

Gestión del mantenimiento del parque automotor de transporte público: diagnóstico y propuestas de mejoramiento

Maintenance Management of Public Transportation Automotive Fleet: Diagnosis and Treatment

Jorge Nevardo Prieto Muñoz *
Gerardo Ávila Rodríguez **
Holman Fernando Rojas Suárez ***
Diego Alfonso Pedroza Castro ****
Giovanni Hernán Fonseca Heredia *****

Resumen

En las carreteras colombianas se presentan numerosos accidentes que causan pérdidas de vidas, heridos y daños materiales; los accidentes de vehículos de transporte público tienen especial impacto por su alta frecuencia. Mediante convenio con el Ministerio de Transporte y Colciencias, la Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia realizó un estudio orientado a determinar las causas de accidentalidad del transporte público por carretera y a proponer medidas. El estudio se basó en los corredores Bogotá-Sogamoso y Cúcuta-Pamplona, por presentar alta accidentalidad. Este artículo

Abstract

In Colombian highways there are many road accidents which cause victims, injuries and property damage; accidents of public transport vehicles have special impact due to their recurrence. By agreement with the Ministry of Transport and Colciencias, the School of Transport and Road Engineering of the Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia carried out a research process to determine the causes of accidents of public transportation vehicles by road in order to propose some prevention measures. The study took as a study object the road corridors Sogamoso-Bogotá and Cúcuta- Pamplona, because these present a high accident rate.

* Doctor en Ingeniería e Infraestructura de los Transportes. Docente de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

** Integrante Grupo de Seguridad Vial, Ministerio de Transporte.

*** Ingeniero Electromecánico, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

**** Ingeniero de Sistemas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

***** Estudiante Ingeniería Civil, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

presenta los estudios y resultados referentes al factor vehículo; se hizo un diagnóstico del mantenimiento mecánico de los vehículos, se analizaron factores de riesgo en cuanto al diseño, tiempo de funcionamiento, capacitación de conductores y tecnología.

Se plantearon recomendaciones, algunas se aplicaron como pilotos. El artículo describe los pilotos sobre elaboración e implementación de planes de seguridad en empresas de transporte, elaboración del panorama de riesgos de la cadena de prestación del servicio de transporte y sobre el desarrollo e implementación de un software para la gestión del mantenimiento y la programación del parque automotor.

Palabras clave: accidentalidad en transporte público, planes de seguridad en transporte público, panorama de riesgos en transporte público.

This article presents the studies and results related the factor vehicle; a diagnosis about the mechanical maintenance of the vehicles was made with the purpose of analyzing risk factor concerning to design, operation time, drivers training and technology. Recommendations were given and some of them were applied as pilots. The article describes the pilot plans about the development and implementation of security programs for transport companies; moreover the use software for automobile fleet maintenance management is described.

Key words: public transportation accidents, security plans for public transport, public transport risks.

I. Introducción

El transporte público es un servicio esencial en toda sociedad, y las políticas referentes a su planeación y operación forman parte de los planes de gobierno en los diferentes niveles. En Colombia este aspecto no es la excepción, pues el Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Transporte, establece las políticas para el transporte público relacionadas con la planeación, operación, control, etc. Un aspecto que ha merecido gran atención es la seguridad con la que se ofrece este servicio; las políticas nacionales al respecto han sido plasmadas en el Plan Nacional de Seguridad Vial, dentro del cual se han planteado diversos programas enfocados a mejorar la seguridad del transporte público, algunos orientados específicamente orientados a mejorar la seguridad del transporte público por carretera.

En este proyecto de investigación se buscó identificar las causas de la accidentalidad en el transporte público intermunicipal por carretera en Colombia; se estudiaron los diferentes factores generadores de accidentes: factor humano, factor vehículo, factor infraestructura y entorno, y factor institucional y social. En la mayoría de los casos un accidente no se debe a un solo factor, generalmente confluyen varios; sin embargo, con el propósito de plantear medidas de solución específicas, en el estudio se trató de identificar la forma como cada factor genera riesgos de accidente.

En este artículo se presentan los resultados del estudio acerca del factor vehículo; inicialmente se expone un diagnóstico de la situación existente y luego se escriben algunas medidas planteadas para mejorar la seguridad del servicio de transporte público intermunicipal por carretera.

Como parte inicial de la investigación se realizó una revisión bibliografía –nacional e internacional– en cuanto al grado de tecnología de los vehículos y la operación de las empresas de transporte público. Aunque las estadísticas internacionales atribuyen al vehículo un 5% de responsabilidad en la accidentalidad, no se debe menospreciar la

importancia de este factor, menos en Colombia, en donde se carece de una cultura adecuada sobre la realización de mantenimiento vehicular por parte de conductores, propietarios y empresas de transporte público; este aspecto fue observado y confirmado a través del desarrollo de esta investigación.

No obstante lo anterior, es conveniente destacar que para el estudio se contó con la participación de diferentes empresas de transporte público de los corredores de Cúcuta-Pamplona y Bogotá-Sogamoso; las directivas de las empresas colaboraron de manera voluntaria, suministrando información sobre su estructura organizativa y operativa, permitiendo las visitas del personal del proyecto y aplicando algunos planes piloto propuestos por el grupo que desarrolló el estudio.

A través de las visitas, mediante observación y entrevistas, se evaluó el parque automotor de cada una de las empresas; se determinaron los promedios de tiempo de funcionamiento y los modelos de los vehículos, con el fin de establecer una relación de la accidentalidad vial producida por fallas mecánicas, lo que no fue posible por la carencia de estadísticas. Se analizaron algunos factores de diseño de los vehículos, en cuanto al estado de avance tecnológico de estos, y los elementos para mejorar la seguridad pasiva y activa. Según Montoro [1], la seguridad activa de un vehículo está conformada por un conjunto de factores enfocados a que este ofrezca seguridad cuando se desplaza; estos elementos evitan que se produzcan accidentes; dentro de estos elementos se tienen los sistemas de frenado y los sistemas que propugnan la adherencia del vehículo a la superficie del pavimento, entre otros. El término seguridad pasiva designa a un conjunto de elementos con los que se busca reducir o eliminar las consecuencias de un accidente, tanto para los ocupantes del vehículo como para otros usuarios de la vía.

Con el propósito de aportar soluciones, el grupo investigador planteó diversas medidas, algunas de las cuales se implementaron en ciertas empresas como pilotos. En este artículo se describen algunas de las medidas aplicadas.

Uno de los pilotos aplicados consistió en la elaboración de un plan de seguridad para las empresas de transporte público por carretera; como desarrollo específico del plan se aplicó otro piloto orientado a la elaboración de un panorama de riesgos sobre la cadena de prestación del servicio de transporte público. Se aplicaron también algunos pilotos orientados a mejorar la organización del mantenimiento vehicular de las empresas, específicamente un sistema de la gestión del mantenimiento, que mediante una base de datos pretende recoger y organizar la información mecánica de cada automotor. Este piloto es una de las respuestas a una problemática encontrada con relación al mantenimiento de los vehículos: en la mayor parte de las empresas no se lleva ningún control sobre el estado mecánico de los automotores; esta responsabilidad se deja en manos del conductor y del propietario, lo que no garantiza que los vehículos despachados estén en condiciones adecuadas para prestar el servicio de transporte en forma segura; otra deficiencia que afecta la seguridad es que prácticamente en ninguna empresa se realiza mantenimiento preventivo a los vehículos.

II. Diagnósticos generales

A. Diagnóstico de los modelos de los vehículos

En general, el objetivo del proyecto no era calificar las diferentes empresas de manera individual, sino, mediante el análisis del conjunto de observaciones, plantear medidas para disminuir los riesgos por parte del factor vehículo en la accidentalidad del transporte público por carretera. Al realizar el diagnóstico se presentan diferentes aspectos a nivel general, pero se ejemplifica con muestras particulares, aunque se reservan los nombres de las empresas que proporcionaron información.

Para un primer análisis se tomaron como referencia los modelos de los vehículos, por ser un factor que influye en el desgaste de las partes mecánicas, en la aparición de fallas prematuras o inesperadas, y, por tanto, incrementa los factores de riesgo de sufrir accidentes. Se encontró que la media de la edad de los vehículos de las empresas del corredor Cúcuta-Pamplona es superior a la encontrada en las empresas del corredor Sogamoso-Bogotá. En las tablas 1 y 2 se presentan estadísticas de las empresas de cada corredor estudiado.

Tabla 1. Estadísticas de los modelos del parque automotor de las empresas del corredor Cúcuta- Pamplona.

Empresa	Promedio de los vehículos	Moda de modelos	Desviación estándar	Total de vehículos	Valor mínimo	Valor máximo
A	2001,97	1997	5,37	98	1991	2009
B	1999,3	1994	4,99	123	1992	2009
C1	2000,88	1998	4,81	168	1979	2009
C2	1981,96	1989	10,11	92	1955	2008
D	1977,66	1975		6	1975	1981

Tabla 2. Estadísticas de los modelos del parque automotor de las empresas del corredor Bogotá-Sogamoso

Empresa	Promedio de los vehículos	Moda de modelos	Desviación estándar	Total de vehículos	Valor mínimo	Valor máximo
E	2005	2006	2,88	149	1997	2008
F	2001,97	2005	4,21	95	1986	2008

En la tabla 3 se presenta un análisis global del parque automotor; se observa que en general el parque

automotor del corredor Cúcuta-Pamplona tiene una mayor edad.

Tabla 3. *Análisis global del parque automotor de las empresas de transporte de cada corredor.*

Corredor	Media de los promedio	Media de las modas
Cúcuta-Pamplona	1996,84	1994,8
Bogotá-Sogamoso	2003,82	2005,61

En el parque automotor que cubre el corredor Cúcuta-Pamplona se tienen modelos de 20 años y más. La edad del parque automotor es un factor que puede tener bastante influencia en la accidentalidad; Montoro [1] menciona tres aspectos en los que puede influir la edad del parque automotor como factor generador de accidentalidad:

- Al incrementarse la edad del parque automotor, y especialmente entre 8 y 10 años, es mayor la probabilidad de que se produzcan accidentes. Montoro toma como referencia un periodo de 10 años, ya que en Europa se considera que un vehículo de 10 años ya es obsoleto.
- Los elementos de seguridad activa tienen desarrollos sustanciales cada 10 años, lo que hace que un vehículo con una edad superior no tenga la misma capacidad de respuesta que un vehículo nuevo.
- Algo similar ocurre con los elementos de la seguridad pasiva, por lo que las consecuencias de un accidente serán más severas en un vehículo de más edad que en uno nuevo.

Otro autor [2] menciona que los ciclos de evolución de los elementos de la seguridad pasiva y activa pueden ser de 5 años, esto indica que la obsolescencia del parque automotor del servicio de transporte público puede generar posibilidades de accidentes con consecuencias severas. Con base en lo anterior, se puede afirmar que algunos vehículos que prestan el servicio en el corredor Cúcuta-Pamplona pueden tener altos riesgos de accidentalidad; conviene aclarar que se habla específicamente de este corredor, dado

que fue uno de los estudiados, pero a nivel nacional se puede presentar una situación similar. Es relevante destacar que en algunas de las empresas estudiadas se ofrecen estímulos a los propietarios que mejoran y renuevan los vehículos.

En las empresas que tienen vehículos más nuevos, no sólo son menores las probabilidades de accidentes, sino que los costos de mantenimiento son inferiores, lo que incrementa la rentabilidad. Un aspecto positivo adicional para la sociedad es que los vehículos nuevos tienen menor consumo energético y contaminan menos.

B. Diagnóstico de la organización del mantenimiento

Para estudiar este aspecto se llevaron a cabo visitas de observación y se realizaron entrevistas a directivos, personal encargado del mantenimiento mecánico de los automotores y conductores de las empresas. Al analizar la información recopilada se llegó a las siguientes conclusiones:

- La mayoría de empresas no tiene control directo sobre el mantenimiento de los vehículos; generalmente el mantenimiento lo hace el propietario o el conductor en el taller de su elección y sin conocimiento de la empresa.
- De las empresas estudiadas solo dos –una de cada corredor– poseen un taller propio; solamente en la empresa del corredor Bogotá-Sogamoso se tiene un control sobre las intervenciones mecánicas hechas y la aptitud para el servicio de cada vehículo. Sin embargo, en esta empresa se observó que el

uso de este taller no es obligatorio y por tanto se hacen intervenciones mecánicas en otros talleres.

- La mayoría de las empresas no lleva un registro continuo y digitalizado del mantenimiento de los vehículos.
- Una de las empresas del corredor Cúcuta-Pamplona está implementando un programa de mejoramiento de calidad y mantenimiento en sus vehículos; esta empresa recibe ayuda de la Universidad de Pamplona para llevar un registro del mantenimiento vehicular.
- Algunas revisiones de los vehículos, que se requieren hacer de manera técnica y científica, con indicadores de medición apropiados, se llevan a cabo de manera empírica.
- Algunos ítems de revisión se evalúan de manera cualitativa, cuando deberían ser evaluados de manera cuantitativa.
- Las revisiones técnicas de cada vehículo no son hechas por personal certificado.
- No se llevan registros que relacionen accidentes con fallas mecánicas.
- Los conductores no llevan consigo los manuales de operación de los vehículos.
- La mayoría de empresas no hace revisión diaria ni previaje del estado del vehículo.
- Ninguna de las empresas visitadas tiene establecido un programa de mantenimiento preventivo ni programado.
- Las empresas no poseen mecanismos de control para evitar que los vehículos en malas condiciones de seguridad sean despachados.
- Las empresas no poseen equipos ni laboratorios especializados para verificar y poner a prueba el funcionamiento de los vehículos.

C. Diagnóstico de factores de diseño

Mediante la observación de los vehículos de las empresas y al evaluar algunos factores de diseño, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Algunos vehículos grandes no tienen los maleteros cerrados, lo que incrementa el riesgo de que los pasajeros reciban lesiones durante un accidente.
- Los vehículos grandes no tienen puerta auxiliar o

de salida de emergencia; en los países desarrollados esta es de carácter obligatorio. La salida de emergencia ubicada en una ventana no es una solución eficiente para la evacuación rápida en caso de accidente, especialmente para personas mayores, mujeres embarazadas, etc.

- Algunos vehículos tienen una longitud de ejes muy corta con relación a su altura, lo cual disminuye su estabilidad.
- Solo los modelos nuevos tienen sistemas auxiliares de control de velocidad de cruce.
- Ningún vehículo de los observados posee sistemas electrónicos de control de aceleración horizontal ni de proximidad con otros automotores.
- Solo los modelos nuevos tienen sistemas de registro de la velocidad máxima, y solo poseen el indicador de velocidad.
- La mayoría de los vehículos llevan consigo el tacómetro de velocidad, pero muy pocos lo usan durante la prestación del servicio de transporte.
- Ningún vehículo lleva cinturones de seguridad en todos los asientos; esta medida es obligatoria en países desarrollados.
- Los vehículos de modelos más antiguos llevan carrocerías que no están diseñadas para disminuir daños durante un choque; además, usan materiales inflamables.
- Algunos vehículos de modelos relativamente nuevos han presentado patrones de fallas que han sido detectados por conductores y mecánicos, pero estos no se reportan a los fabricantes para que hagan los respectivos análisis de fallas y corrijan sus diseños. Estos patrones de fallas han ocasionado accidentes graves, tal como lo relató el encargado del taller de mantenimiento de una de las empresas.

III. Pilotos aplicados

Con base en el diagnóstico realizado, el grupo de estudio planteó una serie de recomendaciones enfocadas al mejoramiento de la seguridad del servicio de transporte público por carretera. Algunas de esas medidas se estructuraron como pilotos y se aplicaron en algunas empresas. A continuación se describen tres pilotos aplicados:

- Elaboración e implementación de planes de seguridad para empresas de transporte
- Elaboración del panorama de riesgos de una empresa de transporte
- Desarrollo y aplicación de un software para la gestión del parque automotor de una empresa de servicio de transporte público.

A. Plan de seguridad para empresas de transporte

Para mejorar la seguridad del transporte público por carretera es indispensable que cada empresa desarrolle e implemente un plan de seguridad. Como parte del proyecto de investigación se elaboró un manual para desarrollar planes de seguridad en las empresas de transporte, el cual fue adaptado de uno propuesto por *American Public Transit Association, APTA* [3]. Este manual tiene los siguientes propósitos:

- Ser una guía básica que defina los componentes que debe tener un plan de seguridad de una empresa de transporte de pasajeros.
- Servir de guía a las entidades del Estado encargadas de supervisar el servicio de transporte

público de pasajeros, en lo referente a la gestión de la seguridad en las empresas.

El plan de seguridad propuesto en el manual consta de 17 elementos, cada uno de los cuales hace aportes que en conjunto llevan al mejoramiento de la seguridad en el servicio de transporte público de pasajeros. En la tabla 4 se presentan los aspectos que debe contener un plan de seguridad para una empresa de transporte público.

El plan de seguridad que elabore cada empresa debe ser un documento escrito, aprobado y respaldado por la dirección de la empresa. Los planes de seguridad deben ser verificables a través de auditorías de calidad, internas y externas, para lo cual es necesario que los documentos de los procesos tengan trazabilidad.

Previo al desarrollo e implementación del plan de seguridad, y como parte de las actividades de auditoría y seguimiento, se debe evaluar o auditar si las condiciones de los componentes físicos del sistema, así como las prácticas de gestión de la seguridad del servicio de transporte son las adecuadas de acuerdo con las prácticas vigentes.

Tabla 4. *Elementos de un plan de seguridad para empresas de transporte.*

No.	ELEMENTOS
1	Declaración de política y autoridad del plan de seguridad de la empresa de transporte
2	Descripción de propósitos del plan de seguridad
3	Establecer metas claras para el plan de seguridad de la empresa de transporte
4	Definir objetivos identificables y posibles de alcanzar
5	Ubicación del plan de seguridad dentro de la estructura organizacional
6	Establecer procedimientos para controlar y actualizar el plan de seguridad
7	Identificar riesgos y definir procesos de solución
8	Investigación y reporte de accidentes e incidentes
9	Inspección de instalaciones
10	Inspecciones y auditorías de mantenimiento
11	Revisión de normas y procedimientos
12	Entrenamiento y capacitación en revisiones y auditorías
13	Planeación y coordinación de respuesta a emergencias
14	Recolección y análisis de datos sobre seguridad
15	Programa de seguridad y salud ocupacional para conductores
16	Programa de control de consumo de alcohol y drogas
17	Coordinación de seguridad con conductores y demás empleados de la empresa

Es conveniente aclarar que cada empresa de transporte es única y requiere un plan de seguridad específico; el manual ofrece lineamientos generales que deben ser adaptados y aplicados a las condiciones particulares de cada empresa.

En el manual se presentan algunos criterios que pueden servir como guía para el desarrollo de los planes de seguridad de cada empresa; como ejemplo, y por ser un elemento importante dentro del plan, se presentan las guías sugeridas para identificar riesgos asociados a la prestación del servicio de transporte público.

B. Elaboración del panorama de riesgos de una empresa de transporte

Una parte importante del plan de seguridad de una empresa de transporte gira en torno a la gestión de riesgos que cada empresa puede desarrollar en un modelo propio. Como producto de esta investigación se sugiere el proceso de gestión de riesgos que se muestra enseguida:

1. Identificación de riesgos.
2. Análisis y jerarquización de los riesgos con base en su severidad y probabilidad de ocurrencia.
3. Planteamiento de acciones.

4. Implementación de acciones.
5. Seguimiento a las acciones implementadas y retroalimentación del sistema de gestión de riesgos.

1) Identificación de riesgos

En la investigación se aplicó un piloto orientado a identificar riesgos en una empresa de transporte, relacionados con la prestación del servicio. El procedimiento aplicado se basó en una metodología de identificación de riesgos basada en una clasificación taxonómica, que fue desarrollada para identificar riesgos en proyectos de desarrollo de software [4].

La clasificación taxonómica es un método sistemático y replicable que facilita la identificación de riesgos. Al adaptar la metodología para identificar riesgos asociados a la prestación del servicio de transporte, se tomó como referencia inicial la clasificación de los factores generadores de accidentalidad; para cada elemento generador se identificaron atributos, que son los subelementos. Finalmente, para cada atributo se determinaron los riesgos específicos. La figura 1 presenta la estructura de la clasificación taxonómica definida para la identificación de riesgos asociados a la prestación del servicio de transporte público.

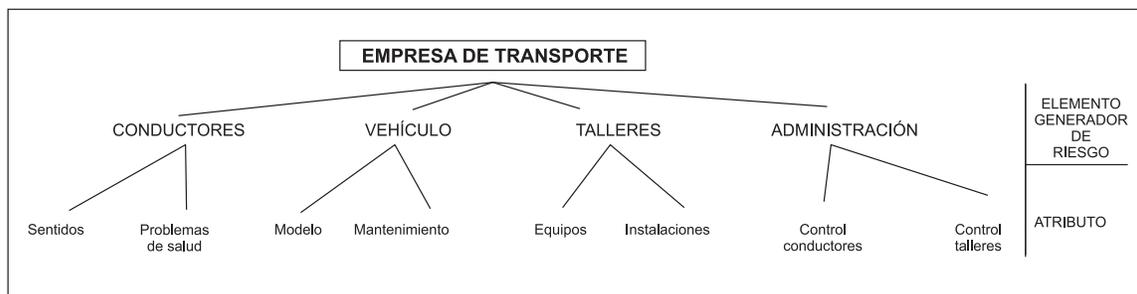


Figura 1. Clasificación taxonómica de riesgos del servicio de transporte público.

Para cada elemento generador de riesgo se elaboró una tabla en la que se definieron sus atributos y respectivos riesgos. Como ejemplo, la tabla 5 presenta los atributos y riesgos correspondientes al factor *conductor*.

2) Análisis y jerarquización de los riesgos con base en su severidad y probabilidad de ocurrencia

Identificados los riesgos, se deben analizar con el propósito de mejorar el conocimiento que se tiene

sobre cada uno y de esta forma caracterizarlo y definir aspectos tales como el grado de severidad y la probabilidad de ocurrencia de este. Posteriormente,

con base en estas dos características se jerarquizan los riesgos, lo que permite establecer líneas de acción para tratarlos.

Tabla 5. Atributos y riesgos del factor conductores.

Elemento generador de riesgo	ATRIBUTO	RIESGO
CONDUCTORES	Sentidos	Deficiencias en la visión Deficiencias en la capacidad auditiva Deficiencias en el sentido del olfato
	Conocimiento de las señales de tránsito	Entendimiento de su significado Obedecimiento Medición del riesgo de no obedecerlas
	Estado anímico	Exceso de trabajo Cumplimiento de tiempo Cumplimiento de cuotas económicas Problemas de salud Relaciones inadecuadas con compañeros Conductas personales negativas
	Capacitación en conducción defensiva	No está capacitado Hace mucho tiempo realizó la capacitación El número de horas de capacitación por semestre es bajo
	Capacitación en manejo de emergencias	No está capacitado Hace mucho tiempo realizó la capacitación El número de horas de capacitación por semestre es bajo
	Exámenes físicos, psicológicos, etc.	Consumo de medicamentos recetados: analizar qué efectos generan en la capacidad de conducción; hacer recomendaciones para programación, como disminuir carga de trabajo, no programar en horarios nocturnos, etc.
	Deficiencias nutricionales	Alimentación general inadecuada Consumo de alimentos antes del viaje

La *severidad* se define como una medida subjetiva de la peor consecuencia razonable resultante de un error personal, de condiciones ambientales, de un diseño inadecuado, de una falla mecánica o de una

deficiencia de procedimiento de los elementos que integran el sistema que permite a la empresa prestar el servicio de transporte. La severidad se puede clasificar en las categorías presentadas en la tabla 6.

Tabla 6. Categorías de la severidad de riesgos asociados al transporte público.

CATEGORÍA	CLASIFICACIÓN	POSIBLES CONSECUENCIAS
Categoría I	Catastrófica	Pueden ocurrir muertes o pérdidas totales de elementos importantes del sistema, por ejemplo, vehículos.
Categoría II	Crítica	Pueden ocurrir heridas graves o enfermedades ocupacionales severas en los ocupantes; puede haber daños mayores en los elementos del sistema.
Categoría III	Marginal	Pueden ocurrir heridas leves o enfermedades ocupacionales menores en los ocupantes; puede haber daños menores en los elementos del sistema.
Categoría IV	Insignificante	Las consecuencias sobre ocupantes y componentes del sistema son menores.

Fuente: American Public Transportation Association, APTA [3].

La *probabilidad de ocurrencia* se define como la posibilidad de que un riesgo específico pueda ocurrir durante la vida esperada de un elemento, un sistema, subsistema o componente. Puede describirse en forma subjetiva en términos de la ocurrencia potencial de riesgos por unidades de tiempo, eventos, población, ítem, actividad. En el caso particular de las empresas de transporte público, la probabilidad de que ocurra un riesgo se puede clasificar de acuerdo

con las categorías descritas en la tabla 7. Una vez se hayan identificado los riesgos y se haya establecido la categoría de severidad y el nivel de probabilidad de ocurrencia, para cada uno, se procede a plantear acciones para solucionar cada riesgo. La *solución de riesgos* se define como el análisis y la determinación de la acción por tomar para reducir al más bajo nivel práctico el riesgo asociado a un problema identificado.

Tabla 7. Niveles de probabilidad de ocurrencia de riesgos.

NIVEL DE PROBABILIDAD	PROBABILIDAD DE QUE OCURRA	DESCRIPCIÓN
A	Frecuente	- A nivel individual: puede ocurrir frecuentemente. - A nivel de grupo: ocurre en forma continua.
B	Probable	- A nivel individual: puede ocurrir varias veces en la vida de un elemento. - A nivel de grupo: puede ocurrir con frecuencia.
C	Ocasional	- A nivel individual: puede ocurrir algunas veces en la vida. - A nivel de grupo: puede ocurrir varias veces.
D	Remota	- A nivel individual: improbable, pero es posible que ocurra. - A nivel de grupo: improbable, pero puede esperarse que ocurra.
E	Improbable	- A nivel individual: improbable que ocurra. - A nivel de grupo: improbable de ocurrir, pero es posible.

Fuente: American Public Transportation Association, APTA [3].

Plantear una solución a un riesgo no es sinónimo de eliminarlo. En el ambiente del tránsito de un vehículo por carretera hay riesgos que son imposibles de eliminar y otros que resultan poco relevantes para hacerlo.

especiales; sin embargo, existen peligros que presentan altos niveles de riesgo y que no pueden ser aceptados, dada la alta probabilidad de que ocurran y su alta severidad, por lo que deben ser eliminados.

Un riesgo se puede reducir a su nivel práctico más bajo mediante una variedad de formas, que van desde la aplicación de medidas de protección y de advertencia hasta la aplicación de procedimientos

Parte de la solución de riesgos es definir una matriz donde se indiquen: los riesgos aceptables, los riesgos aceptables con plan de mitigación y los riesgos inaceptables, como se muestra a continuación:

Niveles de probabilidad de ocurrencia	CATEGORÍAS DE SEVERIDAD DE LOS RIESGOS			
	I Catastrófica	II Crítica	III Marginal	IV Insignificante
A - Frecuente	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Aceptable con revisión
B - Probable	Inaceptable	Inaceptable	Indeseable	Aceptable con revisión
C - Ocasional	Inaceptable	Indeseable	Indeseable	Aceptable
D - Remota	Indeseable	Indeseable	Aceptable con revisión	Aceptable
E - Improbable	Aceptable con revisión	Aceptable con revisión	Aceptable con revisión	Aceptable

Fuente: American Public Transportation Association, APTA [3].

Una vez definidos los tipos de riesgo para el sistema de transporte público por carretera, los riesgos deben ser tratados de acuerdo con las soluciones planteadas; sólo se puede salir de lo establecido en la matriz mediante el seguimiento de un conducto regular definido a través de un procedimiento que requiera la aprobación de la dirección de la empresa.

Además de la matriz de solución de riesgos, debe plantearse un procedimiento que describa, en forma exacta, cómo un riesgo identificado como inaceptable puede reducirse y ser llevado a un nivel de aceptable.

Es importante hacer notar que la elaboración y formalización del proceso de solución de riesgos no es otra cosa que la aceptación de la existencia de estos por parte de la dirección de la empresa de transporte. Esta aceptación debe estar constituida por las siguientes acciones:

- Un proceso sistemático de identificación de los riesgos
- Un proceso coordinado para minimizar los efectos del riesgo

La dirección del proceso de *solución de riesgos* debe estar a cargo del departamento o unidad de la empresa de transporte encargado de la seguridad, el cual debe ser responsable de aplicar rigurosamente los procesos definidos, tener toda la documentación que respalda el proceso y realizar la coordinación para la aplicación del proceso.

C. Herramienta de software para la gestión del mantenimiento y programación del parque automotor

Otro de los pilos aplicados fue el desarrollo e implementación de una aplicación de software para gestionar la base de datos de los vehículos y la información del mantenimiento de estos en cada empresa. Esta herramienta se instaló en varias empresas, que hicieron observaciones útiles para mejorar el software.

Esta aplicación de software está elaborada como herramienta, para que cada empresa implemente un

programa de mantenimiento preventivo, basado en la confiabilidad de las partes de sus vehículos. El sistema propuesto se fundamenta en un tipo de mantenimiento estandarizado que recibe el nombre de RCM (Reliability Centered Maintenance), el cual se aplica bastante en la industria aeronáutica.

El sistema para la gestión del mantenimiento de parque automotor fue desarrollado utilizando herramientas libres, y puede ser implementado en plataformas Windows o Linux.

La herramienta informática tiene como finalidad principal llevar todos los registros de mantenimiento de cada uno de los vehículos de una empresa de transporte público. La implementación de este software dentro de una empresa conlleva la necesidad de que la empresa establezca mecanismos que le permitan recopilar y disponer de la información de las intervenciones mecánicas de los vehículos; esto a su vez permite a la empresa tener control directo sobre el mantenimiento que se le hace a cada vehículo. Como ya se mencionó, actualmente muchas empresas no tienen control en este aspecto, dejándolo a criterio de propietarios y conductores, quienes no lo realizan de manera adecuada.

En términos generales, el aplicativo tiene los siguientes módulos:

- *Módulo de administración*: información de propietarios, conductores, vehículos, etc.
- *Módulo de registro de intervenciones realizadas a los vehículos*, que están clasificadas en los siguientes grupos: frenos, transmisión, motor, suspensión y dirección, carrocería, sistema eléctrico, chasis y tablero de instrumentos.
- *Módulo de servicios*: acciones de mantenimiento realizadas al vehículo.
- *Módulo de fallas*: fallas registradas en la operación de los vehículos; se pueden correlacionar con actividades de mantenimiento, para plantear un sistema de mantenimiento basado en confiabilidad.
- *Planillas previaje*: dado que algunas empresas no llevan un registro de los vehículos antes de salir a cada viaje, se implementaron planillas para este

fin, de tal manera que la empresa tenga control directo sobre los vehículos antes de despacharlos. Esta revisión debe hacerse antes de cada viaje y debe incluir los elementos más importantes, que a su vez son fáciles de revisar y no demorarán la salida de los vehículos.

El software tiene un sistema de alarmas para indicar al administrador del sistema de gestión la fecha en la cual se debe realizar una actividad de mantenimiento de un vehículo o el vencimiento de algún documento importante, como el SOAT o la seguridad social del conductor. Las alarmas pueden ser preventivas o correctivas y pueden estar en estado activo o inactivo.

IV. Recomendaciones

A. Recomendaciones de diseño de los vehículos

El Ministerio de Transporte debe promover políticas para que en los vehículos de transporte público se implementen elementos de seguridad pasiva y activa, de acuerdo con los estándares internacionales; esto requiere una acción continua, ya que la tecnología tiene desarrollos permanentes en estos aspectos. También se debe buscar que los vehículos que actualmente prestan el servicio sean dotados de elementos que mejoren la seguridad, como es el caso de la puerta posterior.

Un aspecto que merece atención especial es la carrocería; se recomienda que las carrocerías construidas en el país, o las importadas, cumplan con la norma *NTC 005206*, que estipula los requisitos mínimos para la construcción de carrocerías, considerando la seguridad pasiva y activa, y el confort de los pasajeros.

B. Recomendaciones al Ministerio de Transporte, empresas de transporte y empresas constructoras

- **Implementar laboratorios para pruebas:** es conveniente tener en el país laboratorios orientados a la seguridad, donde se prueben vehículos y componentes.
- **Baja de aranceles de importación:** el Gobierno nacional debe promover la importación de

vehículos para transporte público que satisfagan estándares internacionales de seguridad; también se debe impulsar la importación de tecnologías orientadas a mejorar la seguridad del servicio de transporte público.

- *Diagnosticentros:* se recomienda ejercer un control más estricto sobre los diagnosticentros, en cuanto a las valoraciones que se le dan a los vehículos.
- *Plan de chatarrización de vehículos:* se plantea establecer modelos mínimos de vehículos circulantes y establecer modelos para chatarrizar, de la misma manera que se hace con el transporte urbano. Estas medidas deben ir acompañadas con estímulos financieros y un plan para que los propietarios puedan acceder a un vehículo nuevo.
- *Análisis de fallas:* se propone realizar un análisis de fallas, en caso de que se presenten accidentes causados por la falla de una parte mecánica del vehículo. Este análisis debe hacerlo personal debidamente capacitado, en un laboratorio con los equipos y accesorios necesarios.
- *Implementar el indicador de velocidad con registro continuo:* se detectó que en la mayoría de vehículos este instrumento no cumple la función para la cual fue diseñado; en la mayor parte de las observaciones realizadas durante los viajes, se observó que los conductores no lo encienden; en algunos casos lo encienden sólo cuando observan la presencia de autoridades. También se encontró que no se hace ningún control por parte de los pasajeros; al contrario, se observaron situaciones en que los pasajeros protestan por emplear demasiado tiempo en el viaje. Por este motivo se recomienda modificar o cambiar este instrumento, de tal manera que no solo muestre, sino que registre la velocidad máxima en los trayectos; este registro permitirá analizar *a posteriori* las velocidades desarrolladas durante el viaje.

C. Recomendaciones a las empresas

Las empresas pueden contribuir a mejorar la seguridad del servicio, con la implementación de medidas como las siguientes:

- Contratar un ingeniero mecánico, con experiencia

en mecánica automotriz y conocimientos en mantenimiento industrial, para que se encargue de la gestión del mantenimiento preventivo y recuperativo del parque automotor de la empresa.

- Optimizar el sistema de mantenimiento preventivo, enfocándolo en la confiabilidad y tomando como herramienta la base de datos desarrollada en esta investigación.
- Promover el cambio de los vehículos de modelos antiguos por modelos nuevos, que ofrezcan nuevas tecnologías en diseño, así como en seguridad pasiva y activa.
- Llevar un registro de los accidentes e incidentes, con el propósito de plantear medidas correctivas y alimentar el plan de seguridad.
- Adquirir equipos de última tecnología para la elaboración de pruebas y puesta a punto de los vehículos.
- Establecer control sobre los talleres que no sean de la empresa y exigir niveles de calidad y reportes de todas las actividades hechas sobre los vehículos.

V. Conclusiones

- En general, en las empresas estudiadas no se encontró un sistema de mantenimiento vehicular eficiente; aunque algunas han hecho intentos y tienen diversos mecanismos de mantenimiento, es necesario adoptar programas más serios en este campo, mediante ayudas y herramientas tecnológicas y personal debidamente capacitado.
- No fue posible relacionar el modelo de los vehículos con la incidencia en la accidentalidad vial, debido a que la información y los registros encontrados de accidentalidad pocas veces muestran las causas probables de los accidentes; no obstante, se estableció que por la mayor antigüedad de los vehículos que prestan el servicio en el corredor Cúcuta-Pamplona, allí se presenta un factor de riesgo más elevado que en las empresas del corredor Bogotá-Sogamoso.
- Algunas medidas propuestas se deberían implementar de manera conjunta entre las entidades gubernamentales, empresas transportado-

ras y empresas fabricantes de carrocerías y, en general, de vehículos.

- El estímulo de tecnologías nuevas en los vehículos, por parte de las empresas constructoras y del Gobierno, es importante para el mejoramiento de la seguridad de los vehículos.
- Aunque los vehículos de modelos nuevos tienden a ser más confiables, es necesario capacitar a los conductores y encargados del mantenimiento sobre las nuevas tecnologías que estos poseen.
- En general hubo bastante aceptación por parte de las empresas de los pilotos propuestos e implementados por el proyecto, aunque en su puesta en marcha se presentaron dificultades.

Referencias

- [1] M. Montoro et ál. *Manual de seguridad vial: El factor humano*. Barcelona: Ariel S.A., 2000.
- [2] J. M. Pardillo. *Procedimientos de estudio, diseño y gestión de medidas de seguridad vial en las infraestructuras*. Madrid: Rugarte S. L., 2004.
- [3] AMERICAN PUBLIC TRANSIT ASSOCIATION, APTA. *Manual for the Development of Bus Transit Systems Safety Programs Plan*. USA. 1999.
- [4] M. CAR y otros. *Taxonomy-Based Risk Identification*. Software Engineering Institute Carnegie Mellon University. 1993.

Bibliografía

- ÁLVAREZ, Daniel; RODRÍGUEZ, Pablo; GONZÁLEZ, Juan Manuel. *Investigación de accidentes de tráfico-La toma de datos*. Universidad de Oviedo. 2005.
- HERNÁNDEZ, Héctor; ESPEJO, Édgar. *Mecánica de fractura y análisis de falla*. Universidad Nacional de Colombia, noviembre de 2002.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN ICONTEC. *Norma Técnica Colombiana 5375*. Revisión técnico-mecánica y de

emisiones contaminantes en vehículos automotores.
Diciembre de 2006.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS
Y CERTIFICACIÓN ICONTEC. *Norma Técnica
Colombiana 5385*. Centros de diagnóstico
automotor. Diciembre de 2006.

MOURABY, Jhon. *Reliability Centered Maintenance*. 1995.

TEXAS DEPARTMENT OF TRANSPORTATION.
*Safety guidelines for rural and small urban transit
agencies*. Septiembre de 2002.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE
COLOMBIA. *Implementación de un programa de
investigación en accidentes de tránsito, aplicando
pruebas piloto de intervención en terreno de acuerdo
los resultados obtenidos, para el fortalecimiento
seguridad vial en corredores críticos y
accidentalidad vial del transporte público
intermunicipal-estudio de factor vehículo*. Informe
factor vehículo- mayo de 2009.

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FEDERAL
TRANSIT ADMINISTRATION. *Hazard Analysis
Guidelines for Transit Projects*. Enero de 2000.

Fecha de recepción: 23 de octubre de 2007
Fecha de aprobación: 30 de mayo de 2008