

**ESTADO Y EVALUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE DE  
CARGA EN COLOMBIA**

**JOSE DANIEL BERNAL FALLA**

**TESIS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE MAGISTER EN  
INGENIERÍA**

**ASESOR**

**Ing. MAURICIO SANCHEZ SILVA**



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**BOGOTÁ D.C. AGOSTO DE 2006**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>5</b>
<b>3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>6</b>
<b>4. CARACTERIZACIÓN DEL TRANSPORTE DE CARGA.....</b>	<b>7</b>
4.1 Aspectos Generales.....	7
4.2 Generalidades del transporte de carga en Colombia.....	7
4.3 Modo aéreo.....	12
4.3 Modo marítimo.....	14
4.4 Modo carretero.....	16
4.3 Modo férreo.....	18
4.4 Modo fluvial.....	19
<b>5. MODELO DE CRECIMIENTO.....</b>	<b>20</b>
5.1 Modelo adoptado.....	20
5.2 Suposiciones y restricciones del modelo.....	21
<b>6. APLICACIÓN DEL MODELO ADOPTADO.....</b>	<b>23</b>
6.1 Modo marítimo.....	23
6.2 Modo carretero.....	28
<b>7. IMPLICACIONES DEL MODELO DE CRECIMIENTO EN LA INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE TRANSPORTE.....</b>	<b>33</b>
<b>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>39</b>

## **1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de la infraestructura de transporte de carga en Colombia ha pasado por diferentes estados de evolución. Inicialmente se transportó toda la carga nacional en lo que antiguamente se llamaba “A lomo de Mula”, grandes rebaños de mulas cargadas dirigidas por un grupo de arrieros hacia los puertos fluviales a través del río Magdalena para su movilización con destino a los puertos de Barranquilla y Cartagena. Posteriormente con la modernización que trajo el automóvil, los empresarios del transporte de carga del país se independizaron y crearon pequeñas empresas transportadoras formando así el principal modo de transporte de carga de la actualidad.

Hoy en día el transporte de carga del país se sigue realizando principalmente por carretera, dejando la infraestructura fluvial y férrea en un estado poco utilizable donde el poco transporte de carga por estos modos se realiza por empresas privadas especializadas en diferentes productos como carbón, cemento e hidrocarburos.

Actualmente el país se encuentra en un proceso de globalización encaminado a la expansión a nuevos mercados y al fortalecimiento de los tradicionales. El fortalecimiento de las relaciones mercantiles es por hoy el camino para el desarrollo económico de las naciones y por lo tanto es de vital importancia evaluar la infraestructura de transporte de carga de un país para alcanzar el desarrollo económico y social.

En el presente estudio se evaluará la infraestructura de transporte de carga en el país por cada uno de los modos que la conforman. En primera instancia, en el Capítulo 4 se caracterizará esta infraestructura para enmarcar la importancia de cada uno de los modos y

el papel que juegan dentro del transporte de carga en el país. Se presentan las bases económicas que caracterizan al sector transporte dentro de la economía colombiana, el registro histórico de la cantidad de carga en toneladas que se han movilizadas por los diferentes modos y las diferencias en el transporte de carga nacional y la carga de comercio exterior.

En el capítulo 5 se presenta una descripción más detallada de cada uno de los modos de transporte de carga del país y su participación en el total de la carga.

En el capítulo 6 se presenta el modelo de crecimiento adoptado para determinar los posibles crecimientos de carga en cada modo y de la misma forma en el capítulo 7 se presentan los resultados obtenidos por cada modo.

El capítulo 8 presenta el impacto inmediato que se tendría en la infraestructura actual de transporte debido a los crecimientos encontrados en el capítulo 7 y por último las conclusiones y las recomendaciones propuestas para futuras investigaciones en el tema.

## **2. OBJETIVO GENERAL**

El objetivo principal de la presente investigación es conocer la forma en que se realiza el transporte de carga en Colombia y a su vez determinar unos posibles escenarios de crecimiento mediante la utilización de modelos matemáticos para evaluar la capacidad de los modos que intervienen en la movilidad de la carga por el territorio nacional y determinar los puntos críticos de la infraestructura colombiana.

### **3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Entender el comportamiento de la movilidad de la carga por el territorio nacional mediante la utilización del registro histórico de los diferentes modos que intervienen en dicha movilidad.
- Generar un modelo de crecimiento que permita estimar la cantidad de carga que se transportará en los próximos años por cada uno de los modos estudiados. Se espera entender el comportamiento de las variables que se involucran en el problema.
- Analizar los resultados del modelo de crecimiento sobre los modos estudiados.
- Conocer las implicaciones en la infraestructura de transporte actual de acuerdo a los resultados del modelo adoptado.

## **4. CARACTERIZACIÓN DEL TRANSPORTE DE CARGA.**

### ***4.1 Aspectos generales***

En el presente capítulo se tratará el tema de la forma en que se realiza el transporte de carga en nuestro país. Inicialmente se estudiarán las características generales del transporte de carga y luego se determinarán las características de cada uno de los modos que intervienen en la movilidad de la carga.

### ***4.2 Generalidades del transporte de carga en Colombia***

Para poder entender el funcionamiento de la infraestructura de transporte de carga del país es necesario comprender inicialmente el comportamiento económico del sector transporte dentro de la economía Colombiana.

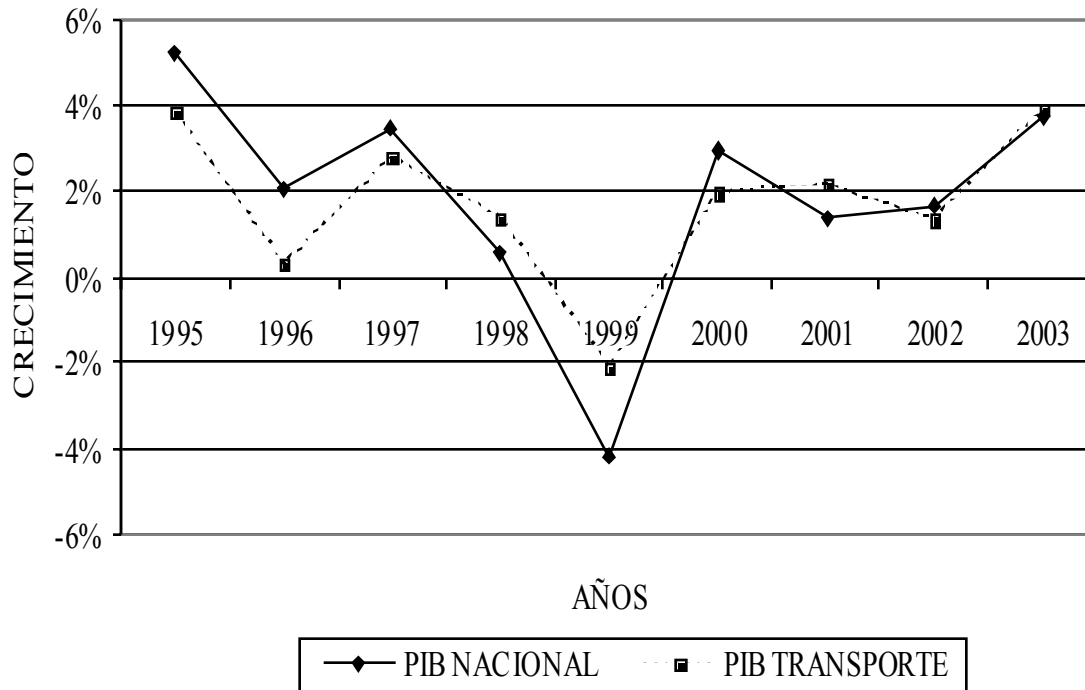
De acuerdo a las cifras proporcionadas por el DANE, el Producto Interno Bruto o PIB ha crecido en promedio 3.3% en los años 2002-2004, superando los inconvenientes en la economía nacional dejados por la recesión económica de los años 97-99. En la Figura 1 se puede apreciar el crecimiento económico comparado con el crecimiento del sector transporte.

Como se observa en la Figura 1, el comportamiento del crecimiento del PIB Transporte es muy similar a la tendencia de crecimiento del PIB Nacional.

En términos generales, el PIB Transporte corresponde en promedio al 5.5 % del total del PIB Nacional en los últimos 12 años. Esta participación es sustancial para la economía

nacional considerando que el sector de la Construcción tiene una participación en promedio del 5.8% o el sector Comercio con una participación promedio del 8.1%.

**Figura 1. Crecimiento PIB – PIB Transporte. Fuente: DANE, 2005**

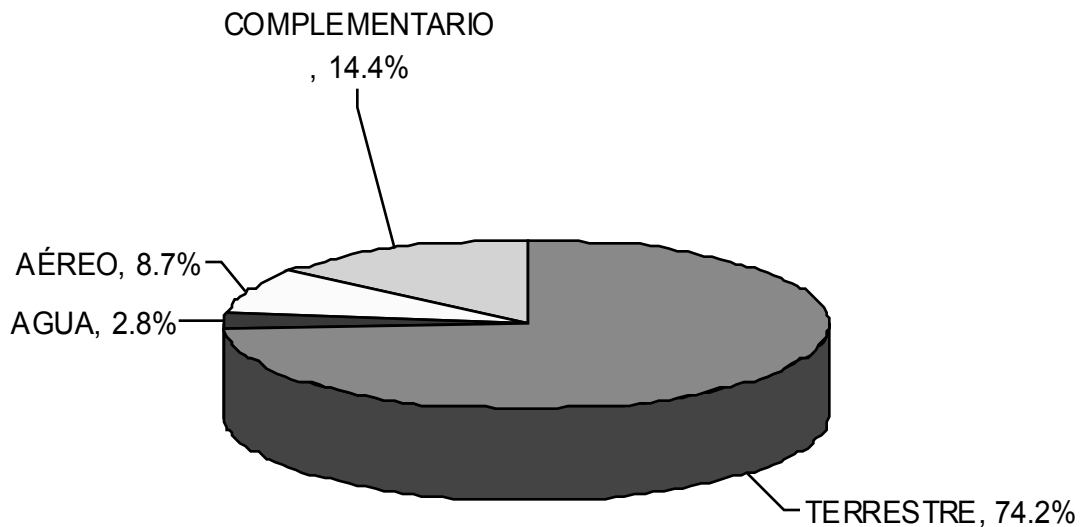


En la base de las cuentas nacionales (1994) el sector transporte se encuentra desagregado en 4 grupos de acuerdo al tipo de servicio de transporte que se esté prestando. En la Figura 2 se muestra la participación promedio de cada uno de los servicios de transporte. El servicio de transporte terrestre que agrega todo el transporte férreo, por carretera y tuberías es el que mayor participación (74.2% en promedio) tiene dentro de la cuenta estudiada. Es así como se puede ir destacando la importancia del transporte terrestre dentro de la actividad de transporte de carga. Le sigue los servicios complementarios con una participación en promedio de 14.4%, indicando la importancia de las actividades relacionadas con el transporte como los servicios de almacenaje, manipularon de carga, estaciones de transporte, etc. Seguidamente se encuentran los servicios de transporte aéreo con una



participación del 8.7% y los servicios de transporte por agua con el 2.8%, indicando la poca participación de este modo en uno de los transportes más eficientes del mundo.

**Figura 2. Participación promedio de los servicios de transporte dentro de la cuenta del PIB Transporte.**



Continuando con la caracterización se puede analizar de la Tabla 1 la forma en que se transporta la carga dentro del territorio nacional. En el caso del transporte por el modo carretero, la participación promedio a lo largo de los últimos 10 años fue del 75%, cabe anotar que su participación ha disminuido entre los años 2000-2003 pasando de participar con el 80% en el año 1995 a un 67% en el año 2003.

Le sigue la participación del modo férreo con un 20% en promedio y un aumento del 110% en su participación pasando de 13.3% en el año 1994 a un 28% en el año 2003. Seguidamente se encuentra el modo fluvial con una participación promedio del 2.7%. Este modo no ha presentado variación a lo largo de los años estudiados. Le sigue el transporte

por cabotaje o entre terminales marítimos con una participación similar a la del modo fluvial del 2.3% y por último está el modo aéreo con una participación promedio del 0.11%.

**Tabla 1. Transporte de carga nacional en miles de toneladas. Fuente: Min. Transporte, 2004a.**

<b>Año</b>	<b>Carretera</b>	<b>Ferrocarril</b>	<b>Fluvial</b>	<b>Aéreo</b>	<b>Cabotaje</b>	<b>Total</b>
95	86,742	14,616	2,634	140	4,000	108,132
96	92,920	16,335	3,062	142	4,324	116,783
97	89,400	17,206	2,755	139	3,997	113,497
98	85,994	22,621	3,049	119	4,009	115,791
99	77,674	25,402	3,735	134	1,385	108,330
2000	73,034	31,170	3,802	100	797	108,903
2001	100,284	33,457	3,069	104	1,439	138,353
2002	101,889	31,032	3,480	122	1,228	137,751
2003	105,251	42,744	3,725	131	1,005	152,856

En conclusión, el modo carretero es el más importante para el transporte de carga a nivel nacional y por lo tanto la infraestructura vial es la de mayor importancia para continuar con el desarrollo económico del país.

Pasando al transporte de carga de comercio exterior se puede observar en las Tablas 2-3 la cantidad de toneladas que transporta cada uno de los diferentes modos de transporte involucrados en cada caso. En el caso de las exportaciones, el modo más importante es el marítimo con una participación promedio de 97.5%, seguido del modo carretero con una participación promedio del 2% y por último el modo aéreo en promedio con 0.5%. La

participación de cada uno de los modos se ha mantenido a lo largo del periodo de tiempo ilustrado.

En el caso de las importaciones el modo marítimo vuelve a demostrar su importancia con una participación promedio del 88.5% seguido del modo carretero con una participación promedio de 10% y por último el modo aéreo con una participación promedio de 1.5%. De igual forma que las exportaciones, la participación de cada uno de los modos se ha mantenido en el lapso de tiempo comprendido.

**Tabla 2. Total de exportaciones de Colombia en miles de toneladas discriminadas por modo de transporte. Fuente: Min. Transporte, 2004a.**

Año	Carretera	Aéreo	Transporte Marítimo			Total Exportaciones
			M. Privados	P. Regionales	P. Especiales	
94	1,011	191	7,877	3,041	26,657	38,778
95	812	215	2,841	3,440	35,476	42,785
96	778	207	4,002	4,063	44,851	53,901
97	1,038	246	3,886	3,823	45,776	54,770
98	1,087	239	4,179	3,790	52,889	62,185
99	931	243	4,178	3,791	58,107	67,251
2000	1,184	251	1,950	5,586	53,882	62,853
2001	1,472	243	3,367	4,359	54,193	63,633
2002	1,195	257	2,926	4,934	49,577	58,889
2003	1,063	299	4,098	6,159	49,475	61,095

Si se analiza el total de exportaciones e importaciones el modo marítimo participa en promedio con el 96% del total de la carga de comercio exterior. Es así como se evidencia

la importancia de este modo de transporte en la actividad económica del país y su infraestructura junto con la vial, son las de mayor valor para la economía colombiana.

**Tabla 3. Total de importaciones de Colombia en miles de toneladas discriminadas por modo de transporte. Fuente: Min. Transporte, 2004a.**

Año	Carretera	Aéreo	Transporte Marítimo			Total Importaciones
			M. Privados	P. Regionales	P. Especiales	
94	774	212	2,830	5,753	1,827	11,397
95	1,552	190	3,128	5,949	1,641	12,459
96	1,549	176	3,518	6,978	1,284	13,506
97	1,754	221	3,557	7,387	1,742	14,662
98	1,369	208	3,645	7,995	1,621	14,837
99	1,081	147	3,297	6,826	1,094	12,445
2000	1,313	137	2,703	7,643	901	12,698
2001	1,306	130	2,912	7,220	294	11,862
2002	1,222	128	2,261	8,725	240	12,576
2003	1,214	146	2,752	8,626	580	13,318

#### 4.3. Modo Aéreo

Como se observó en las Tablas 1-3, la importancia de los terminales aéreos dentro del total de la infraestructura de transporte de carga es baja, aunque se estudiará el estado de cada uno de los modos de transporte que conforman el total de la infraestructura del país. De acuerdo a la Tabla 1, en el año 2003 se transportaron por los aeropuertos del país un total de 131.000 toneladas, de las cuales el 65% se realizó entre los terminales aéreos de Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla. Analizando las estadísticas de viajes de carga por cada

terminal aéreo del país, el porcentaje de concentración de las terminales mencionadas se mantiene a lo largo de los últimos 6 años. En la Tabla 4 se puede observar la carga manipulada en cada terminal aéreo y su participación porcentual promedio en el total de la carga nacional por aire. Es importante resaltar el caso del terminal de Bogotá, el cual maneja en promedio el 40% del total de la carga nacional transportada por vía aérea.

En el caso de la carga de comercio exterior, la concentración del manejo de la carga por el modo aéreo entre las terminales estudiadas es del 99.5% en promedio, es decir que toda la carga de comercio exterior (importaciones y exportaciones) se maneja entre estas cuatro terminales.

**Tabla 4. Carga nacional modo aire transportada por las principales terminales aéreas en miles de toneladas. Fuente: Aerocivil, 2003**

Terminales	Años				
	2000	2001	2002	2003	2004
Bogotá	39,970	41,569	48,763	52,381	51,011
Medellín	10,035	10,436	12,242	12,522	13,321
Barranquilla	8,958	9,317	10,929	11,433	12,964
Cali	6,511	6,771	7,943	7,761	9,470
% Participación promedio	66.4%	65.3%	66.2%	65.1%	65.8%

Es destacable la importancia del terminal de Bogotá que maneja en promedio el 77% de la carga de exportaciones e importaciones por vía aérea. Actualmente este terminal se encuentra en proceso de intervención para mejorar su capacidad operativa, dadas las condiciones mencionadas.

**Tabla 5. Carga de comercio exterior modo aire transportada por las principales terminales aéreas en miles de toneladas. Fuente: Aerocivil, 2003**

Terminales	Años				
	2000	2001	2002	2003	2004
Bogotá	300,129	287,683	297,452	355,126	375,729
Medellín	58,689	56,255	58,165	59,475	84,699
Barranquilla	5,871	5,628	5,816	7,336	6,912
Cali	22,708	21,767	22,506	22,018	33,893

#### 4.4 Modo Marítimo

De acuerdo a la caracterización realizada, el modo marítimo es el principal modo de transporte de carga de comercio exterior con que cuenta el país. Con una participación en promedio del 96% del total de la carga que importa y exporta el país, los componentes de este modo se convierten en los puntos más críticos de toda la infraestructura de transporte de carga del país.

Si se analiza la carga movilizada por cada uno de los terminales marítimos de Colombia se puede observar que la distribución no presenta concentraciones importantes como el modo aéreo. En la Tabla 6 se presenta la distribución porcentual del manejo del total de la carga por modo marítimo.

Los terminales más importantes son el de la Guajira y el del Golfo de Morrosquillo, seguidos por los terminales de Cartagena y Santa Marta. Estos terminales marítimos son los que en las Tablas 2-3 se denominan puertos especializados, debido que a través de estos se realiza toda la exportación de carbón (La Guajira y Santa Marta) y petróleo (Golfo de Morrosquillo y Cartagena).

**Tabla 6. Participación porcentual del manejo de carga de comercio exterior por modo marítimo. Fuente: Supertransporte, 2003**

Terminales Marítimos	Años				
	1998	1999	2000	2001	2002
Barranquilla	4.9%	4.6%	4.5%	5.0%	6.1%
Buenaventura	9.2%	7.8%	9.2%	8.7%	11.8%
Cartagena	11.7%	12.5%	12.4%	14.6%	12.8%
La Guajira	23.2%	24.1%	29.4%	25.8%	16.1%
Santa Marta	18.1%	15.1%	17.5%	24.1%	41.0%
Golfo de Morrosquillo	29.5%	32.2%	24.9%	20.0%	10.6%
Tumaco	1.4%	1.0%	0.8%	0.3%	0.1%
Turbo	1.9%	2.4%	1.3%	1.4%	1.6%
San Andrés Isla	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%

En el año de 1991, el gobierno cambió sustancialmente la operación de los terminales marítimos diferenciando 3 tipos de puertos, los regionales o sociedades portuarias, los especializados y los terminales privados. Evaluando el aporte de los puertos regionales dentro del total del manejo de carga por el modo marítimo, se encuentra que estos manejan en promedio un 17% del total de la carga de comercio exterior por modo marítimo. Es un porcentaje bajo pero representa el tipo de carga representativo en el comercio exterior colombiano, es decir, no se incluye la carga por puertos privados (el comercio de petróleo y carbón que representan el 72% en promedio del total de la carga por modo marítimo). Evaluando los puertos regionales en promedio el terminal de Buenaventura participa con la movilización del 51% del total de carga exportada e importada por este tipo de puertos, le sigue el terminal de Santa Marta con 23%, Barranquilla y Cartagena con una participación

promedio del 13% cada una. De esta forma se evidencia la importancia del terminal del Buenaventura para el comercio exterior colombiano.

#### ***4.5 Modo Carretero***

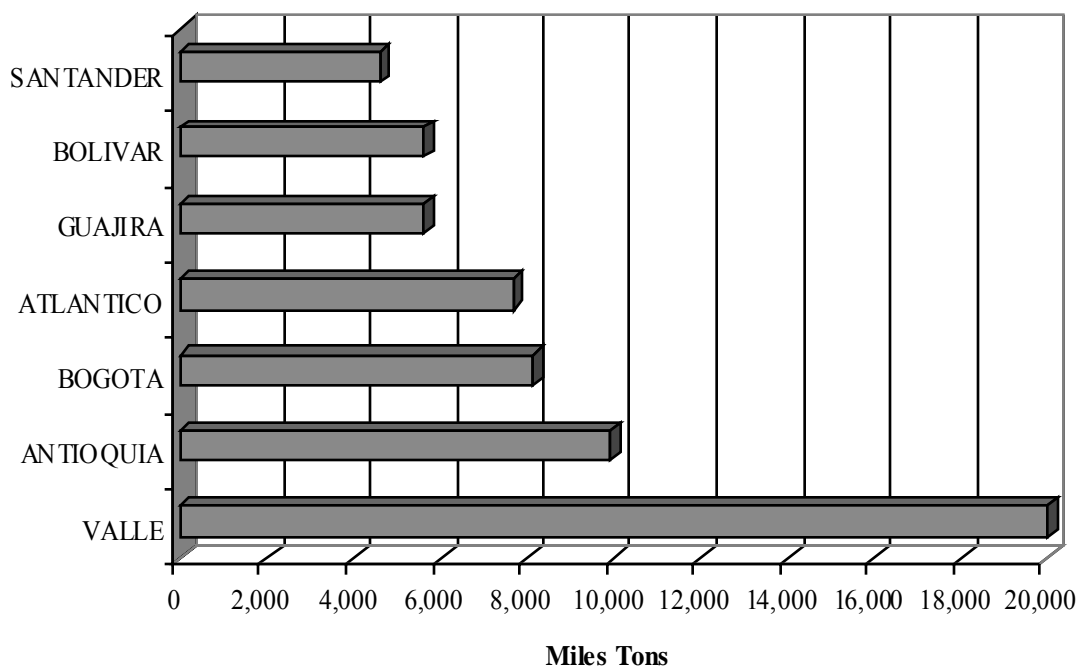
De acuerdo a la Tabla 1 por el modo carretero se moviliza en promedio el 75% del total de la carga nacional. Este porcentaje refleja la concentración de la movilidad de carga por un mismo modo, que puede traer complicaciones a la hora de presentarse inconvenientes por este modo. Si se analiza más la Tabla 1 se puede concluir que el modo carretero posee una participación mayor de la movilidad de la carga nacional ya que por el modo férreo, que participa con el 20% en promedio, se transporta principalmente carbón (casi un 98% del total por modo férreo).

Estudiando un poco la movilidad de la carga por modo carretero, el Ministerio de Transporte realiza anualmente encuestas de origen destino del transporte de carga por el país. De acuerdo con la encuesta de 2003, en promedio el 62% del total de la carga se origina en los departamentos de Valle del Cauca 20.4%, Antioquia 10%, Bogotá 8.2%, Atlántico 7.7% Guajira 5.6%, Bolívar 5.6% y Santander 4.6%. Por otro lado, el 64% de la carga se dirige hacia los departamentos de Bogotá 16.1%, Valle 15.2%, Antioquia 12.4%, Magdalena 7.7%, Atlántico 6.7% y Bolívar 6.1%. (Figuras. 3-4).

De acuerdo a la Figura 3 se puede observar la importancia del terminal marítimo de Buenaventura como entrada de la mayor cantidad de comercio exterior del país. El número de toneladas que se originan en el departamento del valle duplica el número de toneladas que se originan en el departamento de Antioquia y Bogotá.

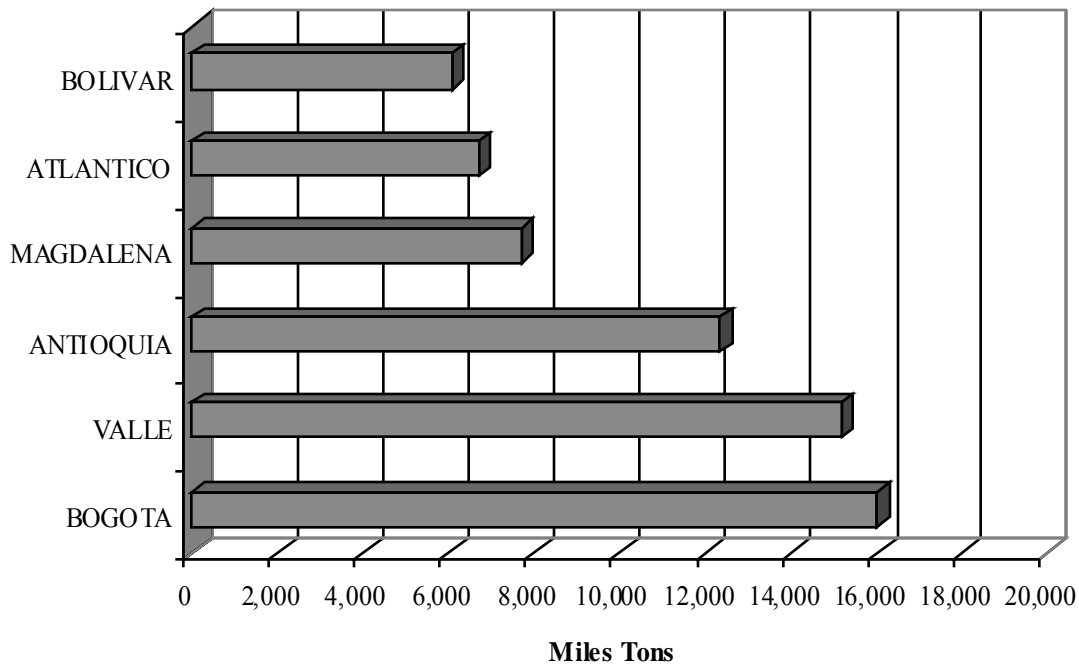


**Figura 3. Distribución del origen de la carga transportada por modo carretero en 2003. Datos de Min Transporte, 2004c.**



Por otra parte en la figura 4 se observan los principales destinos de la carga por modo carretero en el 2003. Bogotá lidera el destino de la carga nacional por este modo seguido de Valle y Antioquia. A nivel de destino de carga no es clara la importancia entre las ciudades aunque los principales destinos se encuentran en los principales centros urbanos del país lo cual sustenta la afirmación de la centralización de la economía colombiana. De acuerdo a lo anterior, en promedio el 65% de toda la carga transportada por modo carretero se realiza por los corredores viales de Buenaventura - Barranquilla, Buenaventura - Medellín, Medellín - Bogotá y Medellín - Barranquilla. Estos corredores viales pertenecen a la red primaria del INVIAS y presentan iguales características de los otros corredores viales nacionales.

**Figura 4. Distribución del destino de la carga transportada por modo carretero en 2003.  
Datos de Min Transporte, 2004c.**



#### **4.6 Modo Férreo**

En los años 1998 y 1999 se dio cumplimiento a lo estipulado en el documento CONPES 2776 de 1995 en el cual se hace referencia a la estrategia para el uso y modernización de la Red Férrea. Dicho documento propuso entregar en concesión la operación de la infraestructura férrea del país. En 1998 se entrega la concesión férrea del pacífico con 498 Km y en 1999 se entrega la concesión férrea del atlántico con 1493 Km.

Actualmente la concesión Red Férrea del Atlántico es manejada por la empresa Ferrocarriles del Norte de Colombia FENOCO con un contrato a 30 años. Dicha concesión está encargada de la rehabilitación de 1118 Km de vías férreas en un plazo de 8 años a partir de 2001. La Red Férrea del Pacífico fue entregada en concesión a la empresa Tren de

Occidente S.A. por una duración de 30 años. Dicha concesión consta de 498 Km de los cuales 490 Km están para rehabilitación desde el 2000. Colombia posee adicionalmente de 1185 Km de vías férreas inactivas las cuales se encuentran en estado deplorable y su rehabilitación no está contemplada en planes de inversión de corto y mediano plazo.

#### ***4.7 Modo Fluvial***

Acorde con la Tabla 1, este modo representa el 2.7% del total de la movilidad de la carga nacional. El transporte por modo fluvial se realiza principalmente por el río Magdalena, por el cual se transporta en promedio el 60% del total de la carga por este modo. Los principales productos que se transportan por este río son los hidrocarburos con el 58% de participación y el carbón con 25% de participación, adicionalmente el carbón y los hidrocarburos son los únicos productos que presentan un crecimiento de transporte por este medio.

La infraestructura fluvial se encuentra en un estado de abandono de los principales puertos de los ríos y los propios ríos, haciendo que el transporte por los mismos sea ineficiente. Actualmente Colombia cuenta con 24.725 Km de principales ríos de los cuales 18.200 Km son navegables y solo 4.210 Km adecuados para transporte de carga, un 23%.

## 5. MODELO DE CRECIMIENTO

### 5.1 Modelo adoptado

El modelo de crecimiento adoptado para estudiar el comportamiento futuro del transporte de carga se basa en el comportamiento de cada uno de los modos de transporte involucrados. En las Tablas 1-3 se puede observar el registro histórico tanto de la movilidad de la carga en cada modo a nivel nacional como la movilidad de la carga por modo de comercio exterior. De acuerdo a lo anterior, se estiman las tasas de crecimiento de cantidad de toneladas en promedio anual de cada uno de los modos y se determina la cantidad de carga anual por modo de acuerdo a la siguiente expresión:

$$CT_i = CN_i + CE_i + CI_i \quad (1)$$

donde CT es la carga total del modo; CN la carga nacional; CE la carga de exportación; CI la carga de importación.

Cada una de las variables antes descritas se estima para cada uno de los modos de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$CN_i = CN_{i-1} \times (1 + TN) \quad (2)$$

$$CE_i = CE_{i-1} \times (1 + TE) \quad (3)$$

$$CI_i = CI_{i-1} \times (1 + TI) \quad (4)$$

donde TN es la tasa de crecimiento de carga nacional; TE es la tasa de crecimiento de carga de exportación; y TI la tasa de crecimiento de carga de importación. Para cada una de las ecuaciones 2-4, se toma  $i_0$  como el año 2004.

---

Las tasas de crecimiento  $T$  se definen como variables aleatorias con distribución normal con media  $\mu$  y desviación estándar  $\sigma$  ( $T \sim N(\mu_T, \sigma_T)$ ). La media  $\mu$  inicial, se determina de acuerdo al registro histórico de los datos de transporte de carga de cada modo y su varía de acuerdo a la tasa de crecimiento del años anterior.

Se utilizaron técnicas de simulación de Monte Carlo (Sánchez, 2005) para estimar las tasas  $T$  de acuerdo a los parámetros  $\mu$  y  $\sigma$ , variando la desviación estándar en la simulación, y de esta manera se tiene en cuenta la variabilidad que puede presentar las estimaciones futuras.

Para el modo férreo y fluvial las variables CE y CI son 0 debido a que por estos modos no se realiza carga de comercio exterior. De la misma manera para el modo marítimo, la variable CN es 0.

## ***5.2 Suposiciones y restricciones del modelo***

El modelo de crecimiento tiene como principal suposición el comportamiento futuro de la cantidad de carga que se trasportará por cada modo de transporte. Este comportamiento adoptado es una idealización del comportamiento que tendrían los diferentes modos y se basa en el registro histórico de cada uno.

Se realizaron 3 escenarios de crecimiento diferentes para cada modo, un escenario pesimista, uno moderado y otro optimista. Cada escenario representa una tasa de crecimiento diferente  $T$  la cual se determina de acuerdo a la simulación realizada y al comportamiento de la serie histórica de cada modo.

En el escenario pesimista se toma el menor crecimiento de los datos que se presentaron en el registro histórico. En el escenario moderado se estima un crecimiento promedio de

acuerdo al total de los datos recopilados en el registro histórico, y en el escenario optimista se toma el mayor crecimiento de la serie en un periodo de tiempo dado. En la sección de los resultados del modelo se podrá apreciar de forma más clara las anteriores suposiciones.

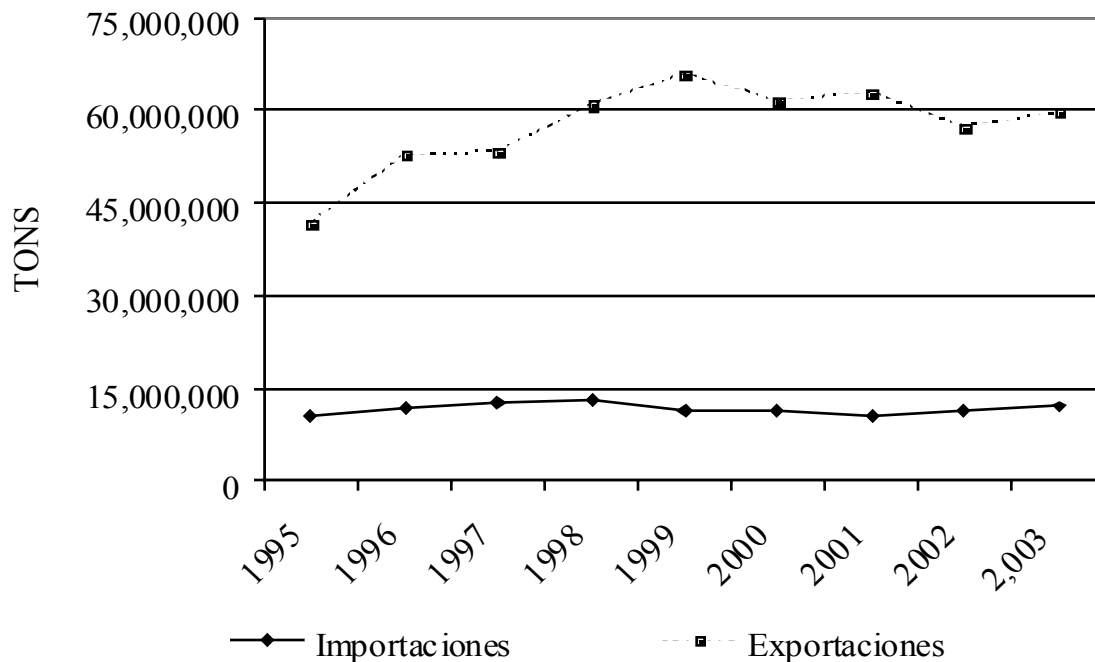
## 6. APLICACIÓN DEL MODELO ADOPTADO

El modelo explicado en la Sección 3 se aplicó para los modos marítimo y carretero, puesto que estos son los que movilizan la mayor cantidad de carga tanto nacional como de comercio exterior.

### 6.1 Modo Marítimo

El modo marítimo es el modo más importante de movilización de carga de comercio exterior del país. De acuerdo a las Tablas 2-3, la participación de este modo en el total de carga de comercio exterior es del 96%.

*Figura 5. Evolución de la carga de comercio exterior por modo marítimo. Datos de Min Transporte, 2004b.*

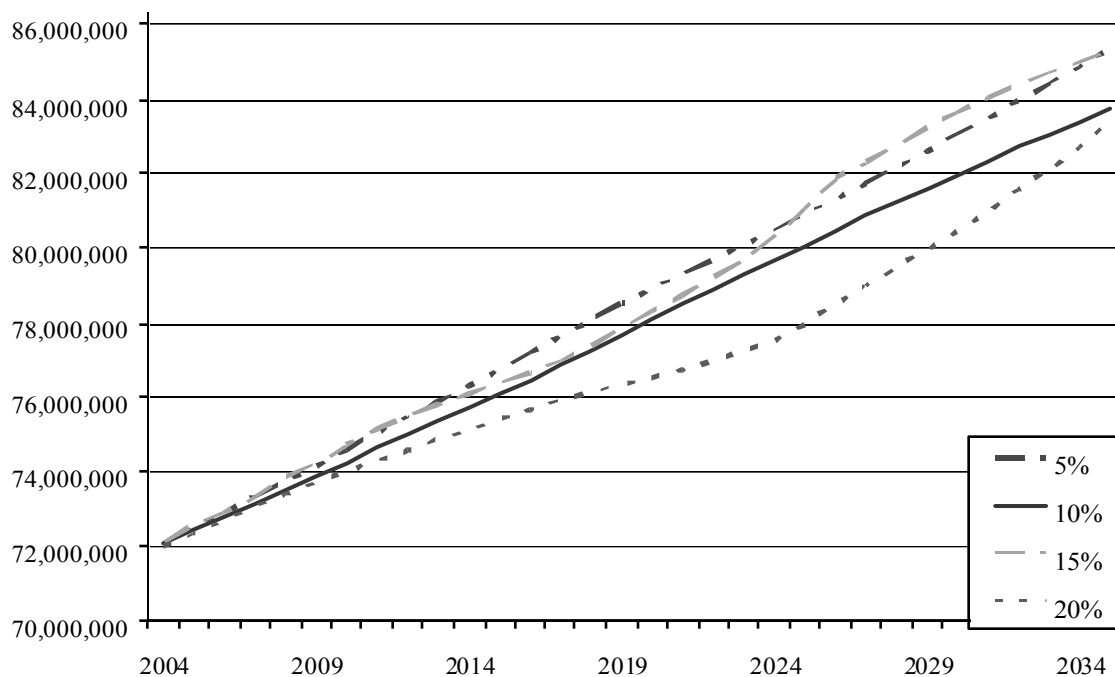


Analizando la serie histórica de transporte de carga por el modo marítimo se puede observar un incremento de las importaciones del 11.6% pasando de 10.7 millones de toneladas importadas en 1995 a 11.9 millones en 2003. En el caso de las exportaciones se

paso de una carga de 41.7 millones de toneladas en 1995 a 59.7 millones en 2003 con un incremento total de 43.2%. De acuerdo a la Figura 5 y a los datos presentados en las Tabla 2-3, se estiman las tasas promedio  $\mu$  para cada uno de los escenarios propuestos y se aplica el modelo de crecimiento de la sección 3. Para cada uno de los escenarios se simuló la carga variando el coeficiente de variación (5%, 10%, 15% y 20%).

En la Figura 6 se puede observar el resultado del modelo en un escenario pesimista para una simulación específica. Se utilizó una media  $\mu$  de 0.8% para el caso de la carga de importación y 0.5% para el de exportación. En la figura se puede observar la incidencia de la variación del coeficiente de variación, dicha incidencia es mínima, la variación de los resultados de cada curva de crecimiento radica en el comportamiento del modelo y no en el efecto de aumentar el coeficiente de variación.

**Figura 6. Resultados de la simulación del modelo de crecimiento para el modo marítimo en un escenario pesimista.**

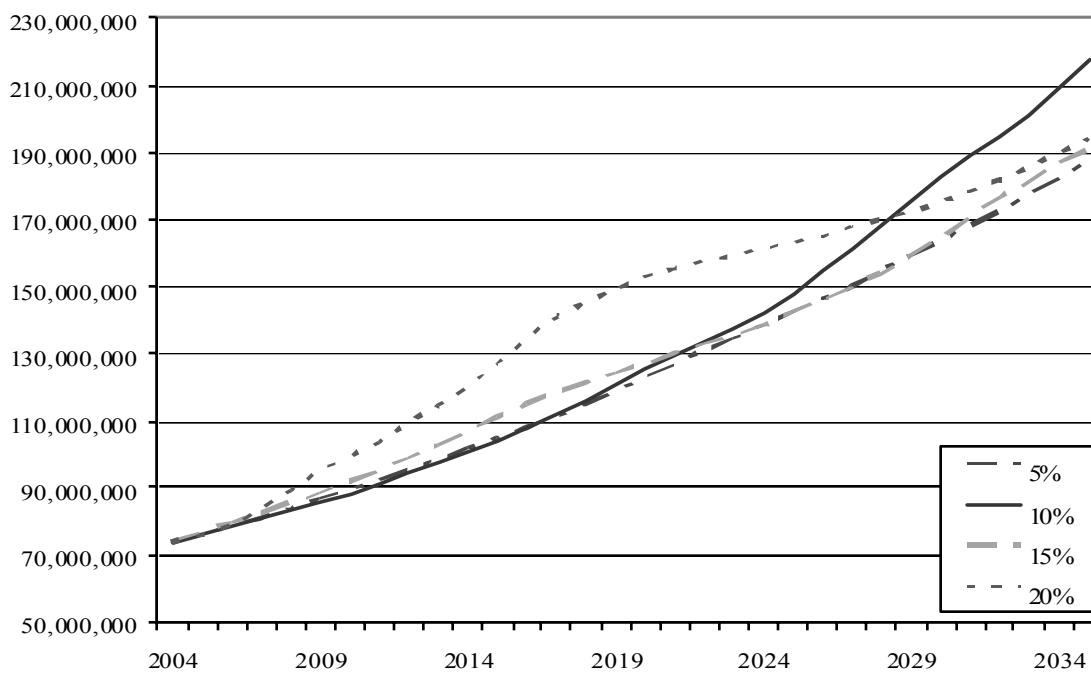




De acuerdo a los datos de esta simulación, en un escenario pesimista, es decir con tasas de crecimiento muy bajas, la carga transportada por modo marítimo en el año 2035 sería de 84 millones de toneladas, un incremento de 16.5% en 30 años. Este resultado se puede comparar con el registro histórico, donde la carga por este modo tuvo un aumento de 78% entre los años 1991 y 2003.

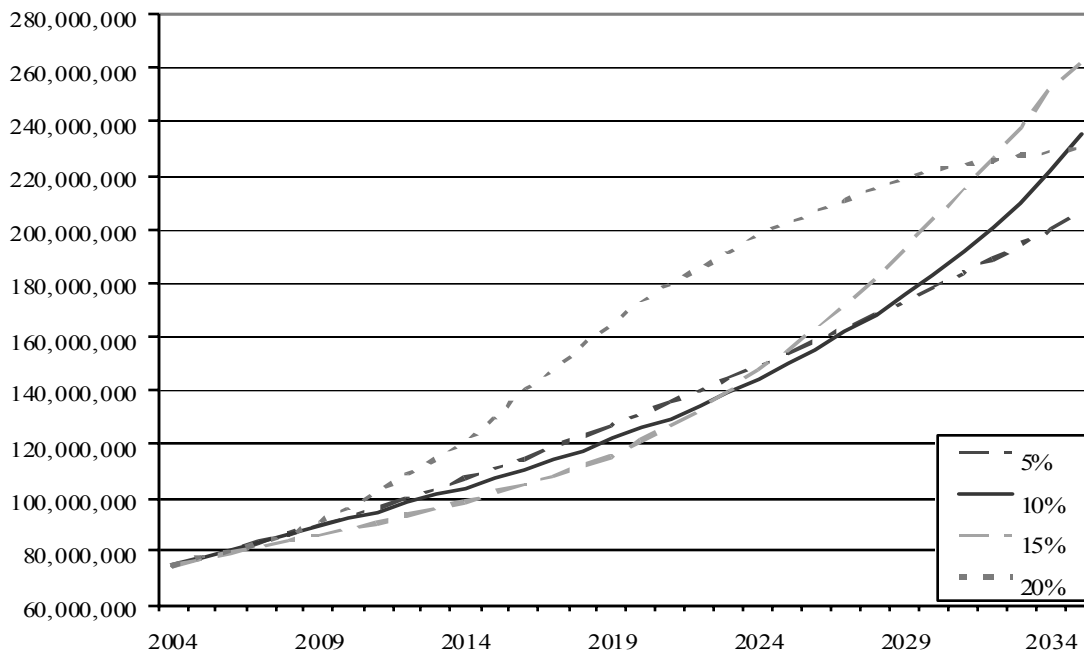
En la Figura 7 se puede observar el resultado del modelo aplicado al modo marítimo para un crecimiento moderado del transporte de carga. Para esta modelación se utilizó una media de  $\mu$  de 2.4% para el caso de la carga de importación y 3% para el caso de la carga de exportación. Igualmente que el caso pesimista, no existe un cambio en los resultados por aumentar el coeficiente de variación del 10% al 40%, nuevamente las variaciones se deben al modelo como tal.

**Figura 7. Resultados de la simulación del modelo de crecimiento para el modo marítimo en un escenario moderado.**



Los datos obtenidos en un escenario moderado indican que la carga por modo marítimo tendría un crecimiento del 153% en los 30 años de estudio, al pasar de 75 millones de toneladas en 2005 a 190 millones en 2035. Ese crecimiento es comparable con el crecimiento de los datos del registro histórico ya que si se evalúan los crecimientos en el mismo periodo de tiempo (13 años), estos serían similares, 65% para el escenario moderado contra 78% del histórico de datos.

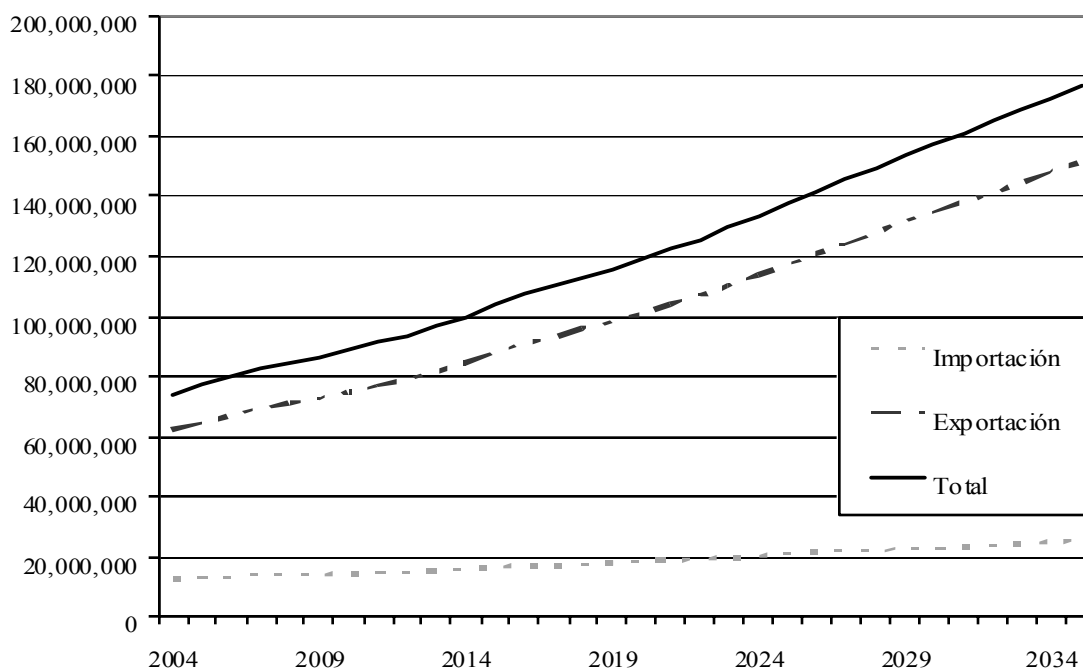
**Figura 8. Resultados de la simulación del modelo de crecimiento para el modo marítimo en un escenario optimista.**



Por último en la Figura 8 se muestran los resultados del modelo en un escenario optimista. Igualmente, la tendencia del crecimiento de los datos cambia alrededor del año 2016 por las tasas utilizadas. Para esta modelación se utilizó una media  $\mu$  de 3.8% para las importaciones y 4% para las exportaciones. En un escenario optimista, para el año 2035 se esperaría una carga total por modo marítimo de 230 millones de toneladas con un crecimiento del 200% en los 30 años. Tomando un crecimiento en un periodo de tiempo

igual al histórico, en los primeros 13 años la carga aumentaría en un 86%, un poco más elevado que el crecimiento promedio del registro histórico.

**Figura 9. Resultados de la simulación del modelo de crecimiento para el modo marítimo por tipo de carga en un escenario moderado.**



En cada uno de los escenarios estudiados para el modo marítimo, los resultados obtenidos presentan crecimientos importantes para este modo. Como se observó, los resultados obtenidos son independientes de las variaciones que puedan presentar las tasas medias seleccionadas. Por otro lado el modelo es sensible a los cambios que se presenten en las variaciones de la covarianza (COV), es de esperar una variación altísima de los resultados para valores de COV altos.

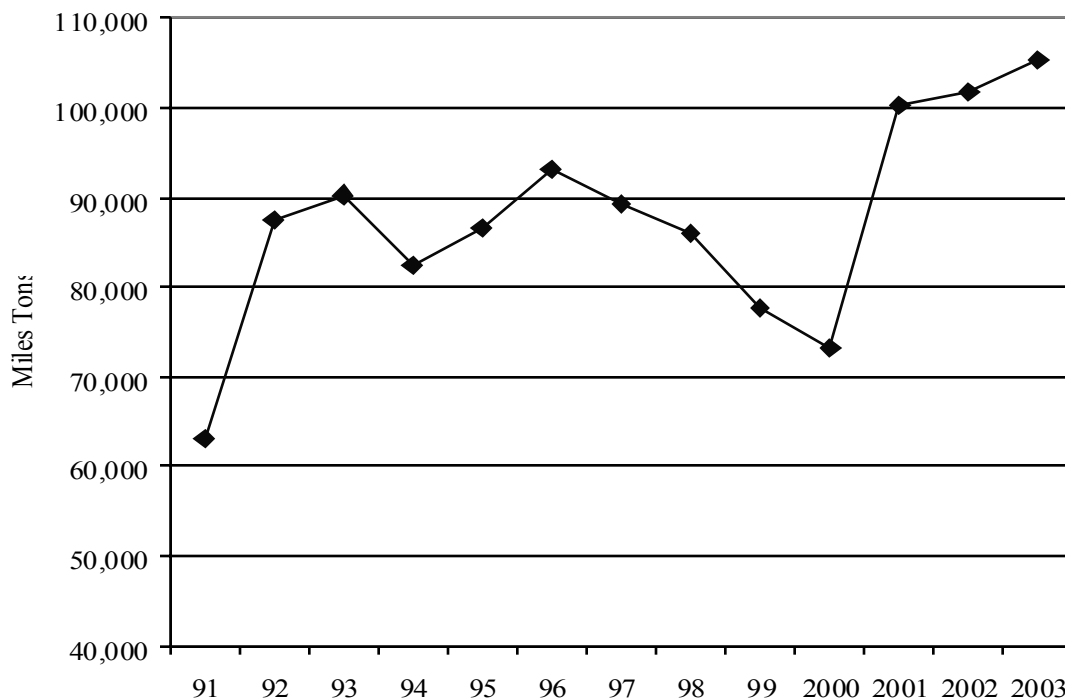
En la Figura 9 se presenta el crecimiento de la carga por este modo en un escenario moderado, indicando la diferencia en el crecimiento de la carga por exportaciones y la

carga por importaciones. Hay una diferencia en los crecimientos de cada una puesto que el registro histórico es diferente para cada caso (Figura 5).

## 6.2 Modo Carretero

El principal modo de transporte de carga nacional es el modo carretero con una participación promedio de 75%. Adicionalmente la participación en la carga de comercio exterior es de 3.5%. De acuerdo a las cifras suministradas por el Ministerio de Transporte, el transporte de carga por el modo carretero ha aumentado un 66% desde el año 1991 pasando de movilizar 66 millones de toneladas en ese año a 105 millones en el 2003.

**Figura 10. Evolución de la carga nacional movilizada por modo carretero. Datos de Min Transporte, 2004b.**



En la Figura 10 se puede observar el comportamiento del transporte de carga nacional por carretera el cual presenta un crecimiento moderado promedio del 1.3% anual. La evolución

indica una caída del 78% de la movilización por este modo entre los años 1996 y 2000, en el año 2001 hubo un crecimiento del 39% y se ha mantenido un crecimiento promedio del 2% entre los años 2001 y 2003. Tomando en cuenta el total del periodo de tiempo evaluado, el modo carretero aumentó su movilidad de carga de 65.5 millones de toneladas en 1991 a 108 millones en 2005, un incremento de 65% en 14 años.

Aplicando el modelo para este modo se estiman inicialmente los valores de  $\mu$  para cada escenario y para cada una de las tasas de crecimiento  $T$ .

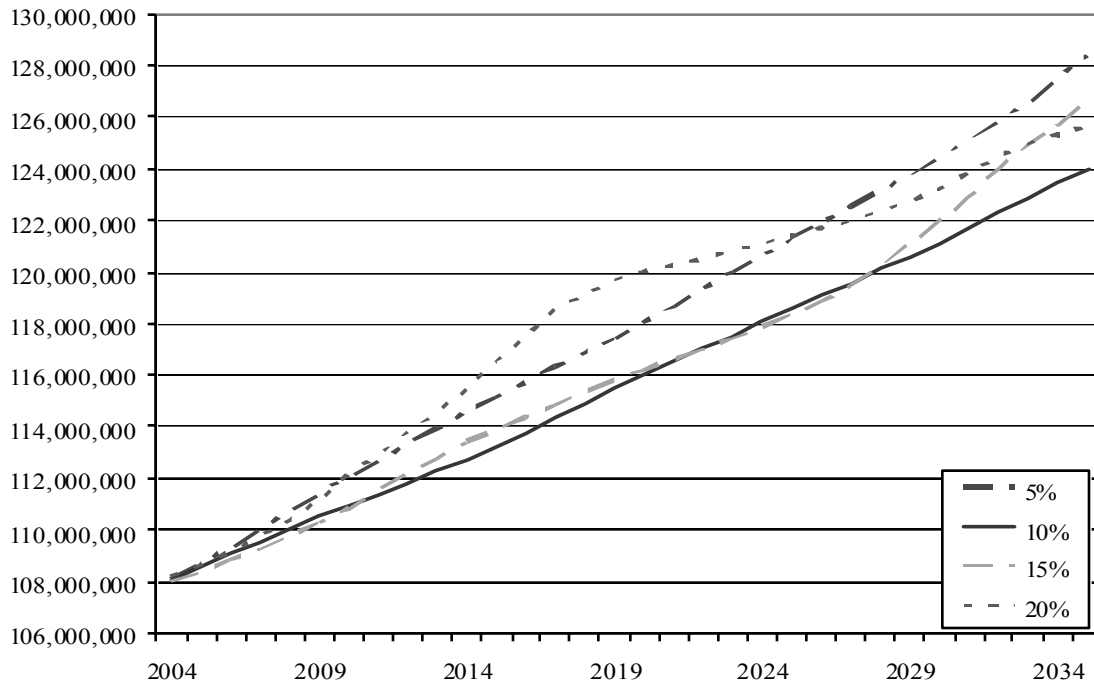
*Tabla 7. Tasas medias  $\mu$  por escenario y tipo, modo carretero*

<b>Escenario</b>	<b><math>\mu_{TN}</math></b>	<b><math>\mu_{TE}</math></b>	<b><math>\mu_{TI}</math></b>
Pesimista	0.5%	0.8%	0.5%
Moderado	1.1%	2.7%	2.5%
Optimista	1.5%	3.8%	3.4%

Los resultados obtenidos para el escenario pesimista se presentan en la Figura 11. Como se mencionó anteriormente, las variaciones en los resultados se presentan por la variación en las tasas de crecimiento que se utilizan en cada simulación.

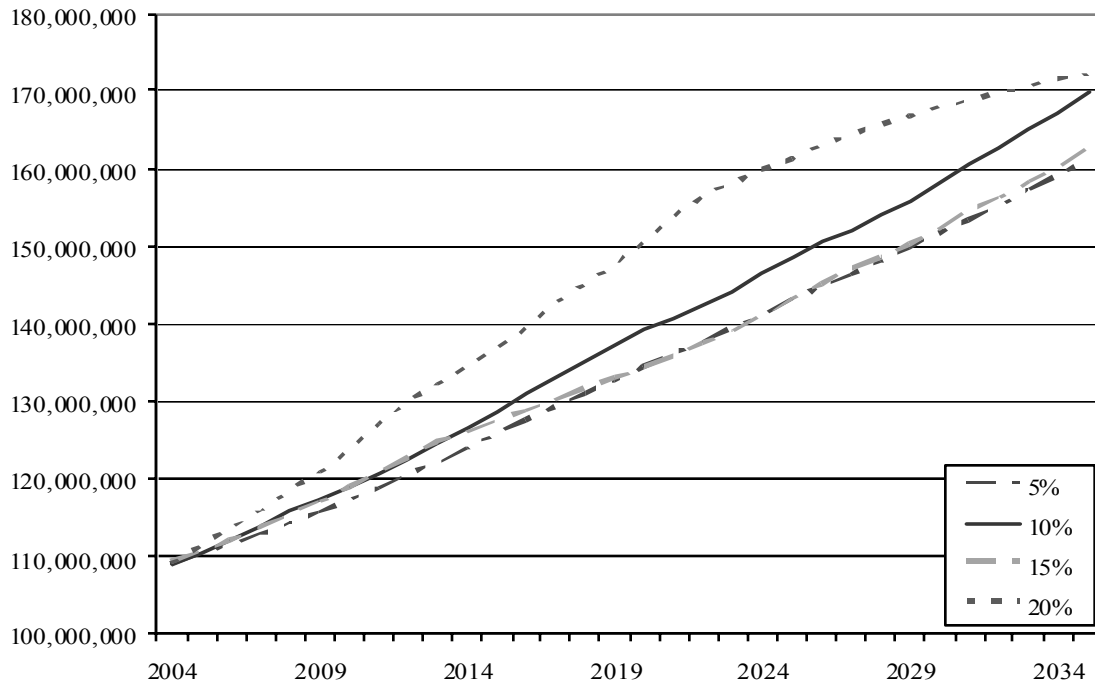
Para un escenario pesimista se tendría una carga de 126 millones de toneladas en el año 2035, es decir un crecimiento de 16.6% en los 30 años y un 8.3% hasta el 2020, comparado con el 66% del crecimiento del histórico si se evidencia la característica de este escenario.

**Figura 11. Resultados de la simulación del modelo de crecimiento para el modo carretero en un escenario pesimista.**

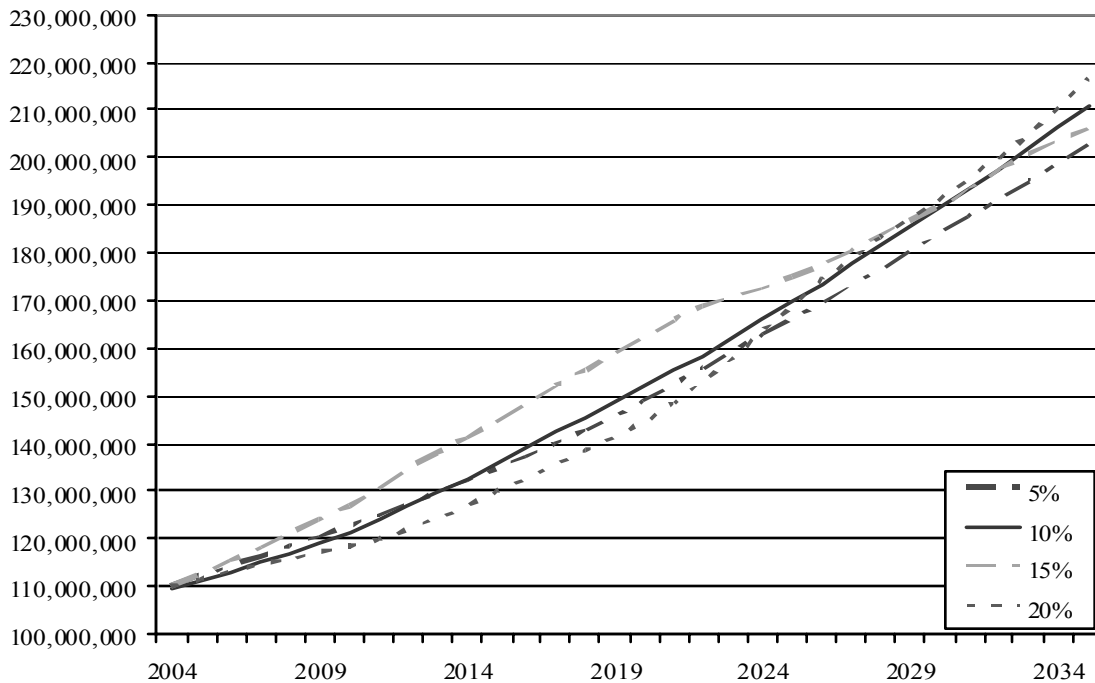


En las Figuras 12-13 se presentan los resultados obtenidos para los escenarios moderado y optimista. En cada uno de ellos en el año 2035 se movilizarían 165 millones y 210 millones de toneladas respectivamente. Los crecimientos en el mismo periodo del histórico serían de 25% para el escenario moderado y de 44% para el optimista. Los anteriores crecimientos se encuentran por debajo del crecimiento histórico, haciendo un poco conservador el modelo aplicado, pero los datos registrados entre los años 1991 y 1992 hacen que los resultados se relacionen con decisiones en materia de comercio exterior, si no se tuviera en cuenta este valor, el crecimiento de la serie histórica sería de 26%.

**Figura 12. Resultados de la simulación del modelo de crecimiento para el modo carretero en un escenario moderado.**

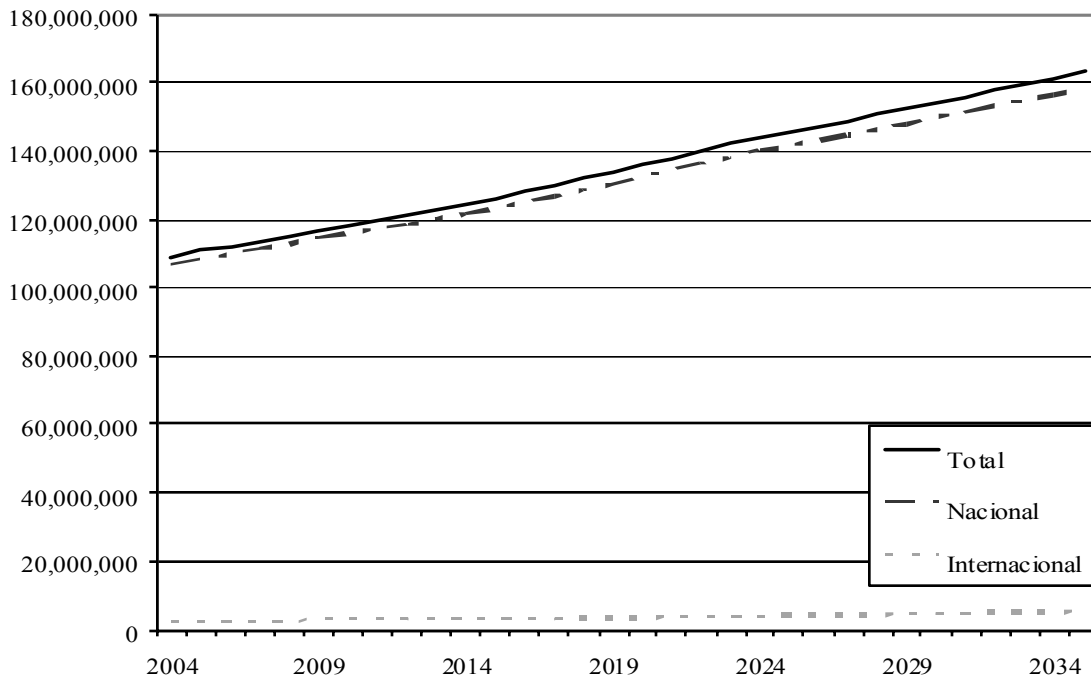


**Figura 13. Resultados de la simulación del modelo de crecimiento para el modo carretero en un escenario optimista.**



En la Figura 14 se presenta el resultado de la simulación para un escenario optimista desagregado el tipo de carga que se trasporta por carretera. Como se observa, la carga nacional es mucho mayor que la carga internacional en este modo. Adicionalmente los crecimientos son diferentes debido al comportamiento histórico de cada uno.

**Figura 14. Resultados de la simulación del modelo de crecimiento para el modo carretero por tipo de carga en un escenario moderado.**





## **7. IMPLICACIONES DEL MODELO DE CRECIMIENTO EN LA INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE TRANSPORTE**

Al estimar la carga que transportarán los diferentes modos de transporte en un futuro es necesario evaluar el impacto que tendrían los crecimientos establecidos en la infraestructura de transporte de carga del país. A continuación se presenta una estimación del impacto que tendría el crecimiento de transporte de carga sobre la infraestructura actual de los 2 modos evaluados en la sección 4.

El modo marítimo presenta un crecimiento importante en el manejo de la carga de comercio exterior al pasar de 77 millones de toneladas al año en la actualidad a 310 millones de toneladas al año en 30 años en un escenario optimista. Lo anterior en lo que concierne al total de la carga por modo marítimo en todos los terminales. Como se observa en las Tablas 2-3, esta carga se encuentra dividida entre los puertos especializados, los puertos regionales y los puertos privados. Se evaluará el impacto del modelo en los puertos regionales debido al carácter público de los mismos y a la diversidad de la carga que manejan. Estos terminales manejan en promedio un 17.3% del total de la carga por este modo.

De acuerdo a las capacidades actuales de los puertos regionales se podría hacer una evaluación del estado actual de los mismos. En la Tabla 8 se muestra un resumen de las capacidades promedio de cada terminal regional junto con la actividad registrada en el año 2005. Para el año 2010, la Sociedad Portuaria de Buenaventura tiene programado una ampliación de su capacidad como medida a corto plazo para pasar a manejar alrededor de 15 millones de toneladas al año. En general todos los terminales marítimos tienen planes de ampliación a corto, mediano y largo plazo.

**Tabla 8. Capacidad terminales marítimos regionales. Fuente Sociedades Portuarias, 2005.**

<b>Terminal</b>	<b>Capacidad Aprox. Toneladas/Año</b>	<b>Actividad 2005 Aprox. Toneladas</b>	<b>% de utilización</b>
Sociedad Portuaria de Buenaventura	15.000.000	8.300.000	55.5%
Sociedad Portuaria de Barranquilla	9.000.000	3.000.000	33.8%
Sociedad Portuaria de Cartagena	15.000.000	4.200.000	28.5%
Sociedad Portuaria de Santa Marta	8.000.000	4.600.000	58.5%

De acuerdo a las características de crecimiento de las importaciones y exportaciones además de la participación de los terminales regionales del total de la carga movilizada que se presentó en la sección 2.3 y si no se realizaran modificaciones a la actual capacidad de los mismos, para el año 2010, el porcentaje de utilización de los terminales se mantiene como el actual, para el 2020 el Terminal de Santa Marta estaría con su capacidad copada y para el 2025 se estaría copando la capacidad del Terminal de Buenaventura.

En general la infraestructura portuaria del país se encuentra en nivel muy aceptable de acuerdo a las necesidades actuales y futuras de corto plazo. Es de esperar la continua mejora de los terminales de acuerdo a la demanda esperada de los mismos, teniendo en cuenta dentro de sus planes de ampliación la actual infraestructura vial que como se discutió representa en promedio el 75% de la movilidad de carga por el país.

Continuando con las implicaciones del modelo en la infraestructura de transporte, uno de los impactos más desfavorables sería en la infraestructura vial. De acuerdo al modelo, en el

---

año 2035, en un escenario optimista la carga que se trasportaría por este modo sería de 192 millones de toneladas al año. De acuerdo a lo establecido en la sección 2.4, el 65% del total de la carga se realiza por los corredores viales de Buenaventura - Barranquilla, Buenaventura - Medellín, Medellín – Bogotá y Medellín – Barranquilla, es decir que dentro de 30 años se trasportarán 125.5 millones de toneladas al año por estos corredores.

Actualmente se trasportan por los corredores mencionados en promedio 72.5 millones de toneladas al año, con lo cual la infraestructura vial se encuentra en estado de ocupación buena de acuerdo al INVIAS, 2006. En la actualidad Colombia posee una red vial pavimentada de 12.232 Km de los cuales el 67% se encuentra en buen estado, el 25% en regular estado y finalmente el 8% en mal estado. (INVIAS, 2006). Aproximadamente la totalidad de la red vial consta de 1 calzada con 2 carriles, uno por sentido.

Por otra parte, se puede evaluar la capacidad de trasportar carga por parte de los vehículos registrados a nivel nacional. En las encuestas de origen destino del Ministerio de Transporte, se encuentran valores de utilización del orden del 61%. Es decir, que si la infraestructura de vehículos de carga se mantiene intacta, para el año 2010 la capacidad de movilidad de carga por modo carretero estaría copada.

Con los crecimientos probables en el transporte de carga es de esperarse que la infraestructura vial del país se encuentre en un proceso de actualización constante. En la actualidad se adelantan diferentes proyectos públicos y privados para la adecuación de los principales corredores de transporte de carga, ampliando la capacidad e los mismos y generando desarrollo en los lugares donde se realiza. Proyectos como el túnel de la línea, la doble calzada Bogotá-Sogamoso, la autopista Bogotá-Girardot, el desarrollo vial del oriente

de Medellín, la vía Bogotá-Villavicencio y otros son los que se han creado para satisfacer la demanda de transporte de carga actual y la futura.

## 8. CONCLUSIONES

En términos generales la infraestructura de transporte de carga del país se encuentra en un estado centralizado en el modo de la movilidad de esta. El modo carretero es el principal modo de transporte de carga por el territorio nacional, lo cual genera complicaciones debido a que la infraestructura vial actual no brinda la capacidad y la confiabilidad necesarias para un transporte de carga seguro y eficiente. En el mes de mayo de 2006, Colombia pasó por una temporada de lluvias importante que causo daños relevantes a la infraestructura vial, específicamente al corredor que une el puerto de Buenaventura con el interior del país. Debido a lo anterior, actualmente uno de los terminales más importantes para el comercio exterior colombiano se encuentra prácticamente al 100% de su capacidad por la cantidad de mercancía almacenada en puerto. Lo anterior refleja la poca redundancia que ofrece el sistema vial colombiano y las implicaciones que conlleva para las empresas afectadas. Actualmente se encuentran en ejecución diferentes programas como el Plan 2500 a través del INVIAS y los diferentes proyectos por concesión coordinados por el INCO liderados por la Presidencia de la República a través del Ministerio de Transporte que buscan mejorar la infraestructura vial colombiana, generando empleo, inversión privada, desarrollo económico y social.

Los modos férreo y fluvial ofrecen oportunidades no explotadas en la actualidad para la movilidad de la carga. Esta infraestructura aunque se encuentra en un periodo de recuperación, puede presentar enormes beneficios para el transporte de carga.

Otro punto importante es la capacidad de los terminales marítimos. El puerto de Buenaventura se encuentra en un estado crítico en la actualidad con la carga almacenada sin poder despejar sus almacenes. En próximos años, no solo se debe ampliar la capacidad del puerto en lo referente al almacenaje y manipulación de carga si no a su vez en la forma como se debe transportar la carga que llega al puerto. Es necesario ampliar la infraestructura vial hacia el interior del país y a su vez utilizar en conjunto el modo férreo para dar una mayor eficiencia al transporte.

De acuerdo a datos suministrados por cada uno de los organismos de control de cada modo de transporte (Aeronáutica Civil, Ferrovías, Inviás y Ministerio de Transporte), entre los años 1994 y 2003 se presentaron un total de 69.937 muertes en entre los diferentes modos de transporte del país, de los cuales el 99% se produjo en el modo carretero. De esta forma se evidencia la inseguridad altísima que presenta este modo de transporte siendo el principal utilizado en la movilidad de la carga nacional.

Finalmente y de acuerdo a datos suministrados por el Ministerio de Transporte, entre los años 1994 y 2004 se realizó una inversión pública en promedio del 0.8% del total del PIB en mejorar la infraestructura de transporte del país. Esta inversión disminuyó pasando del 1.2% del PIB en 1995 a 0.4% en 2004. De acuerdo con el profesor Sarria (Sarria 1999) una inversión del 1% del PIB en la infraestructura de un país equivale a un incremento en la economía de la misma proporción en los años subsiguientes. Es importante la inversión pública y privada en el desarrollo de la infraestructura de un país, en Colombia en los últimos 12 años se han adjudicado al sector privado 16 contratos de diferentes corredores viales del país, el actual sistema férreo en servicio y 25 terminales marítimas entre las cuales se encuentra el puerto de Santa Marta.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Aerocivil 2003, Oficina de transporte e infraestructura, Estadísticas sector Transporte 2003. Aerocivil: Bogotá.
- DANE 2005. Cuentas Nacionales Anuales, DANE: Bogotá
- INVIAS 2006. Estado Red Nacional de Carreteras 2006, INVIAS: Bogotá.
- MinTransporte 2004a. *“El transporte en cifras 2004”*, Ministerio de Transporte: Bogotá.
- MinTransporte 2004b. *“Anuario estadístico 2003 y 2004”*, Ministerio de Transporte: Bogotá.
- MinTransporte 2004c. *“Encuesta Origen destino 2002-2003”*, Ministerio de Transporte: Bogotá.
- Sociedades Portuarias Regionales. Informes estadísticos 2005, Oficina de planeación. Sociedades Portuarias
- Sánchez, M. 2005, *“Introducción a la confiabilidad y Evaluación de Riesgos”*. Ed. Uniandes. Bogotá.
- Sarria, A. 1999, *“Introducción a la Ingeniería Civil”*. Ed. McGraw-Hill. Bogotá.
- Superintendencia de Puertos y Transporte 2003. *“Anuario estadístico 2003”*. Súper Puertos y Transporte: Bogotá