Organización de grupos para la formación inicial de conductores profesionales de autobuses en conducción eficiente

Alejandro García Tuero[a], Laura Pozueco[a], Xabiel García Pañeda[a], Víctor Corcoba Magaña[a], Gabriel Díaz Orueta[b], Roberto García[a], David Melendi[a], Abel Rionda[c]

Universidad de Oviedo
Campus de Viesques s/n.
Edificio Polivalente
Aula 2.7.04
33204 – Gijón
Spain
[a]Departamento de informática, Universidad de Oviedo, Gijón, España
[b]Departamento de Ingeniería Elñéctrica y Computadores, Universidad Nacional de Educación a Distancia (U.N.E.D), Madrid, España
[c]ADN Mobile Solutions S.L., Gijón, España

[a]{garciatalajenadro, pozuecolaura, xabiel, corcobavictor, garciaroberto, melendi} @uniovi.es
[b]{gdiaz} @ieec.uned.es
{abel.rionda} @adnmobilesolutions.com

Resumen: La conducción eficiente se está volviendo esencial en las compañías de transporte público para conseguir un rendimiento seguro, confortable y sostenible. El proceso formativo resulta más efectivo si se afrontan las necesidades individuales de cada conductor según sus hábitos de conducción. Este grupo de investigación ha desarrollado una metodología de aprendizaje que busca ser adaptativa y ya se emplea en varias flotas profesionales, pero cuya formación inicial es igual para todos los asistentes. Proponemos un sistema capaz de detectar las fortalezas y debilidades de cada conductor con una cantidad muy reducida de datos y clasificarlos antes de la primera sesión formativa. Los datos se obtienen de la monitorización remota de autobuses urbanos durante la jornada laboral. La distribución de los conductores en los diferentes grupos supone el punto de inicio para la evaluación de capacidades, y todos reciben una formación básica adaptada como inicio de una metodología mucho más compleja.
Palabras clave: Clasificación temprana, Conducción eficiente, Formación adaptativa, Flotas profesionales

Abstract: Efficient driving training is becoming essential in every public transport company to achieve a safe, comfortable and sustainable performance. It includes a training process that becomes more effective if individual training necessities are faced according to each drivers' driving habits. This research team has an efficient driving learning methodology that aims to be adaptive and is in use in many professional fleets, but initial training is the same for all drivers. We propose a system that is able to detect each driver's strengths and flaws in efficient driving with a much-reduced amount of data and classify them in accordance, before the initial training session. The system obtains the data from remote monitoring of urban buses while drivers are on their professional duty. The distribution of drivers in groups is balanced in specific skills and number. This classification process could be considered as the starting point for skills evaluation. All drivers belonging to the studied fleet receive an adaptive basic training at the beginning of a much more complex training methodology.
Key words: Early classification, Efficient driving, Adaptive learning, Profesional fleets

 © ADIE, Asociación para el Desarrollo de la Informática Educativa

1. Introducción

La conducción eficiente es un proceso con una fuerte dependencia del factor humano. Para lograr mejorar las habilidades de los conductores profesionales, es necesario involucrarlos en un proceso de capacitación que se adapte a sus necesidades. En los últimos años, hemos desarrollado una metodología de capacitación para conductores profesionales [1]–[3]. Esta metodología, consistente en una formación inicial teórica y práctica, una monitorización constante del rendimiento de los conductores y la comunicación de sus resultados de forma mensual, además de la impartición periódica de sesiones de refuerzo, ha demostrado ser efectiva. Sin embargo, también tiene carencias en su capacidad de adaptación en la etapa inicial de la formación. Con el objetivo de resolver esta debilidad, en este estudio hemos creado un sistema que, con una cantidad muy pequeña de datos de monitorización, determina el perfil de los conductores. De esta manera, pueden ser asignados a los grupos formativos que mejor se adapten a sus características. Si bien esta metodología estudia miles de kilómetros de cada uno de los conductores para determinar su comportamiento durante su servicio profesional, en una etapa inicial solo podemos utilizar un pequeño porcentaje de esta información para evaluar sus habilidades básicas de conducción eficiente.

Para lograr este objetivo se recurre a la monitorización de la actividad de conducción durante la jornada laboral [4], lo que permite que el conductor no actúe condicionado. Esta monitorización hace posible detectar una serie de patrones de eficiencia, combinaciones de eventos de conducción basados en parámetros como la aceleración, el uso del freno o el consumo instantáneo, capturados en una ventana temporal. De esta manera se obtiene información que permite aplicar determinar el rendimiento en conducción eficiente según se explica en la metodología ([1]–[3]), y así evaluar y clasificar a los conductores antes de la formación inicial.

Nuestro objetivo es definir los grupos más sencillos posibles y hacer que la sesión de formación inicial se enfoque y se adapte a las necesidades de cada conductor. La forma en que se dividen los conductores en grupos estará relacionada con su rendimiento en el periodo de tiempo analizado. Para evaluar este desempeño necesitamos una referencia que, como se indica en la literatura ([5]–[9]), debe depender en gran medida del contexto de conducción y, en este caso, el contexto estará definido estrictamente por la línea en la que cada conductor desarrolla su actividad profesional.

Hemos diseñado un proceso en diferentes pasos, incluida la recopilación de datos, la definición y asignación de grupos (Secciones IV.B, IV.D y IV.E) y el establecimiento de los contenidos de la sesión de formación inicial (Sección IV.C).
Además, se hace una breve reseña de la literatura existente al respecto (sección II), así como se introducen las bases de la metodología, presentes en nuestras investigaciones previas (Sección III). Por último, la Sección V incorpora un caso de estudio que pretende mostrar de forma práctica el proceso y permite verificar su precisión mediante la comparación con los datos obtenidos en un periodo mucho más largo de observación.

Este artículo está basado en el capítulo 5 de la tesis doctoral de Alejandro García Tuero, “Metodología y sistema analítico para la implantación de programas de conducción eficiente adaptativos en flotas profesionales de transporte regular” [10]

2. Trabajos Relacionados

La mejora en la conducción eficiente, y especialmente la evaluación del rendimiento de los conductores, se ha venido realizando de varias formas diferentes. Parece evidente, a la hora de controlar la evolución, que debe calcularse el ahorro de combustible. Por ello se han diseñado una serie de acciones que permiten reducir el consumo ([11], [12]), siendo precisamente el consumo el medio de evaluación en numerosos trabajos relacionados, como [12], [13]. Sin embargo, este concepto ha demostrado ser inapropiado debido a que el contexto de conducción ejerce una gran influencia sobre él [15]. Este contexto se ve afectado por numerosos factores externos y ajenos al conductor. Así algunos autores buscan definir elementos de ese contexto de conducción como los diferentes tipos de vías urbanas, hora de circulación o tipo de vehículo ([5], [6]), mientras que otros añaden el clima ([7]) o la densidad del tráfico ([8], [9]) a su análisis.

La monitorización de las acciones de los conductores es el principal soporte para realizar un seguimiento completo [16] a largo plazo en flotas profesionales y permite un análisis exhaustivo del efecto de la formación sobre los hábitos de conducción [17] antes y después del curso inicial de conducción eficiente [18]. Además, un sistema de monitorización también proporciona un mecanismo de motivación para los conductores, ya que pueden seguir su propia evolución con respecto a la aplicación de las técnicas de conducción eficientes aprendidas [19].

La formación de conductores profesionales ha evolucionado sensiblemente a lo largo de los años, principalmente en su fase de evaluación, refuerzo y mejora continua. Beusen [17] indicaba ya en 2009 que los resultados se deterioraban con el paso del tiempo, pese a la mejora inmediata registrada inmediatamente después de los cursos de formación. El hecho de que esta formación se realice en el puesto de trabajo logra paliar este efecto ([20]), puesto que el conductor interioriza el aprendizaje por el hecho de estar pendiente de otros elementos como pueden ser los pasajeros. Si por el contrario dicha formación se realiza fuera del ámbito laboral, los conductores profesionales obtienen peores resultados que los no profesionales ([21]).

Mantener los hábitos recientemente adquiridos en la conducción eficiente es, por tanto, un desafío. Según [22], la capacitación es el dominio de la acción y el principio, y consiste en desarrollar las habilidades, la comprensión y la confianza de los alumnos. Por lo tanto, las recomendaciones de conducción eficiente deben complementarse con métodos adicionales para apoyar el proceso de aprendizaje de conducción eficiente que consolide las nuevas habilidades. Los trabajos anteriores de nuestro equipo propusieron varios refuerzos sucesivos en la capacitación de conducción eficiente [23], concentrándose en los aspectos en los que la eficiencia de los conductores disminuye con el tiempo. Desde el punto de vista de la gestión de la capacitación, en [24] aseguran que las sesiones de capacitación que intentan reforzar conceptos a conocidos, fomentan las ganancias de aprendizaje de habilidades que resultan en una mejor retención a largo plazo, mientras que las sesiones de capacitación cuyas metas están en la mejora de rendimiento mejoran el aprendizaje afectivo.

En consecuencia, la mejora del proceso de aprendizaje de conducción eficiente es un tema abierto y la aplicación de acciones formativas específicas desde el inicio del proceso de capacitación es una cuestión clave. Los autores están comenzando a tener en cuenta todos los elementos para desarrollar análisis de regresión que les permitan dar una respuesta matemática a la pregunta sobre los diferentes parámetros de conducción eficiente. Al igual que con el contexto y la categorización del perfil del conductor, los autores utilizan diferentes conjuntos de datos que van desde factores sociodemográficos y mecánicos ([25]), hasta parámetros de contexto ([26]) o de comportamiento del conductor ([27]).

Aunque muchos investigadores se ocupan de la categorización de los conductores y el estilo de conducción, no pudimos encontrar ninguna referencia a la clasificación temprana basada en datos de conducción reales. Los únicos artículos que se refieren a métodos de clasificación que podrían considerarse tan tempranos son aquellos basados en datos y cuestionarios sociodemográficos como los que ya han sido expuestos.

En este artículo, proponemos un método novedoso para clasificar el comportamiento de los conductores profesionales. La clasificación temprana representa una novedad que permite a los expertos en conducción eficiente adaptar la formación desde la primera sesión a las necesidades de cada conductor, y llena un vacío en nuestra investigación anterior. Se basa en el uso de patrones de eficiencia obtenidos a partir de los datos de conducción reales recopilados del vehículo cada 1,5 segundos durante el servicio profesional de los conductores y su clasificación temprana en grupos de formación específicos y adaptativos. Además, el contexto se utiliza como un aspecto diferencial en la base de nuestros estudios, por lo que cada conductor se compara solo con aquellos que conducen en condiciones similares, lo que nos permite aislar el comportamiento de conducción como el parámetro distintivo singular. Por lo tanto, el proceso de aprendizaje de la conducción eficiente es adaptable y personalizado, a diferencia de otras propuestas, y este método de clasificación hace que sea así desde el principio. Además, tiene la capacidad de ser útil desde la primera ruta. Por lo tanto, nuestra solución facilita la labor del instructor cuando varios conductores profesionales asisten a un curso práctico de conducción eficiente.

3. Investigación Previa en que se Apoyan las Novedades

Con el objetivo de analizar el rendimiento de cada conductor relacionado con los patrones diseñados, hemos definido a lo largo de nuestros años de investigación un conjunto de patrones y sus correspondientes KPI [1]–[3].

- Inercia (In): porcentaje de tiempo en que el vehículo está funcionando sin ningún consumo y sin usar los frenos. Es el paradigma de la eficiencia, circular sin consumir. Los ahorros potenciales estimados en una aplicación ideal de este patrón son enormes [28].
- Aceleración - Freno (AF): utilizar los frenos justo después de un período de aceleración, indica falta de anticipación. El KPI muestra el número de estos eventos extrapolados a 100 km.
- Freno - Aceleración (FA): frenar con fuerza seguido de aceleración (sin llegar a detener el vehículo), suele estar causado por no mantener la distancia de seguridad. El KPI muestra el número de estos eventos extrapolados a 100 km.
- Arranque (A): siempre habrá un patrón de arranque después de un período de ralentí. Se divide en dos fases diferentes:
  - Una primera fase (A1) en la que registramos la aceleración. Nuestro método determina que debe ser intensa, aunque no excesiva, para permitir el uso de la inercia tan pronto como sea posible. El KPI muestra la desviación positiva o negativa de la aceleración media respecto a la aceleración óptima ([29], [30]), en porcentaje.
  - Una segunda fase (A2) en la que evaluamos la transición de la aceleración a la inercia. Su KPI representa el porcentaje de veces en que el conductor comienza un período de inercia inmediatamente después de la aceleración, con un margen de dos segundos. Es muy similar en su aplicación al patrón AF.

4. Proceso de Clasificación Temprana

4.1. Conceptos Básicos

El objetivo final de este proceso es asignar a todos los conductores una formación adecuada de acuerdo con sus debilidades de conducción. La Figura 1 muestra los pasos del proceso de clasificación temprana, tal como los explicamos en las siguientes secciones.

Para la captura de datos se dispondrá de un tiempo variable en cada caso, ya que se deberá convenir con el cliente tanto el momento de la instalación de los dispositivos embarcados como el de la formación. Esta propuesta sería válida aunque solo dispusiésemos de una muestra de datos, relativa a una única ruta completa, para cualquier conductor, aunque los resultados serían menos precisos.

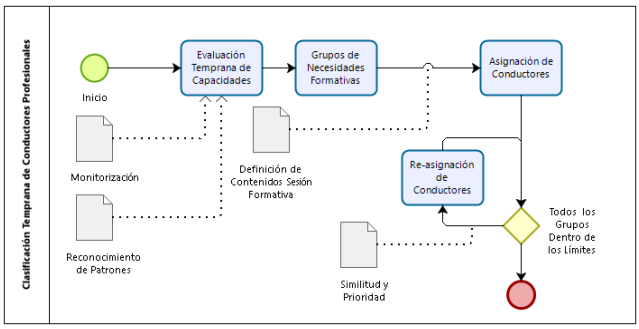

Figura 1. Gráfico del proceso de Clasificación Temprana

4.2. Paso 1. Definición de Grupos según el Desempeño por Patrones

En primer lugar, se obtienen los KPI para cada patrón, conductor por conductor y línea por línea, con los datos disponibles para la flota en que se realiza la sesión de formación inicial. Una vez conocidos los resultados del rendimiento, patrón a patrón, de cada conductor, es necesario comparar resultados.

Es debido a la necesidad de aprovechar el mínimo bloque de datos disponible por lo que la clasificación temprana no utiliza todos los patrones de conducción eficiente, sino tan solo aquellos más básicos, presentes en todas las rutas, y que ya se han mencionado en la sección III.

Considerando que los resultados de los KPI son altamente dependientes del contexto en que se miden los patrones, se deben comparar los resultados de aquellos conductores cuyo contexto de trabajo sea el mismo. La evaluación no va a ser muy precisa debido al escaso tiempo disponible para su monitorización, pero es una herramienta que ayudará a que los grupos sean homogéneos, tanto en lo referente a su nivel en conducción eficiente como en el número de conductores que asistan a cada sesión formativa.

Para determinar si un conductor precisa formación en un determinado patrón, compararemos su rendimiento con el del resto de sus compañeros de línea. Si éste es inferior al de al menos la mitad (peor que la mediana), recibirá formación específica en ese patrón.

Inicialmente, y en base a estos resultados, cada conductor se incluye en un grupo nombrado por las iniciales de los patrones en que necesita mejorar, según se indican en la Sección III. Por supuesto, habrá conductores que necesitan mejorar en todos los patrones, y habrá conductores que no tengan necesidades formativas en comparación con sus compañeros. Con los cinco patrones analizados se pueden formar hasta 32 grupos diferentes en los que incluir a un conductor, y se dividirán en 6 niveles diferentes. Así el Nivel 0 (cero patrones) contendrá el grupo de conductores que no tengan ninguna necesidad formativa (siempre de forma comparativa con el resto de conductores de su línea), mientras que el Nivel 5 (5 patrones) contendrá el grupo de conductores que necesitarían formarse en todos los patrones (Tabla 1).

Tabla 1. Niveles Tras el Análisis de Rendimiento Inicial

Nivel	Grupos
Nivel 0	Grupos de conductores que no necesitan formarse en ningún patrón. 1 solo grupo.
Nivel 1	Grupos de conductores que necesitan formarse en un solo patrón. Son 5 grupos en total.
Nivel 2	Grupos de conductores que necesitan formarse en dos patrones. Son 10 grupos en total.
Nivel 3	Grupos de conductores que necesitan formarse en tres patrones. Son 10 grupos en total.
Nivel 4	Grupos de conductores que necesitan formarse en cuatro patrones. Son 5 grupos en total.
Nivel 5	Grupo de conductores que necesitan formarse en todos los patrones. 1 solo grupos.

Cada uno de los grupos vendrá nombrado por las siglas que definen los patrones en los que sus conductores necesitan formación, dadas en el mismo orden en que se exponen en la sección III. El hecho de que un conductor quede clasificado en el grupo de Nivel 0 no implica que no deba asistir a la formación inicial. Este es un proceso formativo que busca la mejora continua y como tal, debe proporcionar a todos los participantes las herramientas para progresar independientemente de su nivel de partida.

4.3. Paso 2. Definición de los Contenidos de las Sesiones Formativas

En [31], la autora defiende que el educador que es consciente de las diferencias individuales se dará cuenta de cómo estas se maximizan cuando hablamos de educación y formación para adultos, mientras que [32] dice que la transformación en el entrenamiento de adultos llega cuando se alcanza la individualización. Por lo tanto, un buen método para lograr esta diferenciación podría ser crear grupos de entrenamiento en los que enseñar diferentes contenidos de acuerdo a las necesidades de cada conductor, o grupo de conductores, o que dichos contenidos se prioricen si un conductor tiene un buen nivel de rendimiento inicial.

En consecuencia, los contenidos de la formación inicial deben ser equilibrados y personalizados. Deben aportar información útil para buenos y malos conductores. En el caso de los peores conductores, aquellos que ocuparían los grupos de los Niveles 4 y 5, todos los contenidos van a mejorar su conocimiento y ayudarlos a obtener mejores resultados. En el caso de aquellos conductores con mejores actuaciones, en los Niveles 0 a 2, los contenidos deben influir en sus defectos y reforzar aquellos aspectos que se consideren prioritarios, ya que hay que proporcionarles herramientas para mejorar.

Por una cuestión organizativa no sería viable preparar 32 formaciones distintas. Así pues, se decide utilizar los grupos de nivel 3 para determinar los contenidos de las sesiones, de forma éstas permitan reforzar conceptos a los mejores conductores y afrontar la formación de forma progresiva a los peores, además de minimizar el problema organizativo, de forma que la distribución de los conductores se pueda hacer de forma equitativa independientemente del tamaño de la flota.

Sin embargo, aún quedan consideraciones antes de decidir que los grupos sean definitivos. Primero, se puede ver en la Tabla I que hay 10 posibles grupos de conductores en el nivel 3. Este podría ser un número demasiado elevado si la metodología se estuviera aplicando en una flota pequeña, entendiendo por flota pequeña aquella que no tenga conductores suficientes como para asegurar la inclusión de un mínimo de conductores a cada grupo. Si bien una formación diferenciada y específica es positiva, se deben tener en cuenta también los aspectos organizativos. Varios de los grupos podrían quedar desiertos o con baja asignación de conductores, por lo que no resultaría rentable asignarles un formador específico. Por tanto, se debe especificar un protocolo de reducción de grupos que permita reubicar a aquellos conductores cuya clasificación les sitúe en un grupo poco poblado, en otro con un número suficiente de asistentes. Este número debe ser negociado con el cliente, ya que implicará cambios en el coste de la formación, el tiempo empleado y las instalaciones necesarias.

4.4. Paso 3. Asignación de Conductores a los Grupos de Formación

Para determinar el grupo formativo en que estará encuadrado cada conductor se deben establecer unos criterios que permitan situar a un conductor en un grupo formativo de forma inequívoca, independientemente del número de patrones en los que precise mejorar su rendimiento. Se definen una serie de similitudes entre patrones, así como unas prioridades de formación, de tal forma que sea posible pasar de cinco o de cero patrones a tres, afrontando indicaciones de mejora que resulten de la mayor utilidad tanto a unos como a otros. Estos criterios deben facilitar, además, la fusión entre los grupos formativos en caso de que a alguno de estos no le correspondan un número suficiente de conductores.

4.4.1. Criterios para la Fusión entre Grupos de Diferente Nivel

4.4.1.1. Criterio de Similitud

La segunda fase del patrón de arranque (A2) es, como ya se ha explicado en la Sección III, muy similar en su aplicación al patrón Aceleración - Freno (AF). Ambos muestran malas transiciones entre aceleración e inercia, solo que en el caso de A2 va orientado a ser un complemento del A1, caracterizando lo que pasa justo después de un período de inactividad (velocidad = 0 km / h), y en el caso de AF muestra una falta de anticipación (después de cada período de aceleración). Por tanto, cuando un grupo hace referencia a A2, podemos sustituirlo por AF sin que varíen sustancialmente las indicaciones que se van a dar en el mismo. La razón es que, aunque A2 y AF sean indicativos de comportamientos distintos [2], las técnicas empleadas para obtener buen rendimiento en ambos son muy similares.

Este criterio de similitud se aplica a la hora de asignar conductores provenientes de los niveles 4 y 5, además de en caso de que sea necesaria la fusión entre grupos de nivel 3, una vez terminada la distribución inicial. De igual manera, lo usaremos al asignar conductores de los niveles 0, 1 y 2, ya que a los grupos que tengan AB o A2 se les añadirá el que no tengan (A2 o AB respectivamente) a modo de refuerzo.

4.4.1.2. Criterios de Prioridad

Lo que se debe priorizar es la facilidad de aprendizaje y la importancia de cada patrón, para que se pueda agregar a un grupo de los niveles 0 a 2, o descartarlo de un grupo perteneciente a los niveles 4 o 5, y convertirlos así en grupos de Nivel 3.

4.4.1.2.1. Facilidad de Aprendizaje

Al estar en el contexto de una primera sesión de formación, se buscan resultados inmediatos, por lo que el primer criterio aplicable sería la facilidad para aprender las técnicas que permitan obtener buenos resultados en un patrón dado. In, AF y FA son patrones en los que los resultados de los conductores se podrían mejorar solo con explicarles en qué consisten. Estos patrones muestran básicamente cómo usar la inercia, si el conductor anticipa lo que va a pasar por delante de su vehículo y si mantiene la distancia de seguridad respectivamente (sección 3). Dentro de la Taxonomía de Bloom [33] no implicarían más que los tres primeros niveles cognitivos (conocer, comprender y aplicar), así que, simplemente asimilando estos conceptos, el rendimiento mejorará enormemente. También la fase 2 del patrón de arranque (A2) resulta sencilla de comprender, por su similitud con el patrón

AF. Por otro lado, la fase 1 del patrón de arranque (A1) es mucho más ambigua, ya que se debe acelerar con intensidad, pero no agresivamente. La intensidad de aceleración debe aproximarse a un valor dado, pero es difícil y es una cuestión de sensibilidad con el acelerador para ser preciso en este punto, requiere ascender un nivel cognoscitivo más al menos (analizar), por lo que su aprendizaje es más complicado. Por lo tanto, se formarán dos grupos en función de la facilidad para aprender cada tipo patrón: los patrones conceptuales y el patrón cuantitativo, teniendo prioridad los primeros en este caso. La Tabla 2 muestra los patrones prioritarios y no prioritarios según este criterio.

Tabla 2. Prioridad según el Criterio de Fácil Aprendizaje

Prioritarios	No prioritarios
AF	A1
FA	
In	
A2	

Como el criterio de facilidad de aprendizaje es el primero en aplicarse, hace que A1 sea el último patrón según el criterio de asignación por prioridad.

4.4.1.2.2. Eficiencia y Seguridad

El siguiente paso es decidir si el siguiente criterio debe ser la eficiencia o la seguridad. Los patrones AF, A2 e In, sobre todo este último, afectan a la eficiencia. El patrón FA también lo hace, pero en menor medida. Por el contrario, la seguridad solo se ve afectada por el patrón FA, que indica el buen o mal uso de la distancia de seguridad. Por lo tanto, en este caso se prioriza el componente de seguridad, puesto que el patrón implicado cubre ambos aspectos: la seguridad y la eficiencia. En consecuencia, el patrón FA recibirá la más alta prioridad en el proceso de asignación de patrones de entrenamiento.

Finalmente, se aplica el criterio de eficiencia. En este proceso el patrón de Inercia es primordial, ya que los ahorros potenciales son enormes en caso de una aplicación ideal de este patrón [28]. Luego, AF y A2 tienen una incidencia similar en la eficiencia por cada aparición, pero AF está sujeto a producirse en más situaciones que A2. Por lo tanto, el criterio final de prioridad para la asignación del patrón de formación será como se muestra en la Tabla 3.

Completada la definición de este criterio, ya están disponibles las herramientas necesarias para realizar la asignación de conductores en grupos de nivel 3, y su posterior fusión en caso de necesidad.

Tabla 3. Criterio de Prioridad

Mayor Prioridad				Menor Prioridad
FA	In	AF	A2	A1

4.4.2. Conductores con Bajo Desempeño en Tres Patrones

Una vez que se han definido los grupos en que se van a clasificar a los conductores, hay que hacer converger los 32 grupos originales en los diez grupos de formación, equivalentes a los de nivel 3. El número de grupos viene determinado por las combinaciones de los 5 patrones tomados de 3 en 3. Se comienza con el caso más simple, los grupos de tres patrones, y en las siguientes secciones se explican los casos, un poco más complejos, con más o menos de tres patrones por grupo.

Es muy simple en el caso de estos grupos porque todos ellos tienen una relación directa. Simplemente se incluye a cada conductor en el grupo que le corresponda.

4.2.3. Conductores con Bajo Desempeño en Más de Tres Patrones

Para todos los grupos de conductores pertenecientes a grupos de Nivel 4 o 5, seguiremos los mismos criterios: en primer lugar, el criterio de similitud y en segundo lugar el de prioridad.

En este caso, como los conductores tienen más necesidades básicas de formación que el resto, el criterio de similitud actúa de forma que elimina formaciones de refuerzo en el caso de aquellos grupos de conductores con necesidades formativas en los patrones AF y A2 al mismo tiempo, puesto que es más interesante aplicarles formaciones diferentes.

4.2.4. Conductores con Bajo Desempeño en Menos de Tres Patrones

Se trata en este caso de los conductores pertenecientes a los grupos incluidos en los niveles 0 a 2. Los criterios de asignación nuevamente siguen el mismo orden: similitud y prioridad. En este caso, al tener menos necesidades básicas, el criterio de similitud actúa aportando contenido de refuerzo para aquellos conductores bajo rendimiento en uno solo de los patrones AF o A2.

Esto pondría fin al proceso de asignación de grupos de formación. En este punto, todos los conductores habrían sido incluidos en un grupo de formación acorde a sus necesidades, por lo que el objetivo estaría conseguido.

4.4.5. Consideraciones Posteriores a la Asignación

Con el proceso de asignación de grupos finalizado, se debe observar la distribución que finalmente se obtenga de los conductores en los diferentes grupos. Pocas veces la distribución será perfecta, donde los diez grupos de formación tengan la misma cantidad de conductores. Al usar un sistema de prioridades es lógico que unos grupos resulten mucho más concurridos que otros. Además, esos grupos más concurridos también van a ser los que presenten mayor diversidad en cuanto al nivel de los conductores.

Por cuestiones organizativas que deben pactarse con la dirección de la empresa que vaya a aplicar el método formativo en muchos casos no será viable impartir formación en los diez grupos.

Por un lado, en flotas pequeñas, habrá grupos con baja asignación de conductores. Por el contrario, flotas mucho más grandes pueden generar problemas de espacio en las aulas disponibles. Se debe marcar un criterio en ambos casos, que permita fusionar o desdoblar grupos de forma que estos tengan una asistencia dentro de unos márgenes estipulados. Lógicamente, una sesión formativa con menos asistentes resultará menos económica que otra masificada. La empresa que aplique la metodología debe tener esto en cuenta en sus tarifas, y su cliente decidir asesorado por los expertos en conducción eficiente.

4.4.5.1. Grupos Despoblados

Este será un caso que fácilmente se podría dar en flotas pequeñas o en programas piloto para una pequeña parte de la plantilla de una flota de conductores profesionales. Se van a ver las opciones de fusión disponibles considerando los diez grupos formativos y los criterios de similitud y prioridad. Un resumen se muestra en la Figura 2.

Se estudian primero los grupos que contienen los patrones AF y/o A2, porque son los que están involucrados en el criterio de similitud. Aplicando este criterio, se fusionarán grupos cuyos dos de los tres contenidos sean comunes y el tercero sea AF en un caso y A2 en el otro siempre que al menos uno de ellos esté despoblado, y se integrarán en el grupo con mayor asignación inicial de conductores. Si esta fuese igual en ambos casos, se integrarán en el grupo que contenga AF por prioridad. Este tipo de unión solo se realizará en caso de que el grupo resultante tenga el número mínimo de asistentes que se haya pactado con los responsables de la flota. En caso contrario se omitirá el paso, ya que la posterior fase de fusión, por prioridad, quedaría desvirtuada.

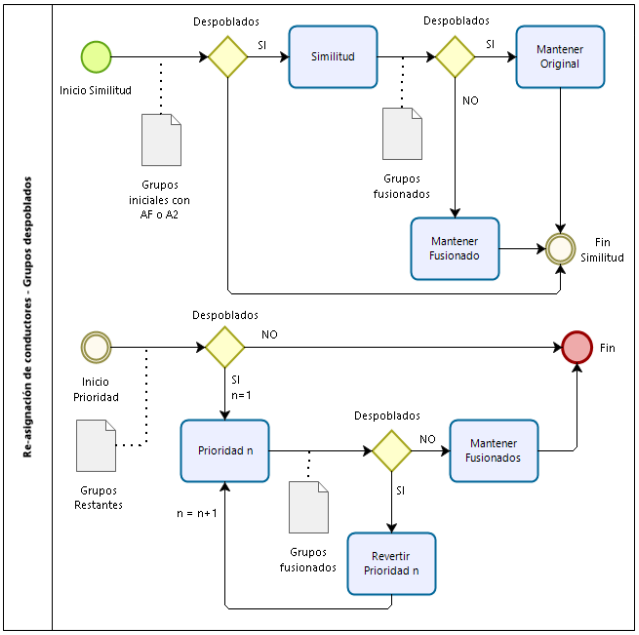

Figura 2. Diagrama de Flujo del Proceso de Fusión entre Grupos Despoblados

Sin embargo, no todos los grupos se pueden fusionar por el criterio de similitud, al haber varios que incluyen el patrón AF y el A2 al mismo tiempo. Estos grupos se fusionan por prioridad. También se fusionan por prioridad aquellos grupos que al aplicarles similitud no logran alcanzar el número mínimo de asistentes estipulados. El criterio para esta priorización es sustituir el patrón menos prioritario del grupo por el más prioritario de los que no estaban originalmente en el mismo.

Del mismo modo que tras la aplicación del criterio de similitud, si tras aplicar la primera sustitución por prioridad el grupo no alcanzase la asignación mínima requerida de conductores, pasaríamos a sustituir su patrón menos prioritario por el otro patrón no incluido en el grupo original.

El grupo que incluye los patrones AF, A1 y A2 es una excepción a esta regla. A1 es menos prioritario que A2, pero será este último el que se sustituirá en primera instancia por su similitud con AF.
Con esta última relación quedarían especificadas todas las opciones de reubicación de conductores desde sus grupos de asignación originales por motivos de despoblación de los mismos.

4.4.5.2. Grupos Sobrepoblados

Podría darse la circunstancia, principalmente en las flotas más numerosas o tras la fusión de varios grupos despoblados, de que los grupos estén sobrepoblados. Para estos casos, la condición de sobrepoblación de un grupo se podrá fijar bien por un problema de aforo de las aulas disponibles para la formación, o bien por acuerdo de unos números límite entre empresas.

A la hora de desdoblar los grupos, se podrá realizar tres formas distintas. Por un lado, se podría hacer un desdoble directo, a dos grupos iguales, con los mismos contenidos formativos que el original. Esta sería una opción perfectamente válida, pero se estaría perdiendo la posibilidad de aumentar el grado de personalización de la formación que nos ofrece la posibilidad del desdoble. Así pues, una opción intermedia sería hacer el desdoble de forma que los nuevos grupos se formen en función del nivel del grupo de asignación original de cada conductor. Por último, una tercera opción sería ajustar los contenidos de los grupos desdoblados. Sin embargo, debido a las composiciones de los grupos formativos, esta opción tiene un inconveniente. Habría que considerar la proveniencia de cada uno de los integrantes del grupo a desdoblar y realizar una segunda agrupación en función de esa proveniencia, por lo que, al buscar los tres contenidos a impartir, acabarían siendo los mismos que los del grupo original si la sobrepoblación proviene de la fusión de varios grupos despoblados, como es lógico. Por tanto, se optará por una división por niveles en aquellos grupos en los que se pueda, y en los que no, un desdoble directo.

5. Caso de Estudio

Se presenta un caso de estudio que consiste en la clasificación temprana de todos los conductores en una de las flotas principales que ya está siendo monitorizada. En concreto usaremos una flota del norte de España.
Se sigue el proceso de clasificación temprana desde la recopilación de datos hasta la asignación de grupos de capacitación y otras consideraciones, con una breve introducción de la empresa. Para el estudio, se observa la flota en dos días consecutivos aleatorios. En este caso de estudio, los datos se obtienen de la actividad profesional de los conductores los días 9 y 10 de abril de 2017. En este caso de estudio se considerará que un grupo con menos de 5 conductores es un grupo despoblado y con más de 10 es un grupo superpoblado. Como ya se ha indicado, se observa a los conductores de una flota establecida en el norte de España. Para las fechas del caso de estudio, analizamos las actuaciones de 28 conductores distribuidos en cuatro líneas urbanas diferentes. Esta flota pertenece a una empresa privada y desarrolla su actividad en una ciudad de alrededor de 80,000 habitantes en un clima húmedo y suave. Los días considerados para esta prueba fueron soleados, con temperaturas entre 10ºC y 16ºC (mínimo y máximo).

Las circunstancias de esta flota hacen que la mayoría de los conductores, 22 de 28, solo condujeron en una de las líneas durante estos dos días. Otros dos lo hicieron en dos líneas diferentes, otros dos en tres líneas, y el último tiene datos de las cuatro líneas. Con estas consideraciones, procedemos a mostrar los resultados para los 19 conductores en servicio en la primera línea, que está numerada 331, en la Tabla 4.

Una X significa que el conductor debe mejorar en el patrón marcado. Se indica también la nomenclatura de los grupos, que incluyen en orden las siglas de los patrones en que sus miembros necesitan mejorar. Los conductores que aparecen en negrita son aquellos con datos de más de una línea. Solo utilizaremos los resultados para su línea de conducción principal, que es donde el conductor ha completado más rutas.

Podemos ver en la Tabla 5 cómo todos los grupos de entrenamiento, excepto uno (el grupo FAA1A2) tienen al menos un conductor. No es esencial que todos los grupos de capacitación incluyan conductores, pero es una buena señal de que este sistema de clasificación temprana diferencia a los conductores. El grupo AFFAA2, que incluye los dos patrones involucrados en la similitud (AF y A2) y el patrón de mayor prioridad (FA), es el más poblado hasta este momento.

Tabla 4. Proceso de Asignación de Grupos Formativos. Línea 331

Id. conductor	AF	FA	In	A1	A2	Grupo	Grupo formativo
5	X	X		X	X	AFFAA1A2	AFFAA1
8	X		X	X		AFInA1	AFInA1
10	X					AF	AFFAA2
12		X	X	X	X	FAInA1A2	FAInA2
13					X	A2	AFFAA2
14			X			In	AFFAIn
17	X	X		X	X	AFFAA1A2	AFFAA1
26				X	X	A1A2	AFA1A2
30	X	X		X		AFFAA1	AFFAA1
32	**X**				**X**	**AFA2**	**AFFAA2**
33		X	X	X		FAInA1	FAInA1
34		X	X			FAIn	AFFAIn
40			X		X	InA2	AFInA2
48	**X**	**X**	**X**	**X**		**AFFAInA1**	**AFFAIn**
74			X	X	X	InA1A2	InA1A2
75	X				X	AFA2	AFFAA2
78		**X**	**X**	**X**		**FAInA1**	**FAInA1**
89	X	X	X		X	AFFAInA2	AFFAIn
91	X	X				AFFA	AFFAA2

Tabla 5. Distribución de los Conductores en Grupos Formativos. Línea 331

Grupo formativo	Identificador del conductor
AFFAIn	14, 34, 48, 89
AFFAA1	5, 17, 30
AFFAA2	10, 13, 32, 75, 91
AFInA1	8
AFInA2	40
AFA1A2	26
FAInA1	33, 78
FAInA2	12
FAA1A2	
InA1A2	74

A continuación, comprobamos la distribución de los conductores en las líneas con menos conductores. La Tabla 6 muestra los resultados para la línea 332.

Tabla 6. Proceso de Asignación de Grupos Formativos. Línea 332

Id. conductor	AF	FA	In	A1	A2	Grupo	Grupo formativo
25	**X**		**X**	**X**		**AFInA1**	**AFInA1**
43		**X**	**X**		**X**	**FAInA2**	**FAInA2**
47		X		X		FAA1	FAInA1
72		X	X	X	X	FAInA1A2	FAInA2
90	**X**		**X**		**X**	**AFInA2**	**AFInA2**

Vale la pena señalar que la mayoría de los conductores en esta línea no son especialistas, sino que parecen cambiar de línea con frecuencia. La Tabla 7 muestra los resultados para los conductores de la línea 333.

Tabla 7. Proceso de Asignación de Grupos Formativos. Línea 332

Id. conductor	AF	FA	In	A1	A2	Grupo	Grupo formativo
36			X			In	AFFAIn
42		X			X	FAA2	AFFAA2

Nuevamente, dos de los cuatro conductores que realizan la línea 333 durante los días seleccionados no son especialistas (los conductores #32 y #90 ya están evaluados en su línea principal). Esto no significa que los otros lo sean, ya que solo estamos analizando dos días, pero en cualquier caso, podemos ver que las líneas secundarias parecen tener más conductores no especializados que la línea 331, que tiene un mayor número de pasajeros. Finalmente, la Tabla 8 muestra los resultados para la línea 338.

Tabla 8. Proceso de Asignación de Grupos Formativos. Línea 338

Id. conductor	AF	FA	In	A1	A2	Grupo	Grupo formativo
44	X	X	X		X	AFFAInA2	AFFAIn
46		X		X		FAA1	FAInA1

Una vez realizada la asignación para todas las líneas, debemos confirmar la distribución final de los conductores en los grupos formativos, que se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Distribución de Conductores en Grupos Formativos

Grupo formativo	Id. conductor
AFFAIn	14, 34, 36, 44, 48, 89
AFFAA1	5, 17, 30
AFFAA2	10, 13, 32, 42, 75, 91
AFInA1	8,25
AFInA2	40, 90
AFA1A2	26
FAInA1	33, 46, 47, 78
FAInA2	12, 43, 72
FAA1A2	
InA1A2	74

Según esta distribución, solo hay dos grupos válidos, que son AFFAIn y AFFAA2, con 6 conductores cada uno. El resto de los grupos formativos tienen menos del número mínimo estipulado de conductores, fijado en 5 al comienzo del caso de estudio. Ahora necesitamos unir grupos, ya que estamos en la situación de grupos de población baja que se explica en la Sección IV.E.1. Por lo tanto, según el criterio de similitud, podemos fusionar FAInA2 con AFFAIn e InA1A2 con AFInA1. En este caso, si movemos el conductor #74 de InA1A2 a AFInA1, este grupo todavía tendrá muy pocos conductores, por lo que evitamos este movimiento. De lo contrario, una combinación por prioridad en la siguiente fase podría ubicar a ese conductor en un grupo formativo que no tuviese nada que ver con su grupo original. La Tabla 10 muestra la distribución después de esta operación.

Tabla 10. Distribución en Grupos Formativos tras Aplicar Similitud

Grupo formativo	Id. conductor
AFFAIn	12, 14, 34, 36, 43, 44, 48, 72, 89
AFFAA1	5, 17, 30
AFFAA2	10, 13, 32, 42, 75, 91
AFInA1	8, 25
AFInA2	40, 90
AFA1A2	26
FAInA1	33, 46, 47, 78
InA1A2	74

Esto aún no resuelve el problema de baja población, por lo que debemos aplicar el criterio de prioridad. El Grupo InA1A2 no se completa con sus dos primeras opciones (sustituir A1 por FA, formando el grupo FAInA2, o por AF, formando el grupo AFInA2), ya que no reciben conductores de ningún otro grupo, por lo que entra en su tercera opción, que es sustituir su segundo patrón menos prioritario (A2) por FA. De esta manera se integra en FAInA1, que pasa a tener cinco conductores.

El otro grupo con un conductor, AFA1A2 debe ir a AFFAA1, pero no lo llena y tampoco llena su segunda opción, AFInA1, por lo que termina fusionándose con AFFAA2. Todos lo demás grupos se fusiona con AFFAIn como grupo de mayor prioridad. La distribución final sería la que indica la Tabla 11.

Tabla 11. Distribución en Grupos Formativos tras Aplicar Prioridad

Grupo formativo	Id. conductor
AFFAIn	5, 8, 12, 14, 17, 25, 30, 34, 36, 40, 43, 44, 48,72, 89, 90
AFFAA2	10, 13, 26, 32, 42, 75, 91
FAInA1	33, 46, 47, 74, 78

Por lo tanto, el resultado es que tenemos tres grupos de formación. Dos de ellos, AFFAA2 y FAInA1 tienen una cantidad aceptable de conductores, mientras que el otro está superpoblado. El grupo AFFAIn tiene la máxima prioridad entre todos los grupos de capacitación, por lo que podría tener conductores de todos los niveles. Si intentamos dividirlo de acuerdo con el nivel de los conductores, descubrimos que hay siete conductores en el nivel 4 y se incluirán en el grupo AFFAIn(4), y nueve de nivel 3 o menos que se incluirán en el grupo AFFAIn(3-). Por lo tanto, la distribución final queda como se muestra en la Tabla XII.

Tabla 12. Distribución Final en Grupos Formativos

Grupo formativo	Id. conductor
AFFAIn (4)	5, 12, 17, 44, 48, 72, 89
AFFAIn (3-)	8, 14, 25, 30, 34, 36, 40, 43, 90
AFFAA2	10, 13, 26, 32, 42, 75, 91
FAInA1	33, 46, 47, 74, 78

Como aclaración, los contenidos formativos de los grupos AFFAIn(4) y AFFAIn(3-) serán los mismos. La única diferencia es que, al dividir el grupo AFFAIn inicial, lo hacemos de tal manera que los conductores en cada subgrupo tengan niveles más homogéneos, pero los contenidos de la sesión serán los mismos (patrones AF, FA e In).

6. Conclusiones

Este documento describe un método de clasificación temprana basado en la asignación de conductores de flotas de autobuses urbanos en grupos de formación específicos. Este método es parte de una metodología de aprendizaje adaptativo de conducción eficiente y elimina una brecha de adaptabilidad existente en el primer paso de la formación. El caso de estudio aplica el proceso a una flota real de autobuses urbanos.

Existen limitaciones al método en cuanto al tamaño de la flota. Cuanto mayor sea la lista de conductores, más precisa será la comparación. Por el contrario, la distribución de conductores en flotas más grandes podría hacer que los grupos beneficiados por el criterio de similitud pierdan parte de los conductores respecto a aquellos cuyo número aumenta debido a la prioridad. Este es un punto a favor de las flotas pequeñas, ya que la similitud representa una mayor adaptabilidad que la prioridad.

En cualquier caso, el problema de gestionar la distribución de los conductores en diferentes grupos según sus habilidades se resuelve y la metodología de aprendizaje de conducción eficiente global termina siendo adaptativa en todas sus etapas, tal y como era nuestro objetivo al plantear este proceso de evaluación temprana de habilidades.

Nuestro trabajo futuro, ahora que la metodología de entrenamiento de conducción eficiente está completa, será en el campo de la presentación de informes. Debemos mejorar y facilitar el proceso de creación de informes. Se generan más de 1000 informes de rendimiento y evolución mensuales, entre informes de flota, vehículos y conductores. Aunque los informes de la flota y los vehículos son simplemente una revisión de los resultados y los datos, con intenciones de gestión, los informes de los conductores son parte del proceso de formación. Siguiendo la filosofía del proceso de capacitación, desarrollaremos un sistema de recomendaciones automático para personalizar estos informes y proporcionarles a los profesionales una herramienta de aprendizaje, desarrollo profesional y mejora para avanzar hacia la excelencia en la conducción eficiente.

7. Referencias

[1] X. G. Pañeda *et al.*, «Formal characterization of an efficient driving evaluation process for companies of the transport sector», *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 94, pp. 431-445, Dec. 2016.

[2] L. Pozueco *et al.*, «A methodology to evaluate driving efficiency for professional drivers based on a maturity model», *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 85, pp. 148-167, Dec. 2017.

[3] L. Pozueco *et al.*, «Analytic System to Evaluate Efficient Driving Programs in Professional Fleets», *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, pp. 1-13, 2018.

[4] G. O. Duarte, G. A. Gonçalves, y T. L. Farias, «Vehicle monitoring for driver training in bus companies – Application in two case studies in Portugal», *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 18, pp. 103-109, Jan. 2013.

[5] E. Ericsson, «Variability in exhaust emission and fuel consumption in urban driving», *Urban Transport Systems. Proceedings From The 2nd KFB Research Conference In Lund, Sweden, 7-8 June, 1999 (Bulletin 187)*, n.º 187:01, 2000.

[6] E. Ericsson, «Independent driving pattern factors and their influence on fuel-use and exhaust emission factors», *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 6, n.º 5, pp. 325-345, sept. 2001.

[7] S. H. Hamdar, L. Qin, y A. Talebpour, «Weather and road geometry impact on longitudinal driving behavior: Exploratory analysis using an empirically supported acceleration modeling framework», *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 67, pp. 193-213, jun. 2016.

[8] J. de Almeida y J. C. Ferreira, «BUS Public Transportation System Fuel Efficiency Patterns», 2nd International Conference on Machine Learning an Computer Science, Kuala Lumpur (Malaysia), 2013.

[9] F. Silva, C. Analide, C. Gonçalves, y J. Sarmento, «Ubiquitous Sensorization for Multimodal

Assessment of Driving Patterns», en *Ambient Intelligence - Software and Applications*, C. Ramos, P. Novais, C. E. Nihan, y J. M. C. Rodríguez, Eds. Springer International Publishing, 2014, pp. 143-150.

[10] A. G. Tuero, «Metodología y sistema analítico para la implantación de programas de conducción eficiente adaptativos en flotas profesionales de transporte regular», UNED, Madrid, 2018.

[11] G. S. Larue, H. Malik, A. Rakotonirainy, y S. Demmel, «Fuel consumption and gas emissions of an automatic transmission vehicle following simple eco-driving instructions on urban roads», *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 8, n.º 7, pp. 590-597, 2014.

[12] D. Moss, *The Efficient Driver's Handbook – Your guide to fuel efficient driving techniques and car choice*. Veloce Publishing Ltd, 2010.

[13] N. Haworth y M. Symmons, «Driving to reduce fuel consumption and improve road safety», Road Safety Research, Policing And Education Conference, Melbourne, Victoria, Australia, 2001.

[14] H. Liimatainen, «Utilization of Fuel Consumption Data in an Ecodriving Incentive System for Heavy-Duty Vehicle Drivers», *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 12, n.º 4, pp. 1087-1095, Dec. 2011.

[15] M. Sivak y B. Schoettle, «Eco-driving: Strategic, tactical, and operational decisions of the driver that influence vehicle fuel economy», *Transport Policy*, vol. 22, pp. 96-99, Jul. 2012.

[16] A. E. af Wåhlberg, «Long-term effects of training in economical driving: Fuel consumption, accidents, driver acceleration behavior and technical feedback», *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 37, n.º 4, pp. 333-343, abr. 2007.

[17] B. Beusen *et al.*, «Using on-board logging devices to study the longer-term impact of an eco-driving course», *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 14, n.º 7, pp. 514-520, Oct. 2009.

[18] S. L. Jamson, D. L. Hibberd, y A. H. Jamson, «Drivers' ability to learn eco-driving skills; effects on fuel efficient and safe driving behaviour», *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 58, Part D, pp. 657-668, Sep. 2015.

[19] M. Zarkadoula, G. Zoidis, y E. Tritopoulou, «Training urban bus drivers to promote smart driving: A note on a Greek eco-driving pilot program», *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 12, n.º 6, pp. 449-451, ago. 2007.

[20] E. Dogan, L. Steg, y P. Delhomme, «The influence of multiple goals on driving behavior: The case of safety, time saving, and fuel saving», *Accident Analysis & Prevention*, vol. 43, n.º 5, pp. 1635-1643, Sep. 2011.

[21] Y. Wu, X. Zhao, J. Rong, y Y. Zhang, «The effectiveness of eco-driving training for male professional and non-professional drivers», *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 59, pp. 121-133, mar. 2018.

[22] J. D. Holst, «Conceptualizing Training in the Radical Adult Education Tradition», *Adult Education Quarterly*, vol. 59, n.º 4, pp. 318-334, ago. 2009.

[23] A. Rionda *et al.*, «Blended learning system for efficient professional driving», *Computers & Education*, vol. 78, pp. 124-139, sept. 2014.

[24] J. Mesmer-Magnus y C. Viswesvaran, «The role of pre-training interventions in learning: A meta-analysis and integrative review», *Human Resource Management Review*, vol. 20, n.º 4, pp. 261-282, Dec. 2010.

[25] W.-T. Lai, «The effects of eco-driving motivation, knowledge and reward intervention on fuel efficiency», *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 34, pp. 155-160, Jan. 2015.

[26] J. de Abreu e Silva, F. Moura, B. Garcia, y R. Vargas, «Influential vectors in fuel consumption by an urban bus operator: Bus route, driver behavior or vehicle type?», *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 38, pp. 94-104, Jul. 2015.

[27] H. J. Walnum y M. Simonsen, «Does driving behavior matter? An analysis of fuel consumption data from heavy-duty trucks», *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 36, pp. 107-120, may 2015.

[28] A. G. Tuero *et al.*, «Economic Impact of the Use of Inertia in an Urban Bus Company», *Energies*, vol. 10, n.º 7, p. 1029, Jul. 2017.

[29] G. Qian, E. Chung, y R. Horiguchi, «Assessing eco-driving performance of a traffic platoon at urban intersections: an experimental study.», en *Optimum 2013 - International Symposium on Recent Advances in Transport Modelling*, 2013.

[30] R. Ando, Y. Nishihori, y N. Kachi, «Can Eco-Driving Techniques Make Driving More Economically and Ecologically?», presentado en 18th ITS World Congress, 2011.

[31] P. Cranton, *Understanding and Promoting Transformative Learning: A Guide for Educators of Adults.*, 2.ª ed. Wiley, 2006.

[32] J. M. Dirkx, «Transformative Learning in the Practice of Adult Education: an Overview», *PAACE Journal of Lifelong Learning*, vol. 7, pp. 1-14, 1998.

[33] B. S. Bloom, M. D. Engelhart, E. J. Furst, W. Hill, y D. Krathwohl, *Taxonomy of educational objectives. Volume I: The cognitive domain.* New York, NY, USA: McKay, 1956.