



INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Análisis de variables CAN para identificar estilos de conducción en vehículos de autotransporte

Mauricio Eliseo Cruz Acevedo
Manuel de Jesús Fabela Gallegos
David Vázquez Vega
Oscar Flores Centeno
José Ricardo Hernández Jiménez
Marco Antonio Hernández Nochebuena
Luis Gerardo Sánchez Vela

Publicación Técnica No. 674
Sanfandila, Qro.
2022

ISSN 0188-7297

Esta investigación fue realizada en la Coordinación Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural (CIVIE) del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), por el Ing. Mauricio Eliseo Cruz Acevedo, el Dr. Manuel de Jesús Fabela Gallegos, el M.C. David Vázquez Vega, el M.C. Oscar Flores Centeno, el M.C. Ricardo Hernández Jiménez, M.C. Marco Antonio Hernández Nochebuena y el Ing. Luis Gerardo Sánchez Vela.

Esta investigación es el producto final del proyecto de investigación interna EI 12/21 "Tendencias de estilo de conducción por medio de análisis de variables CAN en vehículos de autotransporte".

Se agradece la colaboración y comentarios del Dr. Francisco Javier Carrión Viramontes, Jefe de la División de Laboratorios de Desempeño Vehicular y de Materiales de la CIVIE.

Contenido

Índice de figuras	v
Índice de tablas	vii
Sinopsis.....	ix
Abstract	xi
Resumen ejecutivo	xiii
Introducción.....	1
1. Antecedentes	3
1.1 Protocolo de comunicación CAN.....	3
1.2 Curvas características del motor	5
1.3 Estilos de conducción.....	7
2. Metodología	9
2.1 Hardware y software	9
2.2 Vehículo de prueba	11
2.3 Esquema de pruebas	14
3. Implementación.....	17
3.1 Instrumentación de vehículos.....	17
3.2 Desarrollo de las pruebas	18
3.3 Datos obtenidos en las pruebas	20
4. Resultados	23
4.1 Parámetros elegidos	23
4.2 Análisis de los parámetros	24
4.3 Estilos de conducción.....	28

Conclusiones.....	31
Bibliografía	33

Índice de figuras

Figura 1.1 Terminales de conector OBD-II [2]	4
Figura 1.2 Conector de 9 y 6 pines [2]	4
Figura 1.3 Curvas características del motor Man D2676 LOH 30	7
Figura 2.1 PCAN-USB.....	9
Figura 2.2 Cable para conector de 9 pines J1939.....	10
Figura 2.3 Ejemplo de estructura productor/consumidor [6].....	10
Figura 2.4 Ventana de inicio y conexión.....	11
Figura 2.5 Vehículo de prueba International Pro Star modelo 2013.....	12
Figura 2.6 Ficha técnica del motor CUMMINS ISX 450 [7]	13
Figura 2.7 Primer Ruta propuesta carretera Silao – León	14
Figura 2.8 Segunda Ruta propuesta carretera Silao – Irapuato	14
Figura 3.1 Ubicación del puerto de diagnóstico de 9 pines en camión International	17
Figura 3.2 Ejemplo de datos decodificados de la velocidad de avance del vehículo	20
Figura 3.3 Ejemplo de datos decodificados de velocidad de giro del motor	20
Figura 3.4 Ejemplo de datos decodificados de la presión aplicada por el sistema de frenos	21
Figura 3.5 Ejemplo de datos decodificados del volumen de combustible consumido	21
Figura 3.6 Ejemplo de datos decodificados de distancia la recorrida.....	21
Figura 3.7 Ejemplo de datos decodificados de temperatura del aceite del motor .	22
Figura 4.1 Velocidad de avance del vehículo y velocidad de giro del motor antes y después de la capacitación, conductor 1	24

Figura 4.2 Velocidad de avance del vehículo y velocidad de giro del motor antes y después de la capacitación, conductor 2	25
Figura 4.3 Velocidad de avance del vehículo y velocidad de giro del motor antes y después de la capacitación, conductor 3	26
Figura 4.4 Velocidad de avance del vehículo y velocidad de giro del motor antes y después de la capacitación, conductor 4	27
Figura 4.5 Velocidad de avance del vehículo y velocidad de giro del motor antes y después de la capacitación (conductor 5)	28

Índice de tablas

Tabla 2.1 Requisitos mínimos para instalación de software.....	11
Tabla 3.1 Identificadores del vehículo de pruebas de acuerdo a SAE J1939-71 ..	19
Tabla 4.1 Clasificación de los participantes de acuerdo a su experiencia previa ..	23
Tabla 4.2 Clasificación de estilos de conducción	29

Sinopsis

Los modelos actuales de vehículos de autotransporte carretero cuentan, en su gran mayoría, con un conjunto de sensores que registran y monitorean su funcionamiento y desempeño. Estos sensores transmiten información a través de sistemas de comunicación, siendo el más común el protocolo de Red de Área de Controlador (CAN, *Controller Area Network*).

Con el propósito de aplicar la información obtenida por los sensores para la identificación de estilos de conducción de operadores, se desarrolló el presente estudio utilizando la velocidad de giro del motor y la velocidad de avance del vehículo, con los cuales se caracterizaron los estilos de manejo antes y después de la capacitación sobre el funcionamiento del motor, sus curvas características y la manera de aprovecharlas para lograr un mejor desempeño del vehículo. Las pruebas de conducción, antes y después de la capacitación, se realizaron con los mismos cinco operadores designados, así como, mismo vehículo y trayecto. El análisis de los datos y su comparación permitieron identificar las características de conducción de los operadores, logrando reconocer aspectos específicos de mejora en el estilo de conducción.

Abstract

Most of the current models of road transport vehicles are equipped with a set of sensors to record and monitor their operation and performance. These sensors transmit information through communication systems, being common the use of the Controller Area Network (CAN) protocol.

With the purpose of applying the information obtained by the sensors for the identification of driving styles of operators, the present study was developed using the rotational speed of the engine and the forward speed of the vehicle, with which the driving styles were characterized, before and after training on the operation of the engine, its characteristic curves and how to take advantage of them to achieve better vehicle performance. The driving tests, before and after the training, were carried out with the same five designated operators, as well as the same vehicle and route. The analysis of the data and its comparison made it possible to identify the driving characteristics of the operators, managing to recognize specific aspects of improvement in the driving style.

Resumen ejecutivo

Un requisito imprescindible para que un operador pueda conducir un vehículo de autotransporte carretero es estar capacitado para hacerlo. Consecuentemente, debe contar con el conocimiento, habilidades y competencias necesarias para controlar y dirigir su movimiento de una manera confiable y segura, de acuerdo a las condiciones del camino, del tránsito y de su entorno. Sin embargo, la gran cantidad de siniestros y hechos de tránsito atribuyen frecuentemente al conductor como causa de los mismos, de lo cual se puede deducir que los conductores pueden carecer de una capacitación adecuada, cuya verificación en la práctica puede resultar compleja.

La presentación de constancias de cursos certificados de conducción no representa en muchas ocasiones una garantía de que los conductores hayan desarrollado las habilidades adecuadas para conducir, cuyas carencias pueden reflejarse en la práctica en acciones inadecuadas de operación de los vehículos, tanto en seguridad como en las técnicas de conducción. Por otro lado, la gran mayoría de los vehículos actuales están equipados con diversos sensores y actuadores controlados electrónicamente, los cuales requieren de sistemas o protocolos de comunicación para su monitoreo y control. La información que se genera y se transmite se procesa por una computadora central, que dirige el funcionamiento del vehículo para una operación más confiable y segura de los usuarios. La información que circula por el bus de datos puede ser colectada a través del puerto OBD-II, gracias al protocolo de comunicación de la Red de Área de Controlador (CAN, *Controller Area Network*).

Por tanto, con el propósito de proporcionar métodos de evaluación, verificación y seguimiento de operadores que evidencien su estilo de conducción, se propuso utilizar la información que se genera a través de la comunicación bajo el protocolo CAN de los sensores y equipos de los vehículos. A través del análisis de esa información, es posible caracterizar el estilo de conducción y el grado en el que el conductor aprovecha el conocimiento y técnicas para la operación de vehículos, principalmente los utilizados para el servicio de autotransporte.

Con base en esa premisa, este trabajo se orientó a identificar cambios en el estilo de conducción de diversos operadores, revisando y analizando datos provenientes de los sensores propios de vehículos pesados. En este sentido, en el capítulo 1 se hace una breve descripción sobre los antecedentes e historia que sustenta la tecnología del protocolo de comunicación CAN. También se explican brevemente las características de comportamiento de un motor y los conceptos relacionados, así como algunos estilos de conducción con base al funcionamiento del motor.

En el capítulo 2 se describe la metodología utilizada para la obtención de la información con base en la ejecución de maniobras generales de conducción, las características de equipos y programas preparados con esa finalidad. Se exponen las generalidades de los vehículos utilizados con sus respectivas curvas de desempeño del motor, así como el tipo de recorrido base para la evaluación. En el capítulo 3 se aborda el proceso de instrumentación del vehículo utilizado y el esquema de pruebas. Éste se centra en los recorridos en carretera seleccionados para la evaluación, que se concreta con la presentación gráfica de datos adquiridos durante esos recorridos. El capítulo 4 presenta el análisis de los datos obtenidos para distintos conductores, así como una clasificación de acuerdo al estilo de conducción identificado. Finalmente se presentan las conclusiones derivadas de este trabajo.

Como parte del proceso general, se identifican los sensores cuya información resulta de interés para analizar el comportamiento del vehículo y, así, asociar un estilo de conducción de acuerdo al uso y aprovechamiento del motor. Lo expuesto constituyen los pasos metodológicos para evaluar el estilo de conducción de operadores de vehículos de autotransporte, tomando de referencia el desempeño característico del motor. Puede, además, ser útil para evaluar el impacto en el consumo de combustible y para concientizar al conductor sobre su estilo de manejo e identificar posibles vicios o errores en la operación de vehículos.

Introducción

En el año 2019 se registraron 362,586 accidentes de tránsito, de los cuales el 92.37% fueron causados por un descuido o error del conductor. Proporciones similares han sido comunes a lo largo de los años, que pudieran dirigir a la relación entre los estilos de conducción adoptados por los conductores y su participación en accidentes. Es por ello que un conductor de vehículos de autotransporte debe contar con la capacitación que le confiera el conocimiento, las habilidades y las competencias necesarias para operarlos de acuerdo a las condiciones del camino, del tránsito y de su entorno. Por tanto, los siniestros y hechos de tránsito atribuidos al factor humano pueden deberse a la carencia de una capacitación adecuada, cuya verificación en la práctica resulta compleja.

El estilo de conducción tiene varios impactos en la detección de conductas peligrosas, en el aprovechamiento de la energía y el ahorro de combustible. Los conductores menos propensos a maniobras bruscas tendrán una menor posibilidad de sufrir una situación peligrosa, por lo que el consumo de combustible también disminuirá. Los estilos de conducción difieren entre los conductores, cuyas diferencias pueden deberse tanto al procesamiento subconsciente del conductor como a las capacidades y respuesta del vehículo y las condiciones del entorno. Esto se manifiesta en la forma en que pisan el freno y el pedal del acelerador, así como en el accionamiento del volante, entre otros.

Los vehículos actuales están equipados con un conjunto de sensores y actuadores electrónicos que miden, registran y transmiten información de acuerdo a las acciones que se aplican en la conducción. Esta información digital se transmite bajo diversos protocolos de comunicación, siendo un protocolo generalizado el denominado Red de Área de Controlador (CAN, *Controller Area Network*). Esta información constituye un historial de datos de las acciones del conductor y la respuesta mecánica del vehículo, por lo que puede ser útil como registro implícito de las tendencias o estilos de conducción.

Bajo esta perspectiva la identificación de estilos de conducción toma gran relevancia, cuya información puede ser aplicada a programas para modificar, reforzar o corregir el comportamiento del conductor, así como para el desarrollo de sistemas de asistencia a la conducción. Es por ello que el propósito de este estudio fue el de asociar la información registrada y transmitida por los sensores del vehículo de acuerdo al accionamiento de los actuadores para la operación del vehículo y, por medio del análisis, identificar las características de la conducción.

Por tanto, el presente documento describe el proceso y la metodología que se llevó a cabo para obtener la información a través del puerto OBD-II, decodificarla y

analizarla, identificando aquellas variables que representan información útil para la identificación de las características de conducción.

Aunque los estilos de conducción se asocian más a la personalidad del conductor al transitar por las calles o carreteras, no siempre es un buen indicador de la respuesta del vehículo, por lo cual es necesario involucrar aspectos relacionados al desempeño mecánico del vehículo. Por tanto, se identifican estilos de conducir haciendo uso de las señales provenientes de la computadora del vehículo bajo maniobras de referencias ejecutadas por diferentes conductores de transporte pesado.

1. Antecedentes

1.1 Protocolo de comunicación CAN

El sistema o protocolo CAN, bus serial desarrollado por la empresa Bosch, es actualmente el estándar de comunicación más utilizado en los vehículos. A principios de la década de 1980, ingenieros de Bosch evaluaron los sistemas de comunicación serial (bus) existentes con la intención de un posible uso en automóviles. Como resultado de su evaluación determinaron que ninguno de los protocolos disponibles en ese momento era adecuado para sus propósitos, lo que dio lugar a la intención de generar un bus que cumpliera con sus requisitos. Así, en 1983 Bosch inició el desarrollo de un nuevo sistema de bus serial, conjuntando la participación de diversos ingenieros y académicos. El nuevo protocolo debía agregar nuevas funcionalidades que diversificaran y facilitaran la comunicación, además de perseguir, como objetivo secundario, la reducción de los arneses de cableado. Dicho protocolo comenzó llamándose “*Controller Area Network*” (Red de Área de Controlador), con el acrónimo CAN, nombre que mantiene en la actualidad, [1].

Los modelos actuales de vehículos incorporan el protocolo CAN para transmitir información de la operación y funcionamiento de cada uno de sus sistemas. Así mismo, determinan la activación o desactivación de dispositivos para mantener y responder ante eventos que comprometan la seguridad, vigilando el adecuado funcionamiento del motor o de otros sistemas prioritarios en la operación del vehículo. Cuando el sistema está energizado, éste genera información de cada sensor o equipo instalado en el vehículo prácticamente de manera ininterrumpida, siendo la computadora central la encargada de gestionar las acciones de operación, de acuerdo a las directrices del desempeño del vehículo. Aprovechando el monitoreo y flujo de información de sensores, equipos y sistemas en el vehículo, el protocolo CAN constituye un medio útil para extraer información del comportamiento de esos dispositivos [1].

El protocolo de comunicación de red de área de controlador (CAN) es un sistema que, a través de un bus de datos, envía información de sensores y actuadores a la Unidad Electrónica de Control (ECU, *Electronic Control Unit*) en el vehículo. Esta unidad de control administra los diferentes aspectos del funcionamiento y operación, como por ejemplo el proceso de combustión del combustible en el motor. En ese proceso, puede controlar la cantidad de combustible que se inyecta en cada cilindro, el punto de ignición, el tiempo de apertura o cierre de las válvulas, la operación del turbo compresor y el control de otros periféricos [1].

La norma SAE J1939 establece la ubicación del conector de diagnóstico. Dicho conector debe estar ubicado en el habitáculo de ocupantes, debajo del panel de

instrumentos y cercano al asiento del conductor, o hasta 300 mm más allá de la consola central del vehículo. Todos estos requerimientos de ubicación deben cumplir con la facilidad de acceso y deben estar fuera de la línea visual de los ocupantes, [5]. La Figura 2.5 muestra las terminales del conector OBD-II. Los pines 6 y 14 corresponden a las terminales de alto —CAN-High— y bajo —Can-Low— del bus de datos CAN.



Figura 1.1 Terminales de conector OBD-II

A diferencia de los vehículos de gasolina, en los vehículos de diésel, el sistema OBD-II no es un estándar de diagnóstico. Este tipo de vehículos a menudo dependen de la norma SAE J1939 y SAE J1708. La SAE J1939 es un protocolo de nivel superior que define la comunicación entre los nodos o unidades electrónicas de control y de diagnóstico que se produce en el bus de un vehículo. Fue desarrollado originalmente por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) en los EUA para aplicaciones en camiones pesados. En la actualidad, el estándar SAE J1939 se utiliza en los vehículos de servicio pesado y en maquinaria, [5]. La Figura 2.6 muestra los conectores asociados a las normas SAE J1939 y SAE J1708.

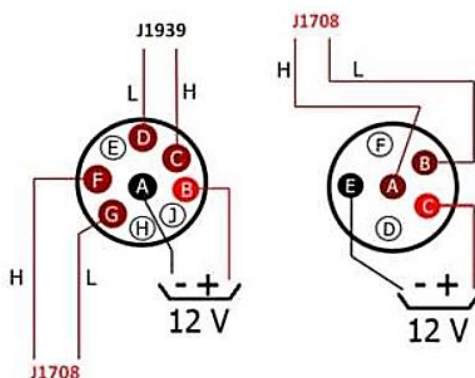


Figura 1.2 Conector de 9 y 6 pines

1.2 Curvas características del motor

Comúnmente, el desempeño mecánico del motor se indica a través de representaciones gráficas del comportamiento de los parámetros principales que ofrece en su régimen de operación. Este comportamiento se obtiene a través de un dinamómetro cuya información básica expresa, con respecto a la velocidad de giro del eje que transmite el movimiento giratorio generado, el par ofrecido, la potencia producida y, ocasionalmente, el consumo específico de combustible en motores de combustión interna. Las representaciones gráficas de ese desempeño se tratan comúnmente como curvas características, aunque generalmente las fichas técnicas incluyen solamente los valores nominales de par y potencia máximos y las velocidades específicas de giro a las que se alcanzan.

Par (*torque*)

Por definición el par o *torque* es la tendencia de una fuerza para producir el giro de un objeto alrededor de un eje. En términos algebraicos, el par se refiere al producto de la fuerza por la distancia perpendicular de su línea de acción al eje de rotación que, en su forma simple se expresa como:

$$T = F \cdot d$$

Donde:

T : Par

F : Fuerza

D : Distancia perpendicular

Las unidades del par se expresan como Nm (Newton-metro) en el Sistema Internacional de Unidades de medida —SI— o lb·ft (libras-pie) en el Sistema Anglosajón (Inglés) de Unidades de medida, por lo que la fuerza y la distancia deben darse en las unidades congruentes.

En el contexto de los motores, es común que se refieran a esta acción mecánica como “par motor”. En los motores de combustión interna se produce a partir de la explosión de la mezcla aire-combustible que ejerce una fuerza de empuje sobre los pistones y la transmite a la biela y al cigüeñal, lo que provoca el par torsional que produce el giro de las ruedas a través del tren motriz.

Potencia

La potencia es el trabajo que se desarrolla por unidad de tiempo, esto es, la rapidez con que se realiza trabajo. Una forma alterna, que facilita su expresión algebraica para el caso de trabajo realizado por un par (*torque*), corresponde al producto del par por la velocidad angular en la dirección del par aplicado:

$$P = T \cdot \omega$$

Donde:

P : Potencia desarrollada

T : Par

ω : Velocidad angular

La unidad dimensional de potencia es el W (*Watt*) en el Sistema Internacional o el hp (*horse-power*) en el Sistema Anglosajón de Unidades. El Watt, a su vez, equivale a 1 Nm/s, mientras que el hp equivale a 550 lb·ft/s, por lo que las unidades de par, velocidad angular y tiempo que les dan origen deben ser congruentes en cada caso. Debido a las particularidades de la definición de las unidades para el hp, cabe mencionar que 1 hp es aproximadamente 0,7457 kW (1 kW es aproximadamente 1,341 hp).

En el caso de motores de combustión interna, estos valores se asocian con la velocidad de rotación del eje cigüeñal expresada como frecuencia cíclica de revoluciones por minuto (rpm o RPM). Por tanto, en los cálculos de par, potencia y otros parámetros en sus diversas unidades involucrados con el régimen de rotación del eje del motor, deben considerar las equivalencias y ajustes correspondientes.

Consumo específico de combustible

El consumo específico de combustible corresponde a la masa del combustible consumida para producir el par y potencia en una determinada velocidad de giro del eje cigüeñal. La forma en que se obtiene es el registro del combustible consumido en razón de la potencia demandada, por lo que es común expresarlo en unidades de masa por unidad de potencia y en un tiempo determinado. Para el caso del Sistema Internacional las unidades son g/(kW·h), mientras que en las unidades inglesas se expresa en lb/(hp·h).

En la Figura 1, se presenta a manera de ejemplo las curvas de desempeño del motor Man D2676 LOH 30, el cual tiene una potencia de 324 kW (440 HP) a 1800 RPM y un par máximo de 2100 Nm que se mantiene de 930 a 1400 RPM. La gráfica superior representa la potencia, la intermedia el par desarrollado y la inferior el consumo específico de combustible, graficadas con respecto a la velocidad de rotación del eje cigüeñal. (FUENTE: Catálogo del Autobús Autocar Interurbano Euro6)

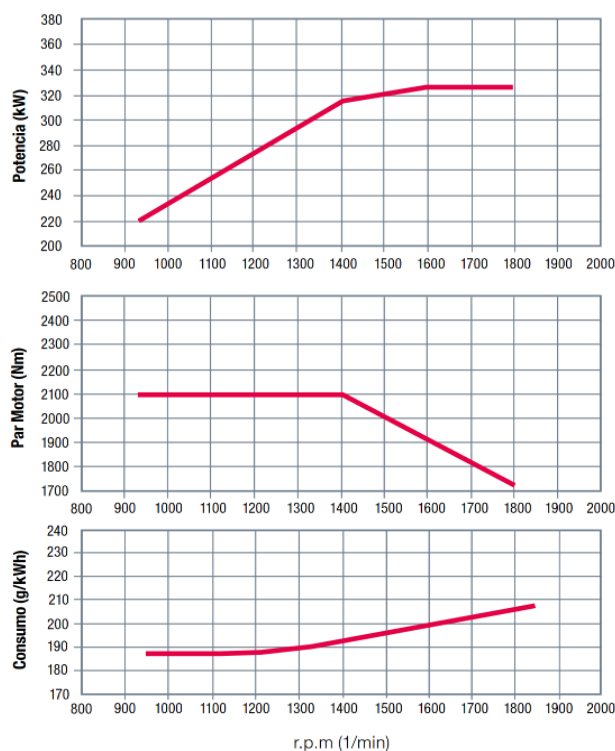


Figura 1.3 Curvas características del motor Man D2676 LOH 30

1.3 Estilos de conducción

Cuando se habla de estilos de conducción se pueden considerar dos vertientes: la primera con respecto a la personalidad del conductor y la segunda con base en las acciones mecánicas sobre los elementos de control del vehículo que definen su desempeño en operación. La primera es más estudiada con base en señales fisiológicas y biomédicas que permiten identificar las personalidades a través de registros de presión arterial, nivel de oxigenación, señales provenientes del cerebro, entre otros aspectos, que se presentan en un conductor. Derivado de lo anterior es posible identificar comportamientos de inseguridad, agresividad, falta de concentración, entre otros tantos, que se asocian a un estilo de conducir de las personas.

La segunda vertiente se basa en la respuesta del vehículo de acuerdo a las acciones que ejerce el operador para la conducción, lo que desencadena un conjunto de señales entre sensores del vehículo que se transmiten vía los protocolos de comunicación. Así, de acuerdo con los accionamientos y respuestas del motor y los accionamientos de control, es posible identificar el estilo en función de las señales y datos transmitidos. Esta vertiente es la que se aborda en el presente estudio, que considera de manera específica tres diferentes estilos de conducción que se clasifican como económico, prestacional y de alto rendimiento.

El estilo de conducción económico requiere mantener al motor en bajas RPM, lo que ayuda a reducir el consumo de combustible, el desgaste mecánico y la contaminación. Consiste en acelerar con suavidad y realizar los cambios lo antes posible sin que el motor presente fallos ni tirones, por lo que la respuesta del motor es limitada. Para ganar velocidad con agilidad se requiere reducir la relación de marcha si es preciso. Al trabajar el motor a bajas RPM, el consumo de combustible, la contaminación sonora y el desgaste son mínimos. Una forma de determinar el intervalo para el cambio de marcha es hacerlos en la “zona verde”, es decir, en el régimen de bajo consumo específico de combustible indicado por el fabricante, o ejecutarlos en un punto donde el motor se mueva con suavidad, [7].

El estilo de conducción prestacional consiste en aprovechar las capacidades que ofrece el motor del vehículo. Este estilo se caracteriza ya sea por mantener el motor revolucionado en un intervalo en el que se produce el par y potencia máximos, sin que disminuya la velocidad del motor fuera de ese intervalo de par, por lo que la respuesta siempre será buena. La otra forma es más extrema, en la que se revoluciona el motor próximo a la zona de potencia máxima para lograr la mayor aceleración y velocidad. Este estilo de conducción implica un mayor consumo de combustible y, consecuentemente, una mayor contaminación, ruido y fatiga de los elementos mecánicos.

En el estilo de conducción de alto rendimiento se busca un alcanzar un equilibrio entre la respuesta del motor y el consumo de combustible. Se puede practicar de dos formas, la primera es realizar el cambio de relación de transmisión solo cuando se llegue a la velocidad del motor de par máximo y así sucesivamente. Al estar el motor girando cerca del par máximo se contará con buena respuesta y se mantendrá un consumo de combustible medio. Otra forma es mantener cada relación de transmisión hasta que las RPM apenas sobrepasen el par máximo, para que, al cambiar a la siguiente relación superior de marcha, el motor esté girando lo más próximo a las RPM de par máximo, [7].

2. Metodología

Para la realización de este proyecto primeramente se seleccionó el equipo y herramientas necesarias para realizar la adquisición de señales CAN de los vehículos de prueba. Como se utilizaron vehículos de autotransporte, se utilizaron conectores de 9 pines para acceder al puerto de diagnóstico OBD-II de los vehículos. Posteriormente, se aplicaron las herramientas de hardware y software durante las pruebas para cada vehículo utilizado, conforme a un esquema de pruebas preparado para detectar el estilo de conducir a partir de las señales CAN.

2.1 Hardware y software

La monitorización de sensores y actuadores es relevante para la detección de fallos y para la verificación del funcionamiento de los diferentes sistemas del vehículo. Para lograr analizar dicho funcionamiento en tiempo real es necesario contar con un decodificador de señales CAN. El decodificador se conecta al bus de datos a través del puerto OBD-II para tener acceso a la información proporcionada por todos los sensores instalados. Para visualizar o almacenar esa información es necesaria una interfaz que permita transmitirla a través de una comunicación serial alámbrica o inalámbrica, dependiendo de la aplicación. El decodificador utilizado para estas pruebas fue el PCAN-USB de la empresa Peak Systems.

El adaptador PCAN-USB permite una conexión simple a redes CAN. Su carcasa de plástico compacta lo hace adecuado para aplicaciones móviles y la versión opto-desacoplada garantiza el aislamiento galvánico de hasta 500 V entre la PC y la línea del bus CAN, aislamiento necesario para evitar interferencias en la comunicación [6]. La Figura 2.1 muestra una versión de ese adaptador.



Figura 2.1 PCAN-USB

Los vehículos pesados utilizados para validar el programa desarrollado, contaban con el conector de diagnóstico de 9 pines macho, que requirió del cable con conector J1939 de 9 pines hembra y terminación DB9 hembra, como el mostrado en la Figura 2.2. En todas las pruebas realizadas se utilizó el decodificador PCAN-

USB, el cual incorpora un conector DB9 macho con terminación USB macho, ver Figura 2.1, que se conecta a cualquier puerto USB de una computadora.



Figura 2.2 Cable para conector de 9 pines J1939

Con base en el conocimiento y experiencia en el uso del LabVIEW®, el desarrollo del programa se llevó a cabo en el contexto de esta plataforma. Aprovechando las características de visualización de la plataforma, se preparó, como parte accesoria al programa principal, una interfaz amigable con el usuario.

El programa se basó en el modelo de programación “productor/consumidor”, cuya función permite administrar varios procesos en paralelo. Con base en lo anterior, fue posible visualizar seis variables en tiempo real, además de lograr desplegar los 8 bytes de cada identificador [4]. La Figura 2.3 muestra la estructura básica de la técnica productor/consumidor.

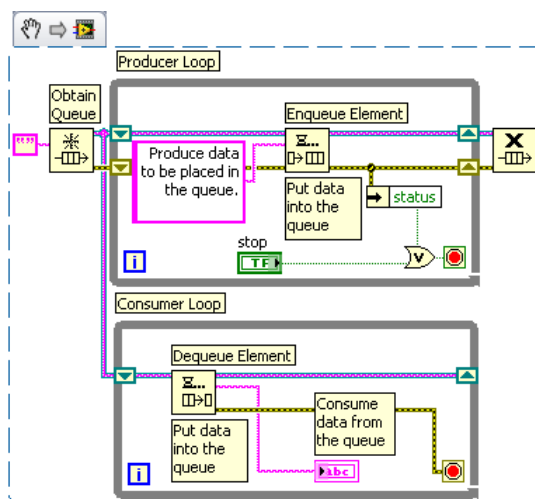


Figura 2.3 Ejemplo de estructura productor/consumidor [2]

La plataforma LabVIEW® permite crear diferentes diseños de interfaces para hardware externo. A través de la comunicación serial implementada, se logró la integración exitosa entre el dispositivo utilizado y el programa de adquisición de datos CAN desarrollado, además de que su versatilidad también permitió crear interfaces con equipos de terceros.

La Figura 2.4 muestra una imagen de la pantalla inicial del programa implementado, en la cual se observan los siete elementos básicos que la componen. Estos elementos son: ventana de navegación, velocidad de comunicación y tipo de formato, filtro de identificadores, lista de identificadores del vehículo, información del

dispositivo (hardware) conectado, información para reporte y botón para detención del programa y almacenamiento de datos.

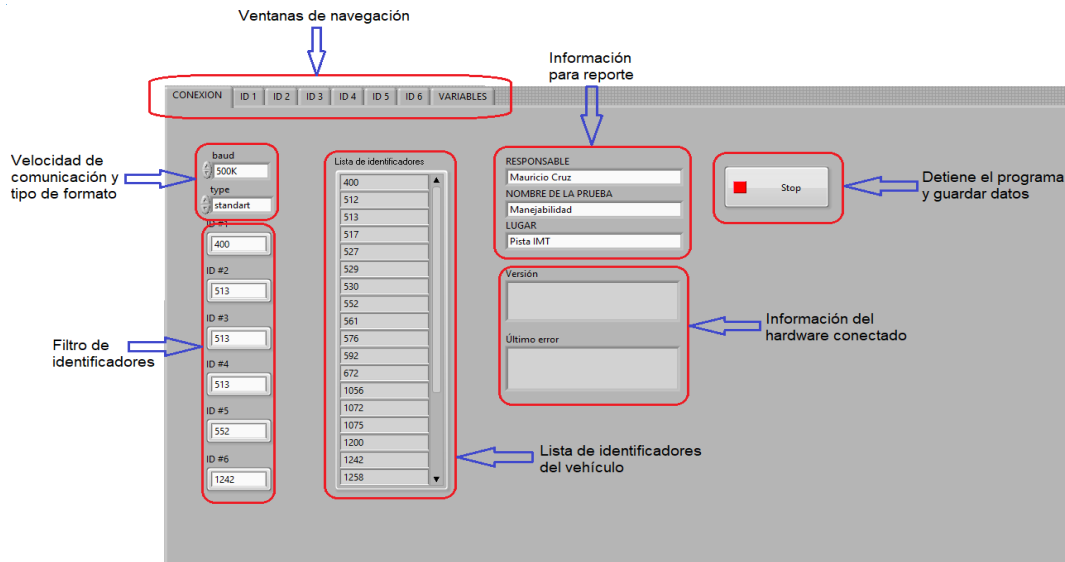


Figura 2.4 Ventana de inicio y conexión

El programa se instaló previamente en una computadora portátil, así como los controladores del dispositivo utilizado donde, además, se guardaron los registros colectados. Cabe mencionar que la instalación de este programa no requirió de la plataforma de LabVIEW®, ya que se acondicionó lo necesario para la autoejecución independiente del programa con los archivos necesarios para su correcto funcionamiento [4]. La Tabla 2.1 muestra los requisitos del equipo de cómputo para que el software pueda instalarse y funcionar adecuadamente.

Tabla 2.1 Requisitos mínimos para instalación de software.

Procesador	86 o 64 bits a 1 GHz o más rápido con conjunto de instrucciones SSE2
RAM	2 GB
HDD	4 GB
Gráficos	Compatible con DirectX 10
Sistema Operativo	Windows 10/8.1/7 SP1 o superior
Programas Preinstalados	Microsoft Excel 2014 o superior (activado)

2.2 Vehículo de prueba

Para la identificación de estilos de conducción en vehículos de autotransporte se utilizó un tractocamión de la marca International Pro Star modelo 2013, que tiene instalado un motor ISX 450 de CUMMINS. Debido a las condiciones de poca disponibilidad de unidades de arrastre y de carga, solamente se utilizó el tractocamión, que se consideró suficiente para los fines del proyecto y de la capacitación considerada. En la Figura 2.5 se puede apreciar el vehículo de pruebas utilizado.



Figura 2.5 Vehículo de prueba International Pro Star modelo 2013

Respecto al motor con el que estaba equipado el tractocamión, la Figura 2.6 muestra gráficamente sus curvas características. Como puede apreciarse, corresponde a un motor turbocargado de 14.9 L de desplazamiento en volumen, con una potencia nominal de 336 kW (450 hp) obtenida a 1800 RPM y un par máximo de 2239 Nm (1650 lb·ft) declaradas a 1200 RPM.

Como se aprecia en la gráfica y en los datos de especificaciones, el par máximo se mantiene constante en un intervalo amplio de velocidad de giro del motor, que, de acuerdo a esos datos es de 1150 a 1400 RPM. Del comportamiento de la potencia, el valor máximo de 347 kW (465 hp) se presenta a 1600 RPM, aunque el par en ese valor presenta ya una tendencia al descenso. Esta información permite identificar que, para un mejor aprovechamiento, se debe promover la operación en el intervalo de velocidad de giro del motor que no sobrepase 1400 RPM.

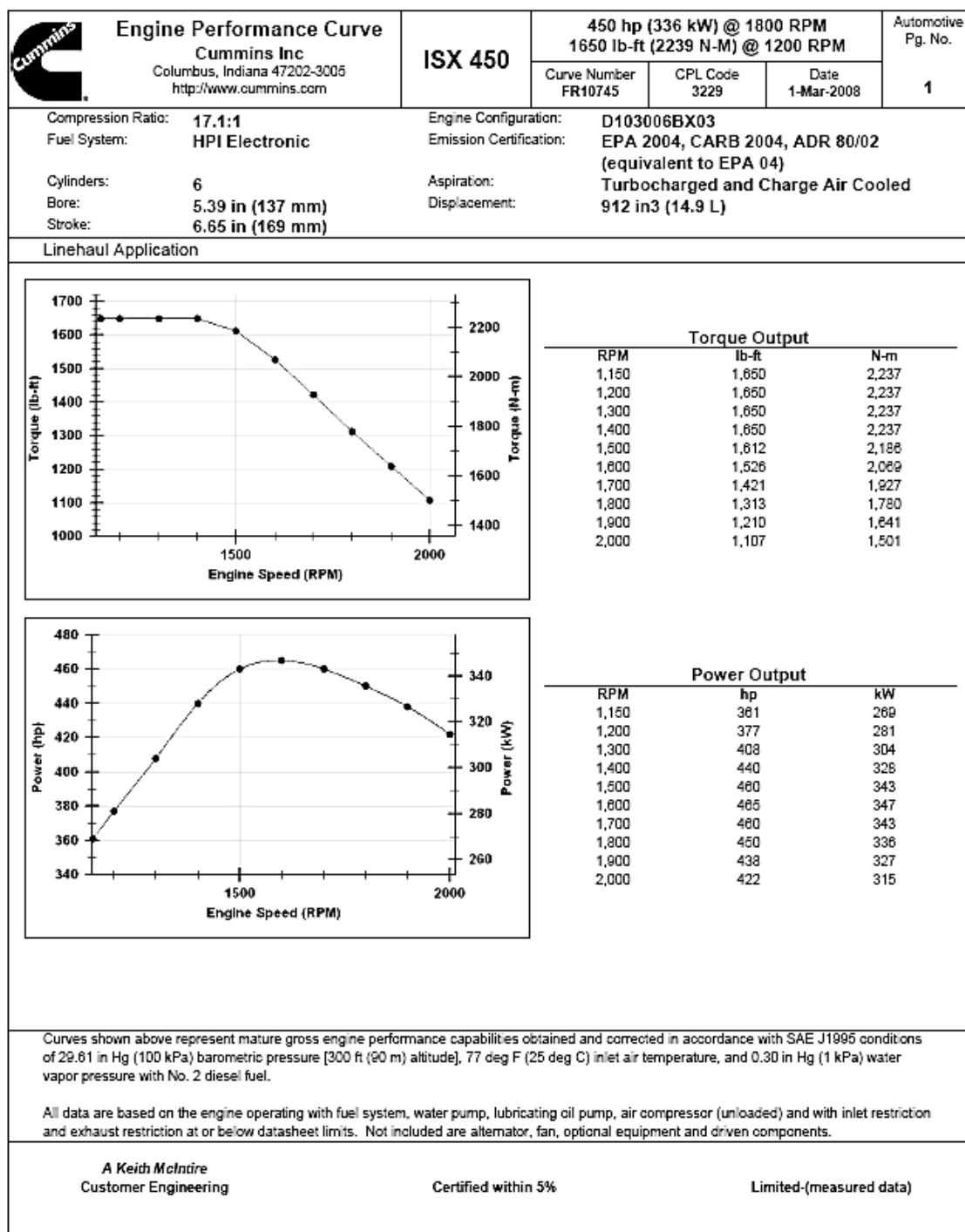


Figura 2.6 Ficha técnica del motor CUMMINS ISX 450 [3]

2.3 Esquema de pruebas

Para realizar las pruebas se propusieron 2 rutas de aproximadamente 25 km en carretera. Las pruebas se realizaron en la carretera Silao – León como primera ruta y en la carretera Irapuato – Silao como segunda ruta. En la Figura 2.7 se puede apreciar la primera ruta y en la Figura 2.8 la segunda.



Figura 2.7 Primer Ruta propuesta carretera Silao – León

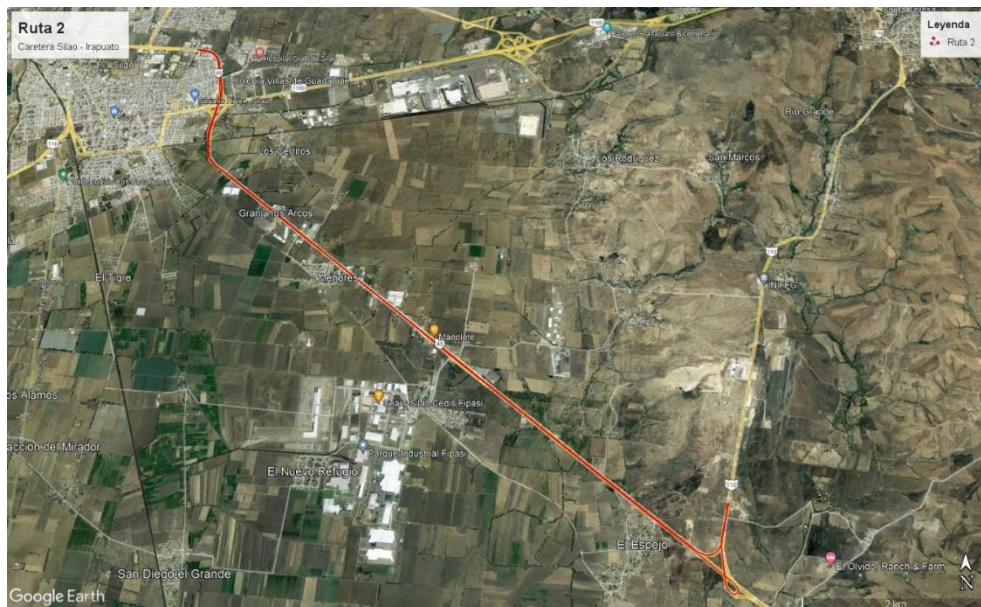


Figura 2.8 Segunda Ruta propuesta carretera Silao – Irapuato

La prueba consistió en realizar un recorrido en carretera con diferentes conductores, con el fin de identificar su estilo de conducción a través de las señales CAN y observar el comportamiento de los conductores al estar en un ambiente no controlado. Las pruebas se contemplaron para ser realizadas en 2 días, de manera que en el primero se condujo en la condición actual de conocimiento y experiencia de los conductores participantes, conducción tomada como referencia en la que se registraron los datos generados durante el trayecto. Posterior a esta prueba, se brindó un curso en una plática extensa de capacitación en la que se mostraron principios de funcionamiento del motor y sus curvas características, enfatizando en las características particulares del modelo y versión del motor de los vehículos de prueba. Esto para que los conductores tuvieran una mejor idea del funcionamiento del vehículo y facilitar la puesta en práctica de una conducción económica. Así mismo, se presentaron temas relacionados a conducción técnica – económica y aspectos sobre la seguridad en tránsito.

Para el segundo día de pruebas, los conductores siguieron el mismo recorrido que en el día previo, con el mismo vehículo de prueba, con la diferencia de que tenían un mejor conocimiento del desempeño del motor y la experiencia de conocer el recorrido de prueba. La capacitación tuvo también el propósito de apoyar a aquellos conductores menos experimentados y que presentaron dificultades en el recorrido de referencia, así como la intención de que corrigieran vicios o deficiencias para mejorar su operación del vehículo. De manera similar, se obtuvieron registros de la operación del vehículo a través del puerto OBD-II con base en la interceptación de la información transmitida bajo el protocolo CAN.

Una vez que se dispuso de los registros para los dos casos, los datos se decodificaron y se procesaron para prepararlos para su análisis posterior.

3. Implementación

Para la implementación de este trabajo primeramente se instrumentó el vehículo, en cada caso, con las herramientas descritas, para adquirir y decodificar las señales provenientes del bus de datos CAN. Una vez preparados los equipos, vehículos y conductores, se procedió a la ejecución de las pruebas siguiendo las dos rutas propuestas. Los datos adquiridos de variables del CAN se presentaron gráficamente para su reconocimiento y como parte del análisis.

3.1 Instrumentación de vehículos

Los vehículos se instrumentaron con el decodificador PCAN-USB, el cual se conectó al puerto de diagnóstico a través del cable de conexión J1939 de 9 pines hembra y terminación DB9 hembra. El decodificador permite convertir la información proveniente del bus de datos CAN en datos decimales que facilitan su lectura y análisis en el software de adquisición de señales CAN utilizado. En la Figura 3.1 se puede apreciar la ubicación del puerto de diagnóstico de 9 pines en un tractocamión International.



Figura 3.1 Ubicación del puerto de diagnóstico de 9 pines en camión International

Posterior a la conexión del decodificador PCAN-USB al puerto de diagnóstico, se conectó el extremo con terminación USB al puerto serial de la computadora portátil, como medio de control del programa de adquisición y de almacenamiento de la información colectada. Esa computadora contaba con el programa preinstalado para adquisición y procesamiento de señales CAN, desarrollado en un estudio previo.

3.2 Desarrollo de las pruebas

Para el desarrollo de las pruebas se dividió el conjunto de participantes en 2 grupos, 3 participantes para realizar la ruta 1 y el resto para la ruta 2. Como primera etapa de la evaluación, se les solicitó a los conductores que condujeran de manera que consideraban habitual normal. Cabe mencionar que entre el grupo de participantes se contaban con conductores bastante experimentados en la conducción de tractocamiones y también con conductores con poca y nula experiencia en la conducción de estos vehículos. Dado que el vehículo era de transmisión de accionamiento manual, a los conductores con poca experiencia se les explicó brevemente sobre el manejo de la transmisión de 18 velocidades con la que contaba el vehículo de pruebas. Esto se aprecia en los conductores identificados como 2 y 5, que contaban con poca experiencia.

Antes de iniciar el recorrido de las rutas propuestas se realizó un test de la comunicación CAN y que no existieran códigos de avería o falla en el vehículo. Posteriormente se realizó la conexión de toda la instrumentación y se puso en marcha el programa para adquisición de señales CAN con el fin de identificar los diferentes sistemas con los que contaba el vehículo de pruebas y, a su vez, identificar los sensores y actuadores. Esto, con base a la norma SAE J1939-71 que lista los códigos asociados a cada sistema del vehículo y los respectivos sensores y actuadores.

En la Tabla 3.1 se enlistan los NGP (Número de Grupo de Parámetros) correspondientes al vehículo de prueba, los cuales a su vez están enunciados en la norma SAE J1939-71. Para el desarrollo de las pruebas fue importante identificar esta lista para así seleccionar las variables requeridas para este estudio.

Tabla 3.1 Identificadores del vehículo de pruebas de acuerdo a SAE J1939-71

NGP	Etiqueta de grupo de parámetros
57344	Mensaje de cabina 1
61440	Controlador de retardador electrónico 1
61441	Controlador electrónico de freno 1
61446	Controlador electrónico de eje 1
64892	Control de filtro de partículas diésel 1
64947	Postratamiento 1 Salida Gas 2
65198	Presión de suministro de aire
65203	Información de combustible (líquido)
65213	Unidad de ventilador
65215	Información de velocidad de la rueda
65217	Distancia del vehículo de alta resolución
65244	Operación inactiva
65247	Controlador electrónico del motor 3
65248	Distancia del vehículo
65252	Apagar
65255	Horas del vehículo
65257	Consumo de combustible (líquido)
65262	Temperatura del motor 1
65263	Presión/nivel de líquido del motor 1
65264	Información de toma de fuerza
65265	Control de cruce/Velocidad del vehículo
65266	Economía de combustible (líquido)
65269	Condiciones ambientales
65270	Condiciones de entrada/escape 1
65271	Energía eléctrica del vehículo 1
65272	Fluidos de transmisión 1
65273	Información del eje
65274	Frenos
65276	Pantalla de tablero
65279	Indicador de agua en combustible

Una vez identificadas las variables de interés se realizaron los recorridos programados para cada conductor. En el vehículo de pruebas se dispuso de 2 conductores y una persona encargada de monitorear la instrumentación y el comportamiento de los conductores. El primer conductor realizaba el recorrido de la ruta 1 y al llegar nuevamente al punto de partida se realizaba el cambio de conductor para que realizara el recorrido de la ruta 2.

3.3 Datos obtenidos en las pruebas

Después de una revisión de los registros obtenidos de las señales CAN, se compararon con los identificadores de la Norma SAE J1939-71. De ellos, se identificaron diversos parámetros y se seleccionaron los que se consideraron útiles para el análisis. Aunque hubo otras variables identificadas, los campos no mostraron datos de otros sensores que agregaran información de interés, de acuerdo al propósito del proyecto. Esto, bajo la suposición de que el modelo del vehículo, 2013, posiblemente no incluyera de manera funcional tales sensores.

Ejemplos del tipo de registros obtenidos de las variables identificadas, una vez decodificadas y presentadas en el dominio del tiempo, se presentan gráficamente en las siguientes figuras. La Figura 3.2 ejemplifica la velocidad de avance en uno de los recorridos, la Figura 3.3 representa la velocidad de giro del motor durante el tiempo del recorrido, la Figura 3.4 muestra la aplicación del freno en términos de la presión de accionamiento en la cámara de frenado, la Figura 3.5 hace lo propio con el volumen de combustible consumido, la Figura 3.6 la indica la distancia recorrida y, finalmente, la Figura 3.7 muestra la temperatura del aceite que circula dentro del motor.

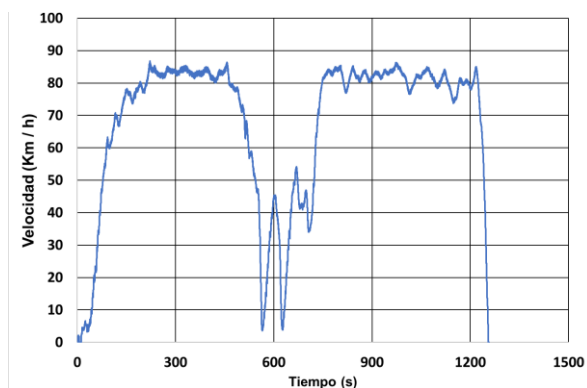


Figura 3.2 Ejemplo de datos decodificados de la velocidad de avance del vehículo

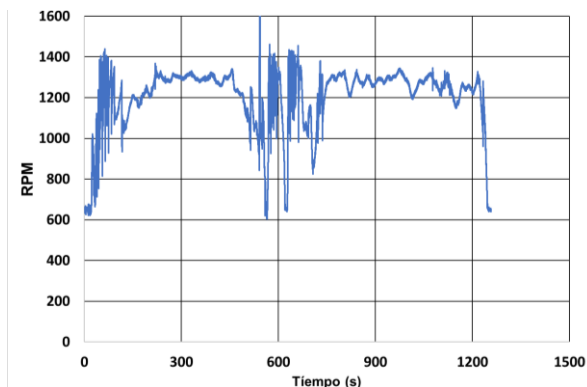


Figura 3.3 Ejemplo de datos decodificados de velocidad de giro del motor

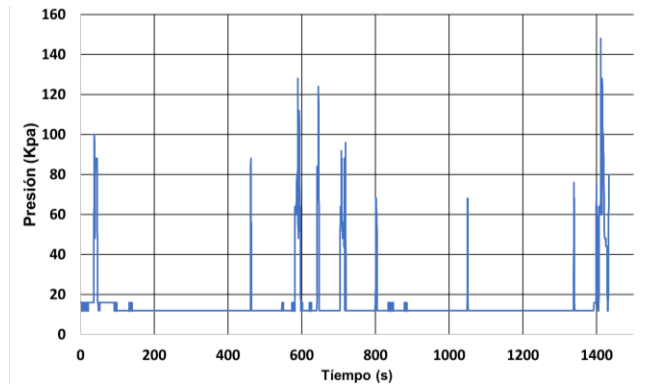


Figura 3.4 Ejemplo de datos decodificados de la presión aplicada por el sistema de frenos

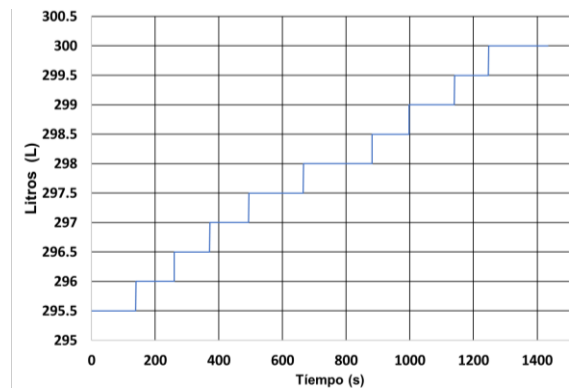


Figura 3.5 Ejemplo de datos decodificados del volumen de combustible consumido

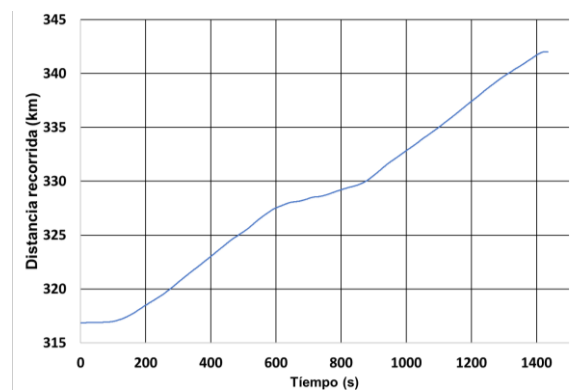


Figura 3.6 Ejemplo de datos decodificados de distancia la recorrida

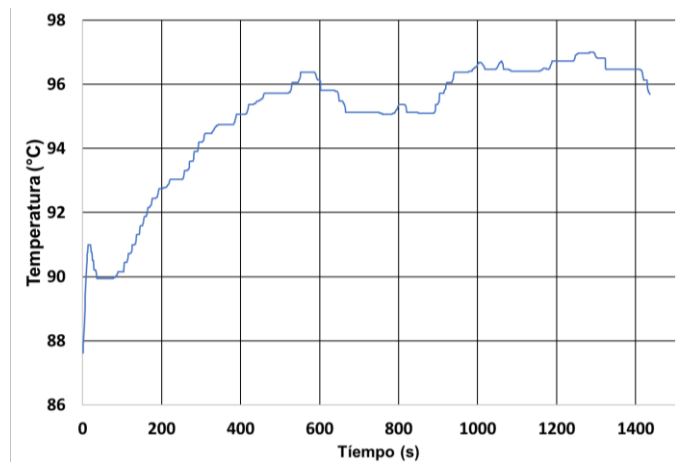


Figura 3.7 Ejemplo de datos decodificados de temperatura del aceite del motor

El tiempo empleado para el recorrido de cada ruta fue de aproximadamente 25 minutos, considerando la disponibilidad de los vehículos y del uso seriado de los conductores. Aunque se tuvieron grupos de registros de los parámetros a través del protocolo CAN, como los ejemplificados, no todos se consideraron útiles para el propósito del análisis.

4. Resultados

4.1 Parámetros elegidos

De los registros obtenidos y con base en la observación durante el trayecto de prueba y de la utilidad para el análisis en la identificación del estilo de conducción, se consideraron relevantes los parámetros de velocidad de avance del vehículo y de la velocidad angular del motor. Estos parámetros fueron seleccionados del conjunto de registros adquiridos, los cuales, una vez decodificados, se prepararon de acuerdo a lo ejecutado por cada conductor. La suposición de sustento fue que el operador acciona e interactúa con la operación en función de la administración y comportamiento de la fuente de potencia, dadas las condiciones del resto de las variables adquiridas.

Aunque el tiempo de conducción fue relativamente corto, de alrededor de 25 minutos, para recorrer cerca de 25 km, el tiempo y la distancia se consideraron suficientes para el análisis, pues en ese trayecto y tiempo se ejecutaron las acciones necesarias para alcanzar la velocidad uniforme en un tramo suficiente del trayecto, así como para alcanzar la detención. Esto, por la observación directa durante los recorridos y maniobras, ya que el vehículo no contaba con registro directo sobre los cambios de velocidad y sobre el accionamiento directo y posición del pedal de acelerador.

El proceso de análisis se basó en la comparación de los parámetros seleccionados bajo las dos condiciones de operación; es decir, tomando de referencia el primer recorrido, realizado previo a la capacitación del grupo de conductores. Así, a través de los registros en el segundo recorrido, se pudo verificar cambios en la tendencia de la operación del vehículo de acuerdo al nivel de experiencia previa en la conducción de vehículos de servicio pesado, como se indica en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Clasificación de los participantes de acuerdo a su experiencia previa

ID Conductor	Con experiencia o conocimientos técnicos	Con poca experiencia o sin conocimientos técnicos
1	X	
2		X
3	X	
4	X	
5		X

4.2 Análisis de los parámetros

Las siguientes figuras se ordenan de acuerdo al identificador del conductor, con el registro gráfico de los parámetros de velocidad de avance y velocidad de rotación del motor. Las gráficas del lado izquierdo presentan el primer recorrido ejecutado en la condición de conducción libre de acuerdo a su propio conocimiento previo, y las gráficas del lado derecho representan el segundo recorrido, posterior al curso intensivo de capacitación sobre las características de desempeño del motor y su mejor aprovechamiento para el sistema tractivo. Cada recorrido, a su vez, comprendía dos partes consideradas como ida y regreso, por lo que de manera intermedia debieron hacer un paro o ejecutar maniobras de retorno a baja velocidad, que se identifican en el cambio de velocidad y régimen de operación en los registros prácticamente a la mitad de cada registro.

La Figura 4.1 presenta el comportamiento de los parámetros durante el recorrido del conductor 1, quien tenía previamente un entrenamiento sobre conducción técnica económica.

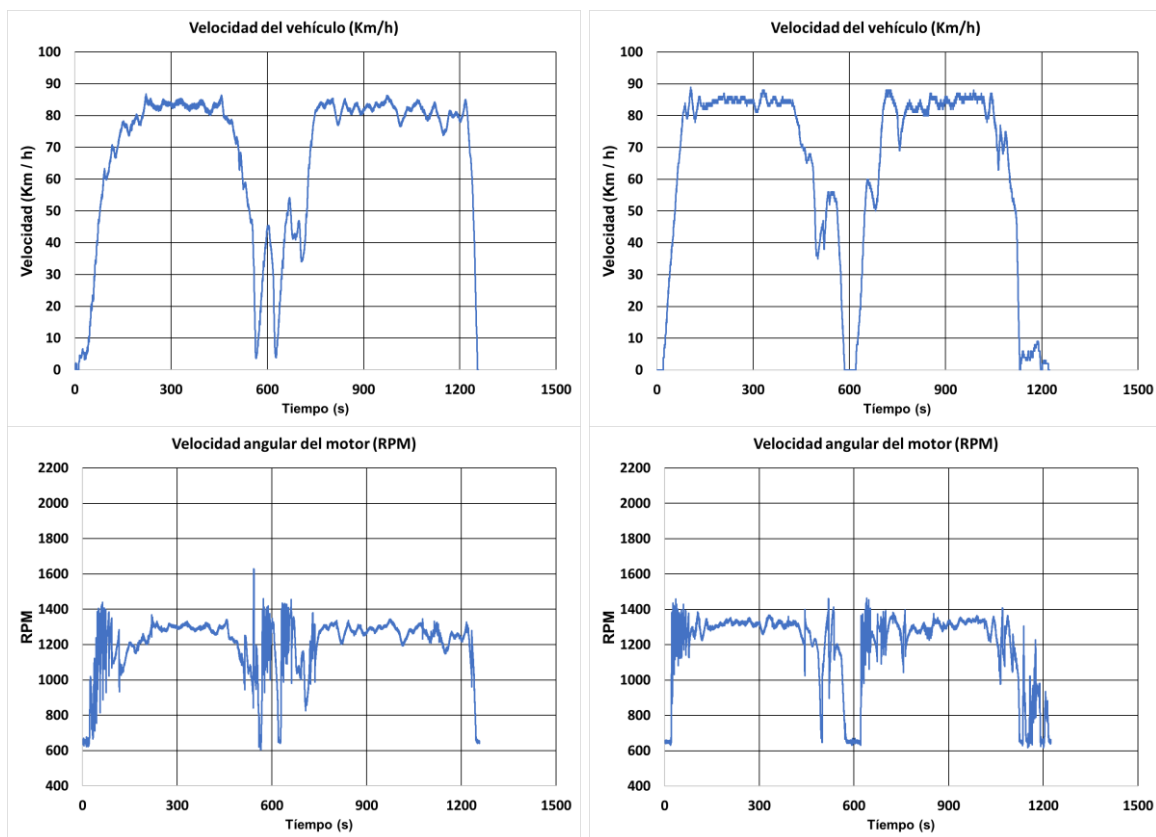


Figura 4.1 Velocidad de avance del vehículo y velocidad de giro del motor antes y después de la capacitación, conductor 1

Como se aprecia, en el recorrido inicial se incrementó gradualmente la velocidad de avance hasta poco más de 80 km/h utilizando la velocidad del motor en el intervalo de ralentí (650 rpm) hasta 1400 rpm. Para el caso del segundo recorrido, posterior

a la plática de capacitación, la velocidad se alcanzó en un periodo más corto, accionando el motor en un intervalo más estrecho, de 1100 rpm a 1400 rpm. Así, la velocidad se mantuvo más uniforme y con menor variación en la velocidad de giro del motor.

La Figura 4.2 presenta lo respectivo para el conductor 2, que tenía nula o poca experiencia en la conducción de vehículos pesados.

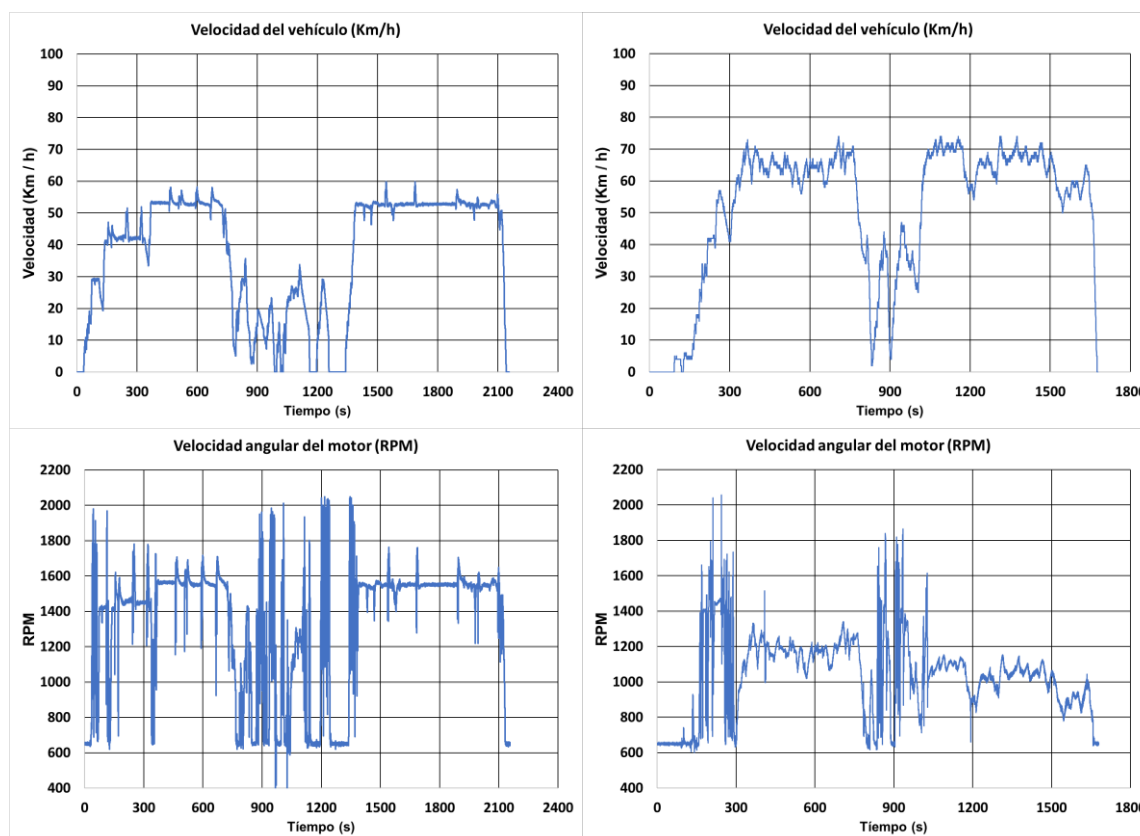


Figura 4.2 Velocidad de avance del vehículo y velocidad de giro del motor antes y después de la capacitación, conductor 2

En este caso, la falta de experiencia en la conducción se manifiesta por los grandes altibajos en la velocidad del motor, que no produce la velocidad de avance esperada y con variaciones bruscas, posiblemente por la secuencia inadecuada en los cambios de marcha. Sin embargo, posterior a la capacitación, se tuvo una mejora en el control de la velocidad del motor y mayor uniformidad en la velocidad de avance, aunque aún por debajo de la velocidad esperada para el recorrido.

Para el caso del conductor 3, los parámetros se presentan en la Figura 4.3. Este conductor mostró una conducción experimentada manteniendo en un intervalo estrecho de velocidad del motor durante la operación, aunque iniciando cambios de velocidad a bajas revoluciones del motor. Con ello, llevó gradualmente el incremento de velocidad de avance, tardando en alcanzar la velocidad esperada con cambios amplios en la velocidad en algunos momentos. En el segundo recorrido, ejecutado

después de la plática de capacitación, mostró una ligera mejoría, lo que se observa por las menores variaciones en la velocidad del motor y, con ello, en variaciones menos amplias de la velocidad de avance del vehículo.

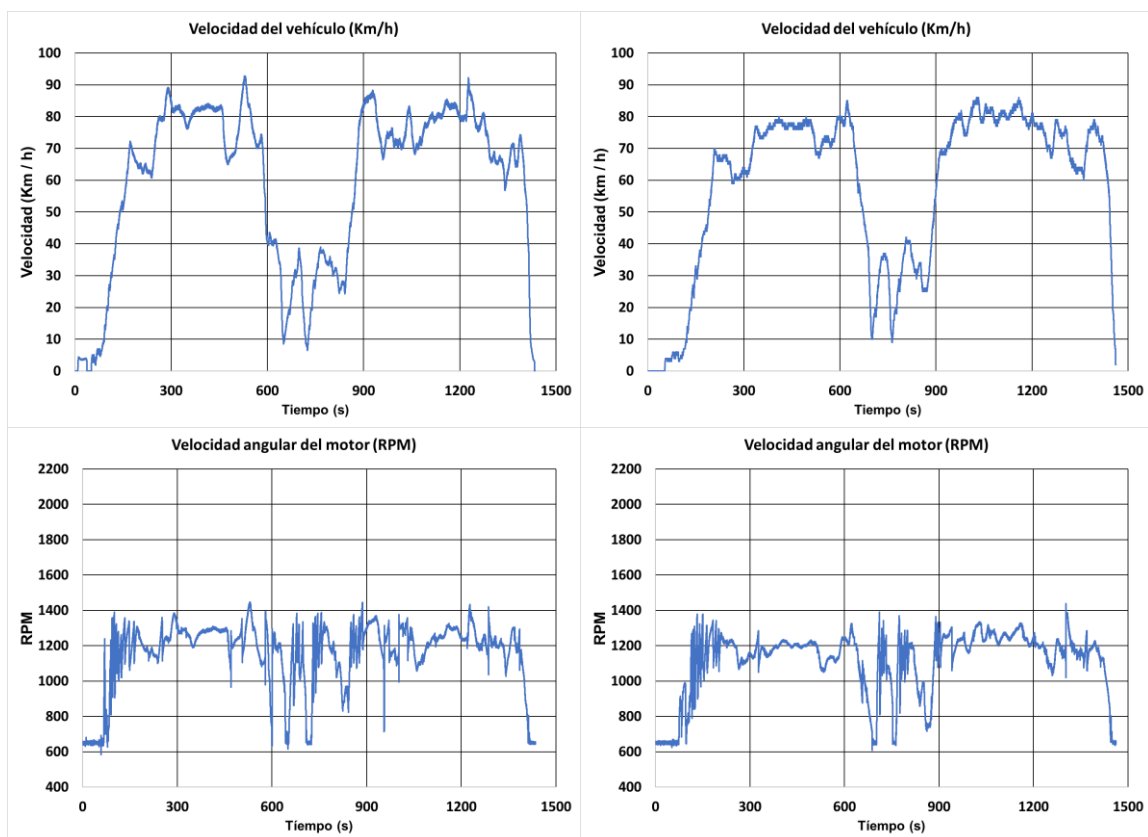


Figura 4.3 Velocidad de avance del vehículo y velocidad de giro del motor antes y después de la capacitación, conductor 3

Respecto a los registros del conductor 4, la Figura 4.4 presenta sus correspondientes parámetros de velocidad de avance y velocidad de giro del motor. Similar al conductor previo, este conductor contaba con amplia experiencia en la conducción técnica y de economía de combustible, lo que se refleja en la uniformidad de la velocidad de avance y en el control del régimen de operación del motor.

Aún con ello, posterior a la capacitación sobre el desempeño del motor y su administración en la tracción, se observaron mejoras en el segundo recorrido, particularmente posterior al retorno. En el segundo recorrido presentó una mayor uniformidad en el control de la velocidad del motor que, además, se mantuvo por debajo de 1400 rpm y, a su vez, un comportamiento de horizontalidad en la velocidad de avance.

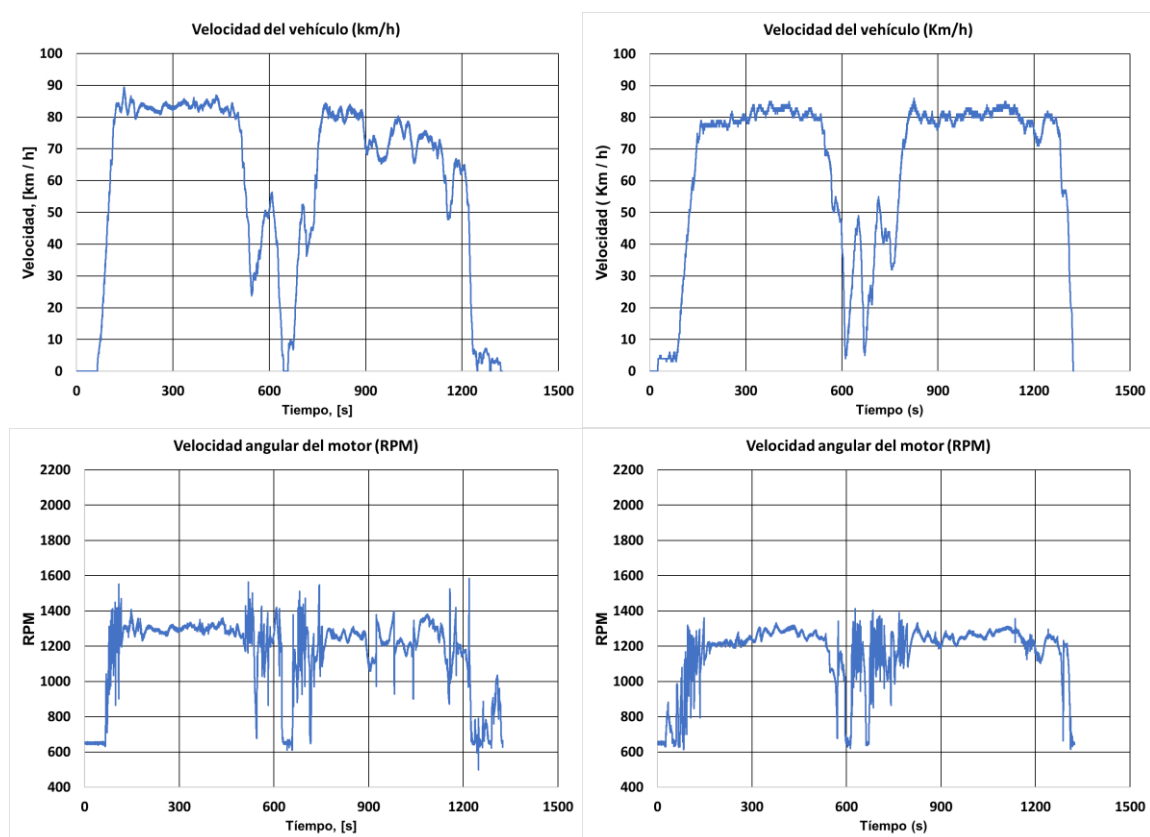


Figura 4.4 Velocidad de avance del vehículo y velocidad de giro del motor antes y después de la capacitación, conductor 4

Finalmente, los registros referentes al conductor 5 se presentan en la Figura 4.5. Como en el caso del conductor 2, no contaba con entrenamiento ni conocimiento previo en la conducción de vehículos de carga, lo que manifestó al inicio de las pruebas. Por tanto, fue necesario también darle una explicación rápida sobre el accionamiento para los cambios de marcha y de la operación básica del tractocamión.

Como se puede observar en los registros gráficos del primer recorrido, mostró un manejo con un intervalo extremo de operación del motor, desde el ralenti (aprox. 650 RPM) hasta picos superiores de 2000 RPM, en las que tampoco se le facilitó aprovechar las relaciones apropiadas de marcha, alcanzando velocidades de avance inferiores a 60 km/h. Posterior a la capacitación recibida, el segundo recorrido mostró una mejora significativa que se aprecia por la disminución del intervalo del régimen del motor, con límite superior apenas superior a 1400 RPM y que alcanzó la velocidad esperada (80 km/h) y la mantuvo relativamente con poca variación para dicho recorrido. Esto fue similar en el segundo tramo de ese recorrido, aunque evidenció todavía la falta de habilidad en la aplicación de los cambios de marcha. A pesar de estos comportamientos, es evidente la mejora en la operación y el efecto positivo de la capacitación en este conductor.

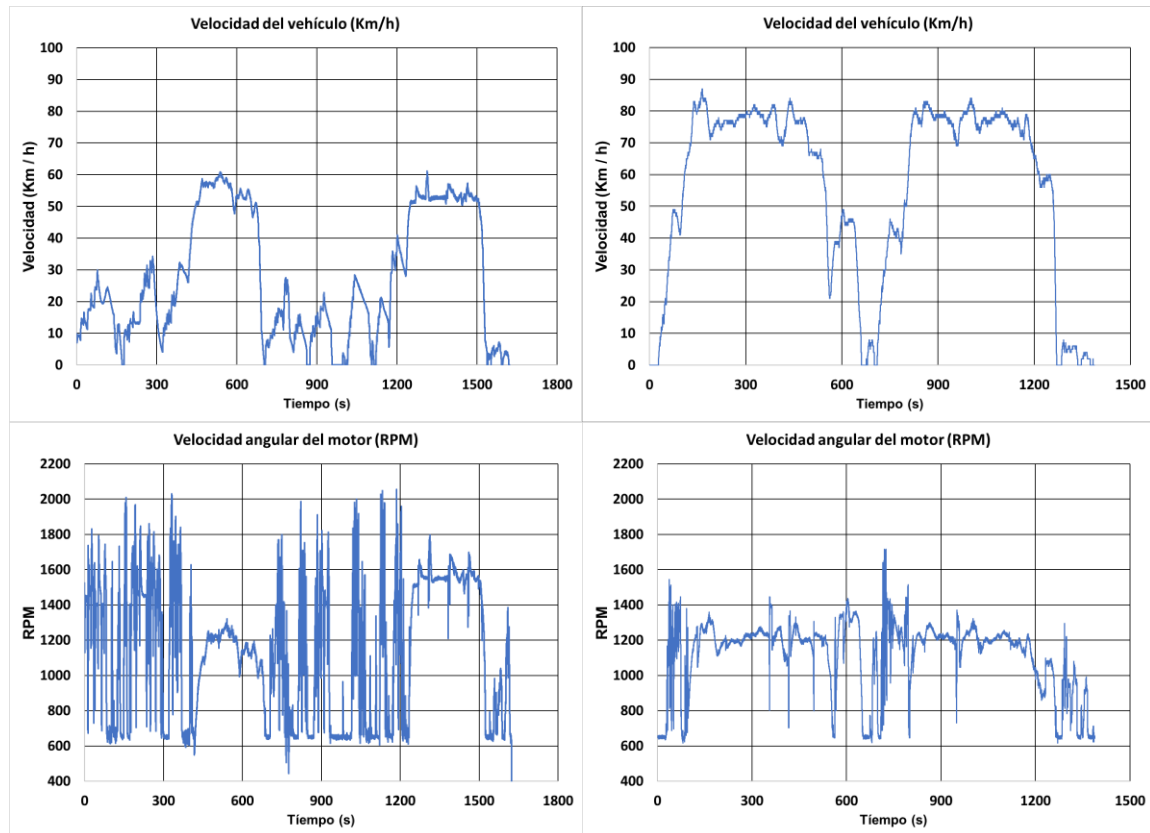


Figura 4.5 Velocidad de avance del vehículo y velocidad de giro del motor antes y después de la capacitación (conductor 5)

4.3 Estilos de conducción

Al analizar a simple vista las gráficas y compararlas con las curvas características del motor se puede interpretar que los conductores más experimentados se mantenían a bajas RPM y trataban de mantenerlas en un intervalo entre 1200 y 1300 RPM para las cuales, de acuerdo a las curvas características, el motor se encuentra trabajando al par máximo. Esto de acuerdo a los estilos de conducción definidos se puede decir que al mantenerse en este intervalo el consumo de combustible se reduce, lo cual se interpretaría como estilo de conducción económico.

Esto es más fácil de observar y de determinar cuándo se tiene conocimiento de las curvas características del motor. Si bien en este caso el máximo par empieza a bajas RPM en otros motores no suele ser así. En el caso del conductor 3 a diferencia del conductor 1 y 4 no había conducido un tractocamión de la marca usada en este estudio, pero tenía experiencia manejando vehículos pesados, por lo cual al realizar el recorrido el primer día, trato de identificar las RPM donde para él y con base a su experiencia el motor funcionaba de forma óptima.

Los conductores 2 y 5 al igual que el 3, no contaban con la experiencia de manejar la marca y modelo del tractocamión usado, pero tampoco tenían experiencia manejando tractocamiones, ya que eran conductores de autobuses y camiones urbanos. Estos conductores consideraron las pruebas como un reto especial y complicado, además de que no estaban familiarizados con una transmisión de 18 pasos o velocidades. A pesar de su condición de poca o nula experiencia y habilidades en vehículos pesados, el curso de capacitación les permitió tener una importante mejora. Como se puede observar la mejoría tanto del conductor 2 y 5 fue bastante notoria, el comportamiento de las RPM del motor fue más consistente y apegada al intervalo de torque máximo de las curvas características del motor. Para el caso de los conductores restantes también se notó mejora, en particular con el caso del conductor 3.

La identificación del estilo de conducción de los conductores 2 y 5 fue complicada, ya que el primer día fue de aprendizaje más que de conducción habitual. Sin saber de antemano que no tenían experiencia y por simple inspección visual de los datos obtenidos el primer día, se puede apreciar el comportamiento errático en la señal de velocidad de giro del motor, que no se mantiene cerca del par máximo o a la potencia máxima definidas en las curvas características del motor. Así mismo, produjeron una velocidad de avance bastante variable comparados con los otros conductores. Por lo tanto, no es posible asignarles de manera definitiva un estilo de conducción que, de acuerdo a estas observaciones, se resume en la tabla 4.2. En esta tabla se puede observar la clasificación de los participantes de acuerdo al estilo de conducción reflejado por el comportamiento del motor y de la velocidad de avance.

Tabla 4.2 Clasificación de estilos de conducción

Conductor	Conducción económica	Conducción prestacional	Conducción de alto rendimiento
1	Si		
2	No identificado / aprendizaje		
3	Si		
4	Si		
5	No identificado / aprendizaje		

Como se puede observar, los conductores con más experiencia optaron por un estilo de conducción económica. Esto es comúnmente buscado en el uso de vehículos de largo recorrido o de uso frecuente, tratando de obtener economías y ahorros de combustible.

Conclusiones

Los vehículos actuales están equipados con un conjunto de sensores electrónicos que registran y transmiten información de acuerdo a las acciones que se aplican en la conducción. Esta información constituye un historial de datos de las acciones del conductor y la respuesta mecánica del vehículo, por lo que puede ser útil como registro implícito de las tendencias o estilos de conducción. Esta información puede ser obtenida conociendo la codificación de acuerdo al protocolo de comunicación entre ellos. En vehículos pesados es común que se emplee el protocolo CAN (*Controller Area Network*).

La identificación de estilos de conducción es de gran relevancia, cuya información puede ser aplicada a programas para modificar, reforzar o corregir el comportamiento del conductor, así como para el desarrollo de sistemas de asistencia a la conducción. Con base en este hecho, el propósito de este estudio fue el de asociar la información registrada y transmitida por los sensores del vehículo de acuerdo al accionamiento de los actuadores para la operación del vehículo y, por medio del análisis, identificar las características de la conducción.

El estudio realizado permitió identificar estilos de conducción a través del análisis de la información proporcionada por los diferentes sensores del vehículo a través de la red CAN. La mayor información disponible de sensores en la red CAN facilita una mejor aproximación en la determinación de un estilo de conducción, donde es necesario el registro del accionamiento y desempeño del motor a través de sus parámetros mecánicos. En este caso, fueron fundamentales los parámetros del régimen de operación del motor, a través de la velocidad de giro del cigüeñal, combinada con la información de las curvas características del motor, generadas por el fabricante del mismo.

Debido al modelo del vehículo (2013) y su equipamiento, no fue posible obtener otras variables que pudiesen haber sido útiles para obtener mayor detalle de las características de conducción por parte del operador. Señales como el consumo de combustible, el porcentaje de torque del motor, el desplazamiento del pedal del acelerador y pedal de freno, entre otros, constituye información complementaria que pudiera determinar vicios en la conducción y, con ello, complementar la identificación del estilo de conducir.

Mediciones o registros de rutas con pendientes de ascenso y descenso requieren del análisis de parte de esos otros parámetros combinados con los aquí presentados. Esto, para tener elementos de diferenciación en el incremento o descenso de la velocidad, que no sea debido por acciones del descenso o ascenso en pendiente y se pueda atribuir equivocadamente al accionamiento indiscriminado

del acelerador o de cambio en la velocidad de rotación del motor. Por tanto, el registro de las características de la ruta, ya sea por medios propios del vehículo o por equipos o accesorios externos, facilitará un análisis de mayor detalle.

El método aplicado de análisis de las variables CAN puede también ser aplicado para evaluar el aprendizaje de conductores en cursos de conducción, ya sea orientados a la economía del combustible, al aprovechamiento de prestaciones o de capacitación y verificación del aprendizaje práctico. Todo ello, contando con la información transmitida por los sensores en el entorno de comunicación del vehículo, cuyo análisis permite identificar áreas de oportunidad incluso de conductores experimentados.

El estilo de conducción económica en vehículos de transporte pesado es un estilo que brinda ventajas en el aprovechamiento del combustible, lo que es frecuentemente buscado por empresas de autotransporte. Además, este estilo representa ventajas con respecto al aprovechamiento de las capacidades del motor respecto a la operación en el régimen de par alto.

La identificación de estilos de conducción utilizando la información del desempeño del vehículo obtenida a través del protocolo CAN puede complementar otros sistemas o métodos de identificación y/o de evaluación más complejos, que incluyan señales biomédicas del conductor. Esta perspectiva despierta el interés en temas de conducción y automatización, lo cual pudiera abordarse en estudios posteriores que consideren también sistemas inteligentes con redes neuronales a través de aprendizaje profundo.

Bibliografía

1. CAN in Automation (2021) History of the CAN technology. Publicación en línea. Recuperado de <https://www.can-cia.org/can-knowledge/can/can-history/>
2. Cruz Acevedo, M., Hernández Jiménez, J., Fabela Gallegos, M., Flores Centeno, O., Vázquez Vega, D., Sánchez Vela, L. (2021). Programa para la detección y adquisición de variables de operación de vehículos bajo el protocolo CAN. Instituto Mexicano del Transporte. Publicación técnica núm. 661.
3. Cummins (2021). Un líder mundial en energía. Publicación en línea. Recuperado de <https://www.cummins.com/es/>
4. National Instruments (2021). Arquitectura de productor/consumidor en LabVIEW. Publicación en línea. Recuperado de <https://www.ni.com/es-mx/support/documentation/supplemental/21/producer-consumer-architecture-in-labview0.html>
5. PEAK-System (2021). PCAN-USB: CAN Interface for USB. Publicación en línea. Recuperado de <https://www.peak-system.com/PCAN-USB.199.0.html?&L=1>
6. Sánchez Vela, L., Molano Clemente, M., Fabela Gallegos, M., Martínez Madrid, M., Hernández Jiménez, J., Vázquez Vega, D., Flores Centeno, O. (2016). Revisión documental del protocolo CAN como herramienta de comunicación y aplicación en vehículos. Instituto Mexicano del Transporte. Publicación técnica núm. 474.
7. Tecnología del Automóvil. (2014). Los 3 estilos de conducción. Publicación en línea. Recuperado de <https://www.tecnologia-automovil.com/articulos/actualidad/estilos-de-conduccion/>



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



Km 12+000 Carretera Estatal 431 “El Colorado Galindo”
Parque Tecnológico San Fandila, Mpio. Pedro Escobedo,
Querétaro, México. C.P. 76703
Tel: +52 (442) 216 97 77 ext. 2610
Fax: +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

<http://www.imt.mx/>