

IMPLEMENTACIÓN DE ALERTA AL SOBRECALENTAMIENTO DE FRENOS COMO SISTEMA DE SEGURIDAD EN VEHÍCULO DE 1600CC

IMPLEMENTATION OF BRAKE OVERHEATING ALERT AS A SECURITY SYSTEM ON THE 1600CC VEHICLE

Cristina Muñoz Gallegos¹ Dario Borja Soto² Andres Moreno Constante³

¹Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, Ecuador

E-mail: mgca1024064@gmail.com

²Universidad Central del Ecuador, Postgrado Facultad Ciencias Físicas y Matemática, Quito, Ecuador

E-mail: dxborja@uce.edu.ec

³ Universidad Central del Ecuador, Postgrado Facultad Ciencias Físicas y Matemática, Quito, Ecuador

E-mail: asmorenoc@uce.edu.ec

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo el diseño y construcción de un módulo de alerta electrónico automotriz, con el cual se pueda monitorear de manera continua la temperatura del sistema de freno, mediante la medición en los discos de frenos, para evitar sobrecalentamiento; ya que a nivel Nacional se presenta un alto índice de siniestros por el motivo antes mencionado. El sistema tiene como objetivo emitir una alerta sonora y auditiva si la temperatura del sistema supera los 140°C, el cual da tiempo de reacción al conductor para tomar acciones pertinentes al posible sobrecalentamiento de los frenos, esto mediante el procesamiento de los datos tomados por una termocupla instalada en la mordaza de frenos delantera, dichos datos son procesados por una placa Arduino programada para cumplir con los requerimientos planteados, al efectuar las pruebas de implementación del dispositivo se comprobó la temperatura en pruebas de ruta efectuadas en un vehículo modelo Chevrolet Sail S3 que tuvo resultados favorables, al tener temperaturas máximas de 50,75°C en una ruta de 34km con tramos viales de autopista y ciudad, con una variación del 7,66% con respecto a la temperatura máxima de otra prueba similar, logrando controlar las temperaturas en el transcurso de un viaje y alertando de manera satisfactoria para poder lograr que el conductor tome una estrategia de conducción adecuada para prevenir el sobrecalentamiento del sistema de frenos en el vehículo.

Palabras clave— Accidentes; Frenos; Módulo electrónico; Sobrecalentamiento Frenos; Termocupla.

Abstract

This research aims to design and build an automotive electronic alert module, that will allow the temperature of the brake system to be continuously monitored to avoid overheating, since that causes high rate of accidents per year nationwide. To summarize the functioning of this system, it will turn on an alert if the system temperature exceeds 140 ° C, so that the driver will acknowledge the possible overheating issue and take action. This as a result of the data taken by a thermocouple installed is being processed by an Arduino microcontroller programmed to meet the stated requirements. Moreover, in the course of the implementation tests of the device, the temperature was verified through road tests carried out on a Chevrolet Sail S3, which had favorable results because of the maximum temperatures of 50.75 ° C on a 34 km route with highway sections and city, with a variation of 7.66% with respect to the maximum temperature of another similar test. Consequently, the system succeeded by managing to control temperatures during a trip and alerting satisfactorily the driver to persuade him to drive properly and prevent overheating of the vehicle's brake system.

Key Words– Accident; Brakes; Brakes overheating; Electronic module; Thermocouple

INTRODUCCIÓN

Los accidentes de tránsito en la actualidad es un causal de muerte más usuales, esto debido a distintos factores, sean mecánicos y humanos; al relacionar accidentes de tránsito una de las causas con mayor frecuencia son las fallas mecánicas en el sistema de frenos, para lo cual el sobrecalentamiento de sus componentes es un factor determinante en el aumento de esta cifra, tomando como ejemplo el centro de colisiones de la concesionaria Chevrolet Vallejo Araujo Quito-Ecuador, en la cual se visualiza que de los automóviles ingresados por siniestros, más del 50% son por fallos en frenos (Segarra Jaque, 2015).

El sobrecalentamiento de frenos puede ocurrir por varias razones según el estudio de Ochoa y Navarro, la cual lo provocaría una conducción agresiva, errónea y fallos mecánicos, sea cualquiera de estos métodos el resultado puede costar la vida de los ocupantes; para lo cual el centro de Experimentación y Seguridad Vial (CESVI), mediante reconstrucción de acci-

dentos el 88% de accidentes provocados por alta temperatura en los mecanismos de frenos, es provocado por componentes humanos; el porcentaje restante lo atribuyen a deficiencia en los mecanismos y elementos que conforman el sistema de frenos del automóvil (Ochoa Arrieta & Navarro Terraza, 2017).

Si al manifestar o aducir que un accidente de tránsito lo provocó una falla mecánica (Orduz, 2010). Esto significa que todo un sistema clave en el vehículo falló al 100% y esto de un momento al otro, todo esto es muy poco probable encontrarlo en una investigación (López & Paucar, 2013).

Por lo cual la industria automotriz ha evolucionado con gran velocidad para poder proporcionar mecanismos de seguridad y confort en el automóvil, por lo cual los análisis en el sistema de frenos se realizan ante la necesidad de evitar accidentes de tránsito (Carranza Sanchez & Beltran Pulido, 2003).

Los sistemas de frenos de un automotor deben encontrarse en óptimas condiciones, para lo cual se emplean mantenimientos preventivos y correctivos en el sistema (Ochoa Arrieta & Navarro Terraza, 2017), pero no por ellos se debe creer que se evitará fallas en el sistema, porque los factores a los que estos afectan, van más allá de un material erróneo o un elemento no apropiado, los distintos talleres multiservicio han manejado la parte de frenos con gran responsabilidad para lo cual en la ciudad de Quito existen talleres especialistas, tales como Rapi-freno, Servifreno, Utilfreno, los cuales cuentan con sucursales en toda la capital de los ecuatorianos; esto conlleva a realizar el análisis de la importancia de este peculiar y tan esencial sistema en el automóvil.

El sobrecalentamiento de frenos adicional puede darse por un tráfico agobiante en la ciudad el cual exige un uso frecuente del sistema,

el stress ocasionado por el tráfico vehicular conlleva a una conducción brusca agresiva, la mala conducción al apoyarse únicamente el freno de pie y no ocupar freno de motor, excesos de velocidad en carreteras sinuosas que ocasiona el uso del freno de manera constante, la no conservación de distancias entre vehículos provoca presionar el pedal de freno de manera seguida y con mayor fuerza de lo habitual (ALAPA, 2016).

La presente investigación tiene como objetivo analizar la implementación de un sistema de alerta, el cual prevenga al calentamiento de elementos del sistema de frenos mediante el análisis de la temperatura a la cual el vehículo se encuentra circulando, por lo tanto, el conductor será informado para que tome las medidas de seguridad necesarias para evitar el sobrecalentamiento del sistema; y así ayudar a reducir el índice de accidentes por este tipo de fallos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se basó en un proceso experimental, cualitativa, adicional de investigación documental, la información que se obtuvo se utilizó como referencia para el análisis del factor de seguridad del sistema de alerta, esto con el fin de evitar el sobrecalentamiento del sistema de frenos en los vehículos.

Al realizar un análisis de los accidentes de tránsito con sus probables causas de origen, se llega a la conclusión que la impericia de parte de los conductores ocasiona que se use de manera exagerada los frenos en el automotor, todo esto conllevado por maniobras inadecuadas como, excesos de velocidad, lo que produce el desafortunado sobrecalentamiento en los frenos (Reyes, 2014). Por lo cual la idea central en la generación de un sistema de alerta al momento de conducción de manera activa, para la

recolección de datos de temperatura mediante sensores las cuales previo a un procesamiento se visualizan en una pantalla dentro del habitáculo del automotor.

Uno de los pilares fundamentales es la selección del vehículo de prueba, el cual mediante estadísticas de la Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador que determina que la clase de vehículos Sedan, son los cuales que se tiene una mayor cantidad de vehículos siniestrados (ANT, 2020). Todo esto por la clase de vehículo, que presentan altas prestaciones y su posibilidad de accidente se eleva.

La Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) en su anuario emitido en el año 2018, menciona que la categoría de vehículo sedán es la que cuenta con mayor porcenta-

je de participación en el mercado, esto gracias a sus estadísticas de distribución de ventas de vehículos, para lo cual se analiza las provincias con mayor participación, en Ecuador, Pichincha y Guayas tiene la mayor participación con 38% y 28% respectivamente, como se evidencia en la figura 1 (AEADE, 2018).

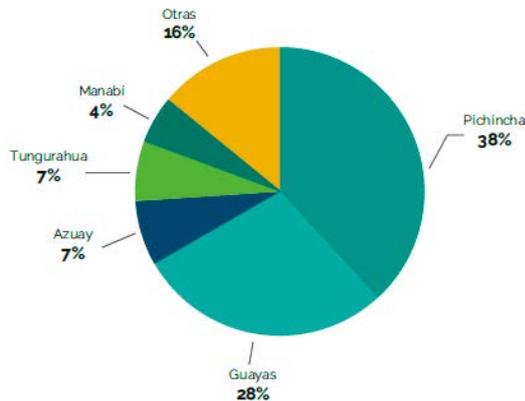


Figura 1: Participación de ventas de vehículos por provincia Ecuador
Fuente: (AEADE, 2018)

Para retomar la participación de la categoría con mayor influencia en el mercado, se utiliza las estadísticas del anuario AEADE, la provincia de Pichincha tiene un 43% de automóviles y 36% en SUV, mientras tanto la provincia del Guayas con una utilización de automóviles del 48% y los automotores SUV con el 30% de ventas (AEADE, 2018), esto ratifica el análisis del sobrecalentamiento en un vehículo tipo automóvil, un gran representante. Para la selección del modelo en específico, se tomó la marca con mayor ventas en el mercado esta es Chevrolet, con una participación del 33,14% a nivel nacional con 45605 unidades vendidas en el año 2018, el cual mantiene un 60% de su total de unidades la categoría de automóviles, en este tipo de automotor el modelo New Sail ó Sail S3, lidera con 8738 unidades vendidas en el año en mención; por lo cual se convirtió en el carro a estudio (Mackay Castro & Poveda Burgos, 2016).

El New Sail de Chevrolet, es un automóvil sedan que posee un motor 1500cc DOCH con 109 HP de potencia y 141 Nm de torque, el sistema de frenos delanteros es de discos ventilados y posterior de tambor, un peso bruto del automotor de 1485 kg (Chevrolet, 2019).



Figura 2: Vehículo Chevrolet New Sail ó Sail S3
Fuente: (Chevrolet, 2019)

Dentro de los sistema que conforman un automóvil, el sistema de frenos tiene un elemento fundamental el cual es el líquido de frenos que cumple una función importante en el sistema al realizar el transporte de fuerza, transmisor de temperatura y entre otras funciones, para lo cual el New Sail posee un fluido recomendado por el fabricante DOT 3, en el cual sus características se establecen en la norma SAE J1703 motor vehicle brake fluid, su punto de ebullición en 140°C, una temperatura no muy segura en condiciones extremas, adicional los discos de frenos otro elemento fundamental en el sistema, estos dependiendo del material pueden soportar cerca de los 400°C de manera general para vehículos de calle, y 800°C en discos de frenos especiales o cerámicos (Dominguez & Ferrer, 2015).

Para el diseño del módulo se realizó un análisis en el cual se verificó el tipo de alerta que debe tener el automotor, para lo cual se efectuaron encuestas a conductores en la cual se enfocaron la siguiente pregunta: "Una señal de aviso de sobrecalentamiento de frenos prefiere que sea visual o sonora". Para lo cual de 25 encuestas efectuadas a conductores de vehículos sedanes de distintas marcas como muestra la figura 3, llegaron a responder 17 conductores prefieren una alerta visual siendo el 68%, por la

razón que al tener un aviso sonoro se convierte en molesto en la conducción, mientras tanto 8 personas o el 32% de los conductores encuestados mencionan que una alerta sonora sería una alternativa adecuada ya que al estar atentos a una señal visual puede ocasionar distracciones al conducir.

TIPO DE ALERTA EN VEHÍCULO

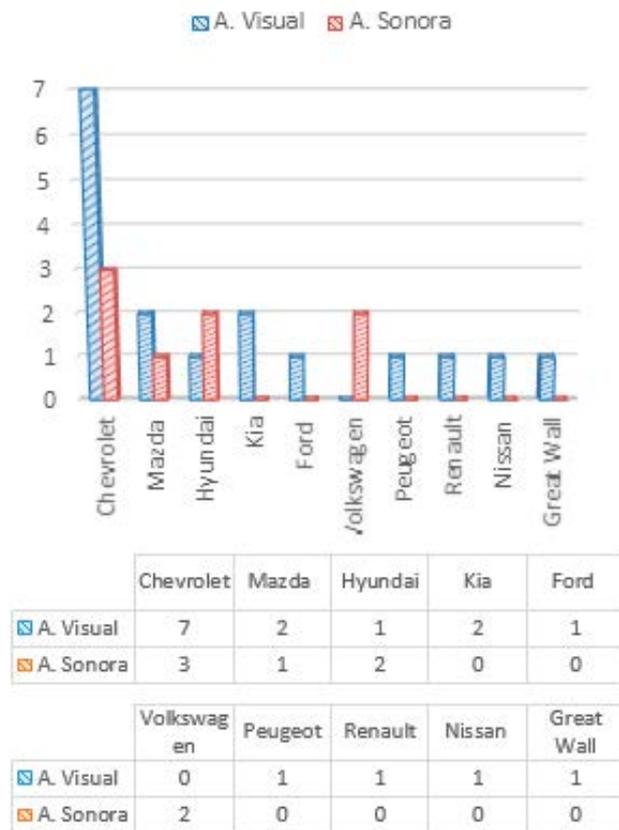


Figura 3: Distribución de encuestas acerca de tipo de alerta de sobrecalentamiento de frenos
Fuente: Propia

Para el diseño de la alerta se tomó las dos condiciones, para cumplir con expectativas por parte de cada usuario, y de esta manera obtener una la mejor aceptación en el mercado.

El diseño del módulo se enfoca en la utilización de un aviso sonoro con la implementación

de un buzzer, el cual es el encargado de producir una señal de audio mediante las corrientes internas que circulan por un electroimán en su interior, el aviso visual esta comandado por un display LCD (Display de cristal líquido) el cual es el encargado de mostrar la información de manera gráfica mediante una placa que analiza y distribuye las datos proporcionados por un controlador; el controlador en mención es una placa Arduino la cual consta de entradas y salidas analógicas/digitales cuyo elemento principal es un microcontrolador, el cual permite el desarrollo de distintos diseños a través de un lenguaje de programación C++ propio del dispositivo (García & Navarro, 2015). La medición de temperatura está controlada por una termocupla cuya función es medir el valor de temperatura por su composición interna, un termistor que cambia su resistencia al elevar la temperatura, considerando que el seleccionado por el rango de 0 a 1000°C de temperatura es de Niquel-Cromo-Niquel siendo este de tipo K con un diámetro de alambre de 2 a 3 mm (FCEFYn, 2015).



Figura 4: Termocupla tipo K.
Fuente: (FCEFYn, 2015)

La placa Arduino trabaja con un código C++, el cual maneja un sistema de programación propia; el cual responde a una entrada analógica medida por parte de la termocupla ubicada en el sistema de frenos, esta señal se traslada al microcontrolador (Arduino) para ser analizada y determinar un valor en un rango máximo de 140°C, ya que a esta temperatura la investigación de Muñoz, determina según experimenta-

ción que los vehículos de calle superando los 250°C sus elementos empiezan a presentar una falta de desempeño, todo usando un factor de seguridad de 2, para el diseño, por lo tanto superando el valor de 140°C emitirá un mensaje en el display y una alerta sonora mediante el Buzzer, tomando en cuenta que estas constituyen la salida del sistema (Muñoz Gallegos, 2016).

La programación de la placa Arduino corresponde al diagrama de flujo de la figura 5 a continuación.

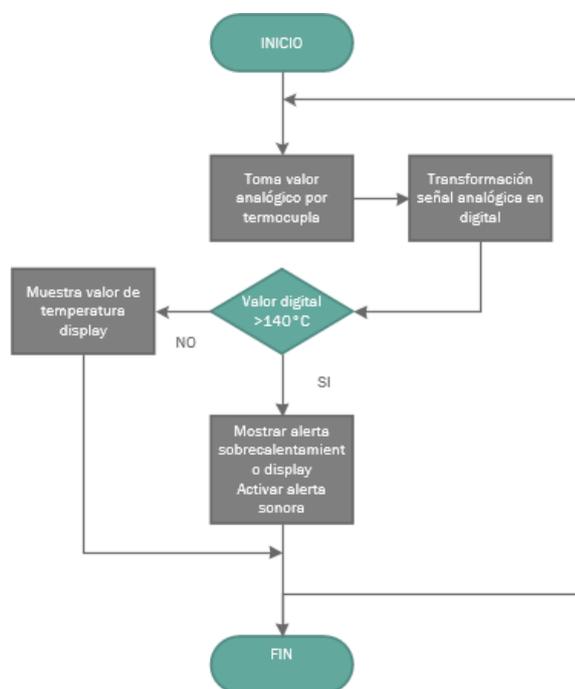


Figura 5: Diagrama de flujo de programación en placa arduino
Fuente: Propia

Para el diseño electrónico se cumple la alimentación por parte de la batería del automóvil, la cual por funcionamiento del alternador llega a tener 14.5V, por lo cual un regulador de voltaje lo reduce hasta 8v, la señal proveniente de la termocupla ingresa a la placa Arduino para ser

analizada y emita su señal de salida tanto al display como a la alerta sonora, tomando en cuenta que cuando la temperatura no se eleve a más de 140°C, únicamente se visualizará el valor de temperatura del disco de freno, todo esto para toma de valores en la investigación y posterior para información al conductor del automotor. La conexión se muestra en la figura 6, en la cual se utiliza un programa de simulación electrónica PROTEUS, el cual sirvió para comprobar el circuito diseñado por los autores.

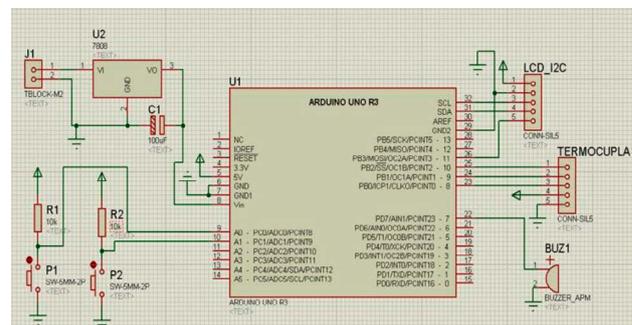


Figura 6: Conexiones electrónicas del módulo de medición de temperatura del sistema de freno
Fuente: Propia

La termocupla se ubicó en el disco de freno mediante el estudio de comparación de temperaturas de funcionamiento regular de los elementos mecánicos en una muestra de vehículos, la mencionada medición se realizó con el pirómetro marca Rayket, el cual mediante un láser obtiene el valor de temperatura con un rango de frecuencia de 80-1000 Mhz con un error promedio de $\pm 1.4^{\circ}\text{C}$ a 3V/m en todo el espectro (Vaca, Castro, & Quiroz, 2014). Los datos de temperatura se tomaron en discos de frenos, pastillas de freno, tambores de freno, líquido de freno; posterior a su funcionamiento para determinar la incidencia de la temperatura en cada elemento y seleccionar la mayor afectación, por lo cual los datos se evidencian en la tabla 1.

Tabla 1
Valores de mediciones temperatura

Elemento	30-74°C	75-124°C	125-140°C
Pastillas de freno	32%	55%	4%
Discos de freno	8%	60%	32%
Tambores de freno	84%	12%	4%
Líquido de freno	100%	0%	0%

Fuente: Propia

Se debe tener en cuenta que en las pastillas de freno el 8% de valores restantes sobrepasaron los 140°C llegando a más de 200°C, mediante el análisis de la tabla 1, los resultados en disco de freno son los más relevantes y más constante en elevada temperatura, adicional: si los automotores no se han efectuado un mantenimiento preventivo de limpieza y regulación de tambores de freno, no tienden a ser efectivos y toda la carga se llevan a los frenos de disco delanteros, exactamente en la mordaza de freno que están en contacto directo con por parte de la pastilla de freno, todos los antecedentes mencionados con llevaron a la incorporación de la termocupla en la mordaza de freno delantero del Chevrolet Sail S3 como se ilustra en la figura 7.



Figura 7: Instalación termocupla en la mordaza de freno delantera Sail S3.

Fuente: Propia

Las pruebas se las realizaron mediante la toma de medidas en una ruta establecida, para verificar el funcionamiento y utilidad del sistema, para lo cual se ocupó una ruta en la ciudad de Quito-Ecuador, con un inicio en Calderón y finalización en la Mena 2 al sur de la urbe, un trayecto de 34km, que atraviesa la Av. Simón Bolívar, túnel Guayasamín, Av. Eloy Alfaro, A. Versalles, Túneles, Mariscal Sucre, Mena 2. Como se puede ilustrar en la figura 8.



Figura 8: Ruta de prueba de comportamiento sistema de frenos con dispositivo de alerta.

Fuente: Propia

RESULTADOS

Al realizar la prueba de ruta y toma de valores se obtuvo los datos que se ilustran en la figura 8, en forma de los tres distintos días.

Tabla 2

Valores de mediciones de temperatura de las pruebas con dispositivo instalado en vehículo Sail S3

Kilometraje	Día 1 Temp. °C	Día2 Temp. °C	Día 3 Temp. °C
1	16,75	15,75	16,00
2	19,00	18,25	18,00
3	23,50	21,25	21,00
4	23,00	21,50	21,25
5	24,25	23,75	23,00
6	25,25	27,35	24,25
7	27,00	27,75	27,25
8	23,50	28,75	27,50
9	28,75	31,75	28,25
10	33,00	32,50	30,75
11	27,25	38,50	32,00
12	31,70	38,75	39,50
13	37,50	36,50	41,75
14	41,75	35,25	43,75
15	44,50	33,75	44,50
16	45,55	32,75	45,75
17	49,75	36,25	41,00
18	51,75	43,00	35,25
19	50,00	50,75	33,50
20	49,50	47,25	37,50
21	52,25	42,50	43,75
22	51,25	42,25	44,25
23	47,00	39,50	46,75
24	44,75	42,50	46,25
25	42,75	48,75	42,50
26	43,75	41,50	45,75
27	49,00	41,25	48,25
28	51,00	40,50	43,75
29	48,25	38,25	47,00
30	44,75	46,25	46,75
31	43,50	42,00	45,25
32	43,25	44,50	42,25
33	42,75	45,25	41,75
34	43,00	46,75	42,50

Fuente: Propia

El trayecto del día uno se da inicio a las 06:22 am y termina a las 07:48 am con una duración de 1 hora con 26 minutos. El trayecto del día dos se da inicio a las 06:19 am y termina a las 07:37 am con una duración de 1 hora con 18 minutos. El trayecto del día tres se da inicio a las 06:19 am y termina a las 07:20 am con una duración de 1 hora con 1 minuto.

La curva comparativa de valores obtenidos en los 3 días de pruebas se visualiza en la figura 8, en la cual se distinguen los picos de temperatura.

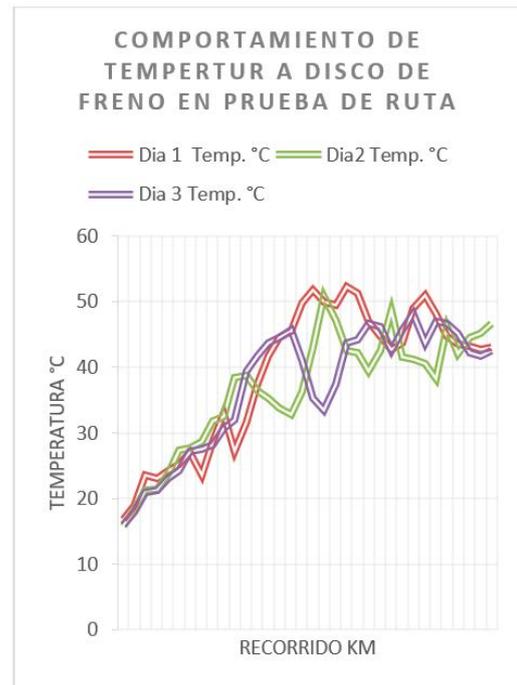


Figura 9: Tendencias de curvas de acuerdo a las pruebas del sistema de alerta en los 3 días.

Fuente: Propia

DISCUSIÓN

De acuerdo a los datos obtenidos por parte de la ruta establecida y Ley Ecuatoriana de Tránsito se tiene lo siguiente:

El día 1 la velocidad mínima promedio tomada en cada prueba con el velocímetro del vehículo es 20km/h y su velocidad máxima promedio es 90km/h; el ambiente se encontraba a 17°C, con una carga de 3 pasajeros, se tiene que la temperatura más elevada es en el kilómetro 21 del trayecto con un valor de 51,25km/h a las 07:03 am, ocasionada por el tráfico en el túnel Guayasamín, lo que ocasionó el uso repetido del pedal de freno.

El día 2 la velocidad mínima promedio tomada en cada prueba con el velocímetro del vehículo es 30km/h y su velocidad máxima pro-

medio es 90km/h; el ambiente se encontraba a 14°C, con una carga de 3 pasajeros, se tiene que la temperatura más elevada es en el kilómetro 19 del trayecto con un valor de 50,75km/h a las 06:51 am, ocasionada por el tráfico en el túnel Guayasamín, lo que ocasionó el uso repetido del pedal de freno, tal como el día uno.

El día 3 la velocidad mínima promedio tomada en cada prueba con el velocímetro del vehículo es 30km/h y su velocidad máxima promedio es 90km/h; el ambiente se encontraba a 20°C, con una carga de 3 pasajeros, se tiene que la temperatura más elevada es en el kilómetro 27 del trayecto con un valor de 48,25km/h a las 06:52 am, ocasionada por el tráfico en el túnel Guayasamín hacia la Av. Eloy Alfaro, lo que ocasionó el uso repetido del pedal de freno.

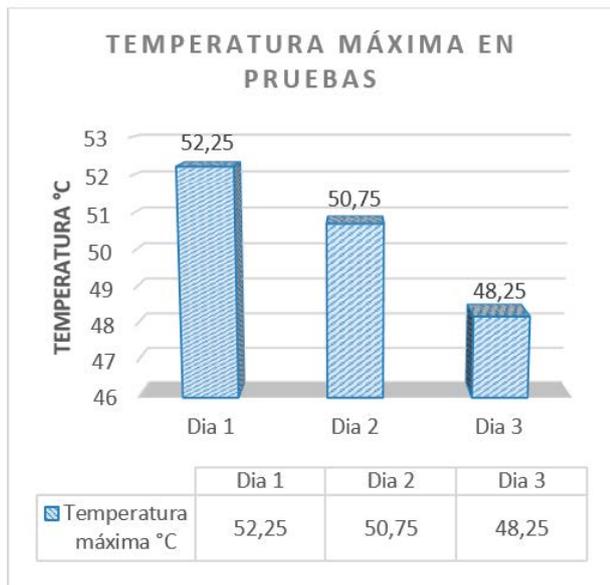


Figura 10: Resumen de temperaturas máximas en pruebas
Fuente: Propia

Dada las pruebas y lo peligroso de sobrecalentar los frenos para activar el circuito de alerta, se sacrificó los discos de frenos forzándolos en la carretera Quito-Latacunga, evidenciando el funcionamiento de la alerta visual y sonora, llegando así a concluir con el funcionamiento adecuado y de una manera satisfactoria.

CONCLUSIONES

El módulo de aviso de sobrecalentamiento de frenos, permite el monitoreo constante de la temperatura de seguridad de funcionamiento del disco de freno, a través del contacto con la pastilla y esta con la mordaza donde se instaló la termocupla, alertando así al conductor y ocupantes sobre la posible falla y a su vez poder preservar la integridad de los usuarios.

El módulo de alerta contribuye como una solución al sobrecalentamiento de los frenos en el automóvil logrando así disminuir el índice de accidentes por tal motivo.

Con las pruebas de ruta realizadas se obtuvieron resultados en el control de la temperatura de frenado, la cual se logró comprobar que, a mayor tránsito, el uso del freno es frecuente y sin ventilación por parte del aire cuando el vehículo transita a velocidad, ocasiona una elevación en la temperatura en el sistema.

La termocupla de medición de temperatura se ubica en la mordaza de freno, esto por la constancia elevada temperatura de mencionada parte del sistema con un 60% de frecuencia de pertenecer a un rango de 75 a 125°C, siendo en su mayoría superior a los distintos elementos; la alerta según encuestas se lo realizó de manera visual con un LCD, y sonora con un buzzer.

Las medidas de temperatura máximas en el transcurso de los tres días poseen una variación del 7,66%, lo que no demuestra que en una ruta establecida no tendremos mayor variación de temperatura en los frenos del automóvil, con lo cual el conductor mediante las alertas podrá planificar su estrategia de manejo.

Se recomienda complementar la investigación con el estudio de alerta de sobrecalentamiento en vehículos de carga pesada, ya que estos tienen un uso con mayor frecuencia, y los

accidentes en estos vehículos tienen terribles consecuencias.

Se recomienda efectuar el estudio de la intercomunicación de las alertas de calentamiento

en distintas etapas a una central de control, el cual sirva para el manejo de flotas de vehículos como transporte, vehículos de estado, alquiler vehicular entre otras, todo esto para precautelar la seguridad de los ocupantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEADE. (2018). Anuario 2018. *AEADE*, 23-54.
- ALAPA. (2016). Los peligros del Recalentamiento de los Frenos. *Brasil*.
- ANT. (14 de Febrero de 2020). *Estadísticas ANT*. Obtenido de <https://www.ant.gob.ec/index.php/ley-de-transparencia/ley-de-transparencia-2020/file/7081-reporte-nacional-de-siniestros-de-transito-202>
- Carranza Sanchez, Y. A., & Beltran Pulido, R. (2003). TRANSFERENCIA DE CALOR DE ESTADO INESTABLE EN FORROS PARA FRENOS. *Unirioja*, 77-82.
- Chevrolet. (12 de Abril de 2019). *Chevrolet-Ecuador*. Obtenido de <https://www.chevrolet.com.bo/wp-content/uploads/Ficha-tecnica-Sail-S3.pdf>
- Dominguez, E., & Ferrer, J. (2015). Sistemas de transmisión y frenado. *Editex*.
- FCEFYN. (06 de Junio de 2015). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOVA*. Obtenido de Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Matemáticas: <https://fcefyn.unc.edu.ar/departamentos/electrotecnia/cat/eye.htm#apunt>
- García, A., & Navarro, K. (29 de Septiembre de 2015). *Panama Hitek*. Obtenido de <http://panamahitek.com/uso-de-pantalla-lcd-con-arduino/>
- López, C., & Paucar, J. (2013). DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE TEMPERATURA DEL FUNCIONAMIENTO DE FRENOS Y VELOCIDAD DEL VEHÍCULO APLICADO A AUTOBUSES INTERPROVINCIALES. *Unirversidad Salesiano Repositorio*.
- Mackay Castro, C., & Poveda Burgos, G. (2016). Revisión al impacto económico del sector automotriz en Japón y su influencia en Ecuador. *Universidad de Guayaquil*, 1-17.
- Muñoz Gallegos, C. A. (2016). *Repositorio Dspace*. Obtenido de <http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/13728/browse?value=Mu%C3%B1oz+Gallegos%2C+Cristina+Andrea&type=author>
- Ochoa Arrieta, R. E., & Navarro Terraza, O. J. (31 de Agosto de 2017). *ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE FALLAS EN EL SISTEMA DE FRENADO DE VEHÍCULOS LIVIANOS EN LA CIUDAD DE VALLEDUPAR (DEPARTAMENTO DEL CESAR-COLOMBIA)*. Obtenido de <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/38076/1/170832.pdf>

Ordúz, M. (2010). Las fallas mecánicas ponen en evidencia el error humano. *El tiempo*.

Reyes, J. S. (2014). A Preliminary Analysis of two Bus Rapid Transit Accidents in Mexico City. *Procedia Engineering*, 624-633.

Segarra Jaque, C. (10 de Abril de 2015). *El Comercio*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/deportes/carburando-autos-automoviles-frenos.html>

Vaca, P., Castro, J., & Quiroz, L. (2014). Banco de pruebas para el análisis y comportamiento. *Repositorio ESPE*.