.3		39.4	1.1	37.2	
14	148.5	3.6	41.1	42.3	60.6	1.6	38.2	35.1
	170.7	4.1	41.9		69.7	2.0	35.5	
	126.3	3.0	42.7		51.5	1.5	33.7	
	179.8	4.2	43.6		73.7	2.2	33.2	
15	200.0	4.6	43.5	43.4	81.8	2.3	36.5	35.5
	163.6	3.8	43.4		66.7	1.9	35.2	
	175.7	4.1	43.3		71.7	2.1	35.1	
	190.9	4.5	43.2		77.8	2.3	35.0	
16	213.1	5.0	43.0	42.9	87.9	2.5	34.8	35.1
	203.0	4.8	42.9		82.8	2.4	34.7	
	146.5	3.5	42.8		59.6	1.7	36.5	
	124.2	2.9	42.7		50.5	1.5	34.5	
17	125.2	2.8	44.9	45.3	51.5	1.4	36.8	35.7
	155.5	3.4	45.6		63.6	1.9	33.8	
	179.8	4.0	45.2		73.7	2.1	35.1	
	190.9	4.3	45.3		77.8	2.1	37.2	

18	216.1	4.8	45.6	45.8	66.7	1.8	37.4	37.6
	213.1	4.7	45.7		65.7	1.8	37.5	
	121.2	2.7	45.9		37.4	1.0	37.7	
	130.3	2.9	46.0		40.4	1.1	37.8	
19	190.9	4.2	46.1	44.9	59.6	1.6	36.9	35.2
	179.8	4.0	45.2		55.6	1.7	33.8	
	157.6	3.6	44.4		59.6	1.6	37.5	
	146.5	3.4	43.7		55.6	1.7	32.8	
20	140.4	3.4	41.6	41.7	53.5	1.6	33.4	33.6
	179.8	4.3	42.5		68.7	2.0	34.4	
	150.5	3.7	41.2		57.6	1.7	33.0	
	133.3	3.2	41.6		50.5	1.5	33.4	

Tercera Prueba

Vehículo	Sin Aire acondicionado				Con Aire acondicionado			
	Recorrido (km)	Consumo (Galones)	Consumo específico (km/galón)	Consumo específico promedio (km/galón)	Recorrido (km)	Consumo (Galones)	Consumo específico (km/galón)	Consumo específico promedio (km/galón)
1	90.8	2.0	46.1	45.8	42.8	1.2	37.8	37.5
	93.8	2.1	45.7		57.1	1.6	37.4	
	114.2	2.6	45.1		45.9	1.3	36.8	
	97.9	2.2	46.2		40.8	1.1	37.9	
2	116.3	2.8	42.9	43.3	41.8	1.2	34.7	35.8
	161.2	3.9	41.6		53.0	1.6	34.7	
	149.9	3.3	46.5		51.0	1.3	38.8	
	159.1	3.9	42.1		50.0	1.4	35.1	

3	96.9	2.2	46.0	44.6	43.9	1.2	38.4	36.4
	147.9	3.3	45.4		67.3	1.8	37.8	
	127.5	2.9	44.7		59.2	1.7	35.7	
	141.8	3.4	42.3		46.9	1.4	33.9	
4	149.9	3.5	43.8	43.3	52.0	1.5	35.0	34.6
	162.2	3.9	42.2		57.1	1.7	33.8	
	137.7	3.2	43.4		63.2	1.9	34.7	
	147.9	3.4	43.9		61.2	1.8	35.1	
5	125.5	2.9	43.9	43.9	51.0	1.5	34.6	34.6
	147.9	3.4	43.9		55.1	1.6	34.6	
	192.8	4.5	43.9		58.1	1.7	34.6	
	149.9	3.5	43.9		51.0	1.5	34.6	
6	172.4	4.0	43.9	43.8	54.1	1.6	34.6	34.5
	125.5	2.9	43.9		51.0	1.5	34.6	
	168.3	4.0	43.4		59.2	1.8	34.1	
	148.9	3.5	44.0		52.0	1.5	34.7	
7	160.1	3.8	42.9	44.3	56.1	1.7	33.7	35.1
	138.7	3.2	43.9		49.0	1.4	34.6	
	126.5	2.8	46.8		43.9	1.2	37.5	
	131.6	3.1	43.8		45.9	1.4	34.5	
8	190.7	4.5	42.7	44.1	66.3	2.0	33.5	34.8
	205.0	4.7	44.5		79.6	2.3	35.2	
	225.4	5.1	45.3		87.7	2.5	36.0	
	218.3	5.1	43.9		84.7	2.5	34.6	
9	192.8	4.2	47.1	45.4	75.5	2.0	37.8	36.1
	100.0	2.3	45.1		46.9	1.3	35.8	
	60.2	1.4	45.0		38.8	1.1	35.7	
	157.1	3.6	44.4		73.4	2.1	35.1	

10	212.2	4.9	44.2	44.0	100.0	2.9	34.9	35.7
	137.7	3.2	44.0		64.3	1.9	34.7	
	218.3	5.1	43.8		103.0	3.1	34.1	
	126.5	2.9	44.2		59.2	1.5	39.3	
11	212.2	4.8	44.7	45.3	59.2	1.7	34.8	33.5
	157.1	3.5	45.1		43.9	1.3	33.9	
	126.5	2.8	45.5		35.7	1.1	32.2	
	202.0	4.5	46.0		56.1	1.7	33.3	
12	147.9	3.3	45.8	45.5	41.8	1.2	35.2	36.2
	159.1	3.6	45.6		44.9	1.3	35.8	
	147.9	3.3	45.4		41.8	1.3	33.2	
	205.0	4.6	45.2		83.6	2.1	40.6	
13	223.4	5.3	42.6	41.7	91.8	2.7	35.2	34.7
	218.3	5.4	41.3		89.8	2.8	33.0	
	192.8	4.8	41.1		78.5	2.5	32.8	
	97.9	2.4	41.7		39.8	1.1	37.5	
14	149.9	3.7	41.5	42.8	61.2	1.6	38.6	35.5
	172.4	4.2	42.3		70.4	2.0	35.8	
	127.5	3.0	43.1		52.0	1.6	34.1	
	181.6	4.2	44.1		74.5	2.3	33.6	
15	202.0	4.7	44.0	43.8	82.6	2.3	36.8	35.8
	165.2	3.8	43.9		67.3	1.9	35.6	
	177.5	4.1	43.8		72.4	2.1	35.5	
	192.8	4.5	43.7		78.5	2.3	35.4	
16	215.2	5.0	43.5	43.3	88.7	2.6	35.2	35.5
	205.0	4.8	43.4		83.6	2.4	35.1	
	147.9	3.5	43.2		60.2	1.7	36.8	
	125.5	3.0	43.1		51.0	1.5	34.9	

17	126.5	2.8	45.4	45.7	52.0	1.4	37.1	36.1
	157.1	3.5	46.0		64.3	1.9	34.2	
	181.6	4.0	45.7		74.5	2.1	35.5	
	192.8	4.3	45.8		78.5	2.1	37.5	
18	218.3	4.8	46.0	46.2	67.3	1.8	37.7	37.9
	215.2	4.8	46.1		66.3	1.8	37.8	
	122.4	2.7	46.3		37.7	1.0	38.0	
	131.6	2.9	46.4		40.8	1.1	38.1	
19	192.8	4.2	46.5	45.3	60.2	1.6	37.2	35.6
	181.6	4.0	45.7		56.1	1.7	34.2	
	159.1	3.6	44.9		60.2	1.6	37.8	
	147.9	3.4	44.2		56.1	1.7	33.2	
20	141.8	3.4	42.0	42.2	54.1	1.6	33.8	33.9
	181.6	4.3	42.9		69.4	2.0	34.8	
	152.0	3.7	41.6		58.1	1.8	33.4	
	134.6	3.3	42.0		51.0	1.6	33.8	

Fuente: Mediciones realizadas.

En resumen, se tiene los consumos específicos promedio de los vehículos automotrices de 1300cc, cuando no utilizan el aire acondicionado y cuando si utilizan el aire acondicionado, determinando la diferencia que existe entre ambas condiciones.

Tabla 5. Comparación entres consumos específicos

Vehículo	Consumo específico promedio (km/galón) sin aire acondicionado	Consumo específico promedio (km/galón) con aire acondicionado	Diferencia (km/galón)
1	44.88	36.78	8.10
2	42.45	35.10	7.35
3	43.73	35.73	8.00
4	42.46	33.97	8.49
5	43.05	33.95	9.10
6	42.92	32.72	10.20
7	43.49	33.89	9.60
8	43.23	32.93	10.30
9	44.50	35.70	8.80
10	43.16	35.03	8.13
11	44.42	32.88	11.55
12	44.59	35.48	9.11
13	40.88	33.98	6.90
14	41.94	34.80	7.14
15	42.92	35.10	7.82
16	42.48	34.82	7.66
17	44.84	35.39	9.45
18	45.29	37.19	8.10
19	44.44	34.90	9.54
20	41.33	33.25	8.08

Fuente: Mediciones realizadas.

Se observó que existe una diferencia entre 7.35 y de 11.55 Km de recorrido menor por cada galón de combustible; este valor es significativo porque representó entre el 17.35 y 26 % de exceso de combustible; y que ello aplicado a los costos operativos de la unidad de transporte público de pasajeros, hace menos atractivo su utilización.

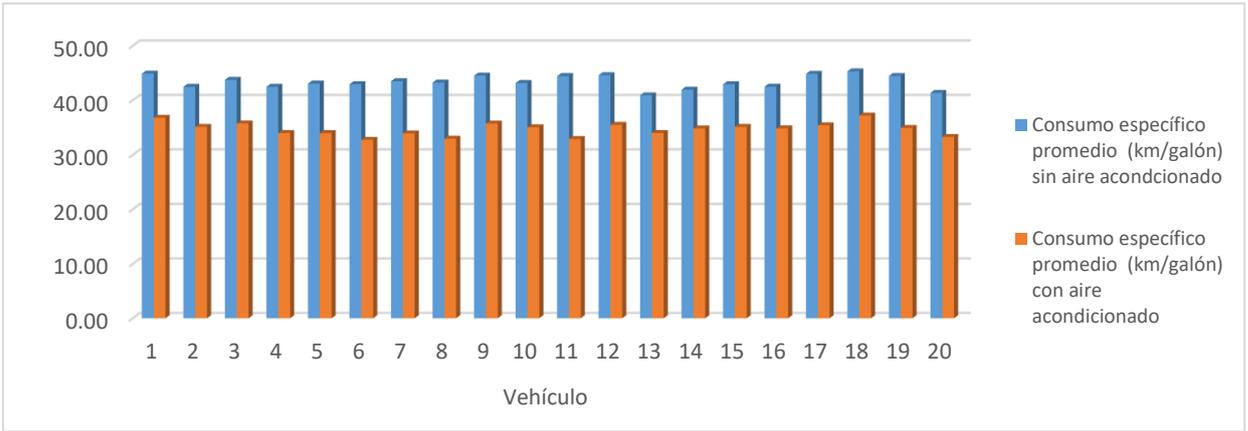


Figura 3. Consumo específico de combustible con y sin aire acondicionado.

Fuente: Mediciones realizadas.

**3.2. Realizar mediante los indicadores estadísticos, los valores de tendencia central y de dispersión de la temperatura ambiente en la ciudad de Chiclayo, comprendida entre las horas de mayor temperatura durante el día.**

**3.2.1. Temperatura Ambiental de la ciudad de Chiclayo.**

Las estaciones muy marcadas en la ciudad de Chiclayo, son las de Verano que inicia el 21 de Diciembre hasta el 22 de Marzo, Otoño entre el 22 de Marzo y 22 de Junio, Invierno del 22 de Junio al 22 de Setiembre y de Primavera del 22 de Setiembre al 21 de Diciembre; en dichos periodos, la temperatura tiene valores tales como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Temperatura máxima y mínima en la ciudad de Chiclayo

Año 2019

<b>Mes</b>	<b>Temp. Máxima (°C)</b>	<b>Temp. Mínima (°C)</b>
Ene	31.9	22.5
Feb	32.9	23.8
Mar	32	23.3
Abr	29	20.2
May	26.6	18
Jun	24	17.6
Jul	23.2	17.3
Ago	22.9	17.2
Set	22.9	16.8
Oct	24.2	17.2
Nov	25.2	18
Dic	27.2	19.3

Año 2020

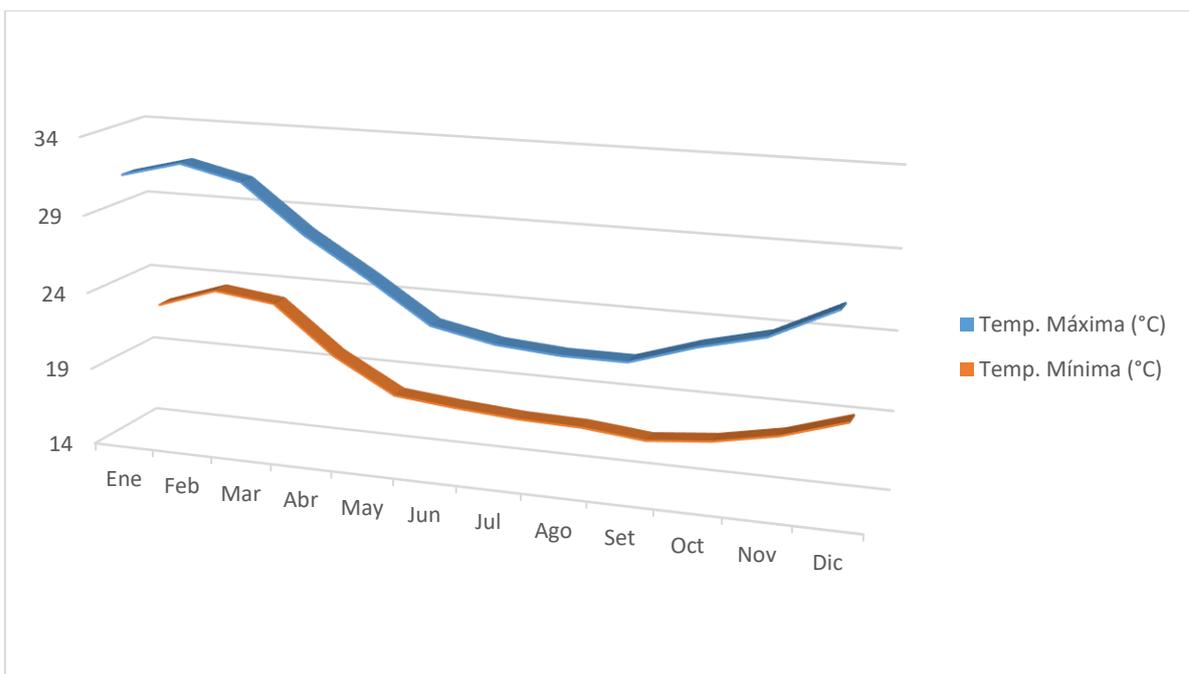
<b>Mes</b>	<b>Temp. Máxima (°C)</b>	<b>Temp. Mínima (°C)</b>
Ene	32.3	22.9
Feb	33.3	24.2
Mar	32.4	23.7

Abr	29.4	20.6
May	27	18.4
Jun	24.4	18
Jul	23.6	17.7
Ago	23.3	17.6
Set	23.3	17.2
Oct	24.6	17.6
Nov	25.6	18.4
Dic	27.6	19.7

Año 2021

Mes	Temp. Máxima (°C)	Temp. Mínima (°C)
Ene	31.5	22.1
Feb	32.5	23.4
Mar	31.6	22.9
Abr	28.6	19.8
May	26.2	17.6
Jun	23.6	17.2
Jul	22.8	16.9
Ago	22.5	16.8
Set	22.5	16.4
Oct	23.8	16.8
Nov	24.8	17.6
Dic	26.8	18.9

Fuente: SENAMHI, 2022.



#### Figura 4. Temperatura máxima y mínima en la Ciudad de Chiclayo

Fuente: SENAMHI, 2022.

El mayor valor de temperatura ocurre en el mes de febrero con un valor de 32.5°C y el menor valor de temperatura registrado es en el mes de Setiembre con un valor de 16.4°C, es decir existe un diferencial de 18.1°C durante el año. Es en este rango en el cual se evaluó la transferencia de calor en el equipo que intercambia calor en el sistema de refrigeración por absorción para el sistema de aire acondicionado de un vehículo liviano de 1300 cc de cilindrada, para uso de transporte público de pasajeros.

#### Intervalos de tiempo de mayor temperatura ambiental.

El sistema propuesto, es una alternativa adicional de operación del aire acondicionado en las horas de mayor temperatura del ambiente; es decir que el vehículo funciona con el sistema de aire acondicionado que posee, con sistema de refrigeración con compresión de vapor, en momentos en el cual la temperatura ambiente no alcanza valores que se determinan en función al balance de energía y masa. Es por ello que se analiza los valores de temperatura dentro de un periodo de tiempo, a fin de determinar el valor de mayor ocurrencia de temperatura. En la tabla 7, se tiene el registro de los valores horario de temperatura ambiente en la ciudad de Chiclayo.

Tabla 7. Valores Horarios de Temperatura.

Primera Medición

Meses	Años	Hora				
		10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00	14.00-15.00
Ene	2019	26.5	30.8	31.4	30.5	29.2
	2020	27.1	29.0	30.9	30.0	28.7
	2021	28.2	29.6	31.5	30.1	28.8
	2022	26.5	29.3	31.2	30.2	28.9
Feb	2019	29.3	31.2	32.2	31.2	29.9
	2020	27.8	30.6	32.5	31.6	30.3
	2021	29.8	30.2	32.1	30.5	28.6
	2022	30.4	30.7	32.6	29.2	27.9
Mar	2019	28.1	29.3	31.2	29.8	28.2
	2020	28.9	30.8	31.6	30.7	29.4

Meses	Años	Hora				
		10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00	14.00-15.00
	2021	28.0	29.6	31.5	30.6	29.3
	2022	27.6	29.5	31.4	30.5	29.2
Abr	2019	24.4	26.3	28.6	26.5	25.2
	2020	24.3	26.2	28.5	27.6	25.8
	2021	24.1	26.3	28.6	27.7	26.4
	2022	25.2	27.1	28.7	27.5	25.1
May	2019	23.5	25.4	26.2	25.3	24.0
	2020	20.1	23.5	25.8	24.9	23.6
	2021	20.1	22.5	24.8	23.9	22.6
	2022	20.1	23.8	26.1	25.2	23.9
Jun	2019	17.6	21.3	23.6	22.7	21.4
	2020	18.5	21.5	23.8	22.9	21.6
	2021	18.1	21.5	23.8	22.9	21.6
	2022	18.0	20.8	23.1	22.2	20.9
Jul	2019	18.6	20.5	22.8	21.9	20.6
	2020	17.9	19.8	22.1	21.2	19.9
	2021	18.7	20.6	22.9	22.0	20.7
	2022	18.9	20.8	23.1	21.8	20.5
Ago	2019	18.0	20.4	22.5	21.2	19.9
	2020	18.2	20.3	22.6	21.7	18.9
	2021	18.1	20.4	22.7	21.8	17.6
	2022	17.5	20.6	22.9	21.9	17.8
Set	2019	17.6	20.2	22.5	18.2	16.9
	2020	17.3	19.2	22.6	20.1	17.5
	2021	17.1	19.1	22.1	20.1	18.8
	2022	17.5	20.0	22.3	21.4	18.2
Oct	2019	19.3	21.2	22.9	20.8	17.5
	2020	18.5	20.8	23.3	19.8	18.5
	2021	18.9	20.8	23.1	18.8	17.5
	2022	18.1	20.1	21.5	17.6	16.3
Nov	2019	20.6	22.5	24.8	23.9	22.6
	2020	20.1	22.4	24.7	19.5	18.2
	2021	19.7	21.6	23.9	22.8	21.5
	2022	19.3	22.2	24.5	21.2	19.9
Dic	2019	21.2	24.5	26.8	24.8	21.2
	2020	23.2	24.5	26.8	23.5	22.2
	2021	24.1	24.6	26.9	26.0	23.5
	2022	24.3	24.8	27.1	26.2	23.1

Segunda Medición

Meses	Años	Hora				
		10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00	14.00-15.00

Ene	2019	26.6	30.9	31.5	30.6	29.3
	2020	27.2	29.1	31.0	30.1	28.8
	2021	28.3	29.7	31.6	30.2	28.9
	2022	26.6	29.4	31.3	30.3	29.0
Feb	2019	29.4	31.3	32.3	31.3	30.0
	2020	27.9	30.7	32.6	31.7	30.4
	2021	29.9	30.3	32.2	30.6	28.7
	2022	30.5	30.8	32.7	29.3	28.0
Mar	2019	28.2	29.4	31.3	29.9	28.3
	2020	29.0	30.9	31.7	30.8	29.5
	2021	28.1	29.7	31.6	30.7	29.4
	2022	27.7	29.6	31.5	30.6	29.3
Abr	2019	24.5	26.4	28.7	26.6	25.3
	2020	24.4	26.3	28.6	27.7	25.9
	2021	24.2	26.4	28.7	27.8	26.5
	2022	25.3	27.2	28.8	27.6	25.2
May	2019	23.6	25.5	26.3	25.4	24.1
	2020	20.2	23.6	25.9	25.0	23.7
	2021	20.2	22.6	24.9	24.0	22.7
	2022	20.2	23.9	26.2	25.3	24.0
Jun	2019	17.7	21.4	23.7	22.8	21.5
	2020	18.6	21.6	23.9	23.0	21.7
	2021	18.2	21.6	23.9	23.0	21.7
	2022	18.1	20.9	23.2	22.3	21.0
Jul	2019	18.7	20.6	22.9	22.0	20.7
	2020	18.0	19.9	22.2	21.3	20.0
	2021	18.8	20.7	23.0	22.1	20.8
	2022	19.0	20.9	23.2	21.9	20.6
Ago	2019	18.1	20.5	22.6	21.3	20.0
	2020	18.3	20.4	22.7	21.8	19.0
	2021	18.2	20.5	22.8	21.9	17.7
	2022	17.6	20.7	23.0	22.0	17.9
Set	2019	17.7	20.3	22.6	18.3	17.0
	2020	17.4	19.3	22.7	20.2	17.6
	2021	17.2	19.2	22.2	20.2	18.9
	2022	17.6	20.1	22.4	21.5	18.3
Oct	2019	19.4	21.3	23.0	20.9	17.6
	2020	18.6	20.9	23.4	19.9	18.6
	2021	19.0	20.9	23.2	18.9	17.6
	2022	18.2	20.2	21.6	17.7	16.4
Nov	2019	20.7	22.6	24.9	24.0	22.7
	2020	20.2	22.5	24.8	19.6	18.3
	2021	19.8	21.7	24.0	22.9	21.6

	2022	19.4	22.3	24.6	21.3	20.0
Dic	2019	21.3	24.6	26.9	24.9	21.3
	2020	23.3	24.6	26.9	23.6	22.3
	2021	24.2	24.7	27.0	26.1	23.6
	2022	24.4	24.9	27.2	26.3	23.2

Tercera Medición

Meses	Años	Hora				
		10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00	14.00-15.00
Ene	2019	26.7	31.0	31.6	30.7	29.4
	2020	27.3	29.2	31.1	30.2	28.9
	2021	28.4	29.8	31.7	30.3	29.0
	2022	26.7	29.5	31.4	30.4	29.1
Feb	2019	29.5	31.4	32.4	31.4	30.1
	2020	28.0	30.8	32.7	31.8	30.5
	2021	30.0	30.4	32.3	30.7	28.8
	2022	30.6	30.9	32.8	29.4	28.1
Mar	2019	28.3	29.5	31.4	30.0	28.4
	2020	29.1	31.0	31.8	30.9	29.6
	2021	28.2	29.8	31.7	30.8	29.5
	2022	27.8	29.7	31.6	30.7	29.4
Abr	2019	24.6	26.5	28.8	26.7	25.4
	2020	24.5	26.4	28.7	27.8	26.0
	2021	24.3	26.5	28.8	27.9	26.6
	2022	25.4	27.3	28.9	27.7	25.3
May	2019	23.7	25.6	26.4	25.5	24.2
	2020	20.3	23.7	26.0	25.1	23.8
	2021	20.3	22.7	25.0	24.1	22.8
	2022	20.3	24.0	26.3	25.4	24.1
Jun	2019	17.8	21.5	23.8	22.9	21.6
	2020	18.7	21.7	24.0	23.1	21.8
	2021	18.3	21.7	24.0	23.1	21.8
	2022	18.2	21.0	23.3	22.4	21.1
Jul	2019	18.8	20.7	23.0	22.1	20.8
	2020	18.1	20.0	22.3	21.4	20.1
	2021	18.9	20.8	23.1	22.2	20.9
	2022	19.1	21.0	23.3	22.0	20.7
Ago	2019	18.2	20.6	22.7	21.4	20.1
	2020	18.4	20.5	22.8	21.9	19.1
	2021	18.3	20.6	22.9	22.0	17.8
	2022	17.7	20.8	23.1	22.1	18.0
Set	2019	17.8	20.4	22.7	18.4	17.1

	2020	17.5	19.4	22.8	20.3	17.7
	2021	17.3	19.3	22.3	20.3	19.0
	2022	17.7	20.2	22.5	21.6	18.4
Oct	2019	19.5	21.4	23.1	21.0	17.7
	2020	18.7	21.0	23.5	20.0	18.7
	2021	19.1	21.0	23.3	19.0	17.7
	2022	18.3	20.3	21.7	17.8	16.5
Nov	2019	20.8	22.7	25.0	24.1	22.8
	2020	20.3	22.6	24.9	19.7	18.4
	2021	19.9	21.8	24.1	23.0	21.7
	2022	19.5	22.4	24.7	21.4	20.1
Dic	2019	21.4	24.7	27.0	25.0	21.4
	2020	23.4	24.7	27.0	23.7	22.4
	2021	24.3	24.8	27.1	26.2	23.7
	2022	24.5	25.0	27.3	26.4	23.3

Fuente: SENAMHI, 2022.

Se hizo el análisis de los datos de temperatura entre las 10:00 y 15:00 horas, que es dónde ocurre los mayores valores durante el día; en los 12 meses entre los años 2019 y 2022, obteniendo los indicadores de tendencia central y de dispersión. Los indicadores de tendencia central son la media, la moda y la mediana, y los indicadores de dispersión es la desviación estándar y la variancia.

Tabla 8. Indicadores estadísticos de Temperatura, entre 10:00 y 15:00 Horas

Item	Temperatura (°C)
Promedio	23.94
Moda	20.10
Mediana	23.10
Desviación estándar	4.25
Varianza	18.08

Fuente: Autoría Propia.

De la tabla 8, se puede mencionar:

- a) La temperatura promedio anual, es el valor que se obtiene del promedio de las temperaturas medias registradas en cada uno de los meses del año, siendo para la ciudad de Chiclayo de 23.94°C, comprendido entre las 10:00 y 15:00 horas.

- b) La moda de la temperatura, es el valor de temperatura más frecuente, es decir, el número que se repite el mayor número de veces, durante los 4 años de análisis, siendo para la ciudad de Chiclayo de 20.1°C, comprendido entre las 10:00 y 15:00 horas.
- c) La mediana de la temperatura, es el valor de temperatura intermedio de los valores de temperatura de 4 años; es decir, la mitad de los valores de temperatura son superiores a 23.10 °C y la mitad de los valores de temperatura tienen valores menores que 23.10°C, comprendido entre las 10:00 y 15:00 horas.
- d) La desviación estándar de la temperatura, mide la dispersión de los valores de temperatura. Entre más dispersa está la distribución de datos de temperatura de los 4 años de análisis, más grande es su desviación estándar; para éste caso, es de 4.25°C, comprendido entre las 10:00 y 15:00 horas.
- e) La varianza de la temperatura, es una medida de dispersión que representa la variabilidad de los datos de temperatura durante los 4 años de análisis, con respecto a su media. Para éste caso es de 18.08°C, comprendido entre las 10:00 y 15:00 horas.

Para determinar el valor de temperatura que se utilizó en el diseño del intercambiador de calor del sistema de refrigeración por absorción, al mostrar una dispersión de 3.98°C con respecto al valor promedio de temperatura que es de 23.94°C, y teniendo en cuenta que la temperatura sigue una distribución normal, se consideró el valor promedio, comprendido entre las 11:00 y 14.00 horas, determinado nuevos indicadores estadísticos, los cuales se muestran en la tabla 9, con un valor promedio de 25°C, con dispersión de 3.98°C; siendo éste valor promedio, el que se utiliza en los cálculos de balance de energía en el intercambiador de calor del sistema de refrigeración por absorción.

Tabla 9. Indicadores estadísticos de Temperatura, entre 11:00 y 14:00 Horas

Item	Temperatura (°C)
Promedio	25.00
Moda	20.80
Mediana	23.90
Desviación estándar	3.98

Varianza	15.84
----------	-------

Fuente: Autoría Propia.

### 3.3. Hacer el dimensionamiento de los elementos que conforman el sistema de aire acondicionado por absorción solar

#### Carga térmica en el interior del vehículo liviano.

Para determinar la carga térmica que requiere el interior del vehículo liviano, se realiza el análisis del intercambio de calor por convección que ocurre entre el aire exterior y las puertas, ventanas, techo y piso del vehículo; en principio se tiene las dimensiones y materiales que tiene el vehículo liviano, tal como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Dimensiones de carrocería de vehículo liviano

#### Vehículo 1

Items	Material	Cantidad	Area (m2)	Area total (m2)
Puertas	Aleación hierro 1.5mm	4	0.35	1.4
Ventanas	Vidrio Templado 8mm	4	0.31	1.24
Techo	fibra de carbono	1	2.45	2.45
Piso	Aleación hierro 2.5mm	1	2.35	2.35
Parabrisas delantera	Vidro templado 10 mm	1	0.74	0.74
Parabrisas posterior	Vidro templado 10 mm	1	0.53	0.53

#### Vehículo 2

Items	Material	Cantidad	Area (m2)	Area total (m2)
Puertas	Aleación hierro 1.5mm	4	0.85	3.4

Ventanas	Vidrio Templado 8mm	4	0.81	3.24
Techo	fibra de carbono	1	2.95	2.95
Piso	Aleación hierro 2.5mm	1	2.85	2.85
Parabrisas delantera	Vidro templado 10 mm	1	1.24	1.24
Parabrisas posterior	Vidro templado 10 mm	1	1.03	1.03

*Vehículo 3*

Items	Material	Cantidad	Area (m2)	Area total (m2)
Puertas	Aleación hierro 1.5mm	4	0.94	3.774
Ventanas	Vidrio Templado 8mm	4	0.90	3.5964
Techo	fibra de carbono	1	3.27	3.2745
Piso	Aleación hierro 2.5mm	1	3.16	3.1635
Parabrisas delantera	Vidro templado 10 mm	1	1.38	1.3764
Parabrisas posterior	Vidro templado 10 mm	1	1.14	1.1433

*Vehículo 4.*

Items	Material	Cantidad	Area (m2)	Area total (m2)
Puertas	Aleación hierro 1.5mm	4	1.05	4.18914
Ventanas	Vidrio Templado 8mm	4	1.00	3.992004
Techo	fibra de carbono	1	3.63	3.634695
Piso	Aleación hierro 2.5mm	1	3.51	3.511485
Parabrisas delantera	Vidro templado 10 mm	1	1.53	1.527804
Parabrisas posterior	Vidro templado 10 mm	1	1.27	1.269063

*Vehículo 5*

Items	Material	Cantidad	Area (m2)	Area total (m2)
Puertas	Aleación hierro 1.5mm	4	0.94	3.774
Ventanas	Vidrio Templado 8mm	4	0.90	3.5964
Techo	fibra de carbono	1	3.27	3.2745

Piso	Aleación hierro 2.5mm	1	3.16	3.1635
Parabrisas delantera	Vidrio templado 10 mm	1	1.38	1.3764
Parabrisas posterior	Vidrio templado 10 mm	1	1.14	1.1433

*Vehículo 6*

Items	Material	Cantidad	Area (m2)	Area total (m2)
Puertas	Aleación hierro 1.5mm	4	0.85	3.4
Ventanas	Vidrio Templado 8mm	4	0.81	3.24
Techo	fibra de carbono	1	2.95	2.95
Piso	Aleación hierro 2.5mm	1	2.85	2.85
Parabrisas delantera	Vidrio templado 10 mm	1	1.24	1.24
Parabrisas posterior	Vidrio templado 10 mm	1	1.03	1.03

*Vehículo 7*

Items	Material	Cantidad	Area (m2)	Area total (m2)
Puertas	Aleación hierro 1.5mm	4	0.83	3.300971
Ventanas	Vidrio Templado 8mm	4	0.79	3.145631
Techo	fibra de carbono	1	2.86	2.864078
Piso	Aleación hierro 2.5mm	1	2.77	2.76699
Parabrisas delantera	Vidrio templado 10 mm	1	1.20	1.203883
Parabrisas posterior	Vidrio templado 10 mm	1	1.00	1

*Vehículo 8*

Items	Material	Cantidad	Area (m2)	Area total (m2)
Puertas	Aleación hierro 1.5mm	4	0.81	3.236246
Ventanas	Vidrio Templado 8mm	4	0.77	3.083952
Techo	fibra de carbono	1	2.81	2.807919

Piso	Aleación hierro 2.5mm	1	2.71	2.712736
Parabrisas delantera	Vidro templado 10 mm	1	1.18	1.180278
Parabrisas posterior	Vidro templado 10 mm	1	0.98	0.980392

#### *Vehículo 9*

Items	Material	Cantidad	Area (m2)	Area total (m2)
Puertas	Aleación hierro 1.5mm	4	0.79	3.17279
Ventanas	Vidrio Templado 8mm	4	0.76	3.023482
Techo	fibra de carbono	1	2.75	2.752862
Piso	Aleación hierro 2.5mm	1	2.66	2.659545
Parabrisas delantera	Vidro templado 10 mm	1	1.16	1.157135
Parabrisas posterior	Vidro templado 10 mm	1	0.96	0.961169

#### *Vehículo 10*

Items	Material	Cantidad	Area (m2)	Area total (m2)
Puertas	Aleación hierro 1.5mm	4	0.67	2.66621
Ventanas	Vidrio Templado 8mm	4	0.64	2.540741
Techo	fibra de carbono	1	2.31	2.313329
Piso	Aleación hierro 2.5mm	1	2.23	2.234912
Parabrisas delantera	Vidro templado 10 mm	1	0.97	0.972383
Parabrisas posterior	Vidro templado 10 mm	1	0.81	0.807705

Fuente: Manual del fabricante.

#### **Cálculo de la transferencia de calor por convección.**

El cálculo de la transferencia de calor por convección por el aire exterior, está en función a la velocidad en la cual se desplaza el vehículo liviano; las velocidades de desplazamiento son las que dispuso del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

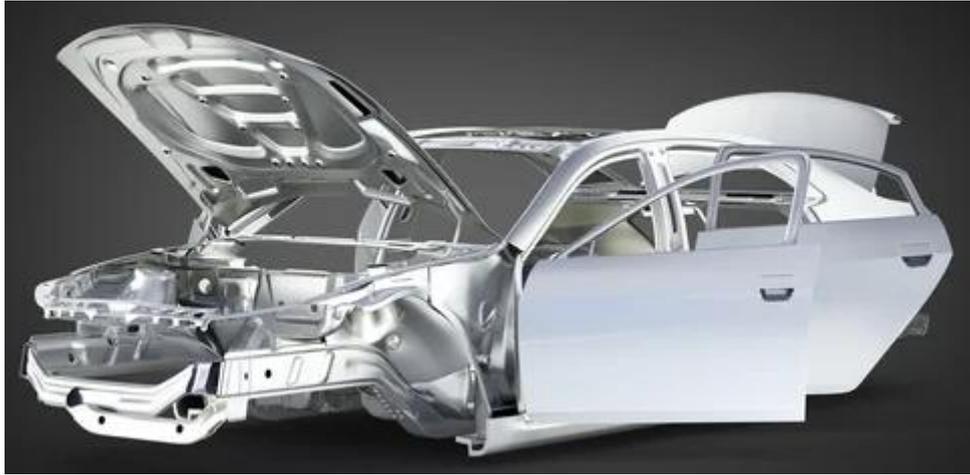


Figura 5. Geometría de carrocería de vehículo liviano.

Fuente: Manual de fabricante, 2022

Para el análisis de la transferencia de calor por convección, se utiliza la expresión de Fourier, es decir se determina a diferentes velocidades del vehículo, como se produce la transferencia de calor del aire exterior hacia el interior del vehículo, dicha ecuación es:

$$Q = h \cdot A \cdot (T_s - T_m)$$

Dónde:

Q: Tasa de transferencia de calor, en KJ/s.

h: Coeficiente convectivo de transferencia de calor, en KJ/(s. m<sup>2</sup>.°C)

T<sub>s</sub>: Temperatura exterior de la carrocería, en °C.

T<sub>m</sub>: Temperatura de la superficie de la carrocería, en °C.

Se determinó la temperatura promedio, mediante:

$$T_f = \frac{T_s + T_m}{2}$$

Dónde:

Tf: Temperatura Promedio entre el aire exterior y temperatura de carrocería, en °C.

Ts: Temperatura exterior de la carrocería, en °C.

Tm: Temperatura de la superficie de la carrocería, en °C.

Así mismo se hizo la evaluación de la variación del coeficiente convectivo de transferencia de calor, el cual está en función al número adimensional de Nusselt (Nu) es un número adimensional que mide el aumento de la transmisión de calor desde una superficie por la que un fluido discurre (transferencia de calor por convección) comparada con la transferencia de calor si ésta ocurriera solamente por conducción.

El Número adimensional de Nusselt (Nu), en función al coeficiente de transferencia de calor por convección, se expresa de la forma siguiente:

$$h = \frac{Nu * K}{L}$$

Dónde:

h: Coeficiente convectivo de transferencia de calor, en KJ/(s. m<sup>2</sup>.°C)

Nu: Número adimensional de Nusselt (Sin unidades)

k: Coeficiente de transferencia de calor por conducción.

L: Longitud de paso del fluido, en m.

La determinación del Número de Nusselt para placas expuestas al flujo de aire exterior, y con la condición de flujo turbulento del aire, en el cual el número adimensional de Reynold es mayor a los 50000, que es el caso de la mayoría de forma de flujo de aire en superficies en movimiento; se tiene que el número de Nusselt, es:

$$Nu = 0.0296 Re^{0.8} \cdot Pr^{1/3}$$

Dónde:

Nu: Número adimensional de Nusselt (Sin unidades)

Re: Número adimensional de Reynolds (Sin unidades)

Pr: Número de Prandtl (Sin unidades)

El número adimensional de Reynolds, da las características del fluido, ya que es el cociente de la fuerza de inercia sobre un elemento de fluido, entre la fuerza viscosa, también permite caracterizar la naturaleza del flujo, es decir, si se trata de un flujo laminar o turbulento; y se expresa:

$$Re = \frac{V \cdot L}{\mu}$$

Dónde:

Re: Número de Reynolds.

V: Velocidad del aire exterior, en m/s.

L: Longitud que atraviesa el aire, en m.

$\mu$ : Viscosidad Dinámica, en N.s/m<sup>2</sup>.

Con la combinación de las expresiones descritas anteriormente, se determina el flujo de calor por convección desde el aire exterior hacia el interior del vehículo, a diferentes velocidades con la cual se desplaza la unidad, y se evaluó como es el flujo de calor por cada una de las áreas de transferencia de calor.

El análisis se hizo para la variación de velocidad desde 5km/h hasta los 60 km/h, con una variación de 1 km/h, es decir.

Tabla 11. Velocidades del vehículo para cálculo de transferencia de calor

Velocidad km/h	Velocidad m/s				
5	1.39	24.5	6.81	44.5	12.36
5.5	1.53	25	6.94	45	12.50
6	1.67	25.5	7.08	45.5	12.64
6.5	1.81	26	7.22	46	12.78
7	1.94	26.5	7.36	46.5	12.92
7.5	2.08	27	7.50	47	13.06
8	2.22	27.5	7.64	47.5	13.19
8.5	2.36	28	7.78	48	13.33
9	2.50	28.5	7.92	48.5	13.47
9.5	2.64	29	8.06	49	13.61
10	2.78	29.5	8.19	49.5	13.75
10.5	2.92	30	8.33	50	13.89
11	3.06	30.5	8.47	50.5	14.03
11.5	3.19	31	8.61	51	14.17
12	3.33	31.5	8.75	51.5	14.31
12.5	3.47	32	8.89	52	14.44
13	3.61	32.5	9.03	52.5	14.58
13.5	3.75	33	9.17	53	14.72
14	3.89	33.5	9.31	53.5	14.86
14.5	4.03	34	9.44	54	15.00
15	4.17	34.5	9.58	54.5	15.14
15.5	4.31	35	9.72	55	15.28
16	4.44	35.5	9.86	55.5	15.42
16.5	4.58	36	10.00	56	15.56
17	4.72	36.5	10.14	56.5	15.69
17.5	4.86	37	10.28	57	15.83
18	5.00	37.5	10.42	57.5	15.97
18.5	5.14	38	10.56	58	16.11
19	5.28	38.5	10.69	58.5	16.25
19.5	5.42	39	10.83	59	16.39
20	5.56	39.5	10.97	59.5	16.53
20.5	5.69	40	11.11	60	16.67
21	5.83	40.5	11.25	60.5	16.81
21.5	5.97	41	11.39	61	16.94
22	6.11	41.5	11.53	61.5	17.08
22.5	6.25	42	11.67	62	17.22
23	6.39	42.5	11.81	62.5	17.36
23.5	6.53	43	11.94	63	17.50
24	6.67	43.5	12.08	63.5	17.64
		44	12.22	64	17.78

64.5	17.92
65	18.06
65.5	18.19
66	18.33
66.5	18.47
67	18.61
67.5	18.75
68	18.89
68.5	19.03
69	19.17
69.5	19.31

70	19.44
70.5	19.58
71	19.72
71.5	19.86
72	20.00
72.5	20.14
73	20.28
73.5	20.42
74	20.56
74.5	20.69
75	20.83

75.5	20.97
76	21.11
76.5	21.25
77	21.39
77.5	21.53
78	21.67
78.5	21.81
79	21.94
79.5	22.08
80	22.22

Fuente: Autoría Propia.

Con ello, y teniendo en cuenta los valores de densidad del aire a diferentes temperaturas, los cuales se obtuvieron de las tablas de propiedades del aire atmosférico, se realizó el cálculo de flujo de calor por convección a diferentes velocidades del vehículo, para las diferentes áreas de transferencia de calor.

Tabla 12. Flujo de calor por convección a diferentes velocidades en carrocería de vehículo liviano.

Zona	Area (m <sup>2</sup> )	Longitud (m)	Velocidad km/h	Ts (°C)	Tm (°C)	Tf (°C)	k Conductividad W/m.K	Viscosidad m <sup>2</sup> /s	N° Reynolds.	N° Prantdl	Número Nusselt	Coficiente convectivo (h) W/m <sup>2</sup> .K	Flujo de calor KJ/s
Puertas	1.4	1.35	5.000	25	17.5	21	0.02514	0.0000147	127551	0.7308	323.92	6.03	31.67
			6.000						153061		374.79	6.98	36.64
			7.000						178571		423.98	7.90	41.45
			8.000						204082		471.77	8.79	46.12
			9.000						229592		518.39	9.65	50.68
			10.000						255102		563.98	10.50	55.14
			11.000						280612		608.66	11.33	59.51
			12.000						306122		652.54	12.15	63.80
			13.000						331633		695.69	12.96	68.02
			14.000						357143		738.19	13.75	72.17
			15.000						382653		780.07	14.53	76.27
			16.000						408163		821.41	15.30	80.31
			17.000						433673		862.23	16.06	84.30
			18.000						459184		902.57	16.81	88.24
			19.000						484694		942.47	17.55	92.14
			20.000						510204		981.94	18.29	96.00
			21.000						535714		1021.03	19.01	99.82
			22.000						561224		1059.74	19.73	103.61
			23.000						586735		1098.11	20.45	107.36
			24.000						612245		1136.14	21.16	111.08
25.000	637755	1173.86	21.86	114.76									
26.000	663265	1211.27	22.56	118.42									
27.000	688776	1248.40	23.25	122.05									
28.000	714286	1285.25	23.93	125.66									

			29.000					739796		1321.85	24.62	129.23
			30.000					765306		1358.19	25.29	132.79
			31.000					790816		1394.29	25.96	136.31
			32.000					816327		1430.15	26.63	139.82
			33.000					841837		1465.80	27.30	143.31
			34.000					867347		1501.23	27.96	146.77
			35.000					892857		1536.45	28.61	150.21
			36.000					918367		1571.47	29.26	153.64
			37.000					943878		1606.29	29.91	157.04
			38.000					969388		1640.93	30.56	160.43
			39.000					994898		1675.38	31.20	163.80
			40.000					1020408		1709.66	31.84	167.15
			41.000					1045918		1743.77	32.47	170.48
			42.000					1071429		1777.72	33.11	173.80
			43.000					1096939		1811.50	33.73	177.10
			44.000					1122449		1845.12	34.36	180.39
			45.000					1147959		1878.59	34.98	183.66
			46.000					1173469		1911.92	35.60	186.92
			47.000					1198980		1945.10	36.22	190.17
			48.000					1224490		1978.13	36.84	193.40
			49.000					1250000		2011.04	37.45	196.61
			50.000					1275510		2043.80	38.06	199.82
			5.000					142668		354.29	5.90	27.43
			6.000					171202		409.92	6.82	31.74
			7.000					199735		463.72	7.72	35.90
Ventanas	1.24	1.51	8.000	25	17.5	21	0.02514	0.0000147	0.7308	516.00	8.59	39.95
			9.000							566.98	9.44	43.89
			10.000							616.85	10.27	47.75
			11.000							665.72	11.08	51.54

		12.000				342404	713.71	11.88	55.25
		13.000				370937	760.91	12.67	58.91
		14.000				399471	807.38	13.44	62.51
		15.000				428005	853.20	14.20	66.05
		16.000				456538	898.41	14.96	69.55
		17.000				485072	943.05	15.70	73.01
		18.000				513605	987.18	16.44	76.43
		19.000				542139	1030.81	17.16	79.80
		20.000				570673	1073.99	17.88	83.15
		21.000				599206	1116.74	18.59	86.46
		22.000				627740	1159.09	19.30	89.73
		23.000				656274	1201.05	20.00	92.98
		24.000				684807	1242.64	20.69	96.20
		25.000				713341	1283.89	21.38	99.40
		26.000				741875	1324.82	22.06	102.56
		27.000				770408	1365.43	22.73	105.71
		28.000				798942	1405.74	23.40	108.83
		29.000				827475	1445.76	24.07	111.93
		30.000				856009	1485.51	24.73	115.00
		31.000				884543	1524.99	25.39	118.06
		32.000				913076	1564.22	26.04	121.10
		33.000				941610	1603.20	26.69	124.12
		34.000				970144	1641.95	27.34	127.12
		35.000				998677	1680.47	27.98	130.10
		36.000				1027211	1718.78	28.62	133.06
		37.000				1055745	1756.87	29.25	136.01
		38.000				1084278	1794.75	29.88	138.95
		39.000				1112812	1832.44	30.51	141.86
		40.000				1141345	1869.93	31.13	144.77

			41.000						1169879		1907.24	31.75	147.65
			42.000						1198413		1944.36	32.37	150.53
			43.000						1226946		1981.31	32.99	153.39
			44.000						1255480		2018.09	33.60	156.24
			45.000						1284014		2054.70	34.21	159.07
			46.000						1312547		2091.14	34.82	161.89
			47.000						1341081		2127.43	35.42	164.70
			48.000						1369615		2163.57	36.02	167.50
			49.000						1398148		2199.55	36.62	170.28
			50.000						1426682		2235.39	37.22	173.06
			5.000						174792		416.78	5.66	52.04
			6.000						209751		482.23	6.55	60.21
			7.000						244709		545.52	7.41	68.11
			8.000						279667		607.02	8.25	75.79
			9.000						314626		667.00	9.06	83.28
			10.000						349584		725.66	9.86	90.60
			11.000						384543		783.15	10.64	97.78
			12.000						419501		839.61	11.41	104.83
			13.000						454460		895.13	12.16	111.76
Techo	2.45	1.85	14.000	25	17.5	21	0.02514	0.0000147	489418	0.7308	949.81	12.91	118.58
			15.000						524376		1003.71	13.64	125.31
			16.000						559335		1056.89	14.36	131.95
			17.000						594293		1109.41	15.08	138.51
			18.000						629252		1161.32	15.78	144.99
			19.000						664210		1212.65	16.48	151.40
			20.000						699169		1263.45	17.17	157.74
			21.000						734127		1313.74	17.85	164.02
			22.000						769085		1363.55	18.53	170.24
			23.000						804044		1412.91	19.20	176.40

			24.000						839002		1461.85	19.87	182.51
			25.000						873961		1510.38	20.52	188.57
			26.000						908919		1558.52	21.18	194.58
			27.000						943878		1606.29	21.83	200.55
			28.000						978836		1653.71	22.47	206.47
			29.000						1013794		1700.79	23.11	212.35
			30.000						1048753		1747.55	23.75	218.18
			31.000						1083711		1794.00	24.38	223.98
			32.000						1118670		1840.15	25.01	229.74
			33.000						1153628		1886.01	25.63	235.47
			34.000						1188587		1931.60	26.25	241.16
			35.000						1223545		1976.91	26.86	246.82
			36.000						1258503		2021.97	27.48	252.44
			37.000						1293462		2066.78	28.09	258.04
			38.000						1328420		2111.35	28.69	263.60
			39.000						1363379		2155.68	29.29	269.14
			40.000						1398337		2199.79	29.89	274.65
			41.000						1433296		2243.68	30.49	280.12
			42.000						1468254		2287.35	31.08	285.58
			43.000						1503212		2330.82	31.67	291.00
			44.000						1538171		2374.08	32.26	296.41
			45.000						1573129		2417.15	32.85	301.78
			46.000						1608088		2460.02	33.43	307.14
			47.000						1643046		2502.72	34.01	312.47
			48.000						1678005		2545.23	34.59	317.77
			49.000						1712963		2587.56	35.16	323.06
			50.000						1747921		2629.72	35.74	328.32
Piso	2.35	1.91	5.000	25	17.5	21	0.02514	0.0000147	180461	0.7308	427.56	5.63	49.59
			6.000						209751		482.23	6.35	55.94

		7.000				244709	545.52	7.18	63.28
		8.000				279667	607.02	7.99	70.41
		9.000				314626	667.00	8.78	77.37
		10.000				349584	725.66	9.55	84.17
		11.000				384543	783.15	10.31	90.84
		12.000				419501	839.61	11.05	97.39
		13.000				454460	895.13	11.78	103.83
		14.000				489418	949.81	12.50	110.17
		15.000				524376	1003.71	13.21	116.42
		16.000				559335	1056.89	13.91	122.59
		17.000				594293	1109.41	14.60	128.68
		18.000				629252	1161.32	15.29	134.70
		19.000				664210	1212.65	15.96	140.66
		20.000				699169	1263.45	16.63	146.55
		21.000				734127	1313.74	17.29	152.38
		22.000				769085	1363.55	17.95	158.16
		23.000				804044	1412.91	18.60	163.89
		24.000				839002	1461.85	19.24	169.56
		25.000				873961	1510.38	19.88	175.19
		26.000				908919	1558.52	20.51	180.78
		27.000				943878	1606.29	21.14	186.32
		28.000				978836	1653.71	21.77	191.82
		29.000				1013794	1700.79	22.39	197.28
		30.000				1048753	1747.55	23.00	202.70
		31.000				1083711	1794.00	23.61	208.09
		32.000				1118670	1840.15	24.22	213.44
		33.000				1153628	1886.01	24.82	218.76
		34.000				1188587	1931.60	25.42	224.05
		35.000				1223545	1976.91	26.02	229.31

			36.000						1258503		2021.97	26.61	234.53
			37.000						1293462		2066.78	27.20	239.73
			38.000						1328420		2111.35	27.79	244.90
			39.000						1363379		2155.68	28.37	250.04
			40.000						1398337		2199.79	28.95	255.16
			41.000						1433296		2243.68	29.53	260.25
			42.000						1468254		2287.35	30.11	265.32
			43.000						1503212		2330.82	30.68	270.36
			44.000						1538171		2374.08	31.25	275.38
			45.000						1573129		2417.15	31.82	280.37
			46.000						1608088		2460.02	32.38	285.35
			47.000						1643046		2502.72	32.94	290.30
			48.000						1678005		2545.23	33.50	295.23
			49.000						1712963		2587.56	34.06	300.14
			50.000						1747921		2629.72	34.61	305.03
Parabrisa delantero	0.74	1.34	5.000	25	17.5	21	0.02514	0.0000147	0.7308	126606	322.00	6.04	16.76
			6.000							209751	482.23	9.05	25.11
			7.000							244709	545.52	10.23	28.40
			8.000							279667	607.02	11.39	31.60
			9.000							314626	667.00	12.51	34.73
			10.000							349584	725.66	13.61	37.78
			11.000							384543	783.15	14.69	40.77
			12.000							419501	839.61	15.75	43.71
			13.000							454460	895.13	16.79	46.60
			14.000							489418	949.81	17.82	49.45
			15.000							524376	1003.71	18.83	52.26
			16.000							559335	1056.89	19.83	55.02
			17.000							594293	1109.41	20.81	57.76
18.000	629252	1161.32	21.79	60.46									

		19.000			664210	1212.65	22.75	63.13
		20.000			699169	1263.45	23.70	65.78
		21.000			734127	1313.74	24.65	68.40
		22.000			769085	1363.55	25.58	70.99
		23.000			804044	1412.91	26.51	73.56
		24.000			839002	1461.85	27.43	76.11
		25.000			873961	1510.38	28.34	78.63
		26.000			908919	1558.52	29.24	81.14
		27.000			943878	1606.29	30.14	83.63
		28.000			978836	1653.71	31.03	86.10
		29.000			1013794	1700.79	31.91	88.55
		30.000			1048753	1747.55	32.79	90.98
		31.000			1083711	1794.00	33.66	93.40
		32.000			1118670	1840.15	34.52	95.80
		33.000			1153628	1886.01	35.38	98.19
		34.000			1188587	1931.60	36.24	100.56
		35.000			1223545	1976.91	37.09	102.92
		36.000			1258503	2021.97	37.93	105.27
		37.000			1293462	2066.78	38.78	107.60
		38.000			1328420	2111.35	39.61	109.92
		39.000			1363379	2155.68	40.44	112.23
		40.000			1398337	2199.79	41.27	114.53
		41.000			1433296	2243.68	42.09	116.81
		42.000			1468254	2287.35	42.91	119.08
		43.000			1503212	2330.82	43.73	121.35
		44.000			1538171	2374.08	44.54	123.60
		45.000			1573129	2417.15	45.35	125.84
		46.000			1608088	2460.02	46.15	128.07
		47.000			1643046	2502.72	46.95	130.30

			48.000					1678005		2545.23	47.75	132.51	
			49.000					1712963		2587.56	48.55	134.71	
			50.000					1747921		2629.72	49.34	136.91	
Parabrisa posterior	0.53	1.12	5.000	25	17.5	21	0.02514	0.0000147	0.7308	105820	278.96	6.26	12.45
			6.000							209751	482.23	10.82	21.51
			7.000							244709	545.52	12.25	24.34
			8.000							279667	607.02	13.63	27.08
			9.000							314626	667.00	14.97	29.76
			10.000							349584	725.66	16.29	32.37
			11.000							384543	783.15	17.58	34.94
			12.000							419501	839.61	18.85	37.46
			13.000							454460	895.13	20.09	39.93
			14.000							489418	949.81	21.32	42.37
			15.000							524376	1003.71	22.53	44.78
			16.000							559335	1056.89	23.72	47.15
			17.000							594293	1109.41	24.90	49.49
			18.000							629252	1161.32	26.07	51.81
			19.000							664210	1212.65	27.22	54.10
			20.000							699169	1263.45	28.36	56.37
			21.000							734127	1313.74	29.49	58.61
			22.000							769085	1363.55	30.61	60.83
			23.000							804044	1412.91	31.71	63.03
			24.000							839002	1461.85	32.81	65.22
25.000	873961	1510.38	33.90	67.38									
26.000	908919	1558.52	34.98	69.53									
27.000	943878	1606.29	36.06	71.66									
28.000	978836	1653.71	37.12	73.78									
29.000	1013794	1700.79	38.18	75.88									
30.000	1048753	1747.55	39.23	77.96									

		31.000				1083711	1794.00	40.27	80.03
		32.000				1118670	1840.15	41.30	82.09
		33.000				1153628	1886.01	42.33	84.14
		34.000				1188587	1931.60	43.36	86.17
		35.000				1223545	1976.91	44.37	88.19
		36.000				1258503	2021.97	45.39	90.20
		37.000				1293462	2066.78	46.39	92.20
		38.000				1328420	2111.35	47.39	94.19
		39.000				1363379	2155.68	48.39	96.17
		40.000				1398337	2199.79	49.38	98.14
		41.000				1433296	2243.68	50.36	100.10
		42.000				1468254	2287.35	51.34	102.04
		43.000				1503212	2330.82	52.32	103.98
		44.000				1538171	2374.08	53.29	105.91
		45.000				1573129	2417.15	54.26	107.83
		46.000				1608088	2460.02	55.22	109.75
		47.000				1643046	2502.72	56.18	111.65
		48.000				1678005	2545.23	57.13	113.55
		49.000				1712963	2587.56	58.08	115.44
		50.000				1747921	2629.72	59.03	117.32

Fuente: Autoría Propia

Para las condiciones en las cuales se alcanzan velocidades de 60 km/h, se resumen los valores de calor transferido por convección, y se obtiene un valor de 1260 Watt, tal como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Calor por convección a 60 km/h

Items	Material	Calor por convección (Watt)
Puertas	Aleación hierro 1.5mm	199.8
Ventanas	Vidrio Templado 8mm	173.1
Techo	fibra de carbono	328.3
Piso	Aleación hierro 2.5mm	305.0
Parabrisas delantera	Vidro templado 10 mm	136.9
Parabrisas posterior	Vidro templado 10 mm	117.3
Total		1260.5

Fuente: Autoría Propia.

### 3.3.1. Elementos del sistema de refrigeración por absorción.

Los elementos que conforman el sistema de refrigeración por absorción que se emplean en el sistema de aire acondicionado de un vehículo liviano, y que opera entre las 11.00 y 14.00 horas, como un sistema adicional de aire acondicionado al existente; los elementos básicos son el condensador, evaporador, absorbedor y generador, tal como se muestra en la figura 5.

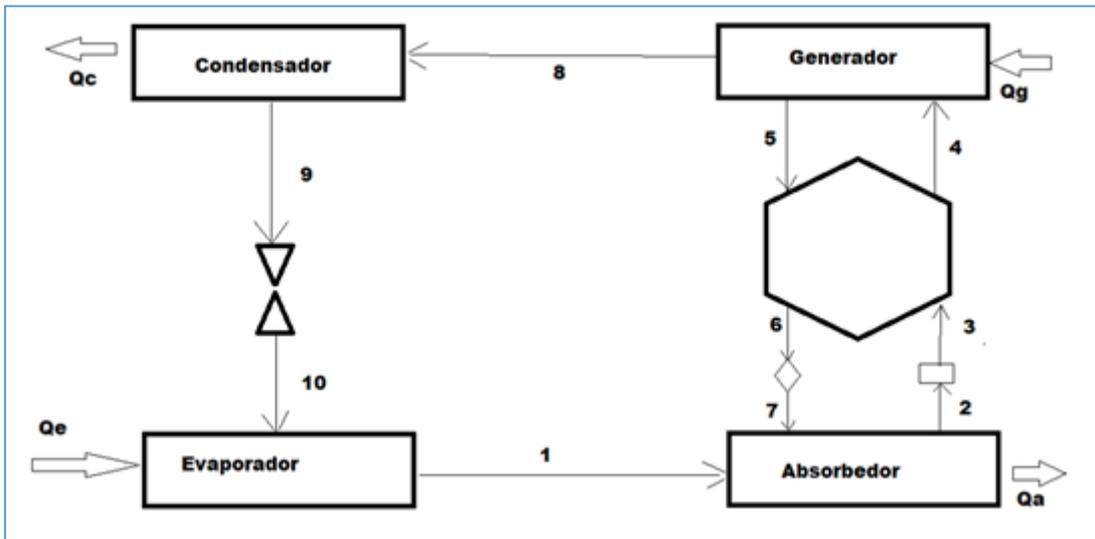


Figura 6. Procesos termodinámico Refrigeración por absorción

Fuente: Manual del Ingeniero Químico, 2018.

Existe flujo de calor desde el exterior y hacia el exterior del vehículo, siendo:

$Q_e$ : Calor que ingresa al evaporador.

$Q_a$ : Calor cedido por el absorbedor.

$Q_g$ : Calor que ingresa al generador.

$Q_c$ : Calor cedido por el condensador.

### **3.3.2. Selección de dispositivos del sistema de refrigeración por absorción.**

El dimensionamiento de los dispositivos del sistema de refrigeración por absorción que se emplean en el aire acondicionado del vehículo liviano, se realizó en función a la carga térmica, la que está dada por el flujo de calor que se lleva el aire exterior al momento en el cual el vehículo se desplaza a una determinada velocidad.

Haciendo un balance global de energía térmica, de acuerdo a la ley de la conservación de la energía, se tiene que:

$$Q_e + Q_c + Q_a + Q_g - W_b = 0$$

En donde:

Q<sub>e</sub>: Calor que ingresa al evaporador.

Q<sub>a</sub>: Calor cedido por el absorbedor.

Q<sub>g</sub>: Calor que ingresa al generador.

Q<sub>c</sub>: Calor cedido por el condensador.

W<sub>b</sub>: Trabajo de la bomba.

En el balance de energía en el generador del sistema, se tiene:

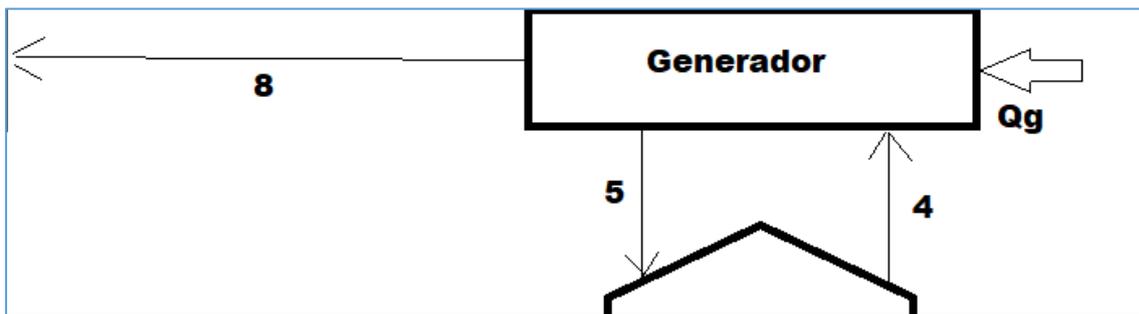


Figura 7. Balance térmico en generador.

Fuente: Manual del Ingeniero Químico, 2018.

La ecuación de balance térmico:

$$m_8 \cdot h_8 + m_5 \cdot h_5 = m_3 \cdot h_3 + Q_g$$

Dónde:

$m_8$ : Flujo másico del generador hacia el condensador (kg/s)

$h_8$ : Entalpía del fluido que sale generador al condensador (en KJ/Kg)

$m_5$ : Flujo másico del generador al intercambiador de calor. (en Kg/s)

$h_5$ : Entalpía del fluido del generador al intercambiado de calor. (en KJ/Kg)

$m_4$ : Flujo másico del generador al intercambiador de (en Kg/s)

$h_4$ : Entalpía del fluido del generador al intercambiador de calor (en KJ/Kg)

$Q_g$ : Calor al generador, proveniente de la energía solar. (en W). Es aquí donde se produce el ingreso de la energía que activa al sistema del aire acondicionado; el ingreso de energía térmica del sol, se da por la temperatura del medio exterior, y según lo determinado en el ítem 4.2, el valor promedio entre las 11 y 14 horas es de 25°C.

En el balance de energía en el evaporador, se estableció que el calor que se requiere conservar es el que se extrae por convección debido a la transferencia con el aire exterior a diferentes velocidades del vehículo liviano; para una velocidad de 60 km/h, el calor es de 1260.5 Watt

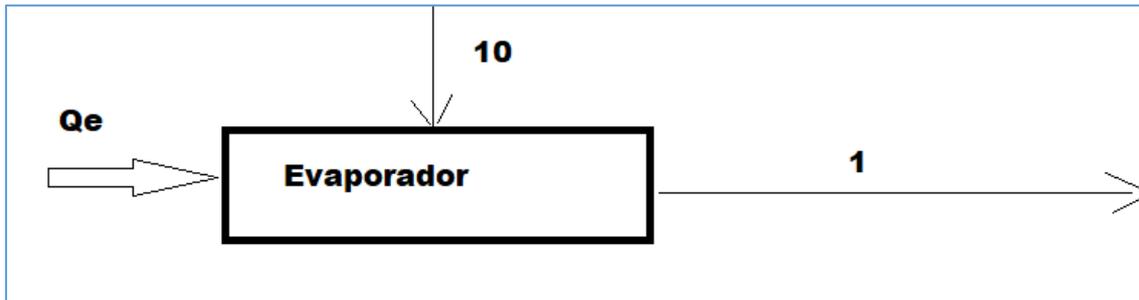


Figura 8. Balance Térmico en evaporador.

Fuente: Manual del Ingeniero Químico, 2018.

La ecuación de balance térmico:

$$Q_e = m_1 \cdot h_1 - m_{10} \cdot h_{10}$$

Dónde:

$Q_e$ : Calor que ingresa al equipo evaporador (en Watt)

$m_1$ : Flujo másico del evaporador al absorbedor (en Kg/s)

$h_1$ : Entalpía del fluido a las condiciones de estado 1, (en KJ/Kg).

$m_{10}$ : Flujo másico del evaporador al condensador (en Kg/s)

$h_{10}$ : Entalpía del fluido a las condiciones de estado I, (en KJ/Kg).

De la ecuación del balance térmico del evaporador, se tiene:

$$m_1 = \frac{Q_e}{h_A - h_I}$$

Reemplazando la masa que sale del evaporador, y convirtiendo las unidades en función al flujo en horas, se tiene que el flujo másico es  $m_1 = 1.21 \text{ Kg/s}$ .

En el balance de energía en el absorbedor

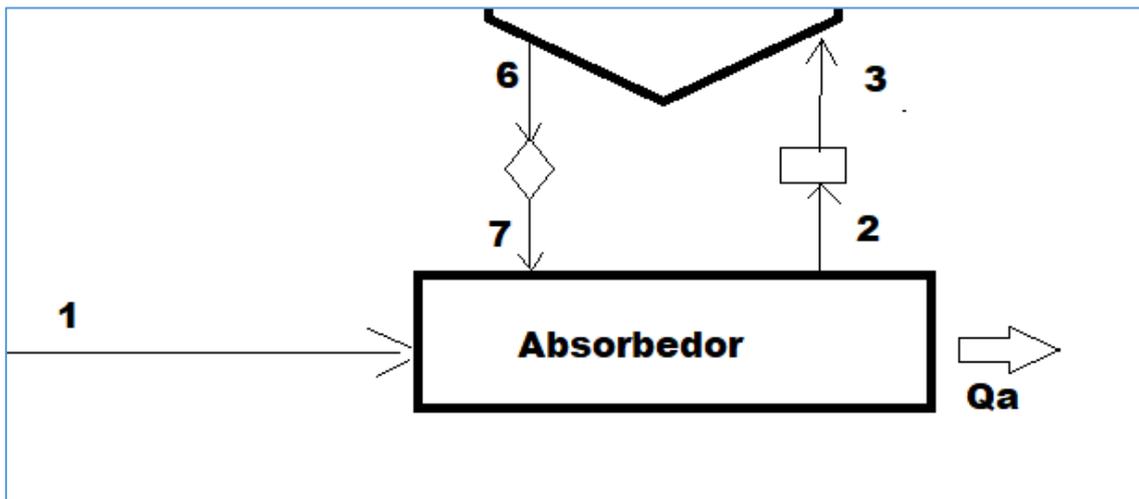


Figura 9. Balance térmico en Absorbedor

Fuente: Manual del Ingeniero Químico, 2018.

$Q_a$ : Calor que sale del absorbedor (en Watt)

$m_1$ : Flujo másico del evaporador al absorbedor (en Kg/s)

$h_1$ : Entalpía del fluido a las condiciones de estado 1, (en KJ/Kg).

$m_2$ : Flujo másico del absorbedor al intercambiador de calor (en Kg/s)

$h_2$ : Entalpía del fluido a las condiciones de estado 2, (en KJ/Kg).

$m_7$  Flujo másico del absorbedor al intercambiador de calor (en Kg/s)

$h_7$ : Entalpía del fluido a las condiciones de estado 7, (en KJ/Kg).

$$m_1 + m_7 = m_2$$

Para resolver la ecuación anterior es necesario conocer la masa B, la cual se obtiene si se realiza un balance masa – concentración, en el equipo absorbedor.

$$m1. x1 + m7. x7 = m2. x2$$

Donde  $x1 = 0.995$  y  $x2 = 0.18$ , son los niveles de concentración del amoníaco y el agua; se tiene que  $m2 = 0.069$  Kg/s, para luego obtener que la  $m7 = 1.14$  kg/s.

El evaporador es el dispositivo encargado de generar el frío en el interior del vehículo automotriz, para climatizar el ambiente a una temperatura de 17 grados centígrados.

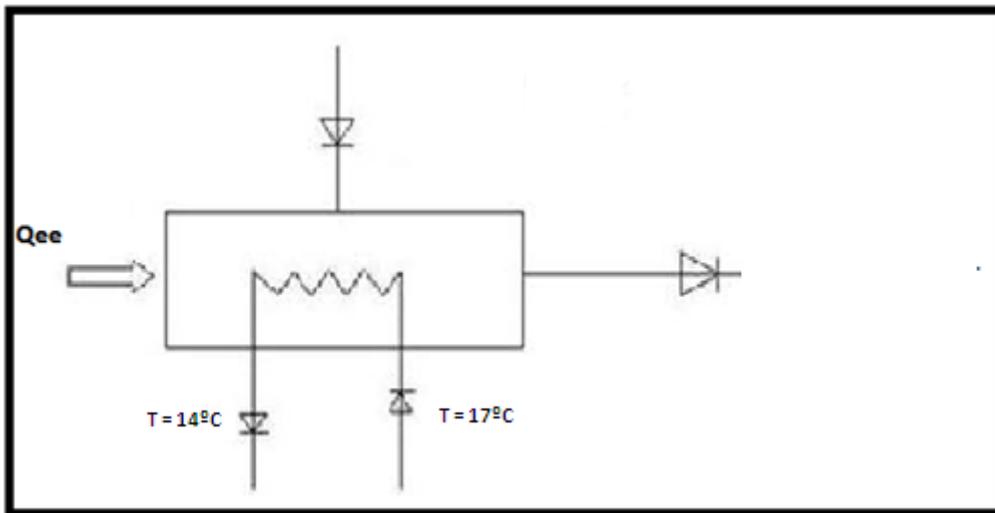


Figura 10. Intercambio de energía em evaporador.

Se hizo la selección del evaporador, con una tubería de acero al 0,5% al carbono, acero ASTM 106 cedula numero 40, de diámetro nominal de 1/8", diámetro exterior de 0.405" y diámetro interior de 0.268"

Los dispositivos para intercambio de calor son análogos al del evaporador, por casco y tubos, por lo cual se ha utilizado el mismo algoritmo que para el diseño del evaporador; en el siguiente cuadro, se muestran los resultados de los parámetros y dimensiones del absorbedor.

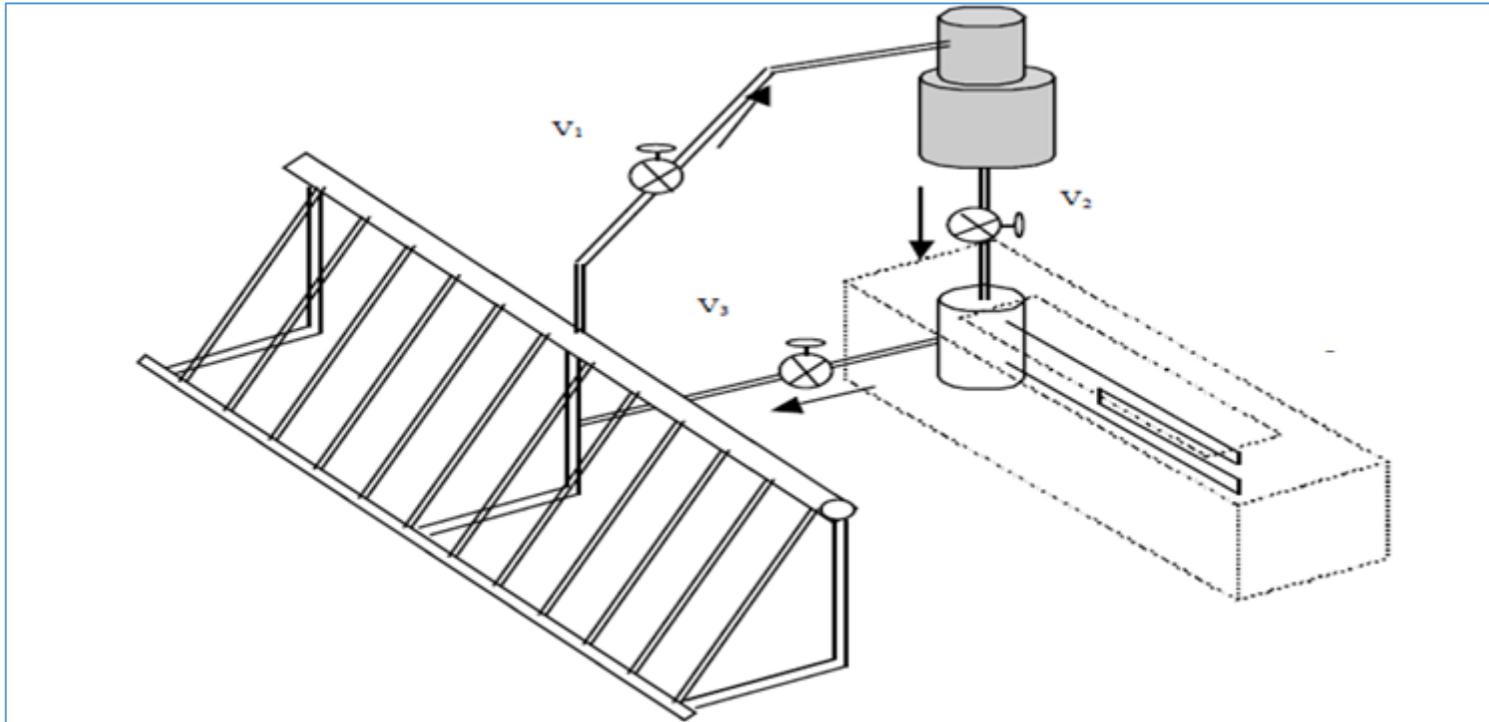


Figura 11. Vista isométrica de elementos de sistema de aire acondicionado por absorción.

Fuente: Manual de fabricante

### 3.4. Realizar la evaluación económica del sistema propuesto.

#### 3.4.1. Inversión Inicial de la Propuesta.

Tabla 14. Costos de la inversión inicial

N°	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/	Precio Total S/
1	Evaporador 2 KW	Unidad	1	280	280
2	Condensador 2 KW	Unidad	1	320	320
3	Absorbedor	Unidad	1	220	220
4	Generador	Unidad	1	180	180
5	Válvula de expansión	Unidad	1	80	80
6	Intercambiador de calor 1.5 Kg/s	Unidad	1	180	180
7	Conmutador del sistema	Unidad	2	45	90
8	Cañerías 1/8"	metros lineales	5	12	60
9	Amoniaco	Kg	1.5	45	67.5
10	Líquido refrigerante R404A	Kg	1.8	85	153
11	Adaptación de sistema a vehículo	Unidad	1	80	80
12	Mano de obra	Unidad	1	280	280
	TOTAL S/.				1990.5

Fuente: Autoría Propia.

El costo de inversión es de 1990.5 soles por cada vehículo liviano, si se aplica ello para las 20 unidades, se tiene una inversión inicial de 39810 Soles.

#### 3.4.2. Ingresos estimados del Proyecto.

Los ingresos estimados del proyecto están en función al uso del sistema propuesto con respecto al exceso de consumo de combustible cuando el vehículo utiliza el sistema convencional de refrigeración por compresión de vapor.

Tabla 15. Ingresos Estimados del Proyecto

Consumo específico promedio (km/galón) sin aire acondicionado	Consumo específico promedio (km/galón) con aire acondicionado	Diferencia (km/galón)	Recorrido diario en Km (11:00 a 14:00)	Ahorro diario (Galones)	Ahorro Mensual (Galones)	Ahorro mensual S/ por vehículo	Ahorro mensual S/ por 20 vehículos
44.88	36.78	8.1	60	0.29	8.7	182.7	3654

Fuente: Autoría Propia.

### 3.4.3. Flujo de caja.

Tabla 16. Flujo de caja

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Inversión S/	39810																		
Ingresos S/		3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654
Egresos S/ (Mantenimiento)		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Utilidad S/		3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574

Fuente: Autoría Propia.

### 3.4.4. Indicadores económicos.

#### 4.4.1. Valor Actual Neto.

Para el análisis del valor actual neto se consideró:

Nº de meses: 18

Interés mensual del sector financiero: 3.5%

Utilizando el comando VNA del software Microsoft Excel, se tiene:

Tabla 17. Cálculo de Valor Actual Neto

Mes	0	1	2	3	4	5	15	16	17	18
Inversión S/	39810									
Ingresos S/		3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654
Egresos S/ (Mantenimiento)		80	80	80	80	80	80	80	80	80
Utilidad S/		3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574
VALORES ACTUALIZADOS AL MES CERO	47139.92									

Fuente: Autoría Propia.

Es decir, las utilidades actualizadas al mes cero es de 47139.92, y restando a la inversión de 39810, se tiene un VAN = S/. 7329.92

#### 4.4.2. Tasa Interna de retorno.

La Tasa Interna de Retorno o TIR es la tasa de interés o de rentabilidad que ofrece la inversión de la instalación de un sistema alternativo de aire acondicionado que opera entre las 11:00 y 14:00 horas utilizando la energía térmica del sol, mediante el sistema de aire acondicionado por absorción.

Tabla 18. Tasa Interna de Retorno

Mes	0	1	2	3	4	5	15	16	17	18
Inversión S/	39810									
Ingresos S/		3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654	3654

Egresos S/ (Mantenimiento)		80	80	80	80	80	80	80	80	80
Utilidad S/		3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574	3574
TIR		5.60%								

Fuente: Autoría Propia.

#### 4.4.3. Relación Beneficio Costo.

Representa la relación global entre los costos de la inversión del sistema de aire acondicionado por absorción y los beneficios durante un período de los 18 meses de análisis del proyecto. Es decir:

$$R\ b/c = 47139.92 / 39810 = 1.18$$

El valor de relación beneficio costo de 1.18 hace factible la ejecución del proyecto.

Se hizo el análisis de los valores de amortización mensual, para lo cual se tuvo en cuenta tres escenarios de forma de pagos, siendo un análisis optimista, moderado y pesimista.

Para el escenario optimista, se hizo la simulación de la amortización para 12, 18 y 24 meses, para una tasa de interés del 2.5% mensual; para el escenario moderado, se hizo la simulación de la amortización para 12, 18 y 24 meses, para una tasa de interés del 3.5% mensual y para el escenario pesimista, se hizo la simulación de la amortización para 12, 18 y 24 meses, para una tasa de interés del 4.5% mensual

Tabla 19. Simulación de amortización

a) 12 meses, Tasa de Interés 2.5%

Número de Cuota	CUOTA A PAGAR S/.	INTERÉS S/	CAPITAL AMORTIZADO S/.	CAPITAL VIVO S/.
0				39810.0
1	3362.6	82.9	3279.7	36530.3

2	3362.6	76.1	3286.5	33243.9
3	3362.6	69.3	3293.3	29950.5
4	3362.6	62.4	3300.2	26650.3
5	3362.6	55.5	3307.1	23343.2
6	3362.6	48.6	3314.0	20029.3
7	3362.6	41.7	3320.9	16708.4
8	3362.6	34.8	3327.8	13380.6
9	3362.6	27.9	3334.7	10045.9
10	3362.6	20.9	3341.7	6704.2
11	3362.6	14.0	3348.6	3355.6
12	3362.6	7.0	3355.6	0.0

b) 18 meses, Tasa de Interés 2.5%

Número de Cuota	CUOTA A PAGAR S/.	INTERÉS S/	CAPITAL AMORTIZADO S/.	CAPITAL VIVO S/.
0				39810
1	2255.7	83.0	2172.7	37637.3
2	2255.7	78.4	2177.3	35460.0
3	2255.7	73.9	2181.8	33278.2
4	2255.7	69.4	2186.4	31091.8
5	2255.7	64.8	2190.9	28900.9
6	2255.7	60.2	2195.5	26705.4
7	2255.7	55.7	2200.1	24505.4
8	2255.7	51.1	2204.6	22300.7
9	2255.7	46.5	2209.2	20091.5
10	2255.7	41.9	2213.8	17877.6
11	2255.7	37.3	2218.5	15659.2
12	2255.7	32.6	2223.1	13436.1
13	2255.7	28.0	2227.7	11208.4
14	2255.7	23.4	2232.4	8976.0
15	2255.7	18.7	2237.0	6739.0
16	2255.7	14.0	2241.7	4497.4
17	2255.7	9.4	2246.3	2251.0
18	2255.7	4.7	2251.0	0.0

c) 24 meses, Tasa de Interés 2.5%

Número de Cuota	CUOTA A PAGAR S/.	INTERÉS S/	CAPITAL AMORTIZADO S/.	CAPITAL VIVO S/.
0.00				39810.00
1.00	1702.31	82.98	1619.33	38190.67
2.00	1702.31	79.61	1622.71	36567.96

3.00	1702.31	76.22	1626.09	34941.87
4.00	1702.31	72.83	1629.48	33312.39
5.00	1702.31	69.44	1632.88	31679.51
6.00	1702.31	66.03	1636.28	30043.23
7.00	1702.31	62.62	1639.69	28403.54
8.00	1702.31	59.20	1643.11	26760.43
9.00	1702.31	55.78	1646.53	25113.89
10.00	1702.31	52.35	1649.97	23463.93
11.00	1702.31	48.91	1653.41	21810.52
12.00	1702.31	45.46	1656.85	20153.67
13.00	1702.31	42.01	1660.31	18493.36
14.00	1702.31	38.55	1663.77	16829.60
15.00	1702.31	35.08	1667.23	15162.36
16.00	1702.31	31.60	1670.71	13491.66
17.00	1702.31	28.12	1674.19	11817.46
18.00	1702.31	24.63	1677.68	10139.78
19.00	1702.31	21.14	1681.18	8458.60
20.00	1702.31	17.63	1684.68	6773.92
21.00	1702.31	14.12	1688.19	5085.73
22.00	1702.31	10.60	1691.71	3394.01
23.00	1702.31	7.07	1695.24	1698.77
24.00	1702.31	3.54	1698.77	0.00

d) 12 meses, Tasa de Interés 3.5%

Número de Cuota	CUOTA A PAGAR S/.	INTERÉS S/	CAPITAL AMORTIZADO S/.	CAPITAL VIVO S/.
0.00				39810.00
1.00	3380.73	116.11	3264.62	36545.38
2.00	3380.73	106.59	3274.14	33271.24
3.00	3380.73	97.04	3283.69	29987.55
4.00	3380.73	87.46	3293.27	26694.29
5.00	3380.73	77.86	3302.87	23391.42
6.00	3380.73	68.22	3312.51	20078.91
7.00	3380.73	58.56	3322.17	16756.74
8.00	3380.73	48.87	3331.86	13424.89
9.00	3380.73	39.16	3341.57	10083.31
10.00	3380.73	29.41	3351.32	6731.99
11.00	3380.73	19.63	3361.10	3370.90
12.00	3380.73	9.83	3370.90	0.00

e) 18 meses, Tasa de Interés 3.5%

Número de Cuota	CUOTA A PAGAR S/.	INTERÉS S/	CAPITAL AMORTIZADO S/.	CAPITAL VIVO S/.
0.0				39810.0

1.0	2273.5	116.2	2157.3	37652.7
2.0	2273.5	109.9	2163.6	35489.1
3.0	2273.5	103.6	2169.9	33319.2
4.0	2273.5	97.2	2176.3	31142.9
5.0	2273.5	90.9	2182.6	28960.3
6.0	2273.5	84.5	2189.0	26771.3
7.0	2273.5	78.1	2195.4	24575.9
8.0	2273.5	71.7	2201.8	22374.2
9.0	2273.5	65.3	2208.2	20166.0
10.0	2273.5	58.8	2214.6	17951.3
11.0	2273.5	52.4	2221.1	15730.2
12.0	2273.5	45.9	2227.6	13502.7
13.0	2273.5	39.4	2234.1	11268.6
14.0	2273.5	32.9	2240.6	9028.0
15.0	2273.5	26.3	2247.1	6780.8
16.0	2273.5	19.8	2253.7	4527.1
17.0	2273.5	13.2	2260.3	2266.9
18.0	2273.5	6.6	2266.9	0.0

f) 24 meses, Tasa de Interés 3.5%

Número de Cuota	CUOTA A PAGAR S/.	INTERÉS S/	CAPITAL AMORTIZADO S/.	CAPITAL VIVO S/.
0.00				39810.00
1.00	1719.95	116.20	1603.75	38206.25
2.00	1719.95	111.52	1608.43	36597.82
3.00	1719.95	106.82	1613.12	34984.70
4.00	1719.95	102.11	1617.83	33366.87
5.00	1719.95	97.39	1622.55	31744.31
6.00	1719.95	92.66	1627.29	30117.02
7.00	1719.95	87.91	1632.04	28484.98
8.00	1719.95	83.14	1636.80	26848.18
9.00	1719.95	78.36	1641.58	25206.60
10.00	1719.95	73.57	1646.37	23560.22
11.00	1719.95	68.77	1651.18	21909.05
12.00	1719.95	63.95	1656.00	20253.05
13.00	1719.95	59.11	1660.83	18592.22
14.00	1719.95	54.27	1665.68	16926.54
15.00	1719.95	49.41	1670.54	15256.00
16.00	1719.95	44.53	1675.42	13580.58
17.00	1719.95	39.64	1680.31	11900.28
18.00	1719.95	34.73	1685.21	10215.06
19.00	1719.95	29.82	1690.13	8524.93
20.00	1719.95	24.88	1695.06	6829.87
21.00	1719.95	19.93	1700.01	5129.86

22.00	1719.95	14.97	1704.97	3424.89
23.00	1719.95	10.00	1709.95	1714.94
24.00	1719.95	5.01	1714.94	0.00

g) 12 meses, Tasa de Interés 4.5%

Número de Cuota	CUOTA A PAGAR S/.	INTERÉS S/	CAPITAL AMORTIZADO S/.	CAPITAL VIVO S/.
0.00				39810.00
1.00	3398.92	149.29	3249.63	36560.37
2.00	3398.92	137.10	3261.82	33298.55
3.00	3398.92	124.87	3274.05	30024.50
4.00	3398.92	112.59	3286.33	26738.17
5.00	3398.92	100.27	3298.65	23439.52
6.00	3398.92	87.90	3311.02	20128.50
7.00	3398.92	75.48	3323.44	16805.07
8.00	3398.92	63.02	3335.90	13469.17
9.00	3398.92	50.51	3348.41	10120.76
10.00	3398.92	37.95	3360.97	6759.79
11.00	3398.92	25.35	3373.57	3386.22
12.00	3398.92	12.70	3386.22	0.00

h) 18 meses, Tasa de Interés 4.5%

Número de Cuota	CUOTA A PAGAR S/.	INTERÉS S/	CAPITAL AMORTIZADO S/.	CAPITAL VIVO S/.
0.000				39810.000
1.000	2291.343	149.381	2141.962	37668.038
2.000	2291.343	141.343	2150.000	35518.038
3.000	2291.343	133.276	2158.067	33359.971
4.000	2291.343	125.178	2166.165	31193.806
5.000	2291.343	117.050	2174.293	29019.513
6.000	2291.343	108.891	2182.452	26837.061
7.000	2291.343	100.702	2190.641	24646.419
8.000	2291.343	92.482	2198.861	22447.558
9.000	2291.343	84.231	2207.112	20240.446
10.000	2291.343	75.949	2215.394	18025.052
11.000	2291.343	67.636	2223.707	15801.345
12.000	2291.343	59.292	2232.051	13569.294
13.000	2291.343	50.917	2240.426	11328.868
14.000	2291.343	42.510	2248.833	9080.034
15.000	2291.343	34.071	2257.272	6822.763
16.000	2291.343	25.601	2265.742	4557.021
17.000	2291.343	17.100	2274.244	2282.777
18.000	2291.343	8.566	2282.777	0.000

Fuente: Autoría Propia.

#### **IV. DISCUSIÓN.**

El uso del sistema de aire acondicionado en los vehículos, tiene un valor agregado al servicio de transporte público, por el confort que se alcanza en el interior del vehículo; en la recopilación de los datos del uso del sistema se pudo evidenciar que existe variabilidad entre los meses del año, con mucha incidencia en los meses de verano, sin embargo, en los meses de invierno su uso es algunos casos es casi nulo.

En la información recopilada del uso actual del aire acondicionado, se observó que el común denominador en las 20 unidades analizadas, es que los conductores optan por no usar el aire acondicionado durante el tiempo que se requiere para el confort, debido a que existe un exceso de consumo de combustible, que, analizado en periodos largos, tiene un costo significativo. El porcentaje mayor de tiempo de operación del sistema de aire acondicionado fue de 75.9 y el porcentaje menor de tiempo de operación del sistema de aire acondicionado fue 36.1; es decir que existe variabilidad en el uso del sistema.

Los tiempos de activación del aire acondicionado, se hacen durante el momento en el cual se produce el transporte de pasajeros, en el resto del periodo de trabajo, los conductores desactivan el aire acondicionado debido a que se incrementa el consumo de combustible. Así mismo, según el reporte, los horarios de mayor frecuencia del uso del sistema de aire acondicionado, en el día en el cual ocurre el mayor uso, es en lapso entre las 9.30 a 16.30 horas, debido a que la temperatura exterior es elevada en la estación de verano en la ciudad de Chiclayo.

Se observó que existe una diferencia entre 7.35 y de 11.55 Km de recorrido menor por cada galón de combustible; este valor es significativo porque representó entre el 17.35 y 26 % de exceso de combustible; y que ello aplicado a los costos operativos de la unidad de transporte público de pasajeros, hace menos atractivo su utilización.

El análisis de la data de temperatura ambiental de la ciudad de Chiclayo de 4 años, es consiste, debido a que se pudo observar la misma tendencia de los

valores en cada uno de los 12 meses; la determinación del valor de temperatura para el diseño del sistema de aire acondicionado por absorción, se hizo por el criterio de la temperatura promedio, dentro del periodo de mayor temperatura durante el día.

Para determinar el valor de temperatura que se utilizó en el diseño del intercambiador de calor del sistema de refrigeración por absorción, al mostrar una dispersión de  $3.98^{\circ}\text{C}$  con respecto al valor promedio de temperatura que es de  $23.94^{\circ}\text{C}$ , y teniendo en cuenta que la temperatura sigue una distribución normal, se consideró el valor promedio, comprendido entre las 11:00 y 14.00 horas, determinado nuevos indicadores estadísticos, los cuales se muestran en la tabla 9, con un valor promedio de  $25^{\circ}\text{C}$ , con dispersión de  $3.98^{\circ}\text{C}$ ; siendo éste valor promedio, el que se utiliza en los cálculos de balance de energía en el intercambiador de calor del sistema de refrigeración por absorción.

La cantidad de calor que se extrae del interior del vehículo, esta dado por el flujo de calor por convección, es decir que el aire a determinada velocidad, extrae calor por el contacto con las áreas de transferencia de calor, que está dada por la carrocería del vehículo. Para el análisis de la transferencia de calor por convección, se utiliza la expresión de Fourier, es decir se determina a diferentes velocidades del vehículo, como se produce la transferencia de calor del aire exterior hacia el interior del vehículo.

El cálculo de la transferencia de calor, tiene al coeficiente por convección, como el término que presenta variación con respecto a la velocidad con la cual se desplaza el vehículo, la evaluación de la variación del coeficiente convectivo de transferencia de calor, el cual está en función al número adimensional de Nusselt (Nu) es un número adimensional que mide el aumento de la transmisión de calor desde una superficie por la que un fluido discurre (transferencia de calor por convección) comparada con la transferencia de calor si ésta ocurriera solamente por conducción.

El número de Nusselt, está dado por el tipo de flujo y por el número adimensional de Prantdl. La determinación del Número de Nusselt para placas expuestas al flujo de aire exterior, y con la condición de flujo turbulento del aire, en el cual el número adimensional de Reynold es mayor a los 50000, que es el caso de la mayoría de forma de flujo de aire en superficies en movimiento; se tiene que el número de Nusselt,

El número adimensional de Reynolds, da las características del fluido, ya que es el cociente de la fuerza de inercia sobre un elemento de fluido, entre la fuerza viscosa, también permite caracterizar la naturaleza del flujo, es decir, si se trata de un flujo laminar o turbulento.

Se determinó los valores del flujo de calor a diferentes velocidades del vehículo, desde un valor de 5km/h hasta de 60 km/h, a fin de evaluar la tasa de incremento de calor, a medida que el vehículo incrementa de velocidad; es importante tener en cuenta que las partes en contacto de la carrocería del vehículo con el aire exterior, tienen diferencias en cuanto a la geometría que presentan, para el caso de las ventanas, es lisa y ligeramente curvada, en cambio para las puertas y guardafangos, si muestra mayor curvatura.

En la selección de los elementos que conforman el sistema, se hizo en función a los datos de temperatura del medio exterior y el flujo de calor por convección del aire; con ello se hizo el dimensionamiento de los elementos del sistema, como son el generador, absorbedor, evaporador y condensador; el evaporador del sistema tiene una capacidad para equilibrar el flujo de calor que se extrae al exterior, teniendo un valor de 1260.5 Watt a una velocidad de 60 km/h.

El calor del generador, es la que proviene de la energía solar, es aquí donde se produce el ingreso de la energía que activa al sistema del aire acondicionado; el ingreso de energía térmica del sol, se da por la temperatura del medio exterior, y según lo determinado, el valor promedio entre las 11 y 14 horas es de 25°C.

En la evaluación económica, se tuvo en cuenta que es rentable, si se aplica a una flota de vehículos, en este caso para 20. El costo de inversión es de 1990.5 soles por cada vehículo liviano, y para las 20 unidades, se tiene una inversión inicial de 39810 Soles. Con ello, los indicadores económicos mostraron que es viable la ejecución del proyecto, es importante tener en cuenta que la implementación de este sistema no altera la arquitectura interna del vehículo, y se coloca en lugares adecuados dentro y fuera de la unidad vehicular.

## V. CONCLUSIONES

Se hizo la recopilación de los consumos de combustible de los vehículos automotrices livianos de 1300cc, de los años de fabricación 2017 al 2022, dedicados al sector público de pasajeros en la ciudad de Chiclayo; y se evidenció que existe una diferencia entre 7.35 y de 11.55 Km de recorrido menor por cada galón de combustible; este valor es significativo porque representó entre el 17.35 y 26 % de exceso de combustible.

Se realizó mediante los indicadores estadísticos, los valores de tendencia central y de dispersión de la temperatura ambiente en la ciudad de Chiclayo, comprendida entre las horas de mayor temperatura durante el día; se determinó el valor de temperatura que se utilizó en el diseño del intercambiador de calor del sistema de refrigeración por absorción, al mostrar una dispersión de 3.98°C con respecto al valor promedio de temperatura que es de 23.94°C, y teniendo en cuenta que la temperatura sigue una distribución normal, se consideró el valor promedio, comprendido entre las 11:00 y 14.00 horas, con un valor promedio de 25°C, con dispersión de 3.98°C.

Se hizo el dimensionamiento de los elementos que conforman el sistema de aire acondicionado por absorción solar, mostrando las características de cada elemento, en función a la oferta de energía térmica del sol, y la demanda de energía para la climatización del interior del vehículo.

Se hizo la evaluación económica de la propuesta, teniendo un Valor Actual Neto de S/. 7329.92, una Tasa Interna de Retorno o TIR de 5.60%, que es mayor a la tasa de interés del sistema financiero de 3.5% mensual, y una relación beneficio costo de 1.18, indicadores que hacen viable la ejecución del proyecto.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda que el sistema alternativo propuesto de refrigeración por absorción, se compare con la energía calorífica de los gases de escape del motor, a fin de comparar si también se puede extraer calor y aprovecharse en beneficio del mismo vehículo.

Así mismo, tener en cuenta la forma aerodinámica que presentan algunas carrocerías de los vehículos livianos, debido a que ello modifica los valores de transferencia de calor por convección.

Hacer en la evaluación económica, el análisis de las no emisiones de CO<sub>2</sub>, por el ahorro de combustible por el sistema propuesto, ello conlleva a que el proyecto propuesto, visto desde el punto de vista ambiental, sea atractivo su implementación.

## REFERENCIAS

1. MITMA HUAMÁN, Antony Piere. Diseño de un sistema de aire acondicionado de 14 kw por absorción y fuente solar para reducir costos de operación en el centro de cómputo del tercer nivel de la FIME-UNAC. 2021.
2. ANTÓN PÉREZ, Ericson. Implementación de un sistema de aire acondicionado con energía fotovoltaica para disminuir el consumo de combustible en un vehículo motorizado liviano. 2020.
3. MORA ALVARADO, Walter Luis; GONZALES CADILLO, Cesar Alfonso. Análisis comparativo del gas refrigerante R-22 con los gases refrigerantes R-407C y R-290 de un equipo de aire acondicionado Mini Split Decorativo de 18,000 Btu/h en las oficinas administrativas de la empresa GyZ Service. 2020.
4. SILVA MONTENEGRO, Eduardo Jorge Alejandro. propuesta de diseño de un sistema de aire acondicionado basado en termoeléctricidad para mejorar el confort térmico de la cabina del interior de un automóvil mitsubishi mirage 2017 en zonas calurosas. 2023.
5. ROJAS MORON, Lusverly Luis. Diseño de un sistema de refrigeración por absorción para abastecer de energía al sistema de aire acondicionado en vehículos ligeros. 2019.
6. PEREZ LOZANO, Yover. Diseño de un sistema de refrigeración por absorción, para disminuir el consumo de combustible de un vehículo 1300CC. 2020.
7. CHIRA RODRÍGUEZ, Alonso Nicolás, et al. Comparativa entre sistemas de captación solar para el diseño y análisis de un sistema de acondicionamiento para un piso de oficinas. 2021.
8. GASPAS SAEZ, Willy Junior. Recirculación del aire acondicionado que ingresa al Hotel María Angola-Miraflores, para reducir el consumo de energía en instalaciones de climatización. 2019.
9. SILVA ORTEGA, Jorge I., et al. Evaluación del potencial de la refrigeración por absorción en el sector industrial de Barranquilla. 2020.

10. CORRAL, Rosa Pilar Merchán. *Thermodynamic optimisation of thermosolar hybrid Brayton cycle plants*. 2020. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.
11. VÁSQUEZ OSORIO, Juan Camilo. Comparación de mejoras pasivas sugeridas en relación con la eficiencia de aires acondicionados automotrices de vehículos livianos. 2022.
12. GONZALES DUQUE, May Franklin. Diseño de un turbo para el accionamiento del sistema de aire acondicionado en los vehículos Volvo FM. 2020.
13. CARUAJULCA RIMARACHIN, Elmer. Diseño de un sistema de aire acondicionado utilizando celdas Peltier para climatizar cabina de camión Hino 2626 en Ingesa Norte. 2019.
14. VASCONEZ NUÑEZ, Daniela Carina. Estudio de la trayectoria tecnológica y científica del equipo de aire acondicionado en vehículos eléctricos. 2021.
15. LEITON YAR, Jefferson Alexander. Diseño y construcción de un módulo didáctico del sistema de aire acondicionado como recurso de aprendizaje para los estudiantes de Mecánica Automotriz. 2022.
16. GRIJALVA CAMPANA, Edwin Raúl. *Gestión energética para flotas de vehículos eléctricos e híbridos con pila de combustible*. 2019. Tesis Doctoral. Industriales.
17. PINEDO QUINTANA, Newton. Estudio comparativo de la absorción de energía de impacto frontal entre parachoques de 3 vehículos sedán, para una propuesta de diseño más segura y liviana a los pasajeros. 2023.
18. TOVAR CORREA, Silvana; BERNAL MERCHÁN, Brayan Yesid. Determinación de la Viabilidad Técnica y Económica de un Sistema de Aire Acondicionado Soportado por Refrigeración Solar por Absorción para el Hotel Berdez en el Municipio de Neiva, Colombia.
19. MARTINEZ BARBOSA, Alberto, et al. Sistema de Aire Acondicionado Alimentado por Energía Solar Fotovoltaica y la Red Eléctrica. 2023.
20. CAMPO RODRÍGUEZ, Eduardo Antonio. Uso de la energía solar en sistemas centralizados de aire acondicionado para confort humano. 2022.
21. ORTIZ, J. Díaz. Identificación de barreras tecnológicas para operación de sistemas de aire acondicionado por absorción que utilicen LiBr-H<sub>2</sub>O para

- instalaciones menores de 10 kW. *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Medellín, 2012.*
22. BROME VASCO, Daniel Estiven; DUQUE RIVAS, Oscar Mauricio; TAMAYO SANTAMARÍA, Marcos Andrés. Diseño y selección de un equipo de aire acondicionado híbrido solar para el laboratorio de refrigeración IUPB. 2015.
  23. BUSTAMANTE ASALDE, Jhordy Oliver. Diseño De Un Sistema Que Utiliza Energía Solar Para Climatizar La Cabina De Una Excavadora, En Chiclayo 2016. 2016.
  24. REYES GUERRA, César Manuel. *Propuesta de alternativa energética para la climatización de locales con ciclo de refrigeración por absorción.* 2019. Tesis de Licenciatura. Universidad de Holguín, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica.
  25. RODAS GOMEZ, Franco Antonio Germain. Diseño de un sistema de aire acondicionado de bajo costo de operación para las oficinas administrativas del cuarto piso del edificio de ingeniería USAT–Chiclayo. 2018.
  26. CAMPUZANO PÁEZ, María Gabriela; CHIRIBOGA ALBUJA, Juan Víctor. *Diseño y construcción de un sistema de enfriamiento de adsorción solar.* 2010. Tesis de Licenciatura. QUITO/EPN/2010.
  27. SALAZAR MASSARO, Manuel Ignacio. Estudio de viabilidad de un sistema solar de refrigeración para la implementación en campamentos de extracción en la selva peruana. 2020.
  28. LARA GONZÁLEZ, ADRIANA GUADALUPE. Evaluación de la operación de un campo de concentradores solares utilizado en el sistema de refrigeración por absorción de la planta HOLCIM-APASCO Hermosillo. 2016.
  29. CEBALLOS HERRERA, Ignacio Sebastián. Modelamiento computacional del comportamiento térmico en la cabina de un vehículo eléctrico para predecir el consumo energético por aire acondicionado. 2022.
  30. PATAZCA SÁNCHEZ, Segundo Francisco. Diseño de una cabina de secado de pintura con energía solar para mejorar el servicio automotriz, Carmas SAC Chiclayo, 2019. 2020.

31. CORNEJO CHAMBI, Ernesto Alonso; MAMANI OBREGON, Pablo Luis; SUPHO RODRIGUEZ, Ayrton Rodrigo. Diseño de una cámara de refrigeración con capacidad de almacenamiento para 20 toneladas de pescado alimentada por energía solar fotovoltaica en el puerto artesanal de Atico Arequipa. 2023.
32. NÚÑEZ, Daniela Carina Vásquez. *Desarrollo de un modelo para el cálculo del consumo de climatización en vehículos de pasajeros urbanos*. 2019. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València.
33. DELGADO CARVAJAL, Harley Andrey; HIGUITA, Héctor Danilo. Estudio de viabilidad energética para la sustitución del ciclo de compresión de vapor utilizado en por los sistemas de aire acondicionado automotriz actuales por uno de absorción. 2021.
34. OVIEDO VALENCIA, Mario Mauricio, et al. Diseño de un sistema de aire acondicionado con refrigerante variable (vrf), para auto roble Ltda, Sincelejo-Sucre. 2022.
35. BARBECHO RODRÍGUEZ, Robinson Manuel; ROSERO ALMEIDA, Brayan Norbey. Análisis del consumo adicional de combustible que genera el uso del aire acondicionado a los usuarios en vehículos livianos en una ruta en la ciudad de Riobamba. 2022.
36. JAVIER, Azucena González, et al. Evaluación experimental de refrigerante sustituto al R134a en sistemas de climatización automotriz. 2022.
37. MORENO GUEVARA, Carlos Emanuel; ROJAS SÁNCHEZ, Bryan Joel. Estudio de la incidencia del sistema de climatización automotriz en el confort del operario dentro del habitáculo de una excavadora. 2022.
38. TAGUADA CRUZ, Luis Fernando; PARRA PARRA, Ángel Danilo. Estudio de la incidencia de los niveles de emisiones de gases CO y CO<sub>2</sub> y temperatura, del sistema de climatización automotriz al interior de un bus interprovincial a diferentes condiciones ambientales y de funcionamiento. 2022.
39. CASTRO MIRANDA, Rosa Mercedes; OLEAS MEJÍA, Carlos Fernando. *Diseño y construcción de una maqueta didáctica funcional de un sistema de aire acondicionado automotriz*. 2023. Tesis de Maestría. Universidad del Azuay.

40. GARCIA LARA, FERNANDO JEFFERSON. *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN BASADO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE LOS EQUIPOS TECNOLÓGICOS EN EL LABORATORIO DE HARDWARE*. 2021. Tesis de Licenciatura. Jipijapa. UNESUM.

ANEXOS.

**CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Independiente: Diseño de sistema de aire acondicionado por absorción	Consiste en proyectar un sistema capaz de operar utilizando la energía térmica solar, mediante el proceso termodinámico de la absorción.	Es el dimensionamiento de los elementos que conforman el sistema de refrigeración por absorción en función a la oferta d energía térmica solar y la demanda de carga térmica en el interior del vehículo.	Energía Térmica	Flujo de calor. Temperatura. Flujo másico.	Razón. Nominal Razón
Dependiente: climatizar el interior de vehículo liviano de transporte público	Dar confort en el interior del vehículo, manteniendo una temperatura adecuado, al momento del transporte de pasajeros.	La climatización se mide con los niveles de temperatura en el interior del vehículo.	Confort	Temperatura	Razón

## INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Objetivo: Recolectar información referente al vehículo en cuanto al sistema de aire acondicionado, en la Empresa de Transportes de servicio público

Vehículo	Año de Fabricación	Kilometraje	N° Mantenimientos	N° Cambios de Refrigerante de aire acondicionado
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

## INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Objetivo: Recolectar información referente al Número de días al mes de uso del aire acondicionado, año 2022, en la Empresa de Transportes de servicio público

Vehículo	Número de días al mes de uso del aire acondicionado, año 2022												% Días utilizados
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

## INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Objetivo: Recolectar información referente a la temperatura ambiental promedio en la ciudad de Chiclayo, entre las 11 y 15 horas del día de mayor temperatura registrado en cada mes.

Meses	Años	Hora				
		10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00	14.00-15.00
Ene	2019					
	2020					
	2021					
	2022					
Feb	2019					
	2020					
	2021					
	2022					
Mar	2019					
	2020					
	2021					
	2022					
Abr	2019					
	2020					
	2021					
	2022					
May	2019					
	2020					
	2021					
	2022					
Jun	2019					
	2020					
	2021					
	2022					
Jul	2019					
	2020					
	2021					
	2022					
Ago	2019					
	2020					

	2021					
	2022					
Set	2019					
	2020					
	2021					
	2022					
Oct	2019					
	2020					
	2021					
	2022					
Nov	2019					
	2020					
	2021					
	2022					
Dic	2019					
	2020					
	2021					
	2022					