

La formación de ingenieros civiles: una experiencia con el ferrocarril del Nordeste y la doble calzada BTS

Civil engineer training, the northeast railroad and the BTS divided highway

A formação de engenheiros civis, a estrada de ferro do nordeste e a dupla calçada BTS

Para citar este artículo / To reference this article /
Para citar este artigo: Perico Granados, N. R., Puentes Báez, P. y Soriano López, B. D. (2016). La formación de ingenieros civiles: una experiencia con el ferrocarril del Nordeste y la doble calzada Briceño-Tunja-Sogamoso. *Ingenio Magno*, 7(2), 116-125.

Néstor Rafael Perico-Granados

Universidad Santo Tomás, seccional Tunja, Facultad de Ingeniería Civil, grupo de Investigación Ambiental, Civil y Básicas en Investigación (ACBI)
nestor.perico@usantoto.edu.co

Pauline Puentes-Báez

Universidad Santo Tomás, seccional Tunja, Facultad de Ingeniería Civil, grupo de Investigación Ambiental, Civil y Básicas en Investigación (ACBI)
pauline.puentes@usantoto.edu.co

Brayan David Soriano-López

Universidad Santo Tomás, seccional Tunja, Facultad de Ingeniería Civil, grupo de Investigación Ambiental, Civil y Básicas en Investigación (ACBI)
brayan.lopez@usantoto.edu.co

Fecha de Recepción: 5 de Mayo de 2015
Fecha de Aceptación: 8 de Junio de 2016

Resumen

Este artículo es producto de una investigación que se llevó a cabo en la Universidad Santo Tomás, seccional Tunja, sobre la propuesta de rehabilitación del ferrocarril del Nordeste y el estudio de la doble calzada Briceño-Tunja-Sogamoso (BTS) como estrategia de formación de los ingenieros civiles a partir del método por proyectos. En esta experiencia se observa que prácticamente se triplica el porcentaje de retención, motivación y dedicación a la construcción de los conocimientos. En este proyecto se trabajó con la orientación de un docente y con dos estudiantes, quienes dedicaron un tiempo muy importante a la recolección, el procesamiento, el análisis y la constatación de la información. Se ve la necesidad de rehabilitar el ferrocarril y, en corto tiempo, rectificar su trazado y ampliar la trocha, dado que con los estudios de movilidad, accidentalidad, morbilidad y mortalidad por la carretera, en constante crecimiento, son muchas las pérdidas humanas, sociales, ambientales y económicas que se están generando. Adicionalmente, se estima que hacia el 2020 la doble calzada BTS estará saturada, por lo cual se requiere un costo muy elevado para desarrollar su ampliación. Los resultados se obtuvieron a partir de un trabajo de campo que buscaba identificar el estado actual de la vía férrea entre Bogotá y Belencito, y una etapa de recopilación de información sobre datos históricos de movilidad vehicular y accidentalidad registrados en los últimos años, así como información de contaminación ambiental relacionada con la emisión de agentes contaminantes producto del uso de combustibles fósiles y sus efectos negativos sobre el medioambiente.

Palabras clave: accidentalidad, contaminación, ferrocarril, movilidad, rehabilitación y transporte de carga.

Abstract

This article is the product of a study carried out at the university Santo Tomas in Tunja, regarding the restoration of the Northeast railroad and the training of civil engineers, which is done according to the method of other projects. Work has been done using this method and it has been found that the learning is truly extraordinary. It is observed that the percentage of retention is practically tripled for knowledge, motivation and dedication to creating knowledge. In this project we worked, from the perspective of a teacher, with two students, who devoted important time to the gathering of information, to its processing and analysis and to its verification. There is a clear need to restore the railroad, and in a short time rectify its route and widen the path, given that with studies on mobility, on accident rates, morbidity and mortality in the highway, in constant growth, there are many human, social, environmental, and economic losses being generated. Additionally it is estimated that around the year 2020, the divided highway will be saturated and it will be very expensive to carry out its expansion. The results were obtained based on field work, which was carried out in order to identify the current state of the railroad between Bogotá and Belencito, a stage of information gathering on historical data of vehicle mobility and accident rates registered in recent years, information on environmental pollution related to the emission of polluting agents, a product of fossil fuel use and its negative effects on the environment.

Keywords: accident rate, pollution, railroad, mobility, restoration and cargo transport.

Resumo

Este artigo é produto de uma pesquisa realizada na universidade de Santo Tomás, em Tunja, sobre a proposta de reabilitação do caminho de ferro do Nordeste e a formação dos engenheiros civis, que se faz a partir do método

por projetos. Tem-se trabalhado com este método e verificou-se que a aprendizagem é realmente extraordinária. Observa-se que, praticamente, foi triplicado o percentual de retenção de conhecimento, de motivação e de dedicação à construção dos conhecimentos. Neste projeto, dois alunos trabalharam sob a orientação de um docente. Estes dedicaram um tempo muito importante para a coleta de informações, processamento e análise e para a contratação da mesma. Vê-se a necessidade de reabilitar a estrada de ferro e, em um curto espaço de tempo retificar o seu traçado e alargar a bitola, dado que, com os estudos de mobilidade, em matéria de sinistralidade, de morbidade e mortalidade na estrada, em constante crescimento, são muitas as perdas humanas, sociais, ambientais e econômicas que podem emergir. Além disso, estima-se que perto do ano 2020, a estrada de duas vias estará saturada e se requer um custo muito elevado para desenvolver a sua ampliação. Os resultados foram obtidos com base em um trabalho de campo, que foi realizado para identificar o estado atual da via férrea entre a cidade de Bogotá e a cidade de Belencito, uma etapa de coleta de informações sobre dados históricos de mobilidade veicular e accidentalidade registradas nos últimos anos; além de informações de poluição ambiental relacionada com a emissão de agentes poluentes, produto do uso de combustíveis fósseis e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente.

Palavras Chave:

accidentalidade, poluição, estrada de ferro, mobilidade, reabilitação e transporte de carga.

1. Introducción

La didáctica del método de proyectos lleva más de cien años de haberse propuesto, y desde 2014 se ha venido desarrollando en la Universidad Santo Tomás, seccional Tunja, con unos resultados realmente interesantes. Se ha encontrado que en los diferentes proyectos, de distintos semestres, el nivel de recordación en los estudiantes es superior al 300% con respecto a la enseñanza y valoración de los contenidos. La motivación de los discentes es muy superior, dado que ellos se involucran en la temática, la viven y se comprometen con su desarrollo. Igualmente, la dedicación a la investigación se puede equiparar al nivel de recordación, porque los estudiantes le encuentran gusto a la participación activa en el proyecto.

Con esta metodología se inició el presente proyecto, gracia al cual se comprobaron los elementos anteriores. Es muy importante su publicación, dado que son datos revisados y análisis juiciosos que permiten formar conciencia sobre las bondades de estos medios de transporte.

En cuanto al problema estudiado, se puede justificar principalmente por el creciente volumen de movilidad vehicular, los cada vez mayores índices de accidentalidad, morbilidad y mortalidad, y la generación de una alta contaminación. El propósito del proyecto fue estudiar estos crecimientos a través de los promedios mensuales, así como desarrollar su análisis al contrastar la información obtenida con otros autores que han estudiado el tema.

Se observa la importancia que tienen los estudios y la puesta en marcha de un medio de transporte de carga como el ferrocarril. Con la rehabilitación del ferrocarril del Nordeste se evitará que se siga incrementando en forma tan acelerada el tráfico de la doble calzada Sogamoso-Bogotá. De este modo, no seguirán creciendo los índices de accidentalidad, que incrementan la morbilidad y la mortalidad principalmente de peatones.

Igualmente, se evitará el aumento de la contaminación ambiental en la misma proporción que hoy se está

dando, generada por la quema de combustibles fósiles en los vehículos a gasolina y aceite combustible para motor (ACPM).

Así, se afectan de forma positiva y directa municipios y sectores como Belencito, Sogamoso, Duitama, Nobsa, Paipa, Tunja, Ventaquemada, Villapinzón, Chocontá y La Caro, e indirectamente a Tuta, Puente de Boyacá, Sesquilé y Briceño. A pesar del crecimiento de las ciudades, la trocha está alejada, en gran parte, de las zonas urbanas.

Adicionalmente, se evita el incremento de la contaminación, porque el tren tendría pocas paradas, pendientes mínimas, velocidad y recorridos constantes sin obstáculos ni contratiempos. El impacto económico es también importante, dado que disminuyen los costos en el transporte.

Dentro de las limitantes presentes en el desarrollo de este estudio se destaca la falta de información y su dificultad en la recopilación en varias entidades como el Instituto Nacional de Vías (Invias) y la Policía Nacional. Seguramente en nuevos estudios este problema se puede resolver con más tiempo y dedicación.

Lo ideal hubiera sido estudiar la posible rectificación, ampliación y electrificación, con un modo sustentable, para que hubiera sido más atractivo el proyecto; sin embargo, cabe resaltar que un siguiente trabajo requiere también un estudio de mercado y financiero para ver la factibilidad del proyecto, ya que esta propuesta solamente incluye el proyecto de ingeniería.

La propuesta actual y los siguientes estudios proyectados pretenden proponer un complemento significativo a la infraestructura vial existente, específicamente para el transporte de carga; aunque, por ahora, sin ánimo de crear una competencia entre los sistemas vial y férreo.

Como antecedentes se tienen varios estudios llevados a cabo sobre las bondades del tráfico férreo y las posibilidades de electrificación, como el desarrollado por Flechas (1980), así como la investigación de Márquez, Vega y Poveda (2001), que permite observar opciones de optimización del ferrocarril.

De igual forma, los siguientes estudios requieren analizar los impactos sociales, ambientales y económicos, en función de tener una información más completa para la toma de decisiones. En el presente artículo el lector encontrará, de las labores ejecutadas en la investigación, las partes más relevantes de los estudios de movilidad, accidentalidad, morbilidad mortalidad y contaminación ambiental.

2. Metodología

En el desarrollo del proyecto se hicieron las visitas indispensables para observar el estado de la vía férrea, por medio de inspecciones visuales desde la estación La Caro y hasta la estación Tunja. El método de inspección visual permitió obtener las notas, fotografías y tablas para determinar de manera preliminar los costos de reparación para volver a tener transitabilidad por la vía férrea. Los recorridos se llevaron a cabo entre enero y junio del 2014.

De la misma manera, se estudió el crecimiento vehicular y la movilidad de autos, buses y camiones sobre la vía Sogamoso-Bogotá, desde 1972 hasta 2013 (41 años). Se hizo el estudio con base en los datos suministrados por las entidades oficiales y la concesionaria, y a partir de la recopilación de la información se promediaron las cifras.

Por otro lado, se estudió la accidentalidad, morbilidad y mortalidad que se ha venido presentando sobre esta vía, desde el inicio de la concesión de la doble calzada BTS hasta la actualidad. Este análisis se llevó a cabo con base en las cifras obtenidas en las entidades

oficiales; estas se detallan en los resultados y fueron promediadas, dada la poca diferencia entre las entidades consultadas.

Por último, se llevó a cabo la evaluación ambiental sobre los posibles impactos que generaría la rehabilitación y operación del ferrocarril del Nordeste; en concreto, se determinó qué cantidad aproximada de CO₂/km ha venido generando los vehículos que se movilizan sobre el corredor vial. Igualmente, los datos fueron promediados y su análisis se hizo con autores que han hecho publicaciones en revistas indexadas.

Para determinar el tráfico promedio diario (TPD) que se ha venido movilizandando sobre la doble calzada desde 1972 hasta 2013, se recurrió a distintos entes del gobierno encargados de la movilidad y el tránsito en el país. Entre estos se encuentran el Instituto Nacional de Vías (Invías), la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), el Ministerio de Transporte, la Policía de Carreteras, Ferrocarriles del Norte de Colombia (Fenoco), entre otros.

Para establecer la accidentalidad se consultaron fuentes como el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INMLCF), el Centro Técnico de Investigación (CTI), la Seccional de Investigación Criminal (Sijín), la Policía de Carreteras y la concesión Solarte y Solarte.

Por otra parte, para determinar los posibles impactos ambientales que generaría la rehabilitación de la vía férrea y la movilidad de tránsito, fue necesario seguir parámetros y documentos oficiales ambientales del Ministerio de Medio Ambiente, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

En cuanto a las didácticas para la ingeniería civil relacionadas con el desarrollo de este proyecto, se pudo apreciar la importancia del cómo se enseña, mediante

estudios y propuestas concretas que promuevan impactos humanos positivos, a partir del método de proyectos.

De igual forma, se dieron a conocer los resultados parciales y finales de la investigación en varios escenarios académicos, como el V Congreso Internacional de Ingeniería Civil, la Feria de la Ciencia, el Día del Boyacensismo y el II Encuentro Nacional de Semilleros de Investigación. Así se ha venido promoviendo la didáctica por proyectos y la generación de nuevas enseñanzas y acciones que ayuden a mejorar el nivel de vida de las personas, con menos accidentes y menos personas fallecidas.

3. Análisis de resultados

A. Movilidad

En conferencia presentada por el ingeniero Ricardo Calvo, decano de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Santo Tomás, seccional Tunja, en 2007, se expresó que, con base en el estudio elaborado por la Veeduría Ciudadana Cívica de Boyacá —de la cual formaba parte la Facultad de Ingeniería Civil—, “la doble calzada estaría saturada cerca del año 2020”.

Esta misma veeduría hizo la propuesta al Ministerio de Transporte para que se ampliara la compra de los predios y se asegurara así contar con un tercer carril de cada calzada, aspecto que no ha sido tenido en cuenta. En este sentido, dado que se han venido construyendo edificaciones a los costados de las dos calzadas, esta alternativa se ve frustrada.

La información suministrada por el Invías se comparó y se acopló con la obtenida de la concesión Solarte y Solarte, ya que las series históricas de la primera fuente reportan conteos de 1972 a 2003, en tanto la segunda reporta datos de movilidad de 2004 a 2014. En el procesamiento de la información se excluyó el último

año, 2014, en razón a que los conteos solo relacionan registros hasta el mes de junio.

Sin embargo, se observó que el comportamiento de los resultados obtenidos en el periodo evaluado muestran una tendencia creciente y positiva en los tres peajes evaluados: Tuta, Albarracín y El Roble. Es mucho más significativa la tendencia de crecimiento de tráfico desde 2004 en adelante, probablemente por la construcción de la segunda calzada. El TPD pasó de 3659 vehículos en 1972 a 8455 en 2004 y 14.170 en 2013 (Soriano y Puentes, 2014).

Con respecto a la clasificación y cuantificación de vehículos, se hizo una evaluación sobre el volumen de movilidad por tipo de configuración vehicular. Esta se refiere a la clasificación de tipo I hasta tipo V, desde automóviles, pasando por camionetas y buses, hasta tractomulas (tractocamiones).

Las series analizadas mostraron que el tipo de configuración con mayor volumen de movilidad sobre el corredor vial de estudio es el tipo I, que corresponde a autos, camionetas y buses. Esto se explica parcialmente por la demanda de transporte público y privado de usuarios de municipios cercanos al tramo de estudio, y que confluyen a diario en Bogotá y los municipios intermedios como Tunja por actividades de carácter laboral, académico y comercial (Soriano y Puentes, 2014).

En cuanto a los vehículos de carga, se observa que el tipo de configuración con mayor volumen de movilidad vehicular es el tipo II, que corresponde a camiones rígidos de dos ejes, con capacidades de carga superiores a siete toneladas. La explicación encontrada es que su movilidad no implica un costo elevado en fletes y sus características de servicio lo hacen más eficiente en términos de carga vs. costos de operación (Soriano y Puentes, 2014).

Por otro lado, la cantidad de carga movilizada por año se ha incrementado en forma muy importante: pasó de 6.330.526 de toneladas en 2004 a cerca de 11.492.953 de toneladas en 2013.

En contraste con la carga movilizada por vía férrea en el ferrocarril del Nordeste, y de acuerdo con la capacidad de la red ferroviaria por tramos (Márquez, Vega y Poveda, 2011), habría un aumento en el total de carga transportada por ferrocarril, teniendo en cuenta que se movilizarían 12 locomotoras por día, cada una con 12 plataformas de carga, que transportarían aproximadamente un total de 8640 toneladas. Esto equivale al transporte de carga de más de mil camiones tipo II, que movilizan más de siete toneladas.

Por su parte, por ahora se consiguen velocidades máximas de hasta 35 km/hora; sin embargo, con solo habilitar los apartaderos o las cruces en las estaciones se puede incrementar significativamente el número de trenes en tránsito (Márquez, Vega y Poveda, 2011).

Asimismo, la Sociedad Férrea del Centro Andino (Sofca, 2013) señala que existe una reducción considerable en términos de carga vs. costos de operación: el costo por carga movilizada en ferrocarril por el tramo Belencito-Bogotá tiene un valor aproximado de US\$15 por tonelada transportada; en cambio, el costo por carga movilizada en camiones equivale a US\$30 por tonelada transportada.

Es importante señalar que se está abriendo paso la opción de entregar en concesión las vías férreas y que luego los concesionados vayan habilitando un nuevo carril, con el mismo ancho de trocha, que ha sido desde un principio, en casi todo el país, la yárdica o de 915 mm (Rey, 2002; Flechas, 1980); esta posibilidad se da específicamente en el caso del ferrocarril del Nordeste, que fue construido hace más de ochenta años (Perico, Soriano y Puentes, 2014).

B. Contaminación

Estudios realizados por Muñoz y Moller (2009) indican que uno de los problemas principales en todo el mundo son los altos niveles de contaminación atmosférica en las ciudades. Los llamados países en desarrollo tienen como su fuente principal de contaminación el tráfico motorizado, que aporta entre 70% y 80%. Aunque los nuevos vehículos que ofrece el mercado automotor contaminan relativamente menos que los vehículos con modelos anteriores, es racional suponer que, paralelo al crecimiento del parque automotor, crezca la contaminación atmosférica.

Las principales enfermedades que produce esta contaminación son las cardiovasculares y pulmonares, con un alto índice de morbilidad en los niños y mortalidad en los adultos y adultos mayores (Muñoz y Moller, 2009). En este mismo sentido, es relevante precisar que la utilización de los combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo, son los más contaminantes; este último es especialmente utilizado en el transporte de carga (Leonard, 2011).

El CO₂ contribuye de forma muy importante al fenómeno del calentamiento global, debido al uso continuo de los automóviles. Tan solo con usar uno de ellos durante un mes se está generando una tonelada de CO₂ (Medina, 2010).

Hoy se producen en el mundo cerca de 6.500 millones de toneladas de CO₂ al año, por lo cual es necesario “ponernos a dieta” en la generación del dióxido de carbono (Medina, 2010). Este se incrementa con el uso excesivo de maquinaria y la explotación de recursos naturales, su procesamiento y la generación de desechos, en todo tipo de obras (Perico y Perico, 2014).

Adicionalmente, la deforestación sigue implacable en el mundo y es muy poco lo que se hace para disminuirla

(Perico, Garavito y Suárez, 2014). Al respecto, se evaluó la cantidad de este gas producido por el parque automotor de carga; como resultado se obtuvo que, dependiendo del cilindraje del automóvil, los niveles de contaminación pueden variar de manera importante. Se encontró que los vehículos de configuración tipo II son los que producen mayor cantidad de CO₂, dado que son los de mayor frecuencia de transitabilidad sobre la doble calzada BTS.

La cantidad es significativa: para el 2013 estos camiones generaron alrededor de 421 toneladas de CO₂/km. En este mismo año se generaron, por todos los vehículos de carga, cerca de 141.000 toneladas de dióxido de carbono de Sogamoso a Bogotá (Soriano y Puentes, 2014).

Los vehículos de carga generalmente se movilizan con motores diésel o ACPM. En Colombia, el ferrocarril lo hace con motores diésel o, de manera excepcional, en forma eléctrica. A pesar de que estos dos medios de transporte de carga se mueven con combustibles similares, la diferencia de contaminación del aire, por CO₂, varía de forma importante: es menor en el ferrocarril que el que se genera en la doble calzada Sogamoso-Bogotá.

La carga que puede transportar el ferrocarril a través de la línea férrea de Belencito a Bogotá equivale aproximadamente a un total de 1169 camiones tipo II. Estos vehículos generan en este recorrido aproximadamente 171.303 toneladas de CO₂/día (Soriano y Puentes, 2014).

También se encontró que si se desestimula la carga por vía vehicular y se incrementa por vía férrea, se evita sustancialmente el crecimiento de la producción de dióxido de carbono a menos de la mitad (Soriano y Puentes, 2014). Desde luego, se requiere un mayor control para disminuir la contaminación y hacer la

revisión técnico-mecánica mucho más exigente para todo tipo de vehículos.

La tendencia muestra que sigue creciendo el tráfico de manera proporcional a como lo hará la contaminación ambiental. Si el tráfico permanece estacionario, entonces no sigue creciendo la contaminación en igual proporción, porque una locomotora transporta el equivalente a treinta tractomulas (tractocamiones) (Márquez, Vega y Poveda, 2011). Entonces, las emisiones de los materiales particulados son menores en relación con el gasto de combustible de los automotores.

Así, para contribuir en la disminución del crecimiento del calentamiento global, se requiere disminuir la generación de CO₂ y una forma de hacerlo es incrementar el uso del ferrocarril; estrategia que se articula con otras como la reforestación masiva (Medina, 2010). Es tal alta la contaminación en el mundo que se requiere sembrar mínimo 30 árboles por persona por año, comenzando desde ahora, para contrarrestar el efecto del dióxido de carbono (Medina, 2010).

C. Accidentalidad

Teniendo en cuenta el comportamiento de la gráfica que evalúa la accidentalidad en Soriano y otros (2014), que evalúa la accidentalidad, se aprecia que la tendencia es igualmente creciente. Se espera que esta tenga similar comportamiento si se siguen utilizando los mismos medios de transporte. Ahora el mayor número de muertos son los peatones, y antes eran los conductores y los pasajeros. Una explicación es que se está incrementando la velocidad de operación y con ello se agravan los accidentes (Soriano y Puentes, 2014).

Igualmente, se han venido incrementando los accidentes en las intersecciones viales y especialmente en las principales vías arterias de las zonas urbanas, como consecuencia de los límites de velocidad permitidos y la mayor densidad de tráfico en el área urbana (Márquez,

Vega y Poveda, 2011). Al respecto, es relevante observar que aunque disminuyen ligeramente los eventos de accidentes, pasan de 327 en 2004 a 295 en 2013; y así aumentan las personas fallecidas: 20 en el trienio de 2004 al 2006 a 29 en el de 2011 al 2013.

Al comparar los datos obtenidos con base en la información suministrada por la concesión Solarte y Solarte y la unidad estadística de la Sijín, se observa que en el evento denominado *personas fallecidas* los datos son muy cercanos, aunque no son idénticos; posiblemente difieren en la metodología de la recolección de la información (Soriano y Puentes, 2014).

Buitrago (2014) plantea que probablemente la diferencia en los eventos reportados entre la Policía, la Sijín y la concesión Solarte y Solarte puede atribuirse a que la primera suele registrar todo tipo de problemática presenciada en la vía, por mínima que sea, y esto genera un reporte de mayor número de casos de accidentalidad (Buitrago, 2014).

Según la Cámara Colombiana de la Infraestructura (2007), el sistema de transporte férreo tiene grandes ventajas en comparación con otros medios, como seguridad, menor impacto ambiental por la disminución de emisiones en la relación carga movilizadora vs. vehículos utilizados, alta capacidad de carga, excelente control logístico (como se evidencia en los países más avanzados) y menores costos de operación.

Por su parte, en el transporte por carretera, la movilización de grandes volúmenes de productos como el carbón no es sostenible ni en términos técnicos ni económicos, y tiene efectos muy negativos sobre la infraestructura vial y el medioambiente (Cámara Colombiana de Infraestructura, 2007).

4. Conclusiones

Se elaboró un estudio estadístico de los accidentes de tránsito teniendo en cuenta los índices de morbilidad y mortalidad reportados en el tramo de estudio. Este análisis mostró una tendencia de crecimiento en ambos eventos, y los lesionados tienen un mayor incremento. Esto se debe a las características físicas del corredor vial, los límites de velocidad permitidos y el hecho de que es más probable una imprudencia del peatón, ya que el tramo de estudio no cuenta con la infraestructura necesaria para la seguridad del transeúnte. Aunque hay menos accidentes, hay más personas fallecidas: un promedio de 29 individuos en los últimos años.

Se estableció el crecimiento vehicular durante los últimos 40 años, a partir de lo cual se evidenció un incremento cercano a tres respecto a la cifra inicial. El TPD pasó de 3659 vehículos en 1972 a 8455 en 2004 y 14.170 en 2013. Estos resultados muestran un comportamiento de tendencia creciente y exponencial. Con una posible saturación del sistema de transporte vial en el tramo Bogotá-Belencito, en cerca de cinco años es prudente sustentar la necesidad de la rectificación y rehabilitación del ferrocarril del Nordeste.

También se determinó que la configuración vehicular de carga es la que mayor cantidad de tránsito presenta sobre el corredor vial Belencito-Bogotá, debido a que esta encierra cuatro tipos de camiones. De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluyó que los camiones rígidos de dos ejes y los tractocamiones articulados de cinco ejes son los que mayor carga transportan a través del corredor vial Belencito-Bogotá. En total, pasó de 6.330.526 en 2004 a 11.492.953 en 2013.

Se concluyó que los vehículos de carga con motores diésel o ACPM son los que mayor contaminación del aire producen, debido a las emisiones de dióxido de carbono. Según los datos obtenidos, los camiones articulados de dos ejes (tipo II) son los que mayor cantidad de

CO₂ emiten por kilómetro recorrido. Para 2013 estos camiones generaron 421 toneladas de dióxido de carbono por kilómetro, y en total los vehículos de carga produjeron cerca de 141.000 toneladas de este gas contaminante en el mismo año.

Finalmente, se promovió el desarrollo del transporte de carga por medio férreo, a través de métodos didácticos que informaron a la comunidad sobre los beneficios que genera la rehabilitación del ferrocarril del Nordeste. Se presentaron varias ponencias en eventos nacionales e internacionales y se recomienda que se desestime el tránsito vehicular, especialmente el de carga por la vía vehicular, y se estimule el tráfico de carga por la línea férrea. Igualmente, el Gobierno debe reglamentar los pasos a nivel para disminuir al mínimo los accidentes.

5. Referencias

Buitrago, Ó. J. (2014). *Entrevista para revisar y valorar la información suministrada*. Tunja: Consorcio Solarte y Solarte.

Cámara Colombiana de Infraestructura (2007). *Costos del transporte, multimodalismo y la competitividad en Colombia*. Bogotá: Autor.

Flechas, O. (1980). Electrificación del ferrocarril del Nordeste (Bogotá-Belencito). Recuperado de <http://cgb-granboyaca.blogspot.com.co/2012/05/electrificacion-del-ferrocarril-del.html>.

Leonard, A. (2011). *La historia de las cosas*. Bogotá: Fondo de Cultura Económica.

Márquez, L., Vega, L. y Poveda, J. (2011) Evaluación de la capacidad ferroviaria del corredor Bogotá-Belencito. *Revista de Ingeniería*, 35, 12-19.

Medina Valtierra, J. (2010). La dieta del dióxido de carbono (CO₂). *Conciencia Tecnológica*, 39, 50-53.

Muñoz, J. y Moller, R. (2009). *La valoración económica de los daños en la salud humana, causados por la contaminación del aire como consecuencia del transporte motorizado en Santiago de Cali*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.

Perico Ganados, N. R., Garavito Rincón, L. N. y Suárez Alvarado, P. A. (2014). Pedagogía y diagnóstico sobre la variación de la cobertura vegetal, 1985-2011, para Boyacá. *V Congreso Internacional de Ingeniería*. Recuperado de <http://goo.gl/Gwefek>

Perico Ganados, N. R. y Perico Martínez, N.. (2014). Los ingenieros docentes y el medio ambiente. *V Congreso Internacional de Ingeniería*. Recuperado de <http://goo.gl/WiVplO>

Perico Ganados, N. R., Soriano López, B. D. y Puentes Báez, P. (2014). *La didáctica y la necesidad de rectificar, ampliar y rehabilitar el ferrocarril del Nordeste*. *V Congreso Internacional de Ingeniería*. Recuperado de <http://goo.gl/GhkcpK>

Rey Valderrama, F. (2002) Comparaciones técnicas entre los anchos de trocha ferroviaria yarda y estándar a propósito del proyecto del tren de cercanías. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 12, 65-80.

Roberto, B. (2008) *Transporte multimodal. Diagnóstico del transporte*. Bogotá: Ministerio de Transporte.

Sociedad Férrea del Centro Andino (Sofca) (2013). *Resumen ejecutivo ferrocarril Bogotá-Belencito*. Tunja: Autor.

Soriano López, B. D. y Puentes Báez, P. (2014). *Rectificación y rehabilitación del ferrocarril del Nordeste, Tunja* (tesis de grado). Tunja: Universidad Santo Tomás.