

Evaluación de los parámetros del clima en el interior de ómnibus de largas distancias

M. A. Cárdenas-Garnier

Recibido el 10 de septiembre de 2008; aceptado el 5 de diciembre de 2008

Resumen

Dada la importancia de los equipos de aire acondicionado, en los ómnibus del transporte de pasajeros por carreteras, teniendo en cuenta las condiciones climáticas de Cuba, se definió una metodología y realizó el estudio en condiciones reales de explotación, de los parámetros del clima en el interior de ómnibus, así como la comprobación de las condiciones de confort y las posibilidades de su cumplimiento por el sistema de climatización del ómnibus.

Las pruebas realizadas se efectuaron en régimen estacionario y en viajes típicos de pasajeros por carreteras, a partir de metodología elaborada. Los resultados obtenidos se presentan en forma de tablas y gráficos, realizándose además un análisis de los beneficios que se obtienen con la propuesta recomendada, llegando a conclusiones y recomendaciones para el uso y explotación adecuado del sistema.

Palabras claves: climatización, vehículo, ómnibus.

Evaluation of climate parameters in road coaches

Abstract

Given the importance of air conditioning equipments in road coaches and considering Cuban weather conditions, a methodology to investigate climate parameters, inside the bus, in real exploitation conditions is proposed. Comfort conditions and system possibilities of setting variables for these conditions were also checked.

Tests in steady state and typical road travels conditions were made. The results are presented in tables and graphs. The analysis of the benefits of the recommended proposal is made in the present paper. Conclusions and recommendations for a correct use of air conditioning system are given.

Key words: climatization, vehicle, coach

1. Introducción.

El transporte de pasajeros por carreteras, es una rama determinante en el desarrollo del país y asegura como los demás medios del transporte el ritmo de la producción.

El trabajo que se presenta va dirigido a dar una respuesta a las incógnitas en el orden técnico y científico, que se presentan en estos momentos en la explotación de los sistemas de aire acondicionado y sus posibilidades de trabajo en los ómnibus de largas distancias.

A partir de lo antes señalado y por la importancia de la explotación adecuada del sistema de aire acondicionado en los ómnibus, lo cual debe dar al traste con la disminución del consumo de combustible, y además, lograr un ambiente de confort durante el viaje; el trabajo se dirigido a los siguientes objetivos.

- Determinar la distribución de temperatura y humedad en el interior del ómnibus, con la variación de las condiciones externas con el ómnibus cargado en viajes típicos; además de comparar los parámetros medidos contra el propio equipo.
- Establecer los parámetros de confort en el interior del ómnibus según las normas existentes.

2. Metodología para la evaluación de los parámetros del clima en el interior del ómnibus

Dada las características climatológicas de Cuba, en los vehículos automotores de transporte de pasajeros de viajes de larga duración, requieren para lograr confort, durante la transportación, la utilización de equipos de aire acondicionado en los mismos.

La metodología para la evaluación de los parámetros del clima, en el interior del ómnibus climatizado, va dirigida a realizar las pruebas al equipo de climatización que permitan conocer la adecuación del diseño, tanto como, su mejor utilización a las condiciones de explotación del país. La cual permitirá evaluar las condiciones de temperatura, humedad y velocidad del aire que ofrece el equipo de aire acondicionado y no la

evaluación de la durabilidad y fiabilidad del sistema.

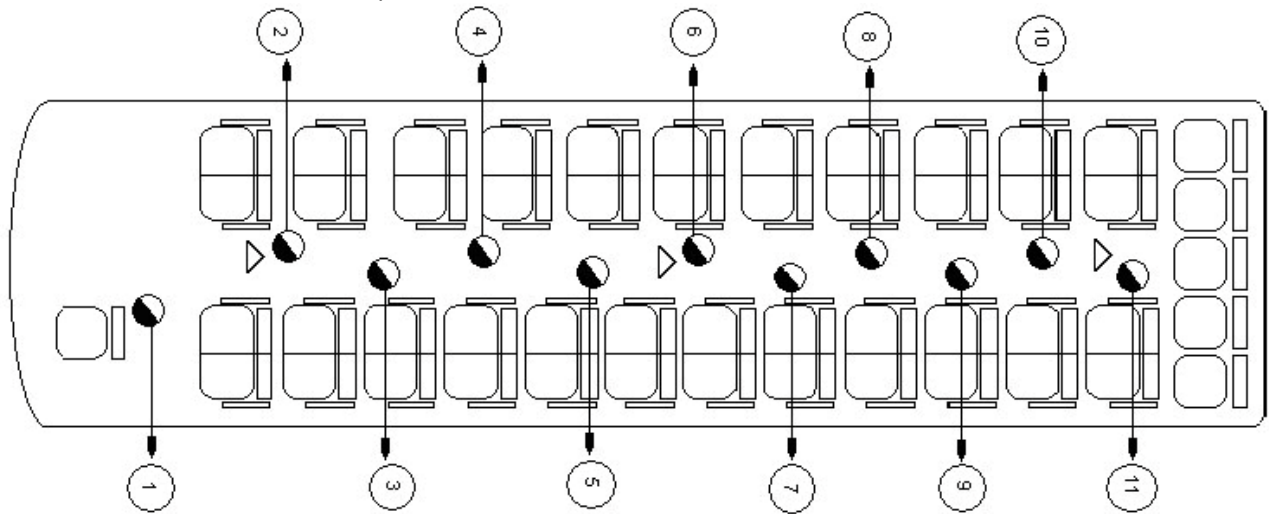
Condiciones establecidas en las pruebas:

Se utilizaron los siguientes criterios:

- Las pruebas se realizaron con el vehículo en perfecto estado técnico.
- El régimen de trabajo del motor para las pruebas estacionarias y para la estabilización del clima interior del ómnibus se realizó en ralentí.
- El sistema de aire acondicionado no funcionó en las últimas 12 horas antes de realizar la prueba
- El horario para realizar cualquier prueba al sistema de climatización, se realizó entre las 9:00 a.m. a 6:00 p.m.
- Como el vehículo tiene cortinas y por tanto no hay incidencia directa de la radiación solar al interior del ómnibus, esta no se tuvo en cuenta, ya que los termómetros para la medición, dado a su posición, no tienen influencia de la misma.
- Los difusores ubicados sobre los asientos, para el uso personal de los pasajeros, se mantuvieron cerrados en las pruebas estacionarias, en busca de lograr un ambiente de confort homogéneo a partir solamente del ambiente logrado con la salida del aire por las rejillas ubicadas uniformemente en el área de los portamaletines y tomando como referencia la temperatura y velocidad del aire establecida por la norma ISO 7730 como parámetros de confort.
- La temperatura y velocidad del aire que se fijó en el manipulador para realizar las pruebas definitivas, se determinó previamente en las pruebas para definir la velocidad del aire en cada punto de los definidos.
- El ómnibus escogido o los escogidos para realizar las pruebas estaban en las condiciones normales de parqueo, es decir, expuesto a la intemperie.
- El sistema de aire acondicionado estaba apto para la prueba.

Procedimientos para obtener indicadores:

- Medición de la velocidad del aire y temperatura para ajustar el “manipulador del control” al régimen de confort.
- Determinación de la temperatura en los puntos de medición (figura 1) cada 2 minutos, para conocer el tiempo de estabilización del equipo con el vehículo vacío y estacionario.
- Determinación de la temperatura en los puntos de medición cada 2 minutos, para conocer el tiempo de estabilización del equipo después que el vehículo es cargado con pasajeros.
- Mediciones periódicas de los parámetros del clima cada una hora en condiciones de carretera.
- Encuesta cada una hora a los pasajeros sobre la forma de sentir el clima en viaje típico.
- Determinación del aire de reposición

**Leyenda:**

△ Psicrómetros ● Termómetros

Figura 1. Disposición de los instrumentos en el interior del ómnibus

Pruebas realizadas.

- Se realizaron las mediciones de la velocidad del aire para ajustar el “manipulador del control” al régimen de confort en todas las salidas de aire al interior del ómnibus con un total de 60 mediciones.
- Se realizaron las pruebas de estabilización de la temperatura interior con el ómnibus vacío en 6 vehículos diferentes y con dos condiciones diferentes del clima exterior.
- Se realizaron las pruebas de estabilización de la temperatura con el vehículo después de ser cargado con pasajeros.
- Se realizaron las pruebas periódicas de los parámetros del clima cada una hora, en 4 vehículos diferentes en viajes de ida y regreso a la ciudad de Camagüey con lo cual se acumularon un total de 40 horas de medición.
- Se realizaron las encuestas cada una hora a los pasajeros sobre la forma de sentir el clima, en 4 vehículos diferentes; en viajes de ida y regreso a la ciudad de Camagüey a 190 pasajeros, acumulando un total de 760 criterios. Las encuestas tuvieron en cuenta:
 1. Zona o punto de medición.
 2. Edad y sexo de los pasajeros
 3. Estado físico (sano o enfermo)
 4. Vestuario de los pasajeros
 5. Formas de sentir el clima (frío, neutro o caluroso).
 6. Difusores personales (abiertos-directos o desviados y cerrados).
 7. Cortinas (abiertas o cerradas).

Los instrumentos utilizados para las mediciones fueron los siguientes:

8. En el caso de la temperatura se utilizaron termómetros de mercurio con un rango de 0 – 50 °C.
9. La humedad y la velocidad del aire se midieron con un instrumento digital de captador de humedad y paletas-sensor para ambos caso, con un rango de medición de 5-100 % y de 0.6-20 m/s respectivamente; este instrumento a la

vez mide la temperatura de bulbo seco el cual tiene un rango de -10 hasta 70 °C.

Resultados y su análisis

Las pruebas efectuadas para la evaluación de los parámetros del clima en el interior del ómnibus, fueron realizadas según el orden, recomendaciones y exigencias planteadas en la metodología.

A modo de ejemplo se presentan en las figuras 2, 3 y 4, así como en la tabla 1 los resultados obtenidos.

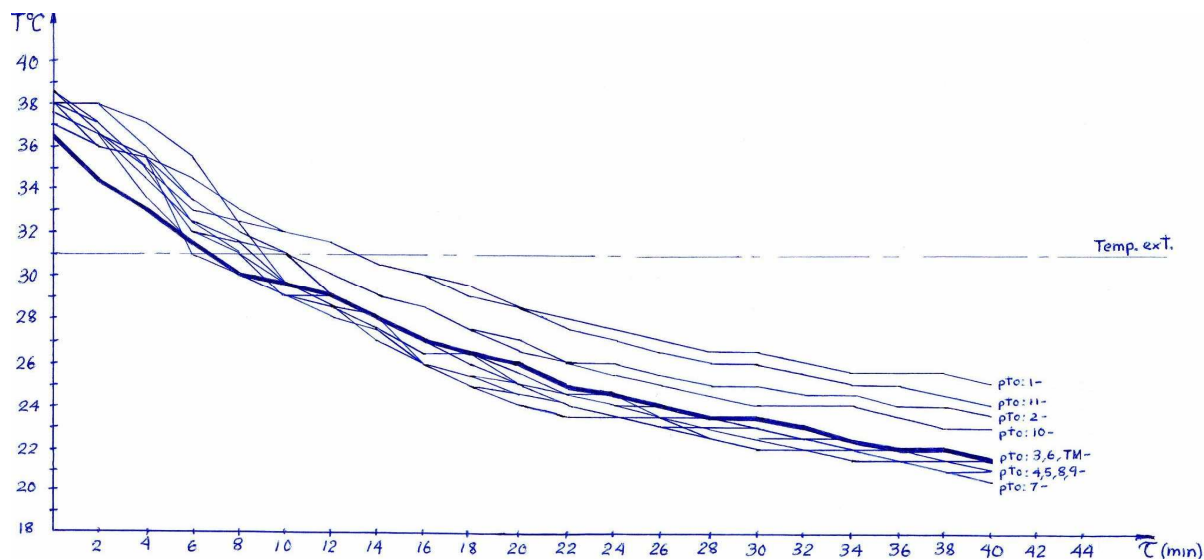


Figura 2. Comportamiento de las temperaturas exteriores e interiores, con el ómnibus estacionario y vacío (tiempo de estabilización del clima interior).

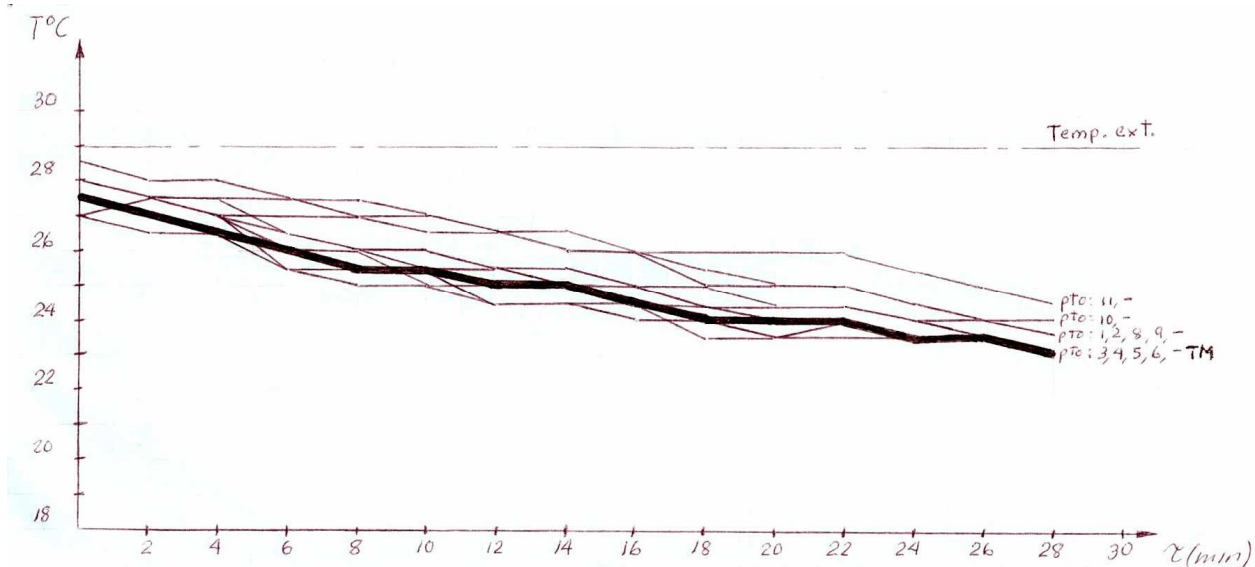


Figura 3. Comportamiento de la temperatura interior en el ómnibus, después de cargado (tiempo de estabilización del clima interior).

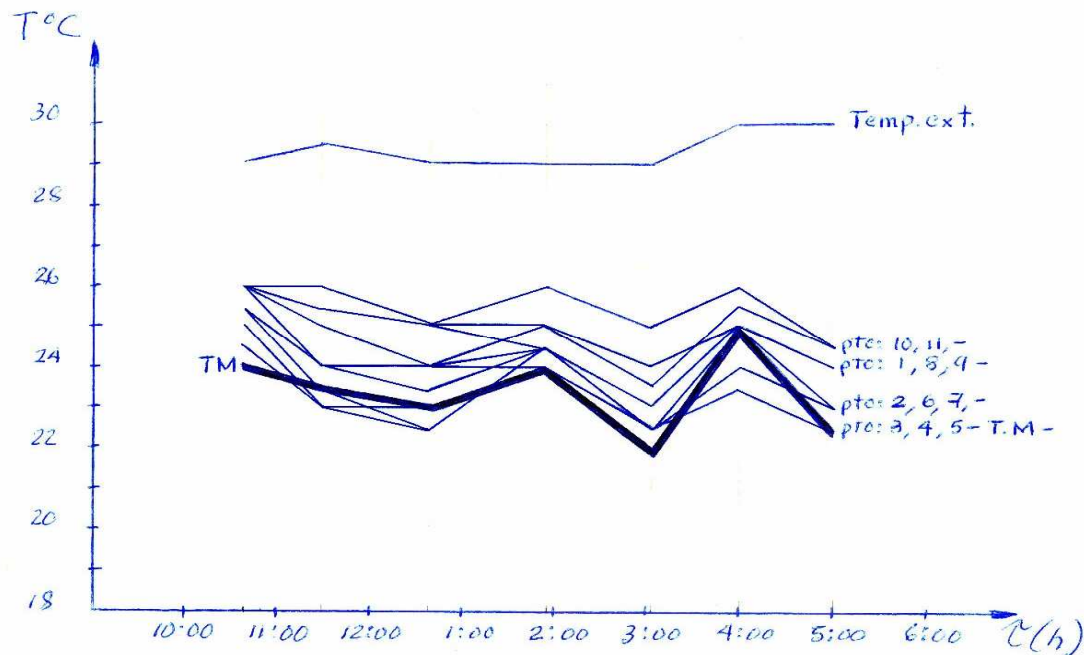


Figura 4. Comportamiento de la temperatura (exterior e interior), durante viaje típico, cada una hora.

Según las normas existentes se plantea que para lograr un ambiente de confort en el interior de un local climatizado, la temperatura debe oscilar entre 23 – 26 °C y la humedad relativa entre 30 – 70 % y en estas condiciones la velocidad del aire debe estar entre 0,25 – 1 m/s, en dependencia de la actividad que realizan los ocupantes de un local determinado. Con vista a lograr un ambiente de confort en el interior del ómnibus, se debe comprobar que el sistema de aire acondicionado del vehículo asegure estas condiciones, independientemente de las condiciones externas y del tiempo de funcionamiento.

Se obtuvo que la velocidad del aire a utilizar en las pruebas debía ser la indicada como “baja”, en el “manipulador del control”, debido a que en los puntos de medición, que es el ambiente general del salón de pasajeros, se percibe un aire en calma, considerándose como velocidad < 0.1m/s, de acuerdo a lo estipulado por la norma ISO 7730 y utilizando los difusores se logra una velocidad en el entorno de 0,25-1 m/s si el difusor está abierto y dirigido directamente sobre la persona sentada.

Estos valores de velocidad del aire (baja) son los recomendados para obtener un ambiente de confort según lo establece la norma ISO 7730, la cual la plantea cuando se realiza una actividad ligera esencialmente sedentaria.

Los resultados del tiempo de estabilización de la temperatura interior con el ómnibus estacionario y vacío se presentan a modo de ejemplo en la figura 2.

Estas pruebas además de determinar el tiempo de estabilización de la temperatura interior, tienen por objetivo obtener la temperatura que debe ser fijada en el “manipulador del control”, para lograr el rango deseado de bienestar térmico en el interior del vehículo y además conocer con que tiempo de anticipación antes de ser abordado el ómnibus por los pasajeros, debe ser encendido el sistema de aire acondicionado.

De los resultados obtenidos, se conoció que entre las paradas y arranques del compresor el tiempo es de 4 – 6 minutos, lo que explicado con otras palabras significa que entre la temperatura fijada en el “manipulador del control” (25 °C) y la temperatura del límite inferior (22°C), lo logra

entre 4 – 6 minutos, obteniéndose una temperatura promedio de 23.5 °C en el salón de pasajeros.

De las mediciones realizadas de los parámetros de velocidad del aire y temperatura, se determinó establecer estas variables con los valores siguientes:

- Temperatura en el “manipulador del control”, de 25 °C.
- Velocidad del aire en el “manipulador del control” del sistema, “baja”.
- Mantener cerrados los difusores individuales y que sean abiertos, dirigidos directa o indirectamente, de acuerdo a la forma de sentir el clima de cada pasajero.

Estos parámetros se establecieron para determinar el comportamiento del sistema, la distribución de la temperatura y humedad, durante las pruebas a realizar en viajes típicos, así como, para verificar con la ayuda de las encuestas, si estos valores de las variables pueden recomendarse para la explotación del sistema en las condiciones de Cuba.

En la figura 2, se puede observar que los resultados de la prueba que se presenta como ejemplo, el tiempo de estabilización de la temperatura con el vehículo vacío fue de 40 minutos.

En el interior del ómnibus al inicio de las mediciones la temperatura se encontraba entre 37 – 38 °C, por lo que se considera adecuado el tiempo de estabilización de 40 minutos.

Las pruebas del tiempo de estabilización de la temperatura después de ser cargado con pasajeros el ómnibus, tiene por objetivo, determinar este tiempo de estabilización a partir de tener una temperatura estable en el interior del ómnibus vacío (22 – 25 °C) y a partir de ahí, introducir a este medio una masa de calor,

Tabla 1: Valores promedio de los resultados de la encuesta en viajes típicos

Difusores			Cortinas.		Clima.			Vestuario.	
Abiertos.		Cerrados	Abiertas.	Cerradas	Caluroso	Neutro	Frío.	0.5clo.	1.0clo
Directo	Indirecto								
43	60	81	134	53	3	182	2	163	24
23 %	32 %	45 %	71.6 %	28.4 %	1.6 %	97.4 %	1%	87 %	13 %

presente en las personas que se incorporan al mismo.

Los resultados del tiempo de estabilización de la temperatura a partir de una temperatura estable en el interior de 23,5°C y cargar el ómnibus con pasajeros, se presenta en la figura 3.

La carga del ómnibus se efectuó durante 5 minutos y con una temperatura exterior de 29 °C. y la temperatura en el interior del vehículo subió hasta alcanzar 27 – 28.5°C, estabilizándose ésta a los 28 minutos.

Los resultados de las mediciones periódicas de las temperaturas y humedades se presentan a modo de ejemplo en la figura 4.

Es importante destacar de forma general, que el sistema de aire acondicionado asegura el rango de temperatura fijada en el “manipulador del control” durante todo el tiempo del viaje realizado, manteniendo los parámetros de bienestar en el salón de pasajeros independientemente de las condiciones externas.

La encuesta a los pasajeros y tripulación, sobre su estado de sentir el clima durante la prueba, se realizó con el objetivo de determinar el por ciento de las personas que se sienten bien o en estado de confort y tener una idea de la cantidad de individuos que se muestran satisfechos con la temperatura y velocidad del aire. Los individuos fueron encuestados en el momento que se miden las temperaturas y humedades, en las pruebas periódicas cada una hora, en los puntos dispuestos en la figura 1.

En la tabla 1 se presenta el promedio de los resultados de las encuestas a los pasajeros.

La encuesta se realizó una hora después de estabilizado el clima interior, los parámetros interiores establecidos fueron la temperatura y velocidad del aire en el “manipulador del control” 25 °C y “baja” respectivamente.

Nota: (0.5 clo: Ropa ligera o normal para tiempo de verano; 1.0 clo: Traje o con abrigo).

Del análisis de las encuestas es importante destacar los siguientes resultados:

En la tabla 1, se observan un 97,4 % de satisfechos con el clima impuesto (neutro), independientemente que un 13 % estaban abrigados (1,0 clo) y un 45 % mantenían cerrados los difusores individuales, considerándose los resultados como satisfactorios.

La medición del aire de reposición fue dirigido a determinar la magnitud que puede aportar el sistema de aire acondicionado y compararlo con el recomendado según, “Instalaciones de climatización”, para un local ocupado por 50 personas como máximo posible a transportar en los ómnibus en estudio y de acuerdo a la actividad que desarrollan los pasajeros.

La determinación se efectuó midiendo la sección transversal que atraviesa el flujo de aire, y a su vez, la velocidad de éste a la entrada de la sección. El cálculo de aire de ventilación exterior, que aporta el equipo, fue calculado por la fórmula:

$$Q = P * V \text{ {m}^3/\text{s}} \quad (1)$$

Donde:

Q: Flujo volumétrico de aire que aporta el equipo (m^3/s).

P: Área de la sección transversal del orificio de entrada del aire de ventilación exterior (m^2).

$P = a * b$.

Las variables a y b son lados del orificio de ventilación exterior (m).

V: Velocidad del aire a la entrada del orificio de ventilación exterior (m/s).

$F = 0.95$ (factor de corrección debido a que el orificio de entrada del aire de ventilación presenta una rejilla para filtrar el mismo).

El aire de reposición que aporta el equipo es de $13.87 * 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$.

La norma plantea que una persona sentada y relajada, es decir, con una producción metabólica de $70 \text{ W}/\text{m}^2$ necesita $3.6 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ -persona.

Por lo tanto:

Los ómnibus cuentan entre 47-51 pasajeros incluyendo los tripulantes, de lo planteado anteriormente los vehículos de este tipo necesitan $18.36 * 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$; por lo cual se deduce que la ventilación exterior tiene que estar fijada en el “manipulador del control” o sea que todo el tiempo de trabajo, el equipo siempre que se encuentre en la transportación masiva, debe estar reponiendo el aire en el salón de pasajeros y así evitar posibles contagios de enfermedades entre los pasajeros además de evitar olores desagradables.

3. Conclusiones.

Las evaluaciones, pruebas y cálculos realizados al sistema de aire acondicionado del ómnibus, permiten llegar a las siguientes conclusiones:

1. El tiempo de estabilización de la temperatura, en el interior de ómnibus vacío es de (36 – 40 minutos) y después de ser cargado de (28 minutos), es adecuado para este tipo de vehículo a partir de las temperaturas exteriores e interiores.
2. A partir de los resultados obtenidos en las pruebas de estabilización y periódicas, el sistema de aire acondicionado asegura el rango de trabajo de los parámetros del clima previamente fijados.
3. Los resultados de las encuestas realizadas dan criterios para evaluar la forma de sentir el clima por parte de los ocupantes y definir que los parámetros impuestos (22 – 25 °C) y velocidad del aire “baja” son los adecuados, ya que más del 96.5 % de los pasajeros y tripulantes, estuvieron satisfechos con el clima.
4. El sistema mantiene una temperatura en el interior del ómnibus entre (23 – 26 °C); lo que es declarado por la norma ISO 7730 como ambiente térmico de confort.
5. La distribución de los puntos de salida del aire directamente hacia el salón de pasajeros y de forma individual, a través de los difusores, es adecuado para lograr un clima de confort general en el interior del ómnibus.

6. Según el cálculo realizado sobre la reposición del aire al interior del ómnibus, se considera que éste debe ser aplicado durante todo el viaje, por la necesidad del aire de ventilación exterior, para el grupo de personas en el interior del ómnibus.
7. El régimen de trabajo propuesto para la utilización del sistema de aire acondicionado es menos severo que el utilizado actualmente, tanto para el hombre como para el sistema, lo que contribuye al ahorro de combustible y piezas de repuesto.
8. Los resultados obtenidos del consumo de combustible con la variante que se propone es de 2.33 l/h en trabajo en ralentí y en vacío el vehículo y con las variantes con que se explotan actualmente consumen 2,6 l/h ó 2,8 l/h, por lo que proporcionalmente con la variante propuesta el consumo de combustible debe disminuir en 0,47 litros ó 0,27 litros por cada hora de trabajo del vehículo, lo que significa un ahorro de 0,235 \$/h ó 0,135 \$/h según la variante que se utilice.

4. Recomendaciones

Explotar el sistema de aire acondicionado con los siguientes parámetros de confort en el “manipulador del control”:

- Temperatura: 25 °C.
- Velocidad del aire “baja”.
- Utilizar todo el tiempo el aire de ventilación exterior en el ómnibus.

M. A. Cárdenas Garnier

Departamento de Mecánica Aplicada. Facultad de Ingeniería Mecánica

Teléfono: (537) 266 3607. Fax: (537) 260 2267

E-mail: agarcia@mecanica.cujae.edu.cu

Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” – CUJAE

Calle 114 #11901 e/119 y 127. Marianao. La Habana. CP 19390. Cuba.

5. Bibliografía

1. **ALONSO, A.** *Ergonomía*. La Habana. Cuba: ISPJAE, 1996.
2. **CÁRDENAS, M. A.** *Seguridad y confort en el transporte automotor*. ISBN 959 261 171 8.
3. **CÁRDENAS, M. A.** *Ergonomía en el transporte automotor*. ISBN 959 261 171 8.
4. **JENING, B. H.** *Aire Acondicionado y Refrigeración*. México: Compañía Editorial Continental, S. A, 1970.
5. **POLAINO, L.** y *et al.* *Instalaciones de Climatización*. La Habana. Cuba: Editorial ISPJAE, 1987.
6. **STOECKER, W. F.** *Refrigeración y Acondicionamiento de Aire*. Madrid: Ediciones del Castillo, S. A, 1972.
7. **KELIN, Z.** *Vehicular Air Conditioner Co., Ltd., Maintenance Manual*. 2005.
8. **ZHENGZHOU.** *Yutong Bus Co., Ltd., Datos Técnicos*. 2005.
9. **ISO.** *Determination of metabolic heat production*. ISO 8996. 1992
10. **ISO.** *Moderate Thermal Environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal, confort*. ISO 7730. 1992
11. **NC.** *Aire en la zona de trabajo*. NC 19 01 03
12. **NC.** *Microclima laboral. Métodos y medios de medición. Requisitos Generales*. NC 19 01 22