

**¿ES MÁS COSTOSO EL TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA QUE
POR EL RÍO MAGDALENA?
CASO: TRAMO BARRANCABERMEJA – BOCAS DE CENIZA**

Clasificación JEL: Q52, R41, R40

Geraldine Arévalo Soto

2017 – 1

**María Constanza Torres Tamayo
Tutora**

Trabajo de grado para optar por el título de economista

**Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Programa de Economía
Bogotá D.C**



Fotografía de Thinkstock

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios primero que es el que me dio la vida y es mi motivo para vivirla, mi fuerza y mi luz en el camino. A mis padres Fernando Arévalo Cortés y Blanca Libia Soto Castaño, a mi hermana Sindy Viviana Gamboa Soto y mi cuñado Álvaro Alexander Larrotta Chávez, son mi motor y lo que más amo en la vida, sin ellos nada de esto sería posible. Estaré toda mi vida agradecida con ellos, mis triunfos siempre son y serán por ustedes y para ustedes.

Un agradecimiento especial a la profesora María Constanza Torres Tamayo, gracias por la paciencia porque sé que fue mucha, pero sobre todo gracias por el aprendizaje.

A mi familia Arévalo y Soto: mis abuelos, tías, tíos, primas y primos, ustedes fueron fundamentales en esto. Una mención especial para mi tía Clara Isabel Soto Castaño, gracias tía por toda la ayuda en todo este proceso.

Y por último a mis amigos Luisa Fernanda Badillo, Laura Estrada, Miguel Cortés, Sebastián Medina, Catalina Pinzón, Daniel Niño y Camila Villamil, gracias por hacer mi vida más completa, gracias por los momentos vividos y que sean muchos más.

Resumen

En el presente se realiza un análisis comparativo entre los costos de transportar una tonelada de carga por carretera y hacerlo por el Río Magdalena. Primero se establece la importancia de cada una de estas modalidades de transporte, con el fin de estimar aquellas características o factores que contribuyen más a la varianza de los costos de transporte.

Palabras claves: Costos del transporte, carretera, transporte de carga, Río Magdalena, indicador sintético.

Abstract:

At present, a comparative analysis is carried out between transport costs and a ton of freight by road and by the Magdalena River. First, the importance of each of these transport modalities is established, in order to estimate the characteristics or factors that contribute most to the variance of transport costs.

Keywords: Transportation costs, highway, freight transport, Magdalena River, synthetic indicator.

Tabla de contenido

1. Introducción.
2. Glosario.
3. Objetivos.
 - 3.1 Objetivo General.
 - 3.2 Objetivos Específicos.
4. Marco Teórico.
5. Transporte de carga por Carretera en Colombia.
6. Transporte de carga por el Río Magdalena.
7. Marco Metodológico.
 - 7.1 Pasos de la metodología.
 - 7.2 Aplicación a los costos de transporte.
8. Resultados.
9. Conclusiones.
10. Bibliografía.
11. Anexos.

Introducción

En el presente trabajo se entiende la definición de infraestructura del transporte como un sistema que integra diferentes modos y niveles de servicio de acuerdo con el sector económico. (Gutiérrez Ossa, 2013. p. 145).

En el sector transporte se han presentado transformaciones, estas transformaciones han venido acompañadas del desarrollo de otros sectores como los combustibles, la infraestructura, los repuestos entre otros. El sector transporte juega un papel importante en la consolidación de los procesos de globalización y de competitividad en Colombia.

De acuerdo con la ANIF, la incidencia de los costos de transporte, asociado a problemas de la infraestructura, está entre el 10% y 35% del precio final de los principales bienes de exportación del país. Cifra excesivamente alta frente a la cifra internacional promedio de 6%.

El Magdalena es el afluente más importante de Colombia. El río cuenta con una longitud de 1540 kilómetros de los cuales se espera que 908 vuelvan a ser navegables. Tiene un área de influencia en 18 departamentos, 726 municipios en los que habita el 60 % de la población. (Cormagdalena – Cámara Colombiana de Infraestructura, 2013, p. 1)

Desde el 9 de junio y hasta el día el 15 de julio de 2016, se movilizaron por el Río Magdalena, 1'748.703 barriles de hidrocarburo, entre crudo, nafta y combustóleo. En cuanto a carga seca representada en carbón, palanquilla, alambrón, cemento y carga contenerizada, se han movilizado un total de 56,521 toneladas. Igualmente 1,5 millones de toneladas se movilizaban en el 2013. El petróleo y sus derivados son los principales productos transportados. Según los planes que se han anunciado para recuperar la navegabilidad del río, se tendrán 7200 toneladas de carga permanente las cuales equivalen a los que movilizarían 20 tractomulas, y se busca aumentar la carga. (Cámara Colombiana de la infraestructura – Cormagdalena).

En el 2013 se encontró que un 73% del total de toneladas transportadas en el país se transportaron por carretera. Constituyéndose la cifra más alta entre los distintos medios de transporte como se puede observar en la tabla 1. Adicionalmente cabe destacar que dicho liderazgo se ha sostenido a lo largo de los últimos diez años, alcanzando registros iguales o superiores al 70% (Centro de estudios económicos Anif para la Cámara Colombiana de la infraestructura, 2014, p, 26).

Tabla 1: Miles de toneladas transportadas

SISTEMAS	Miles de toneladas transportadas					
	1956	1968	2005	2010	2013	2014
1 Ferrocarril	5.000	3.237	308	366	97	174
2 Río Magdalena	2.069	2.601	2.210	1.464	1.384	1.727
3 Aviación comercial	130	106	135	119	149	163
4 Oleoductos	7.000	11.451	51.836	76.707	140.381	163.105
5 Camiones	15.767	34.245	139.646	181.021	220.309	226.747
TOTAL	29.966	51.640	194.135	259.678	362.321	391.916

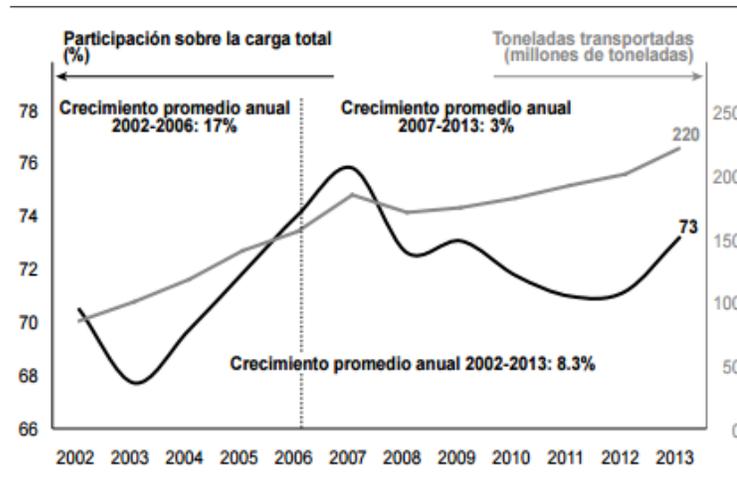
Fuente: Ministerio de Transporte

Sectores como la minería, el petróleo y la agricultura son sectores que requieren de una movilidad eficiente en el transporte de carga, ya que, un 80% del transporte empresarial se mueve por carretera hacia los puertos y las zonas fronterizas.

Según el ministerio de transporte (2001), el transporte de carga por carretera en Colombia es un pilar fundamental en la dinámica de la economía del país, ya que se constituye en la herramienta básica para colocar los productos al alcance del consumidor en el territorio nacional o en el extranjero. Por esta razón es indispensable que el sector transporte cuente con los elementos necesarios para asumir el gran compromiso que tiene en el desarrollo económico.

En los últimos años se ha presentado una tendencia creciente en la cantidad de toneladas transportadas bajo esta modalidad de transporte, la cual pasó de 84 millones de toneladas en 2002 a los 220 millones de toneladas en 2013, lo que refleja un crecimiento promedio anual del 8.3%

Gráfico 1: Carga movilizada por el sector transporte vial 2002-2013 (carga transportada y participación sobre el total; millones de toneladas, %)



Fuente: cálculos Anif con base en Ministerio de transporte.

En el gráfico 2 podemos ver que el transporte de carga por carretera tiene la mayor participación sobre el total de del transporte de carga en el país.

El país se encuentra rezagado en los comparativos de logística frente a otros 155 países que conforman el índice de desempeño logístico (IDL). Por ejemplo, en el índice mencionado Colombia ocupó en el año 2012 el puesto 64 entre estos 155 países según el Banco Mundial.

El Banco Mundial ha estimado que los costos de transporte en América Latina estarán entre un 16% y un 26% (como porcentaje del PIB), en comparación con la cota pronosticada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) que es de aproximadamente un 9%. Estos costos representan al mismo tiempo, típicamente, hasta un 35% del valor del producto e incluso más para las empresas pequeñas, comparado con un 8% en los países de la OCDE y un 10% en EE.UU.

En el presente trabajo se enfatiza en los costos de transporte de carga y se busca comparar estos costos tanto por carretera y por el Río Magdalena en el tramo Barrancabermeja – Bocas de Ceniza.

2. Glosario

- Convoy: Conjunto de contenedores
- Barcaza: Artefacto naval, sin propulsión propia, de fondo plano, que se emplea para el transporte fluvial o transporte marítimo de mercancías y pasajeros
- Tracto-camión: Vehículo automotor destinado a halar un semirremolque, equipado con acople adecuado para tal fin según la Norma técnica colombiana NTC 4788 del 30-08-2000.
- Camión de dos ejes: Vehículo motorizado diseñado para el transporte de productos y mercancías de dos ejes (máximo 6 llantas).
- Camión de tres ejes: Vehículo motorizado diseñado para el transporte de productos y mercancías de tres ejes
- Camión de 4 ejes: Vehículo motorizado diseñado para el transporte de productos y mercancías de cuatro ejes
- ICTC: Siglas del Índice de Costos de Transporte de Carga por Carretera.
- Conpes: Siglas del Consejo Nacional de Política Económica y Social
- Navegabilidad: Aptitud para la navegación que ofrece una nave o una masa de agua
- Cormagdalena: Corporación autónoma regional del Río grande de la Magdalena.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General.

- Calcular un índice sintético de los costos de transporte de una tonelada de carga por el Río Magdalena en el tramo Barrancabermeja – Bocas de Ceniza y compararlos con los costos de transporte por carretera.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar un análisis de componentes principales para determinar cuáles son las variables que aportan más a la varianza de los costos.
- Comparar el costo por kilómetro de transporte por el Río Magdalena y por carretera.
- Calcular los costos para diferentes tipos de vehículo de carga de carretera como los son de 2, 3 y 4 ejes.
- Establecer en qué porcentaje son mayores los costos de transportar una tonelada de carga por carretera que por el Río Magdalena.

Hipótesis

Los costos de transporte de carga son superiores por carretera comparados con los costos por el Río Magdalena en el tramo Barrancabermeja – Bocas de Ceniza.

4. Marco Teórico.

De acuerdo con Echeverry (1999) la importancia del transporte "...para la economía se deriva de su incidencia sobre el desempeño de los demás sectores. En efecto, la mayoría de productores utiliza el transporte en alguna etapa de sus procesos de producción y comercialización, de tal manera que la eficiencia y los fletes de transporte afectan la competitividad internacional de los productos nacionales y el bienestar del consumidor. En este contexto, resultan claros los beneficios de promover condiciones que permitan asegurar el cubrimiento de la demanda a los menores precios posibles. Sin embargo, la situación actual del sector está lejos de alcanzar ese objetivo". (1999, p. 2).

La infraestructura del transporte es una pieza clave en la economía del país y en su desarrollo. Adicional a esto, resaltan que este sector debe ser asumido con la importancia que representa ser el vínculo entre los centros de producción y consumo de la economía.

El sector de transporte se clasifica como un servicio y El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) es el encargado de elaborar las cifras que muestran el desempeño de este sector.

Según Pérez Gerson (2005) uno de los determinantes más importantes del desempeño del sector del transporte de carga es el comportamiento de sus costos de operación. En general, los costos de transporte en todo tipo de actividad económica definen si un país o región participa en las actividades comerciales. Por ejemplo, si una población se encuentra aislada geográficamente del resto y adicionalmente cuenta con limitada infraestructura de transporte, esta situación llevaría a restringir su participación de las redes de comercio a su alrededor.

Limao y Venables (2001), han mostrado la importancia de la infraestructura vial y las características geográficas en la determinación de los costos de transporte. De acuerdo con estudios realizados por los autores, la elasticidad de los flujos de comercio con respecto a los

costos es bastante alta, de modo que si los costos de transporte se duplican, el flujo comercial se reduce en un 80%.

Dentro de los determinantes de los costos de transporte se encuentran algunos de carácter geográfico como la distancia entre las poblaciones, o el hecho de compartir o no una frontera común.

Combes y Lafourcade (2005), analizan para las regiones francesas los costos de transporte y sus determinantes, encontrando que los mayores determinantes de los costos son la tecnología utilizada en el transporte y la estructura de mercado que predomine en el sector, así como los ahorros de energía y la infraestructura. La principal característica es la baja contribución de la infraestructura en la reducción de los costos de transporte, apenas un 3.25% del total de la contribución de la variación de los costos. Los mayores determinantes fueron la estructura de mercado y la tecnología con contribuciones del 21.8% y del 10.9%, respectivamente

En el estudio realizado por Márquez y Cantillo (2011) se enfoca hacia una evaluación de parámetros de las funciones de costo en la red estratégica de transporte de carga para Colombia involucrando costos internos y externos, para la red intermodal colombiana. Además, también aclaran que el sector infraestructura es una pieza clave en la economía del país y en su desarrollo. Ellos afirman que los costos sociales totales del transporte normalmente son separados en costos internos y costos externos. Los costos internos, también llamados costos privados o directos, incluyen los costos que los usuarios perciben directamente, como el costo de operación y el costo del tiempo. A su vez, los costos externos, también denominados costos indirectos, se refieren a los costos que no son asumidos directamente por los usuarios, tales como buena parte del costo de la accidentalidad, costo de polución, costo de la congestión impuesta a otros usuarios, y en ciertos casos, el costo generado por el deterioro debido al uso de la infraestructura.

5. Transporte de carga por carretera en Colombia.

“El Transporte de Carga por carretera en Colombia es un pilar fundamental en la dinámica de la economía del país, ya que se constituye en la herramienta básica para colocar los productos al alcance del consumidor en el territorio nacional o en el extranjero. Por esta razón, es indispensable que el sector transporte cuente con los elementos necesarios para asumir el gran compromiso que tiene en el desarrollo económico”¹

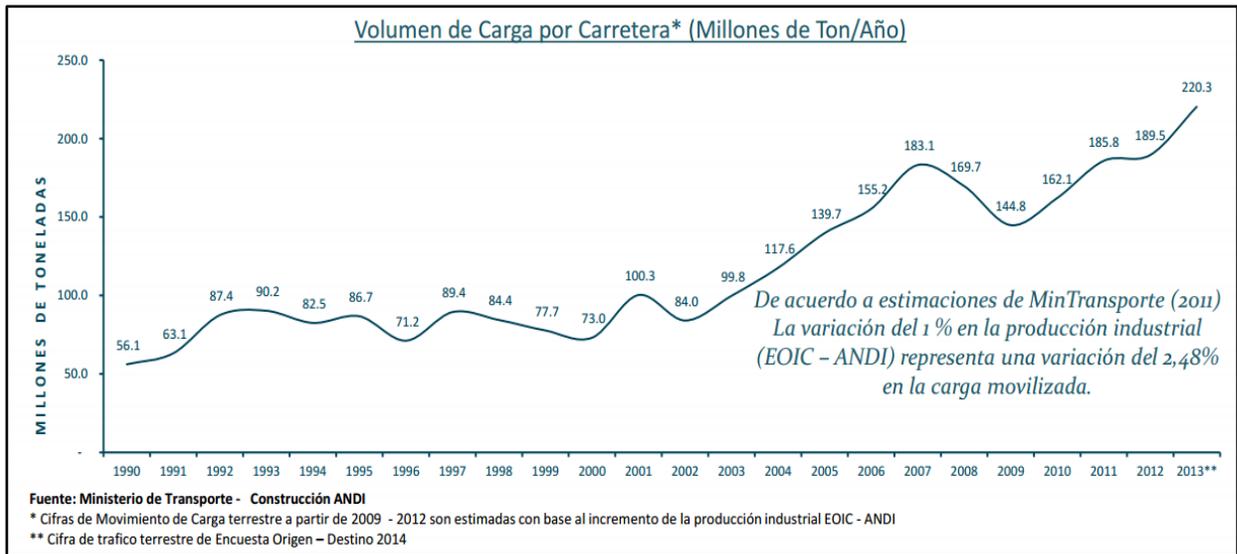
La Universidad del Rosario realizó un estudio en el cual encontró que el rezago logístico del país es muy alto, en especial por Buenaventura. El valor del transporte de carga nacional supera el promedio de los países de Latinoamérica.

El 46.1% de la carga movilizada por el transporte de carretera corresponde a productos del sector manufacturero seguido de los productos agroindustriales, que representan el 27% de los bienes transportados. Una menor ponderación alcanzaron los bienes agrícolas y los productos mineros, con proporciones del 17.4% y el 9%, respectivamente.

En el gráfico 3 se muestra la evolución que ha presentado el transporte de carga terrestre en Colombia

¹ Operación del transporte de carga por carretera en Colombia, emitido por el Ministerio de Transporte, pag 45, informe del año 2001.

Gráfico 2



Hasta el 2013 se habían transportado 220309 miles de tonelada por carretera en Colombia, lo cual si representa un significativo aumento en el total de toneladas transportadas.

Tabla 2: Movimiento de carga nacional por carretera

AÑO	TERRESTRE	FLUVIAL
2002	84.019	3.480
2003	99.782	3.725
2004	117.597	4.211
2005	139.646	4.863
2006	155.196	4.025
2007	183.126	4.563
2008	169.714	4.953
2009	173.558	4.070
2010	181.021	3.691
2011	191.701	3.650
2012	199.369	3.474
2013	220.309	2.968
2014	N.D.	2.858
2015	N.D.	3.524

Fuente: Ministerio de Transporte, Agencia Nacional de Infraestructura, Aeronáutica Civil, Superintendencia de Puertos y Transporte

Sin duda el elemento más importante para hacer todo este análisis es El índice de Costos del Transporte de Carga por Carretera – ICTC- es publicado por el DANE trimestralmente, este permite acumular y presentar, a partir de un mes base, la variación promedio mensual de costos de una canasta representativa de bienes y servicios requeridos para garantizar la movilización de un vehículo prestador del servicio del transporte de carga por carretera en el país.

La información de este índice permite:

1. Actualizar la estructura de costos operativos del transporte de carga por carretera en Colombia.
2. Servir de guía en el establecimiento de las condiciones económicas de los contratos celebrados en el sector.
3. Medir la incidencia de la variación de precios de los combustibles, insumos, factores (impuestos, seguros, mano de obra, costo de capital y peajes) y partes, piezas, servicios de mantenimiento y reparación, dentro de la estructura de costos operativos del transporte de carga por carretera.
4. Deflactar e indexar valores monetarios relacionados con el transporte de carga por carretera en Colombia.

6. Transporte de carga por el Río Magdalena.

Entre 1930 y 1960 esta ruta fluvial fue la principal vía de navegación del país. Llegó a tener 130 buques a vapor y 23 compañías fluviales. En 1956 llegó al punto más alto con la movilización de 2 millones de toneladas y más de 360.000 pasajeros. A partir de 1970, y ante la llegada de los ferrocarriles y la construcción de carreteras, comenzó a perder importancia como medio de transporte, pero vuelve a tomar impulso su recuperación a partir de la década de los 90 con anuncios de los diferentes gobiernos y la creación de Cormagdalena. (Cormagdalena, 2008).

Al Río Magdalena se le considera como el medio de transporte óptimo para carga masiva y uso eficiente de combustible en recorridos largos, esto debido a la capacidad de carga y a que sus costos de combustible en comparación con otros medios de transporte representan el 2,9% mientras que los costos de transporte férreo y aéreo representan el 18% y el 12% respectivamente (CORMAGDALENA, Mantenimiento y recuperación de la navegabilidad del Río Magdalena, 2007).

Según Duque Gonzalo (2007) el río Magdalena es un medio más económico para sacar y entrar mercancías, hacia y desde los mares, en el que los fletes por agua resultarían 6 veces más económicos que los fletes carreteros.

Para Bogotá que genera gran cantidad del PIB nacional, y para el centro de Colombia donde se genera el 30% de la carga nacional, el río Magdalena es la mejor vía para llevar las mercancías al mar en el norte. Este transporte fluvial resulta ser más económico para sacar y entrar las mercancías, hacia y desde el Caribe, ya que los fletes por agua resultarían seis veces más económicos que los carreteros y dos más que los ferroviarios (Escobar, 2009).

Como se ha dicho anteriormente el tramo que será estudiado será el tramo de Barrancabermeja a Bocas de Ceniza.

Gráfico 3



Tomada de Asociación Latinoamericana de puertos y terminales (Latinports)

El puerto de Barrancabermeja se encuentra ubicado en el kilómetro 631 desde Barranquilla, cuenta con un muelle de 375 metros de longitud.

Para hacer el análisis de los costos de transporte del Río Magdalena es importante destacar que los tiempos de desplazamiento son diferentes subiendo que bajando.

Tabla 3: Velocidades promedio de navegación (KM/HORA)

TRAMO DEL RÍO	Convoyes grandes (6 Barcazas)				Convoyes Pequeños (1-4 Barcazas)			
	Cargados		Vacíos		Cargados		Vacíos	
	Subiendo	Bajando	Subiendo	Bajando	Subiendo	Bajando	Subiendo	Bajando
De Barranca hacia abajo	6	12	7	14	5	14	6	15
De Barranca hacia arriba	-	-	-	-	5	8	6	9

Fuente: Elaborado por Ordoñez Diana & Rubio Paula con base en: Investigación directa con Empresas Navieras.2001

Los convoyes son un conjunto de contenedores que se pueden dividir en grandes o pequeños. Los grandes son de 5 barcazas y los pequeños están entre 1 y 4 barcazas, las barcazas tienen una capacidad promedio de carga de 2000 toneladas y se espera una profundidad de 7 pies (2,13 metros) en el río para poder navegar de mejor manera, haciendo una comparación, esto es lo mismo que podrían transportar 46 camiones o 16 vagones de tren, cabe destacar que este tipo de embarcaciones existen tanto para carga seca y líquida.



Fuente: IMPALA

Para el análisis de los costos que se va a realizar se tiene en cuenta las siguientes tarifas establecidas por la ley:

De acuerdo con el Decreto 2171 de 1992, numeral 6 del artículo 6 y la Ley 336 de 1996, artículo 29 y según Resolución No. 0000136 del 16 de Enero de 1998 el Ministerio de

Transporte fijó las tarifas por uso de las vías fluviales, muelles y equipos de los puertos fluviales de uso público de la Cuenca Fluvial del Magdalena así:

- *Para todos los productos derivados del petróleo a razón de \$0.26/ton-km.*
- *Para abonos, cemento y minerales a razón de \$0.18/ton-km.*
- *Para maquinaria, víveres y demás productos a razón de \$0.11/ton-km.*
- *Para ganado vacuno y/o caballar a razón de \$0.08/cabeza-km.*
- *Por uso del muelle los usuarios deberán pagar la suma de \$77 por metro lineal de eslora del remolcador y cada una de las barcasas y por cada día o fracción. (Hidroestudios, 2001, pág. 23)*

7. Marco Metodológico.

Según la CEPAL un indicador compuesto es una representación simplificada que busca resumir un concepto multidimensional en un índice simple basado en un modelo conceptual. Puede ser de carácter cuantitativo o cualitativo según los requerimientos del analista. En términos técnicos, un indicador se define como una función de una o más variables, que conjuntamente “miden” una característica o atributo de los individuos en estudio.²

Estos, deben reflejar adecuadamente la naturaleza, peculiaridades y nexos de los procesos que se originan en una actividad económica – productiva y se deben caracterizar, entre otras cosas, por ser estables y comprensibles. Lo ideal es que los indicadores deben ser útiles para:

- i).** Medir cambios en la condición o situación analizada a través del tiempo
- ii).** Facilitar la verificación de los resultados de iniciativas o acciones
- iii).** Evaluar el proceso de desarrollo.

El análisis de componentes principales se origina con el trabajo de Pearson (1901) y Hotelling (1933) y el objetivo fue encontrar una serie de combinaciones lineales para las variables que

² Guía metodológica Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible - CEPAL

presentan una alta varianza. El primer componente principal se caracteriza por presentar la máxima varianza total. El segundo componente principal presenta la máxima varianza entre todas las combinaciones lineales que no están correlacionadas con el primer componente principal, es decir que la característica de los componentes principales es que son ortogonales (independientes) del resto de componentes principales. El último componente principal presentará la varianza más pequeña entre todas las combinaciones lineales de longitud igual uno de las variables que intervienen en el análisis.

El análisis de componentes principales (ACP) es una técnica estadística asociada al análisis multivariado cuyo principal objetivo es la reducción o síntesis de datos. Específicamente el ACP ayuda a reducir el número de variables en un análisis donde se describe una serie de combinaciones lineales de las variables que contienen una varianza relativamente alta. En este trabajo se busca encontrar aquellos factores que aporten más a la varianza de los costos.

El propósito general de esta técnica o metodología es encontrar una forma de sintetizar la información contenida en un número de variables en un conjunto más pequeño de nuevas dimensiones o factores con una pérdida mínima de información. Es decir, determina cuales de las variables aportan más poder explicativo en cada una de las dimensiones. En este sentido la técnica del análisis factorial debe cumplir con cuatro funciones:

1. Identificar un conjunto de dimensiones que son latentes, es decir que no son fácilmente observables a partir de un gran conjunto de variables.
2. Sugerir un método de combinación o síntesis de un gran número de variables entre diferentes grupos al interior de una muestra.
3. Identificar variables apropiadas para una posterior regresión, análisis de correlación o análisis discriminante a partir de un gran conjunto de variables.
4. Generar un conjunto de variables más pequeño (reducción) para reemplazar parcialmente o completamente el conjunto original de variables para posteriormente incluirlas en una regresión posterior, estimar correlaciones o análisis discriminante.

7.1 PASOS DE LA METODOLOGÍA.

En la práctica para llevar a cabo el ACP se sigue las siguientes fases:

➤ **Análisis de la matriz de correlaciones:**

Un ACP tiene sentido si existen altas correlaciones entre las variables, ya que esto es indicativo de que existe información redundante y, por tanto, pocos factores explicarán gran parte de la variabilidad total.

➤ **Selección de los factores:**

La elección de los factores se realiza de tal forma que el primero recoja la mayor proporción posible de la variabilidad original. El segundo factor debe recoger la máxima variabilidad posible no recogida en el primero, y así sucesivamente. Del total de factores se elegirán aquellos que recojan el porcentaje de variabilidad que se considere suficiente. A estos se les denominará componentes principales.

➤ **Análisis de la matriz factorial:**

Una vez seleccionados los componentes principales, se representan en forma de matriz, en donde cada elemento representa los coeficientes factoriales de las variables (correlaciones entre las variables y los componentes principales). La matriz tendrá tantas columnas como componentes principales y tantas filas como variables

➤ **Interpretación de los factores:**

Para que un factor sea fácilmente interpretable debe reunir idealmente las siguientes características, que son difíciles de conseguir:

- Los coeficientes factoriales deben ser próximos a 1
- Una variable debe tener coeficientes elevados solo con un factor
- No deben existir factores con coeficientes similares

➤ **Cálculo de las puntuaciones factoriales:**

Son las puntuaciones que tienen los componentes principales para cada caso, que nos permitirán su representación gráfica y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$X_{ij} = a_{i1}Z_{1j} + \dots + a_{ik}Z_{kj} = \sum_{s=1}^k a_{is}Z_{sj} \quad (1)$$

Los a_{i1} son los coeficientes y los Z_{1j} son los valores estandarizados que tienen las variables en cada uno de las unidades de análisis de la muestra.

7.2 APLICACIÓN A LOS COSTOS DE TRANSPORTE

Con el fin de aplicar el análisis multivariado, se descomponen los costos totales en directos e indirectos

$$CT = CD + CI \quad (2)$$

- CT será los costos totales por kilómetro, CD los costos directos y CI serán los costos indirectos

A su vez los costos indirectos están compuestos por:

$$CD = C_{sg} + C_{fis} + C_{com} + C_{man} \quad (3)$$

En donde C_{sg} son los costos de seguros, C_{fis} son los costos fiscales, C_{com} son los costos de combustible y por último C_{man} son los costos de mantenimiento del vehículo en donde se transporta la mercancía, sea por el Río Magdalena o por carretera, y a su vez cada uno está definido así:

Costos Directos	
Costos de seguros	Cobertura de Daños, seguro de accidentes, seguros de mercancía
Costos de movilidad	Permiso de circulación, inscripción al ministerio de transporte, revisiones mecánicas
Costos de combustible	Consumo medio, precio
Costos de mantenimiento	Llantas y neumáticos, filtros y lubricantes, reparaciones, garajes y lavado

- En la otra parte de la ecuación los CI (costos indirectos) están compuestos así.

COSTOS INDIRECTOS
- El sueldo de las personas que trabajan en la empresa de carga
-Servicios públicos y de arrendamiento de la empresa de carga
- Arriendos por cargue y descargue
-Costos de pernoctar en el trayecto del viaje

Todos estos costos se calcularán para la carretera y para el Río Magdalena, en el caso de la carretera se hará un cálculo para cada tipo de vehículo de carga que son de categoría C1, C2, y C3 y para la parte fluvial se evalúa también los tipos de embarcaciones. Otra variable importante son los tiempos de viajes ya que según el tipo de vehículo o embarcación y el número de toneladas así mismo cambian los tiempos de los recorridos en el tramo seleccionado.

8. RESULTADOS

Antes de mostrar los resultados del análisis de componentes principales se presenta la matriz de correlación entre variables para cada tipo de vehículo analizado.

Tabla 4: Matriz de correlación tracto-camión

	Combustibles	Servicios	Parqueo	Lubricantes	Filtros	Llantas	Llantas
Combustibles	1.0000						
	43						
Servicios	-0.0605	1.0000					
	0.6998						
	43	43					
Parqueadero	0.2492	0.4307	1.0000				
	0.1071	0.0039					
	43	43	43				
Lubricantes	-0.2777	0.1919	0.2296	1.0000			
	0.0714	0.2178	0.1386				
	43	43	43	43			
Filtros	-0.5167	0.1691	0.0403	0.6787	1.0000		
	0.0004	0.2784	0.7976	0.0000			
	43	43	43	43	43		
Llanta	0.1092	0.4357	0.3636	0.5629	0.4404	1.0000	
	0.4858	0.0035	0.0165	0.0001	0.0031		
	43	43	43	43	43	43	
Llanta	0.1659	0.4102	0.3820	0.5679	0.4705	0.9101	1.0000
	0.2876	0.0063	0.0115	0.0001	0.0015	0.0000	
	43	43	43	43	43	43	43
Llantas	0.1323	0.2812	0.4364	0.5306	0.3849	0.9011	0.8385
	0.3979	0.0677	0.0034	0.0003	0.0108	0.0000	0.0000
	43	43	43	43	43	43	43
Impuestos	0.4266	0.1996	0.0763	-0.2318	-0.1822	0.1443	0.1770
	0.0043	0.1995	0.6266	0.1347	0.2422	0.3557	0.2562
	43	43	43	43	43	43	43
Seguros	0.0573	0.5198	0.5278	0.0157	0.2311	0.3996	0.3767
	0.7153	0.0004	0.0003	0.9205	0.1359	0.0079	0.0128
	43	43	43	43	43	43	43
Mano de obra	0.1680	0.6505	0.4100	0.0008	0.0174	0.3653	0.4116
	0.2814	0.0000	0.0063	0.9959	0.9117	0.0160	0.0061
	43	43	43	43	43	43	43
Costos del v	-0.2946	0.0490	0.1087	0.2658	0.5957	0.2812	0.2689
	0.0551	0.7548	0.4876	0.0849	0.0000	0.0677	0.0813
	43	43	43	43	43	43	43
Peajes	-0.0016	0.5319	0.5493	0.1859	0.2402	0.4120	0.4621
	0.9921	0.0002	0.0001	0.2328	0.1208	0.0061	0.0018
	43	43	43	43	43	43	43
Partes y pie	-0.4666	0.1902	-0.0248	0.5631	0.9274	0.4539	0.4382
	0.0016	0.2219	0.8747	0.0001	0.0000	0.0022	0.0033
	43	43	43	43	43	43	43

Fuente: elaboración propia

Tabla 5: Matriz de correlación camión de 2 ejes

	Combustibles	Servicios	Parqueadero	Lubricantes	Filtros	Llantas	Llantas
Combustibles	1.0000						
	32						
Servicios	-0.2143	1.0000					
	0.2389	32					
Parqueadero	-0.2821	0.5649	1.0000				
	0.1177	0.0008	32				
Lubricantes	-0.6209	0.5067	0.4781	1.0000			
	0.0001	0.0031	0.0056	32			
Filtros	0.4227	-0.1627	-0.1238	-0.2395	1.0000		
	0.0160	0.3738	0.4998	0.1868	32		
Llantas	0.3272	-0.1823	-0.0719	-0.2450	0.1695	1.0000	
	0.0676	0.3179	0.6958	0.1765	0.3536	32	
Llantas	-0.6095	0.3093	0.3432	0.4608	-0.5278	-0.3407	1.0000
	0.0002	0.0850	0.0544	0.0080	0.0019	0.0564	32
Impuestos	0.4458	-0.1489	-0.0327	-0.3429	0.3408	0.8110	-0.5594
	0.0105	0.4161	0.8588	0.0547	0.0563	0.0000	0.0009
Seguros	0.4323	-0.1683	-0.0261	-0.3302	0.3184	0.8028	-0.5543
	0.0135	0.3572	0.8872	0.0649	0.0757	0.0000	0.0010
Mano de obra	0.4359	-0.1726	-0.3051	-0.4385	0.1976	0.6398	-0.5719
	0.0126	0.3449	0.0895	0.0121	0.2782	0.0001	0.0006
Peajes	0.0035	-0.0171	0.0114	0.0041	0.2160	0.0663	0.0188
	0.9846	0.9258	0.9508	0.9821	0.2352	0.7185	0.9186
Partes y piezas	0.0681	-0.3391	-0.2047	-0.0745	-0.0790	-0.0975	0.2758
	0.7113	0.0576	0.2611	0.6855	0.6672	0.5955	0.1265
	32	32	32	32	32	32	32

Fuente: elaboración propia

Las matrices de correlación para los otros tipos de vehículo de muestran en los anexos

A continuación, se empezará con la construcción del índice.

Tabla 6: Estadísticas descriptivas para las variables del tracto – camión.

```
. sum
```

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
A	0				
Combustibles	43	.1555814	.7552209	-2.12	1.44
Serviciosd~n	43	.004186	.0069804	-.01	.02
Parqueadero	43	.0037209	.0057831	-.01	.02
Lubricantes	43	.0097674	.0096334	0	.03
Filtros	43	.0037209	.0106956	-.01	.04
Llanta~eccin	43	.0113953	.0246481	-.06	.05
Llanta~accin	43	.0125581	.0236133	-.03	.06
Llantasubi~b	43	.0113953	.0224225	-.04	.08
Impuestos	43	.0011628	.0169325	-.06	.06
Seguros	43	.0211628	.1436465	-.16	.43
Manodeobra~t	43	.0530233	.0915354	-.08	.33
Costosdelv~c	43	.0909302	.4751682	-.79	1.39
Peajes	43	.0706977	.1370679	0	.46
PartesyPie~l	43	.004186	.0115949	-.02	.05
PartesyPie~a	43	0	0	0	0
PartesyPie~s	43	.0039535	.0125621	-.02	.04

Fuente: elaboración propia

Se presenta el cuadro con las estadísticas descriptivas para cada una de las variables de un tracto camión. Dado que las variables están en diferentes unidades se estandarizan para homologar las diferentes unidades de las variables, para esto se utiliza la siguiente expresión:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Donde Z es la variable estandarizada, X es la variable original, μ es el promedio muestral y σ es la desviación estándar. Ya estandarizadas las variables se procedió a realizar el análisis por componentes principales.

Ahora se mostrarán los resultados del análisis de componentes principales para un tracto - camión y para un camión de dos ejes seguido de presentar el índice de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
CT_t = & \alpha_1 Combust_t + \alpha_2 Estac_t + \alpha_3 Parquea_t + \alpha_4 lubri_t + \alpha_5 filtros_t + \alpha_6 llantasdi_t \\
& + \alpha_7 llantastra_t + \alpha_8 i_t + \alpha_9 seguros_t + \alpha_{10} mano_t + \alpha_{11} peajes_t \\
& + \alpha_{12} partpiezas_t \quad (4)
\end{aligned}$$

En donde:

Combust_t: Es el combustible del vehículo en el periodo t

Estac_t : Es el servicio de estacionamiento en el periodo t

Parquea_t : Servicios de parqueadero en el periodo t

lubri_t: Costo por lubricantes en el tiempo t

filtros_t : Costo por filtros en el tiempo t

llantasdi_t : Llanas de las direccionales en el tiempo t.

llantastra_t: Llantas traseras en el tiempo t.

i_t : Impuestos en el tiempo t.

seguros_t: Seguros que se tienen que pagar es esta modalidad de transporte en el tiempo t

mano_t: Costos de la mano de obra en el tiempo t.

peajes_t: Costo de los peajes en el tiempo t.

partpiezas_t: Costos de las partes y piezas en el tiempo t.

Variable	Comp13	Comp14	Comp15	Unexplained
Combustibles	-0.0094	0.0595	-0.1275	0
Serviciosd~n	0.0133	0.2415	-0.0962	0
Parqueadero	0.1970	-0.2274	0.0246	0
Lubricantes	-0.3388	0.0960	0.2231	0
Filtros	-0.0840	0.0100	-0.7416	0
Llanta~eccin	-0.3952	-0.6281	-0.0868	0
Llanta~accin	0.2640	0.1831	0.2418	0
Llantasubi~b	0.2212	0.4525	-0.2179	0
Impuestos	-0.1182	0.0207	0.1327	0
Seguros	-0.3914	0.1008	0.1340	0
Manodeobra~t	0.4273	-0.3842	-0.0657	0
Costosdelv~c	-0.1361	0.0921	0.0729	0
Peajes	-0.1477	0.2231	0.0259	0
PartesyPie~l	0.0995	-0.0496	0.4602	0
PartesyPie~s	0.4053	-0.1594	0.0561	0

Fuente: Cálculos propios con base en la información del índice de transporte de carga del DANE

La tabla 5 muestra los resultados del análisis de componentes principales. Este análisis muestra que el primer factor (combustibles) explica por lo menos el 37,8% de la varianza de los costos, el segundo el 23,65% y los siguientes componentes aportan poco a la explicación de los costos del transporte por carretera. Una vez estimadas las puntuaciones, se construye un índice de costos para transporte terrestre de la siguiente manera

$$\begin{aligned}
 CT_t = & 0,37Combust + 0,23Estac + 0,10Parquea + 0,06lubri + 0,05filtros + \\
 & 0,0385llantasdi + 0,0297llantastra + 0,01i + 0,0096seguros + 0,0064mano + \\
 & 0,0056peajes + 0,0027partpiezas \quad (5)
 \end{aligned}$$

Como se dijo anteriormente, esta tendencia en los resultados se mantiene para las diferentes clases de vehículos que está siendo evaluada, las tablas de los vehículos de tres y cuatro ejes se presentan en los anexos.

Tabla 11

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp7	Comp8	Comp9	Comp10	Comp11	Comp12
Combustibles	0.2879	-0.1806	-0.2555	-0.0495	0.2170	0.1563	0.2672	0.5218	0.2092	-0.2591	0.3113	0.3105
Serviciosd~n	-0.1803	0.4113	-0.1639	-0.1240	0.3513	0.0606	-0.0045	0.3418	0.2922	0.5127	-0.0863	0.1025
Parqueadero	-0.1457	0.4141	0.0665	0.0887	0.5092	-0.2192	0.2444	-0.0109	-0.0900	-0.4728	-0.1444	-0.2770
Lubricantes	-0.2820	0.3679	0.0200	0.1235	-0.0983	0.3050	0.0528	-0.2080	-0.2192	0.0315	-0.0804	0.6730
Filtros	0.2021	-0.0465	-0.4740	0.2867	0.1313	0.0329	0.4675	-0.3710	-0.1940	0.4163	0.1414	-0.1864
Llanta~eccin	0.3185	0.2153	0.1725	-0.0334	-0.0930	0.0132	-0.0561	0.2729	-0.6241	0.0449	0.3825	0.0405
Llanta~accin	-0.3209	0.0563	0.3948	0.1155	-0.0311	-0.2382	0.1045	0.2596	-0.0684	0.3621	0.3527	-0.2151
Llantasubi~b	0.1266	-0.1125	0.1119	0.5357	0.4795	0.1299	-0.5877	-0.1364	0.0863	0.0438	0.2143	0.0593
Impuestos	0.3901	0.2399	0.1182	0.0688	0.0403	0.0638	0.0216	0.0434	-0.0879	0.0219	-0.2376	-0.0505
Seguros	0.3890	0.2441	0.1357	0.0510	0.0211	0.0497	0.0266	0.0144	-0.0735	-0.0188	-0.2654	-0.0081
Manodeobra~t	0.3675	0.1385	0.0647	-0.2063	-0.1319	0.0881	-0.2046	0.0290	0.2253	0.2783	-0.2117	-0.1812
Costosdelv~c	0.2332	0.2967	0.3015	0.0559	-0.1706	-0.1774	0.2355	-0.3484	0.5301	-0.0755	0.4207	0.1563
Peajes	0.0296	0.1184	-0.2838	0.5799	-0.3845	-0.4913	-0.0860	0.3107	0.0797	-0.0390	-0.2036	0.1192
PartesyPie~l	-0.0197	-0.2900	0.4717	0.3878	-0.0244	0.3684	0.4157	0.1941	0.0886	0.0769	-0.3025	-0.0227
PartesyPie~s	-0.1683	0.3232	-0.2227	0.1891	-0.3269	0.5771	-0.0966	0.1043	0.1278	-0.2139	0.2234	-0.4502

Variable	Comp13	Comp14	Comp15	Unexplained
Combustibles	0.2818	-0.1326	-0.0164	0
Serviciosd~n	-0.3612	0.1158	0.0454	0
Parqueadero	0.2125	0.2306	-0.0179	0
Lubricantes	0.3311	-0.0227	-0.0453	0
Filtros	0.0956	0.0218	0.0184	0
Llanta~eccin	-0.2009	0.3923	0.0334	0
Llanta~accin	0.3697	-0.3813	-0.0068	0
Llantasubi~b	0.0442	0.0144	0.0127	0
Impuestos	-0.1311	-0.4267	-0.7050	0
Seguros	-0.0306	-0.4387	0.7032	0
Manodeobra~t	0.6224	0.3695	-0.0374	0
Costosdelv~c	-0.1651	0.1031	-0.0072	0
Peajes	0.0138	0.1068	-0.0025	0
PartesyPie~l	-0.1138	0.2772	0.0123	0
PartesyPie~s	-0.0352	-0.0733	0.0203	0

Fuente: Cálculos propios con base en la información del índice de transporte de carga del DANE

$$CT_t = 0,35Combust + 0,15Estac + 0,09Parquea + 0,07lubri + 0,06filtros + 0,05llantasdi + 0,04lantastra + 0,03i + 0,02seguros + 0,012mano + 0,011peajes + 0,0041partpiezas. \quad (6)$$

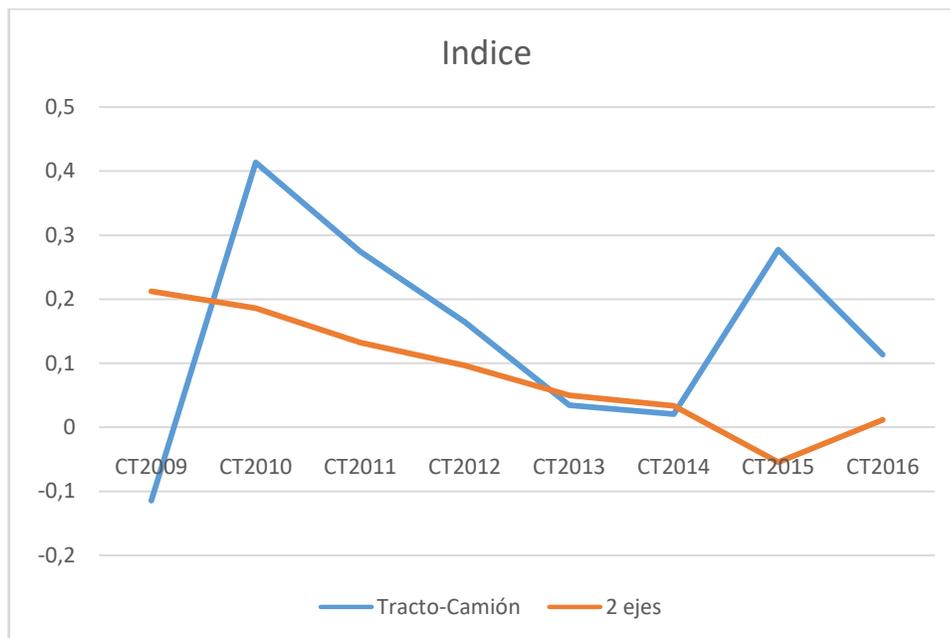
En los camiones de dos ejes también el primer factor explica por lo menos el 35% de la varianza de los datos, el segundo el 15% y del segundo para adelante aportan poco como se puede ver en la tabla 10.

Tabla 12

	Tracto-Camión	2 ejes
CT ₂₀₀₉	-0,114873	0,21211509
CT ₂₀₁₀	0,4134065	0,1859675
CT ₂₀₁₁	0,2740225	0,13195325
CT ₂₀₁₂	0,1643675	0,096427
CT ₂₀₁₃	0,0343575	0,04981025
CT ₂₀₁₄	0,02031475	0,03302625
CT ₂₀₁₅	0,27735875	0,05467775
CT ₂₀₁₆	0,11302775	0,0115675

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4



Fuente: Elaboración propia

En los camiones de dos ejes una de las variables que más variación tuvo en el periodo 2009-2016 fue la de las llantas y las de las piezas y partes utilizadas en el motor.

Ahora se mostrarán los resultados para el Río Magdalena. Cabe aclarar que actualmente en Colombia la información sobre la mayoría de las vías navegables, incluyendo las naves y la

carga, se actualiza con poca frecuencia. En el país no existe una herramienta de gestión sistemática de la información, como por ejemplo los Servicios de Información Fluvial (SIF) en Europa es por esto que las variables observadas son menores que en el transporte de carga por carretera.

Tabla 13: Matriz de correlación para el Río Magdalena

	Seguros	Custodiadeva	Mantenimie~o	Usodelava	Combustibl~s
Seguros	1.0000				
Custodiadeva	.14	.14			
Mantenimie~o	0.4292	.14	1.0000		
Usodelava	.14	.14	.14	.14	
Combustibl~s	0.5386	.14	0.4685	.14	1.0000
	0.0469	.14	0.0911	.14	.14
	.14	.14	.14	.14	.14

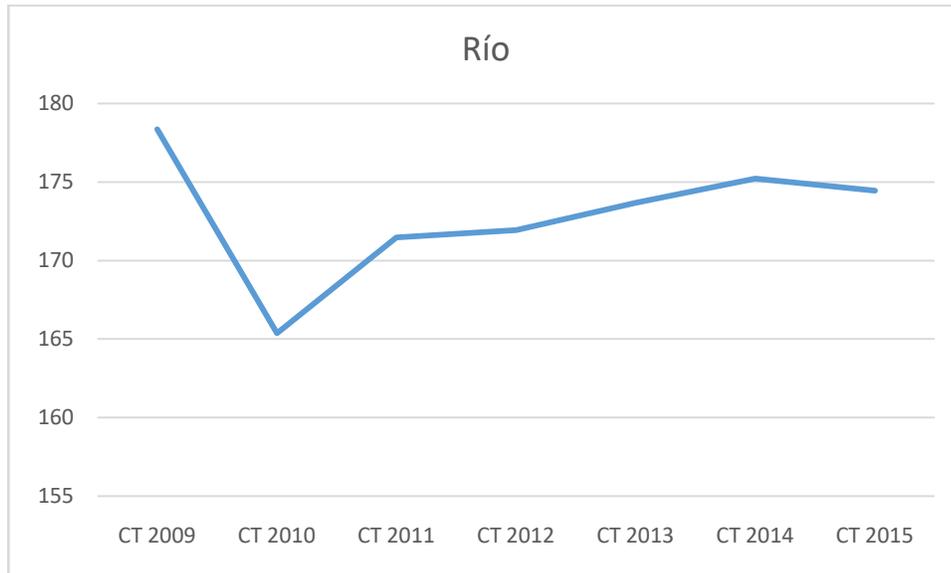
Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Estadísticas descriptivas del Río Magdalena

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
A	0				
Seguros	14	6.961429	2.82619	2.78	11.12
Custodiadeva	14	322	0	322	322
Mantenimie~o	14	16.97214	6.742935	6.94	27.78
Usodelava	14	170	0	170	170
Combustibl~s	14	1543	108.3548	1370	1795
Personalen~n	14	172.5393	46.57056	97.22	222.22
Costosadmi~s	14	2522.929	288.3992	2147	2934

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5



Fuente: Elaboración propia

9. Conclusiones.

Los productos con mayor movimiento por el Río Magdalena son el carbón y el combustible, de Barrancabermeja a Barranquilla se transportan aproximadamente 27000 toneladas de estos productos.

La navegación en el Río Magdalena varía según diferentes tipos de factores como la corriente del río, el nivel de agua del río, la capacidad de carga del vehículo, entre otros. El promedio de navegación en horas en el tramo evaluado del presente trabajo es de 108 horas subiendo y 72 horas bajando.

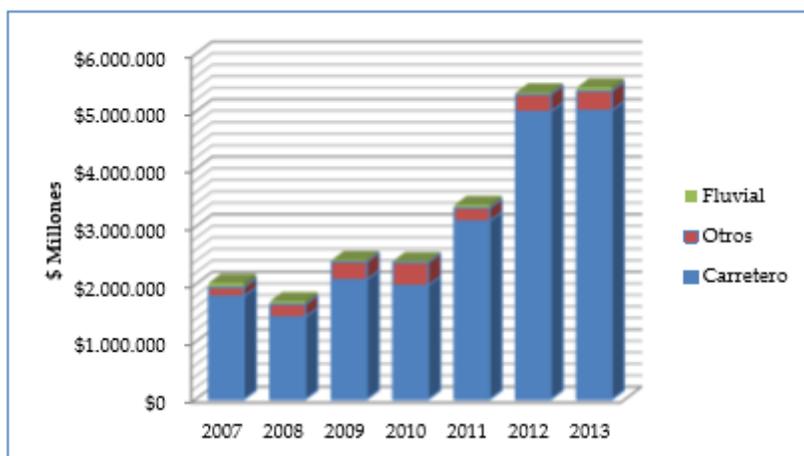
Según el análisis realizado se observa que efectivamente es más costoso el transporte de carga por carretera que por el Río Magdalena, pero cabe destacar que el transporte por el río se hace en mayores proporciones (mayor número de toneladas).

En cuanto a los costos vemos que en ambas modalidades de transporte el componente que más incide en el costo final es el combustible ya que son del orden 50-60%. El costo promedio en el Río Magdalena es de \$64 por tonelada por kilómetro y en el modo carretero es de \$94.

Sin embargo, el modo de transporte fluvial en Colombia tiene una infraestructura deficiente y una flota de navegación obsoleta, además tiene menor regulación técnica y económica.

A pesar de que el transporte por el Río Magdalena es más económico la cantidad de carga transportada por esta modalidad es mínima. El volumen de transporte de carga por carretera es del 73% mientras que por las vías fluviales del país es apenas del 1%, el volumen de carga en el país es bajo en comparación con otros países como por ejemplo en Brasil que es del 6%, en los Países Bajos es del 37%. Cabe destacar también que la inversión pública en este modo de transporte es inferior comparada con el resto de las modalidades como se puede observar en el siguiente gráfico.

Gráfico 6: Inversión Pública en el Sector transporte en Colombia



Fuente: Plan maestro fluvial 2015

Se puede observar que la inversión en el modo carretero es mucho más alta comparada con la inversión en la red fluvial y esto hace que se vea afectada la participación de este medio de transporte en el país además de, como se dijo antes, la flota sea obsoleta y se presenten algunos obstáculos en la infraestructura de las principales vías fluviales, aunque para el presente trabajo el tramo analizado (Barrancabermeja – Bocas de Ceniza) es navegable el mayor tiempo del año.

Para los costos de transporte del Río Magdalena el componente con mayor peso es el de los seguros, ya que al ser carga más grande y numerosa la que se moviliza los costos de los seguros son mayores.

Según el Ministerio de Transporte los principales problemas de navegación del Río Magdalena radican en la época en la que hay poca lluvia ya que el río no tiene la misma profundidad en todas las épocas del año lo que hace que se dificulte la navegabilidad en temporadas de sequía, este es un problema que no presenta la modalidad de transporte por carretera ya que sin importar la época del año las vías se mantienen.

Otro aspecto importante para destacar es el reconocido caso de la empresa Odebrecht los cuales estaban encargados del proyecto de recuperación de la navegabilidad del río Magdalena que se esperaba que fuera terminado en el año 2021 pero con el reciente escándalo se ha puesto en pausa el proyecto por lo que se espera que se anuncie el nuevo consorcio que asumirá el proyecto de recuperación del río.

10. Bibliografía

- Acosta, J., Molina, M., Osorio, E., Vargas, D. (2007). Montaje de un sistema de transporte multimodal en Colombia cuya vía principal será el Río Magdalena. (Tesis de especialización). Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia.
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI). (2014). Cifras del Sector.
- Arcadis Nederland BV, JESYCA S.A.S. (2015). *Plan Maestro Fluvial de Colombia*. Ministerio de Transporte. DNP (Departamento Nacional de Planeación)
- Centro de Estudios Económicos de la ANIF. (2014). Costos de transporte, Multimodalismo y la competitividad de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Corporación Autónoma del Río Grande de la Magdalena (CORMAGDALENA). (2008), Mantenimiento del canal del Dique, estudios y documentos previos. Bogotá
- Duque-Escobar, G. (2010). El transporte en Colombia. Universidad Nacional: Facultad de Economía. Tomado de Internet el, 10(05).
- Garay, L. J. (1998). Colombia: estructura industrial e internacionalización 1967-1996. *Biblioteca virtual del Banco de la República*, 563-614.
- Gutiérrez Ossa, J. A. (2013). El ciclo económico del transporte de carga terrestre carretero en Colombia. (The Economic Cycle of Ground Road Cargo Transportation in Colombia. With English summary.). *Criterio Libre*, 11(18), 126-153.
- Márquez L., & Cantillo, V. (2011). Evaluación de los parámetros de las funciones de costo en la red estratégica de transporte de carga para Colombia. *Ingeniería y Desarrollo*, 29(2), 286-307. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v29n2/v29n2a09>.
- Ministerio de Transporte. (2006), Metodologías tarifarias del transporte fluvial en Colombia: Análisis conceptual. Bogotá: Oficina de Regulación Económica.
- Nuñez, C. (2015). *El Río Magdalena navegable*. V foro de logística de Graneles sólidos ANDI.
- Ordoñez, D., Rubia, P. (2013). Estudio de la competitividad e internacionalización de la navegabilidad del Río Magdalena. (Trabajo de grado). Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario.
- Pérez, G. J. (2005). La infraestructura del transporte vial y la movilización de carga en Colombia. Documentos de trabajo sobre economía regional (64), Cartagena: Banco de la República. Recuperado de <http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER-64.pdf>.
- Rafael G. García Cáceres., María A. Martínez Uribe., Yenny P., Aldana Rodríguez., Martha P. Caro Gutiérrez & Alain R. Baquero Ortegón. (2012). *Descripción del desarrollo de la navegabilidad comercial del río magdalena*. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*. 2012 (2,20).

- Santos, L. (1988). El análisis económico de proyectos de mejoramiento de carreteras. *Investigación Económica*, 47(183), 139-166. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/42778781>.
- Trujillo, E., Concha, A., & Elorza, J. C. (1993). Dos modelos del transporte de carga por carretera. *Lecturas de Economía*, (38), 83-104.
- Yepes, T., Ramírez, J. M., Villar, L., & Aguilar, J. (2013). Infraestructura del transporte en Colombia. *Cuadernos FEDESARROLLO* (46), Colombia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11445/153>.
- Zambrano, G. (2016). El transporte modal de carga fluvial: Un estudio de caso de la reactivación del Río Magdalena. En *Revista de la Facultad de Economía y Negocios Universidad Tecnológica de Bolívar.*, *Economía y Región* (pp. 183 – 219). Cartagena de Indias: Ediciones tecnológica de Bolívar.

11 Anexos

Tabla 17: Estadísticas descriptivas camión de Tres ejes

. sum					
Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
A	0				
Combustibles	32	.0754548	.311883	-.33	1.439478
Serviciosd-n	32	.010705	.0136117	-.01	.04
Parqueadero	32	.011875	.0106066	0	.04
Lubricantes	32	.0215625	.094121	-.3	.26
Filtros	32	.0015625	.0150503	-.06	.02
Llanta~eccin	32	.008125	.0114828	-.01	.04
Llanta~accin	32	.0065625	.0159858	-.03	.05
Llantasubi~b	32	-.0034375	.0157827	-.07	.02
Impuestos	32	.056538	.0987964	-.09	.3
Seguros	32	.0403125	.1408381	-.16	.43
Manodeobra~t	32	.0066513	.0134057	-.01	.0478683
Costosdelv~c	32	.155625	.5225122	-.79	1.39
Peajes	32	.030623	.0952308	0	.4299357
Partesypie~l	32	.0075	.0160644	-.03	.05
Partesypie~a	32	-.00375	.015606	-.07	.02
Partesypie~s	32	.0265625	.0598713	0	.31

Fuente: Cálculos propios con base en la información del índice de transporte de carga del DANE

Tabla 18.

Principal components/correlation

Number of obs = 32
 Number of comp. = 16
 Trace = 16
 Rho = 1.0000

Rotation: (unrotated = principal)

Component	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
Comp1	4.82822	2.26733	0.3018	0.3018
Comp2	2.56089	.605385	0.1601	0.4618
Comp3	1.95551	.389016	0.1222	0.5840
Comp4	1.56649	.472549	0.0979	0.6819
Comp5	1.09394	.202307	0.0684	0.7503
Comp6	.891635	.105268	0.0557	0.8060
Comp7	.786367	.19519	0.0491	0.8552
Comp8	.591177	.0666579	0.0369	0.8921
Comp9	.524519	.170985	0.0328	0.9249
Comp10	.353533	.0658338	0.0221	0.9470
Comp11	.2877	.0376976	0.0180	0.9650
Comp12	.250002	.0457943	0.0156	0.9806
Comp13	.204208	.147329	0.0128	0.9934
Comp14	.0568788	.0242326	0.0036	0.9969
Comp15	.0326462	.016363	0.0020	0.9990
Comp16	.0162832	.	0.0010	1.0000

Fuente: Cálculos propios con base en la información del índice de transporte de carga del DANE

$$CT_t = 0,30Combust + 0,16Estac + 0,12Parquea + 0,09lubri + 0,06filtros + 0,05llantasdi + 0,04llantastra + 0,03i + 0,02seguros + 0,018mano + 0,0156peajes + 0,0128partpiezas$$

Tabla 19.

Principal components (eigenvectors)

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp7	Comp8	Comp9	Comp10	Comp11	Comp12
Combustibles	0.1618	0.0215	-0.0316	0.4174	-0.1684	0.7480	-0.0586	0.1525	0.1035	0.1875	0.0859	-0.3148
Serviciosd-n	-0.2720	0.2611	-0.2060	0.3767	0.0529	0.0930	0.1179	0.0405	0.1739	-0.1345	-0.1885	0.1023
Parqueadero	-0.2122	0.1352	-0.4392	-0.2389	0.1889	0.0886	-0.2358	0.1660	-0.0938	0.5120	0.4126	0.2290
Lubricantes	0.0124	-0.4564	-0.1890	0.0097	0.3961	-0.1283	0.1078	0.3529	0.2683	0.3415	-0.3361	-0.1799
Filtros	0.1727	-0.0626	0.3612	-0.2167	0.3571	0.1929	-0.3972	-0.4744	0.3345	0.1223	0.0776	-0.0981
Llanta-eccin	0.2856	-0.1840	0.0876	-0.1053	0.3651	0.2462	0.3315	0.3345	0.0790	-0.4209	0.3834	0.3167
Llanta-accin	0.3593	0.2703	0.1249	0.0065	-0.0571	-0.2539	-0.0454	0.2937	0.2328	0.0613	0.0216	-0.1019
Llantasubi-b	0.2619	0.1113	-0.0065	0.2345	0.3311	-0.1168	0.5221	-0.3598	-0.3847	0.3171	0.0937	-0.2033
Impuestos	-0.2599	0.3009	0.0202	0.2263	0.3024	-0.0452	0.1646	-0.1931	0.5237	0.0012	-0.0678	0.2371
Seguros	-0.0807	0.3412	0.3710	0.2778	0.2882	-0.0579	-0.2829	0.2637	-0.3260	0.0565	0.1008	0.1694
Manodeobra-t	-0.2106	0.3667	-0.0331	-0.3866	-0.0795	-0.0050	0.2954	0.0686	0.2422	-0.0627	0.3117	-0.4806
Costosdelv-c	-0.1211	-0.2340	0.4212	0.1059	-0.4266	-0.0742	0.3003	0.0006	0.2167	0.4471	0.2615	0.3384
Peajes	0.1334	0.3138	0.1049	-0.4596	-0.0383	0.3826	0.2375	0.0456	-0.1133	0.2019	-0.5472	0.3110
PartesyPie-l	0.3613	0.2635	0.1136	0.0404	-0.0681	-0.2577	-0.1002	0.2945	0.1482	0.1523	-0.0726	-0.1045
PartesyPie-a	0.3677	0.1297	-0.3309	0.0252	-0.1017	-0.0323	0.0474	-0.2144	0.0819	0.0084	0.1632	0.1415
PartesyPie-s	-0.3591	-0.0246	0.3524	-0.1056	0.1526	0.0827	0.1412	0.1553	-0.1742	0.0216	0.0046	-0.2930

Fuente: Cálculos propios con base en la información del índice de transporte de carga del DANE

Variable	Comp13	Comp14	Comp15	Comp16	Unexplained
Combustibles	-0.1748	0.0239	0.0007	-0.0117	0
Serviciosd~n	0.7092	-0.1977	-0.0674	0.0750	0
Parqueadero	-0.0030	-0.2510	0.0332	0.0482	0
Lubricantes	0.0818	0.3196	-0.0590	-0.0070	0
Filtros	0.3057	-0.0552	-0.0475	0.0075	0
Llanta~eccin	0.0608	-0.1044	0.0071	-0.0693	0
Llanta~accin	-0.0768	-0.2024	-0.2542	0.6677	0
Llantasubi~b	0.0143	-0.1565	-0.1202	-0.0300	0
Impuestos	-0.5226	-0.0080	0.1521	-0.0321	0
Seguros	0.0470	0.4991	-0.1482	-0.0681	0
Manodeobra~t	0.0962	0.2966	-0.2204	-0.1891	0
Costosdelv~c	0.1662	0.0683	-0.0446	-0.0150	0
Peajes	0.0078	0.0592	-0.0402	0.0139	0
PartesyPie~l	0.1023	-0.2692	0.4003	-0.5596	0
PartesyPie~a	0.1747	0.5345	0.4979	0.2465	0
PartesyPie~s	0.0575	-0.1112	0.6357	0.3529	0

Tabla 20: Estadísticas descriptivas camión cuatro Ejes

```
. sum
```

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
A	0				
Combustibles	32	.025625	.0616409	-.12	.15
Serviciosd~n	32	.008125	.0122967	-.01	.05
Parqueadero	32	.011875	.020547	0	.1
Lubricantes	32	.0153125	.015447	0	.07
Filtros	32	.0015625	.0181587	-.04	.05
Llanta~eccin	32	.0303125	.0390603	0	.17
Llanta~accin	31	.013871	.0241768	-.03	.06
Llantasubi~b	32	.011875	.0214683	-.04	.05
Impuestos	32	.0009375	.0187271	-.06	.06
Seguros	32	.0525	.2197799	-.16	.65
Manodeobra~t	32	.046875	.0842208	0	.33
Peajes	32	.013125	.068929	-.24	.14
PartesyPie~l	32	.001875	.0039656	0	.01
PartesyPie~a	32	.003125	.0173089	-.02	.05
PartesyPie~s	32	.0053125	.0143649	-.02	.04

Fuente: Cálculos propios con base en la información del índice de transporte de carga del DANE

Variable	Comp13	Comp14	Comp15	Unexplained
Combustibles	0.0108	-0.0970	0.4059	0
Serviciosd~n	0.2818	-0.3222	-0.3888	0
Parqueadero	-0.1250	-0.0007	0.0436	0
Lubricantes	-0.0094	-0.2057	0.1214	0
Filtros	0.3722	0.3677	-0.2472	0
Llanta~eccin	-0.2533	-0.3033	0.0400	0
Llanta~accin	0.2081	0.3801	-0.2537	0
Llantasubi~b	0.0513	-0.2383	0.0941	0
Impuestos	-0.1794	0.0561	0.1348	0
Seguros	-0.3658	0.3538	-0.0518	0
Manodeobra~t	0.0745	-0.2901	0.1238	0
Peajes	0.3087	0.0429	0.0736	0
Partesypie~l	-0.0868	-0.0505	-0.3975	0
Parteypies~a	-0.4097	0.3797	0.1408	0
Partesypie~s	0.4624	0.2344	0.5587	0

$$\begin{aligned}
CT_t = & 0,22Combust + 0,19Estac + 0,12Parquea + 0,10lubri + 0,07filtros \\
& + 0,06llantasdi + 0,061llantastra + 0,0341i + 0,0254seguros \\
& + 0,016mano + 0,011peajes + 0,09partpiezas
\end{aligned}$$