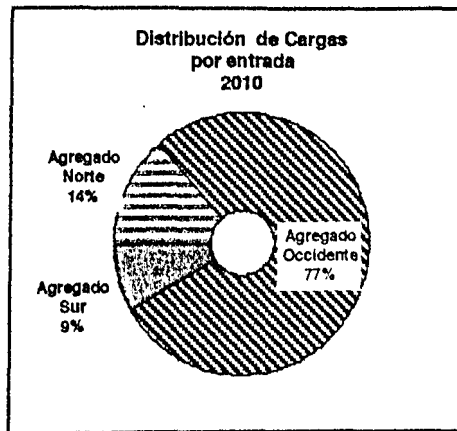


Memorando de Análisis
preparado para

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL
DE CUNDINAMARCA
CAR

**Proyecciones de tráfico de camiones y cargas
en los accesos Norte y Occidente
a Bogotá.**
*Incidencia sobre la Avenida Longitudinal de
Occidente-ALO*

Carlos A. García-Botero
Consultor



Septiembre de 1 999.

PARA **DIEGO BRAVO**
DIRECTOR GENERAL
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA

DE **CARLOS A. GARCÍA**
CONSULTOR

REF PROYECCIÓN DE TRÁFICOS DE CAMIONES Y CARGAS DIARIAS Y ANUALES EN LOS
ACCESOS NORTE Y OCCIDENTE A BOGOTÁ.
INCIDENCIA SOBRE LA AVENIDA LONGITUDINAL DE OCCIDENTE -ALO-

FECHA SEPTIEMBRE 7 DE 1 999.

1. INTRODUCCIÓN.

La proyección del tráfico de vehículos y de carga transportada por los accesos de la ciudad de Bogotá, no es un ejercicio de planeación frecuente y sus resultados no son sujetos a la discusión pública con la frecuencia requerida. Sin embargo, los proyectos viales emprendidos en los años recientes han permitido un cambio en la composición de los tráficos por cada uno de los accesos y la consolidación y especialización de varias zonas en la región de influencia de la ciudad.

Un estudio realizado en 1997 permitió evaluar las tendencias de mediano y largo plazo de los tráficos de camiones y de su carga, buscando determinar su composición por tamaño de camiones, por tipo de carga y por las distancias de origen y destino (entendidas como regiones de influencia).¹

Este memorando está dirigido a revisar los resultados del modelo de pronóstico utilizado, por medio de la actualización del escenario económico y una incertidumbre mayor en las expectativas económicas.

Esta revisión permite establecer escenarios probables del comportamiento de la composición por entrada de la ciudad, de la carga, del número de camiones y las características bajo fuertes condiciones de incertidumbre como las que se esperan en los próximos 15 años.

Las conclusiones se presentan en primer lugar, para presentar luego un escenario alternativo probable para la composición de viajes diarios y de carga para las entradas Norte y Occidente. En tercer lugar, se presentan las características del modelo de pronóstico y del escenario económico escogido.

2. RESULTADOS DE LAS PROYECCIONES.

El análisis llevado a cabo se basó en la construcción de escenarios que reflejen condiciones de volatilidad del crecimiento económico, como las ocurridas en los años recientes, sin que ello implique que se mantengan expectativas de crecimiento económico bajo durante períodos largos.

¹ García Carlos et al. "Perspectivas y tendencias del transporte de carga en la región de influencia de Bogotá", 1998, propiedad del autor.

Estos escenarios permiten que la incertidumbre en la composición de los flujos de tráfico y la composición por entrada de la ciudad, se refleje en los resultados y se pueda contar con una predicción confiable de las tendencias. La franja de resultados entre valores resultantes se obtiene por criterios de probabilidad de ocurrencia, pero no por consideraciones tradicionales de crecimientos "altos y bajos"

Los resultados de las proyecciones se indican a continuación en la Tabla No.1 , en la que se muestran tres conjuntos de resultados:

- Promedio: Son los valores que representan el promedio de las simulaciones probabilísticas para cada año indicado.
- 90%: Son los valores que representan el techo de las proyecciones e indican la probabilidad del 90% de que las cargas y el tráfico de cada año se ubiquen por debajo de ese valor.
- 10%: Son los valores que representan el piso de las proyecciones e indican la probabilidad del 10% de que las cargas y el tráfico de cada año se ubiquen por debajo de ese valor.

Las cargas promedio movilizadas desde y hacia Bogotá por la entradas Norte, Occidente y Sur ², evolucionan de un valor probable de 31,8 millones de toneladas/año esperadas para el año 2000 hasta un valor de 57,6 millones de toneladas/año esperadas para el año 2010.

Sin embargo, la metodología de proyección permite observar que eventos de bajos crecimientos de la carga movilizada, tienen una probabilidad de ocurrencia asignada por el propio modelo. Para el año 2000, es probable que las cargas se reduzcan a un valor de 23,7 millones de toneladas/año.

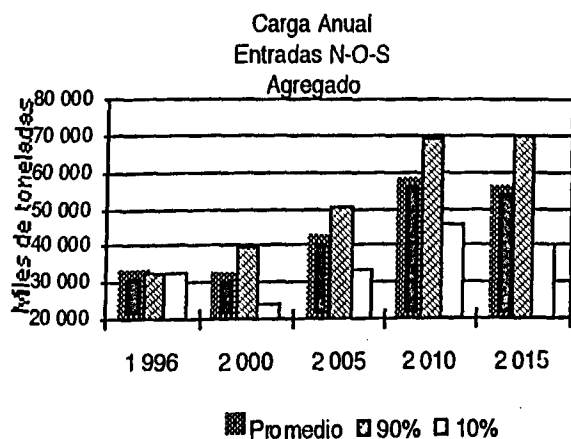


Tabla No.1

Miles de toneladas por año

	1996	2000	2005	2010	2015
Promedio	32 107	31 785	42 036	57 633	54 813
90%	32 107	39 835	50 721	69 340	69 696
10%	32 107	23 734	33 351	45 926	39 931

Fuente: Cálculos del Consultor

² Se agruparon como entradas las siguientes:

Norte: Carrera 7 y La Caro
 Occidente: Siberia y Fontibón
 Sur: Soacha.

Las proyecciones de la composición del tráfico de camiones toman en cuenta las tendencias logísticas y de facilidades viales que se han puesto en operación en los últimos 10 años, pero no internalizan los efectos sobre cualquiera de las entradas de cambios en la infraestructura.

Estos cambios harán más atractivo el uso de un acceso sobre otro, como se espera ocurra con los cambios en las conexiones entre la Carretera Central del Norte con el Occidente de la ciudad. Esta conexión se representa más adelante, en los valores esperados para un escenario de la atracción de camiones y carga por esta última entrada.

El Estudio realizado en 1997 (García C., et al.) demostró una fuerte correlación entre el comportamiento del PIB nacional y los viajes de camiones por día registrados en todas las entradas a Bogotá. Al desagregarse por entrada, dicha correlación deja de existir tan claramente y se presentan distribuciones del número de viajes con tendencias discernibles:

- La entrada occidental (entendida como se señala en la nota 2) mostraba una tendencia creciente frente al resto de la entradas, a pesar de mostrar flujos semejantes a los de la entrada norte, en 1996.
- Las entradas orientales no mostraban flujos significativos en los registros históricos y los flujos futuros de estas entradas no parecen ser mercado para las infraestructuras de almacenamiento y proceso, que se construyen en las entradas occidentales.
- La entrada sur presenta tendencias intermedias entre las dos anteriores, y parte de sus flujos de camiones podrían ser atraídos por la entrada occidental, en la medida que llegue a estar disponible una conexión más directa entre Girardot y Siberia.

El elemento más importante que permite construir escenarios probables para la distribución de tráfico por entradas, reside en la conformación de zonas de descargue, almacenamiento y procesamiento sobre las vías que permiten el acceso por el occidente a Bogotá. Es decir, por las vías que llegan a Siberia, a Fontibón y la conexión entre ambos sitios, como en efecto lo han mostrado los estudios del CEDE realizados entre 1997 y 1998.³

Los resultados sin tomar en cuenta este elemento muestra que la composición por entrada Norte y Occidente se empieza a inclinar hacia esta última como se puede ver en la tabla No.2 y en la gráfica que la acompaña.

Tabla No. 2
Camiones por día
Entradas Norte y Occidente

Agregado Total entradas N-O-S					
	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015
Promedio	25 042	25 803	33 681	47 105	43 159
90%	25 042	30 723	39 003	53 726	51 813
10%	23 795	21 184	28 660	40 837	35 577
Agregado Norte					
	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015
Promedio	9 433	9 229	11 813	17 283	16 232
90%	9 433	10 588	13 228	19 093	18 702
10%	9 433	7 869	10 397	15 473	13 762

³ CEDE UNIANDES: Estudios sobre los usos del suelo en la Sabana de Bogotá, para DAPD, 1997-1998.

Agregado Occidente

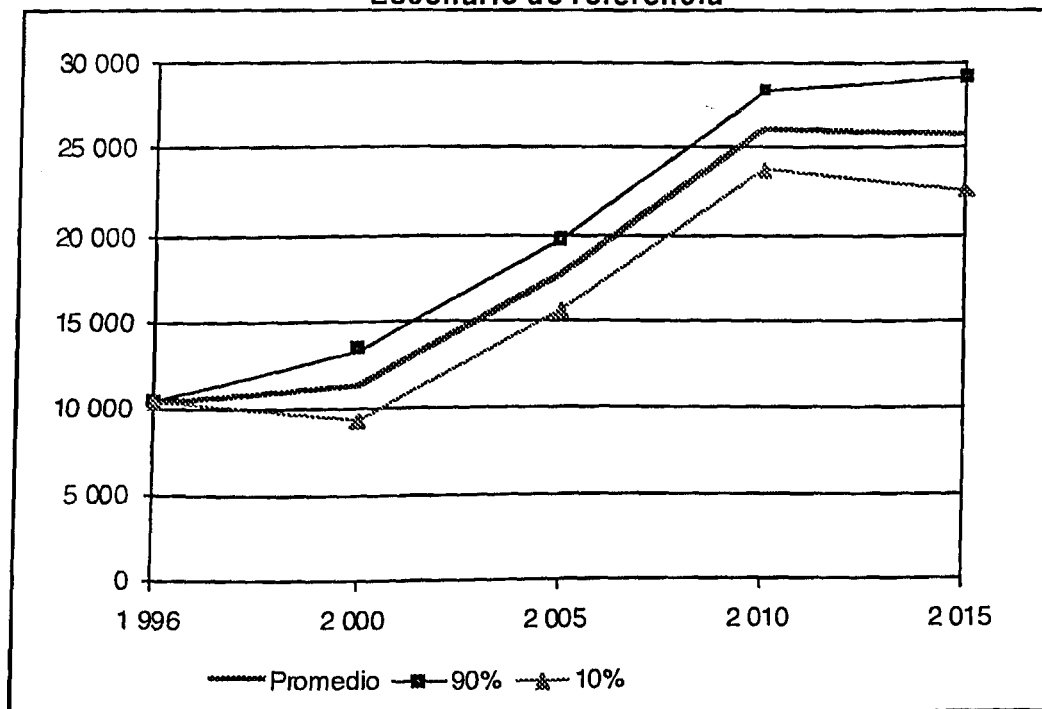
	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015
Promedio	10 425	11 350	17 642	26 013	25 793
90%	10 425	13 450	19 646	28 305	29 099
10%	10 425	9 250	15 639	23 722	22 486

Fuente: Cálculos del Consultor

Estos valores representan el tráfico por día de todo tipo de camiones: camiones de 2 ejes (C2) y camiones de 3 o más ejes (C3+). Para este análisis no se incluyeron el resto de vehículos.

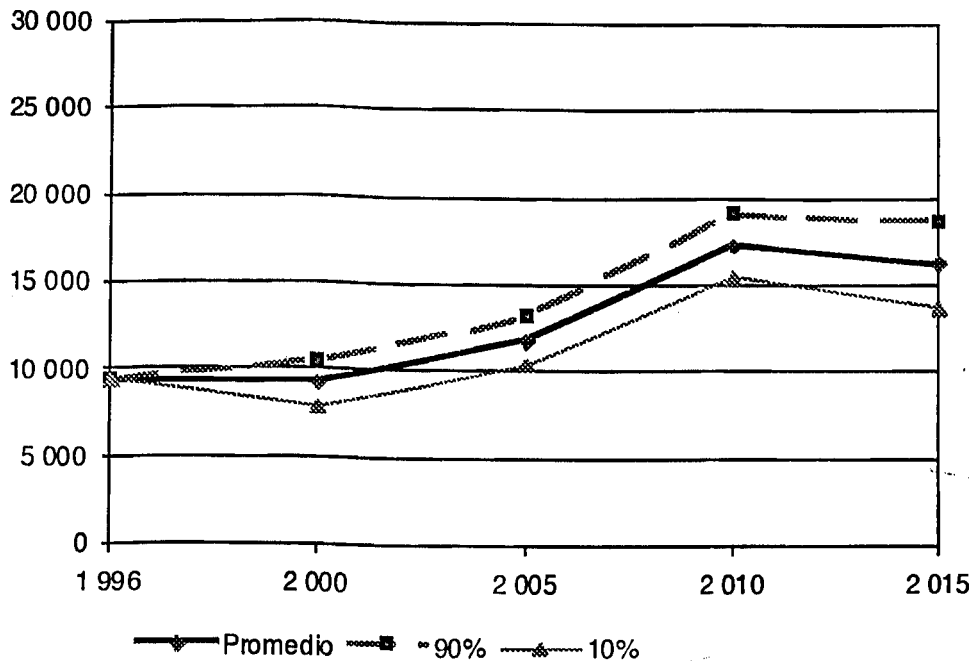
El agregado total muestra la proyección de viajes de camiones para el grupo de entradas Norte, Occidente y Sur, valores que muestran la dinámica general de la carga entrando y saliendo de la ciudad y el progresivo predominio de la entrada occidental, que a partir del año 2005 representaría el 52% o más de los viajes desde y hacia la ciudad en las entradas N-O-S.

Acceso Occidente Camiones por día Escenario de referencia



Fuente: Cálculos del Consultor

**Acceso Norte
 Camiones por día
 Escenario de referencia**



Fuente: Cálculos del Consultor

Como se sabe, el tráfico de camiones tiene un fuerte predominio de los camiones C2, en los viajes que se originan y llegan a Bogotá, debido a la intensidad de las interacciones comerciales con las regiones circundantes.

Sin embargo, el porcentaje más alto de la carga movilizada es realizado en camiones C3+, carga que es la más susceptible de ser atraída por las facilidades en desarrollo en la entrada occidental. Las cargas agregadas para las entradas N-O-S se muestran en la tabla No.3.

Tabla No. 3.
Carga anual en entradas N-O-S.
 miles de toneladas-año

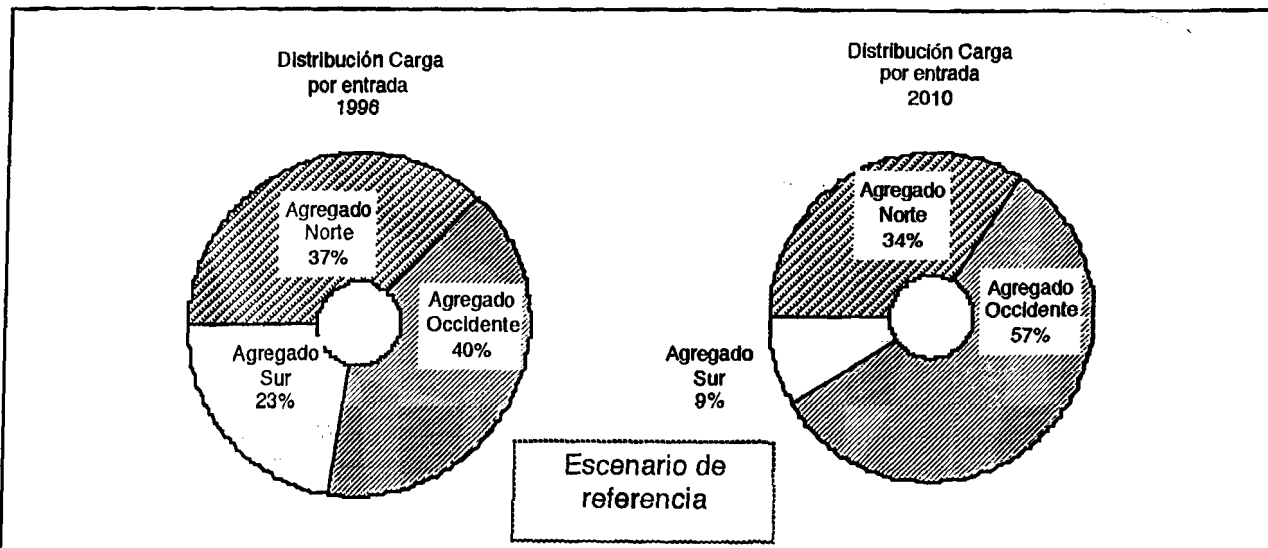
<i>Agregado Total</i>	1996	2000	2005	2010	2015
<i>Promedio</i>	32 107	31 785	42 036	57 633	54 813
90%	32 107	39 835	50 721	69 340	69 696
10%	32 107	23 734	33 351	45 926	39 931
<i>Agregado Norte</i>	1996	2000	2005	2010	2015
<i>Promedio</i>	11 861	13 221	16 230	19 453	22 806
90%	11 861	15 195	18 092	22 168	26 560
10%	11 861	11 246	14 367	16 737	19 052

Agregado Occidente

	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015
Promedio	12 985	14 325	21 591	33 169	30 376
90%	12 985	17 155	24 404	36 604	35 120
10%	12 985	11 494	18 777	29 734	25 633

Fuente: Cálculos del Consultor

La carga movilizada por la entrada occidental pasa a representar el 51% de la carga movilizada por las entradas N-O-S en el año 2005 y se convierte en casi el 56% a partir del año 2010. Mientras la carga en la entrada norte pasa a ser el 38,6% en el 2005 y el 33,7% en el 2010, como puede verse en las siguientes gráficas.



Fuente: Cálculos del Consultor

3. ESCENARIO PROBABLE PARA TRÁFICO Y CARGA EN ENTRADA OCCIDENTAL.

A partir de las proyecciones disponibles, se puede construir un escenario probable para las cargas y el tráfico que puede ser atraído por la entrada occidental de la ciudad, tomando en cuenta las transformaciones que sufre la infraestructura vial de acceso:

- Construcción de las dobles calzadas de la entrada a Fontibón.
- Construcción en doble calzada de la vía que conduce desde Puerto Salgar hasta Siberia (uniendo varios proyectos, entre ellos Puerto Salgar-Tobiagrande, actualmente en construcción).
- Construcción de la conexión Chía-Cota-Siberia, como proyecto del departamento de Cundinamarca. La cual se prolongaría hasta Girardot, según los planes anunciados por la Gobernación. Esta conexión permitiría aliviar tráfico desde el punto conocido como Briceño en la Carretera Central del Norte, y se dirigiría directamente a Siberia.

Como se puede observar en los resultados del escenario de referencia, el tráfico de la entrada occidental se incrementa de manera sustancial en los próximos años, mientras que el tráfico de la entrada norte atenúa su ritmo de crecimiento.

A partir de estas consideraciones, se ha preparado el escenario alternativo más probable que puede representar la dinámica de tráfico y cargas en los próximos 15 años. La simulación de este escenario se ha hecho considerando que el tráfico de camiones C3+ se desviará de la entrada Norte para dirigirse hacia la entrada de Siberia, principalmente. Se ha considerado que las obras principales descritas antes, estarán en operación comercial plena hacia el año 2005.

Los resultados obtenidos son los siguientes, indicados en la Tabla No.4.

Tabla No. 4
Camiones por día
 escenario alternativo

Agregado Norte sin C3+

	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015
Promedio	9 433	9 229	9 059	14 466	12 306
90%	9 433	10 588	10 168	15 789	14 098
10%	9 433	7 869	7 951	13 142	10 513

Agregado Occidente con c3+ desviados de Norte

	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015
Promedio	10 425	11 350	20 396	28 831	29 719
90%	10 425	13 450	22 706	31 609	33 702
10%	10 425	9 250	18 086	26 053	25 735

Fuente: Cálculos del Consultor

La carga movilizada anualmente sufre un desplazamiento más dramático que el del tráfico de camiones, como se indica en la Tabla No. 5.

Tabla No. 5
Carga anual movilizada
 miles de toneladas años

Agregado Norte sin c3+

	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015
Promedio	11 861	13 221	4 960	7 920	6 737
90%	11 861	15 195	5 567	8 645	7 719
10%	11 861	11 246	4 353	7 195	5 756

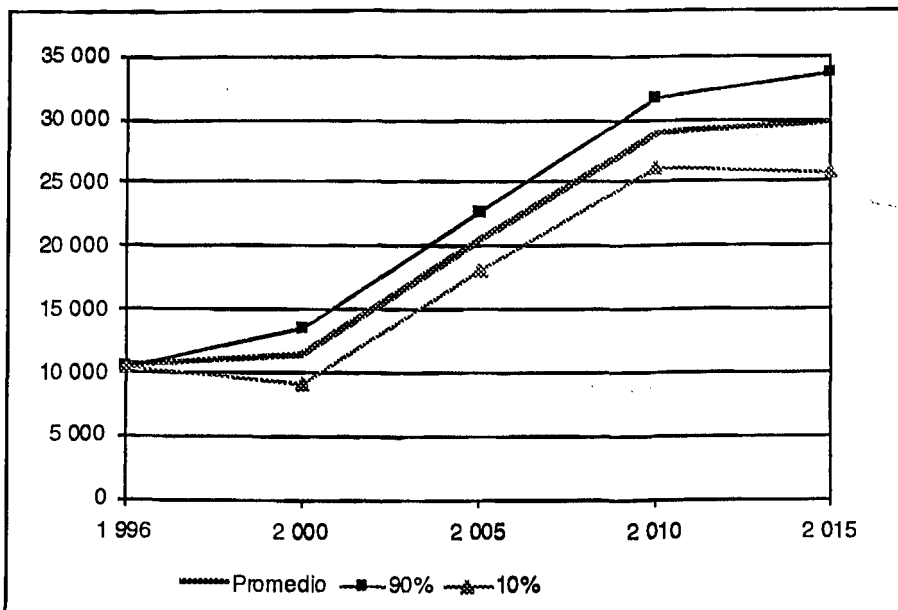
Agregado Occidente con c3+ Norte

	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015
Promedio	12 985	14 325	32 860	44 702	46 445
90%	12 985	17 155	36 930	50 128	53 962
10%	12 985	11 494	28 791	39 276	38 928

Fuente: Cálculos del Consultor

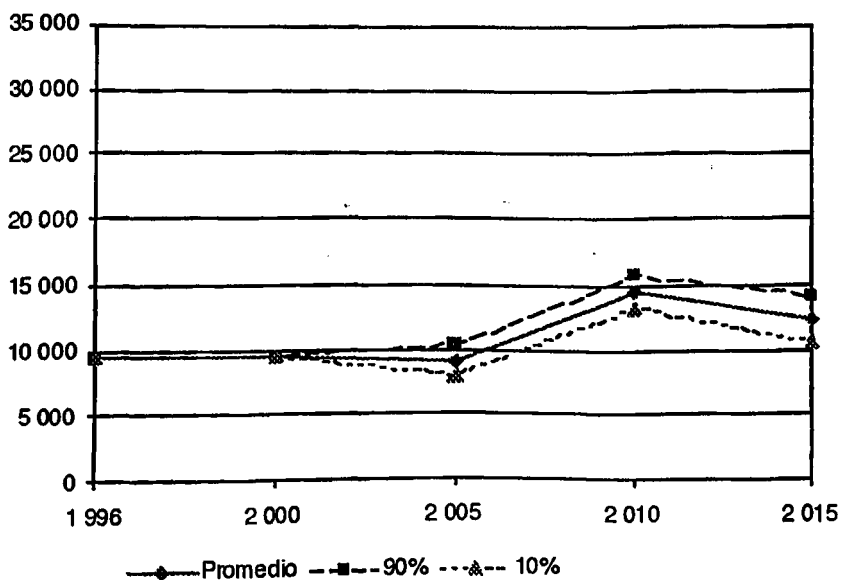
Las gráficas a continuación ilustran estos cambios en el escenario alternativo:

**Tráfico diario
Camiones por día
Escenario alternativo
(camiones C3+ desviados de N a O)
Entrada Occidental**

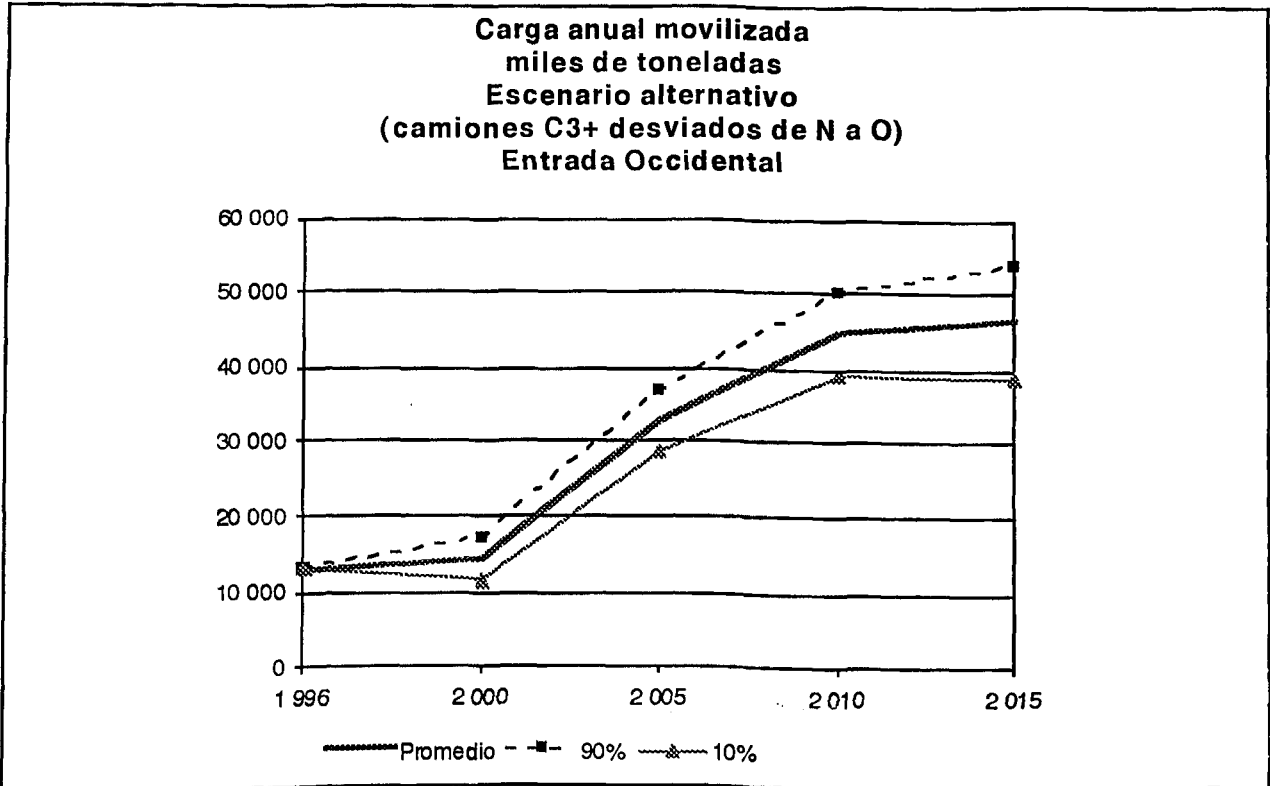


Fuente: Cálculos del Consultor

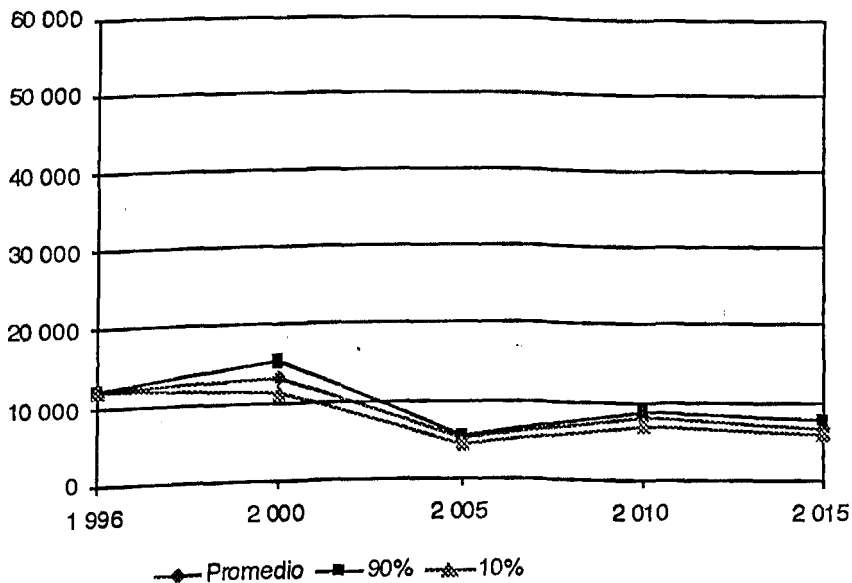
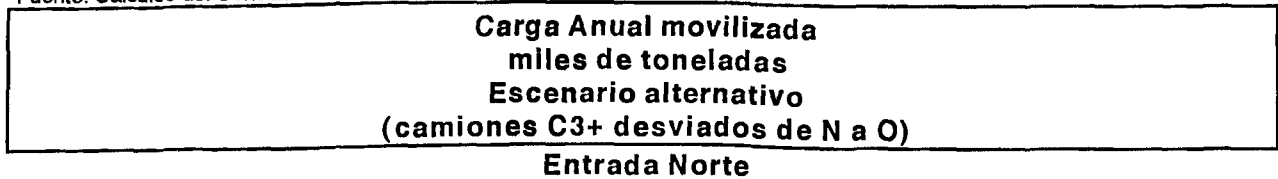
**Tráfico diario
Camiones por día
Escenario alternativo
(camiones C3+ desviados de N a O)
Entrada Norte**



Fuente: Cálculos del Consultor

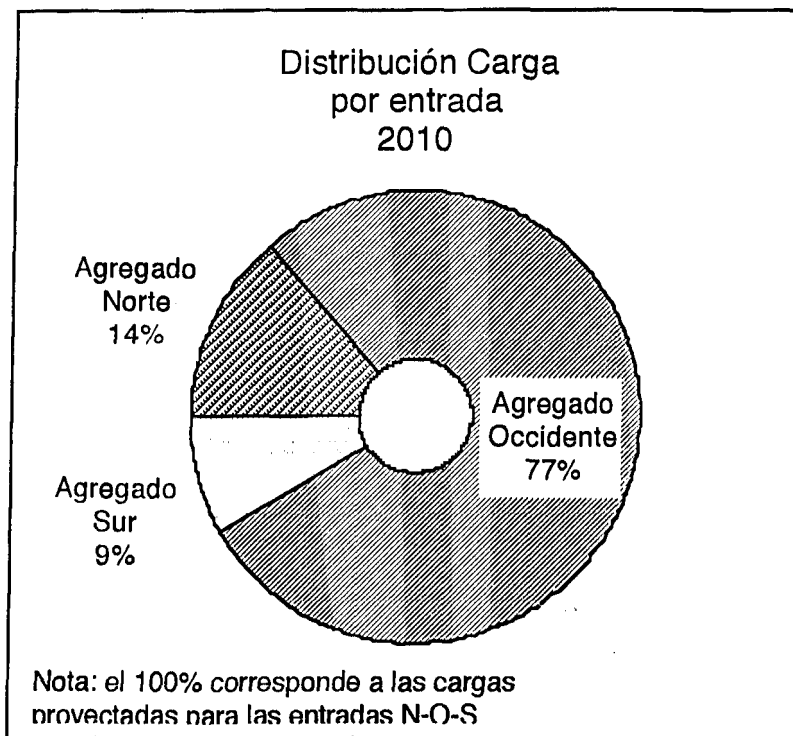


Fuente: Cálculos del Consultor



Fuente: Cálculos del Consultor

La distribución de las cargas movilizadas por entrada se modifican de manera sustancial, mostrando en el escenario alternativo que la entrada occidental se consolida como la más atractiva para el acceso a la ciudad en los próximos 10 años, como se indica a continuación en la gráfica.



Fuente: Cálculos del Consultor

4. CONCLUSIONES.

Esta revisión y actualización de las proyecciones de tráfico de camiones y cargas por las entradas N-O-S de Bogotá, permite observar la dinámica de los flujos esperados en el mediano y largo plazo, tomando en consideración parámetros probabilísticos e incorporando una alta incertidumbre en las expectativas económicas.

Una volatilidad esperada del 2% para el crecimiento económico nacional sitúa la franja de fluctuación de las proyecciones económicas en un valor de 4%, con lo cual pueden presentarse valores probables de crecimiento económico -en promedio- tan bajos como 1,7%, respecto de períodos económicos largos, o tan altos como 5,7%.

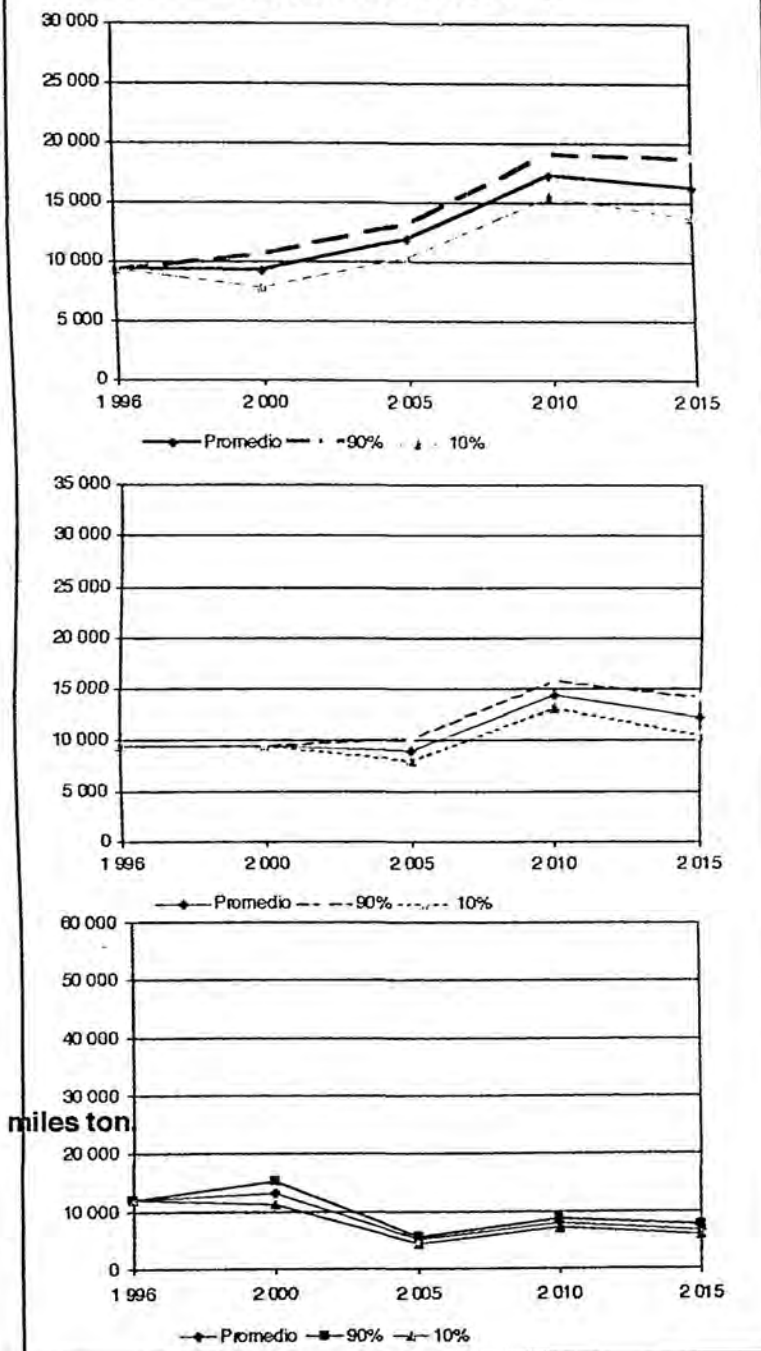
En este contexto de incertidumbre los flujos mostrados en este análisis permiten confirmar las tendencias que se han presentado recientemente:

- La entrada occidental de la ciudad se consolida como la zona de acceso más atractiva para cargas y camiones, principalmente por su integración con infraestructura más eficientes para los operadores, como las disponibles entre el valle del Magdalena y la Sabana de Bogotá.
- Los flujos de cargas se podrán recomponer hasta presentar un predominio de la entrada occidental, que llegaría a ser del 77% de la carga anual de las principales entradas de la ciudad N-O-S.
- El tráfico diario de camiones en la entrada occidental representaría en el año 2010 el 61% del total, mientras que en la entrada norte se presentaría el 31%.
- En el escenario alternativo, no se consideró que parte del tráfico de camiones C2 podría ser atraído por la entrada occidental, principalmente por el tipo de carga que transportan y su fuerte relación inter e intrarregional.
- En la medida que se sigan consolidando las facilidades de almacenamiento, procesamiento y distribución, en la entrada occidental de la ciudad (entendida como Fontibón y Siberia), las decisiones de los operadores de carga y de camiones seguramente serán escoger esta entrada como la más atractiva y más óptima.
- Los camiones que no se desvían hacia la entrada occidental si su origen o su destino son aquellas regiones de intercambio económico más dinámico de la ciudad, estarían incurriendo en extracostos que reducirán su competitividad.
- Este análisis indica que existen fuertes determinantes económicas y técnicas para que el tráfico de camiones con el mayor volumen de carga entrando y saliendo de la ciudad, prefiera operar desde y hacia la entrada occidental, que por cualquier otra.
- Los tráficos que se desvían hacia la entrada occidental, especialmente de camiones, reducirán la congestión sobre la entrada norte de la ciudad y no serán mercado para la ALO. Razón por la cual, el tráfico de esta avenida se espera sea predominante urbano de pasajeros y de cargas menores intraurbanas.

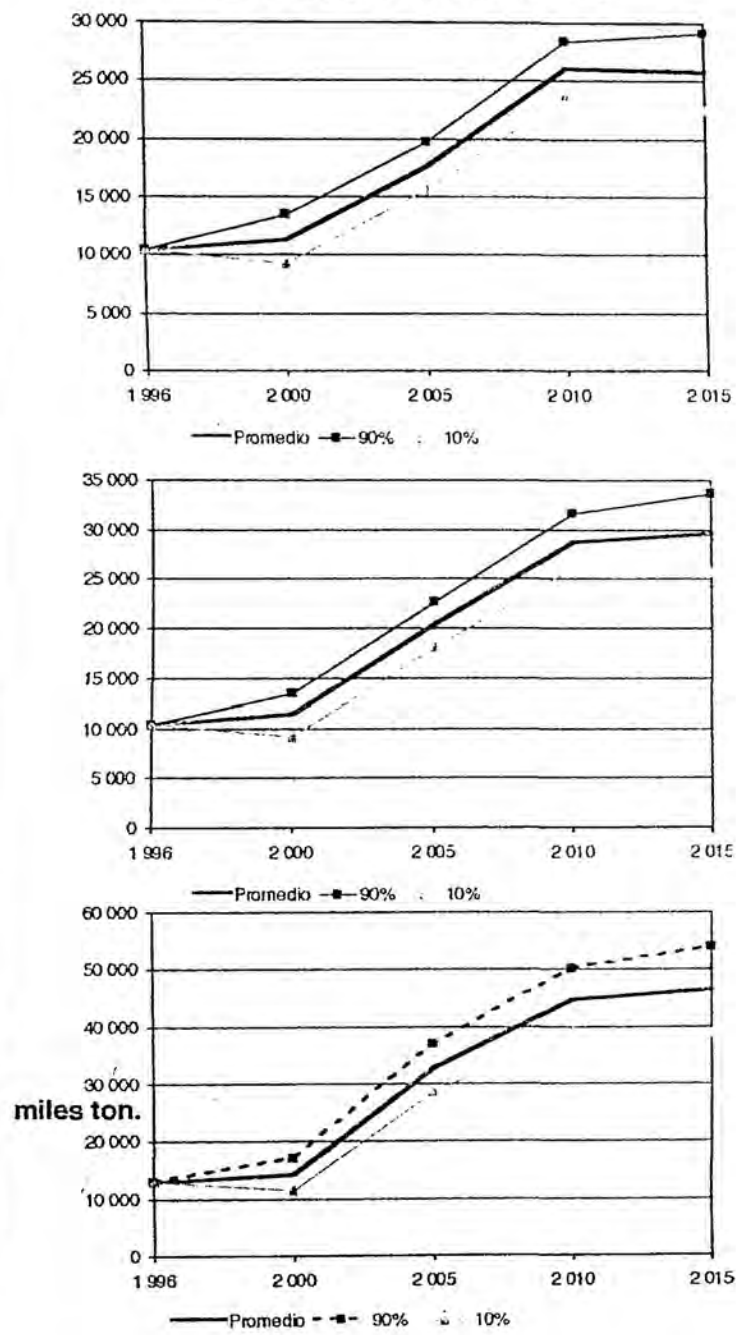
ANEXO 1

RESUMEN DE RESULTADOS

ACCESO NORTE



ACCESO OCCIDENTE



**CAMIONES
POR DIA**
(SIN CONEXION
BRICEÑO-Siberia)

**CAMIONES
POR DIA**
(CON CONEXION
BRICEÑO-Siberia)

**CARGA
ANUAL**
miles de toneladas
(CON CONEXION
BRICEÑO-Siberia)

ANEXO 2

DESCRIPCIÓN Y BASES GENERALES DEL MODELO UTILIZADO.⁴

Simulación probabilística utilizando criterios de Montecarlo

La Encuesta Origen - Destino de Carga (1982-1995), reportada por la Subdirección de Carga del Ministerio de Transporte, está basada en tres o cuatro encuestas desarrolladas anualmente con el fin de cubrir más del 95% de la carga transportada a nivel nacional. La información de la encuesta incluye los sitios de salida y llegada de los camiones, el peso y tipo de la carga transportada, y el equipo utilizado, entre otros. La encuesta adolece de inconsistencias que dificultan la comparación año a año. Adicionalmente, el último año disponible al momento de realizar la evaluación original (1995) no había sido procesado, dificultando su utilización.

Los Volúmenes de Tránsito en Carreteras Nacionales son reportados anualmente desde 1972 por el Instituto Nacional de Vías. El conteo se realiza manualmente durante una semana e incluye el volumen y clasificación de tráfico en las principales carreteras del país. Este conteo permite establecer el tráfico promedio diario total y el porcentaje de automóviles, buses y camiones. Para los camiones se realiza una clasificación por número de ejes.

La expansión del conteo semanal al promedio diario anual se realiza mediante factores de ajuste estacional, sin embargo, el reporte anual no permite establecer cómo se desarrolla esta expansión. A pesar de posibles fallas metodológicas, la serie es consistente a lo largo del tiempo.

La serie de comercio exterior colombiano es reportada por el DANE anualmente. La información incluye el valor y peso (o unidades), origen y destino de distintos tipos de productos. La obtención de información es de tipo censal (toda la carga de comercio exterior es cuantificada) permitiendo un alto nivel de confianza. Sin embargo, la carga de comercio exterior constituye menos del 10% de la carga transportada.

Las grandes cuentas nacionales incluyen indicadores usuales de desempeño económico (PIB, inflación, empleo, etc.). Son recolectados y reportados por el DANE bajo procedimientos estrictos de procesamiento. Los agregados más importantes cuentan con proyecciones con cierto grado de confiabilidad, desarrolladas por el Departamento Nacional de Planeación.

En este estudio se optó por usar los volúmenes de tránsito como información base de proyección. Esta información se combinó con elementos de las otras bases de datos descritas dentro del mecanismo escogido de proyección.

ANÁLISIS DE LAS SERIES HISTÓRICAS DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO (CONTEOS MANUALES).

De este reporte histórico de volúmenes de tránsito se seleccionaron siete estaciones de conteo correspondientes a las vías de acceso a la ciudad de Bogotá (Tabla No. 6). El análisis de las

⁴ La concepción del modelo y su aplicación original en el estudio (García C. et al, 1997) así como la redacción del siguiente texto, estuvo a cargo de D. Hidalgo, Ing. Civil, PhD en Ingeniería de Transporte. La revisión de las proyecciones para este análisis de actualización fue ejecutada por C. García, así como el ajuste y actualización del texto.

series de tráfico permite establecer el número de camiones en cada una de las estaciones y el crecimiento histórico. Se escogió realizar el análisis desde 1980.

Los conteos manuales indican que en las vías de acceso a Bogotá en 1996 circularon 26,405 camiones en promedio diario (Tabla No. 7). El principal acceso a la capital es el occidental (Fontibón y Siberia), seguido por el acceso norte (La Caro, La Cita, Patios). El acceso oriental (Chipaque) sólo representa el 5% del total de camiones.

Tabla No. 6
 ESTACIONES DE CONTEO SELECCIONADAS PARA LOS ACCESOS A BOGOTÁ

Acceso	Número de Identificación	Localización
Sur	25	Soacha
Occidental	36	Fontibón
	771	Siberia
Norte	5	La Caro
	693	La Cita
	671	Patios
Oriental	19	Chipaque

Tabla No. 7
 PROMEDIO DIARIO DEL NÚMERO DE CAMIONES EN ACCESOS A BOGOTÁ

Norte	Occidente	Sur	Oriente	Total
9 433	10 425	5 184	1 363	26 405
36%	39%	20%	5%	100%

En cuanto al tipo de camiones, se observa que en 1996 el 77% de los camiones fueron pequeños (dos ejes), alrededor del 9% fueron medianos (tres y cuatro ejes) y 14% fueron grandes (cinco o más ejes, Tabla No. 8). Esta composición cambia con el acceso. Por ejemplo, 80% de los camiones en la entrada norte eran pequeños, y 22% de los camiones en la entrada oriental eran grandes.

La serie histórica muestra una dinámica especial a partir de 1992 donde el crecimiento total cambia de un crecimiento anual de 2% a 10%. Este cambio es más significativo en el acceso occidental (de 3% a 13% anual, Tabla No.9).

Tabla No. 8
 COMPOSICIÓN POR TIPO DE CAMIÓN EN ACCESOS A BOGOTÁ

	Norte	Occidente	Sur	Oriente	Total
	Camiones de 2 Ejes				
1994	78.3%	79.7%	70.2%	66.9%	76.6%
1995	81.3%	82.3%	87.4%	65.3%	82.0%
1996	80.3%	78.9%	70.2%	67.6%	77.1%

Tabla No. 8 (cont.)
COMPOSICIÓN POR TIPO DE CAMIÓN EN ACCESOS A BOGOTÁ

	Camiones de 3 y 4 Ejes				
1994	8.1%	8.8%	9.2%	10.4%	8.7%
1995	9.2%	8.6%	6.5%	11.0%	8.6%
1996	9.3%	8.2%	9.1%	10.1%	8.8%
	Camiones de 5 y más Ejes				
1994	13.6%	11.5%	20.6%	22.7%	14.7%
1995	9.5%	9.1%	6.0%	23.6%	9.5%
1996	10.4%	12.9%	20.8%	22.2%	14.1%

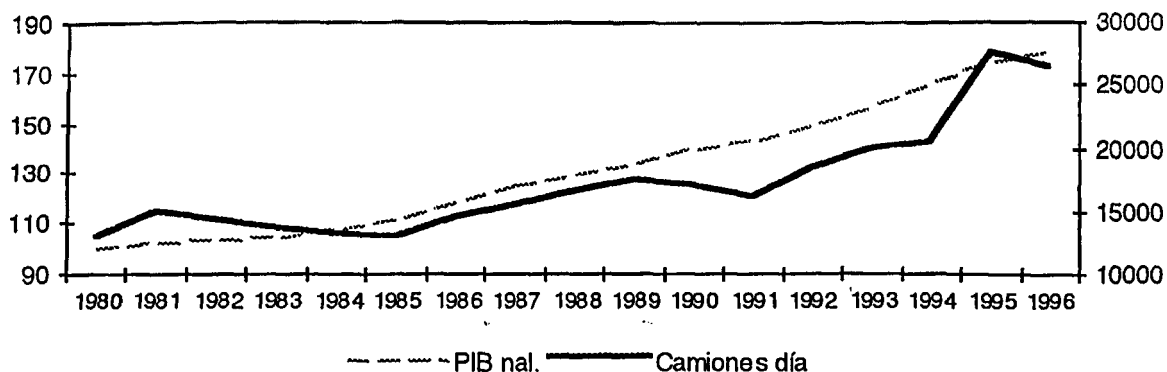
Tabla No.9
CRECIMIENTO DEL NÚMERO DE CAMIONES POR PERÍODO

	Norte	Occidente	Sur	Oriente	Total
1980-1991	1.3%	3.4%	1.2%	3.2%	2.1%
1992-1996	11.0%	12.9%	7.3%	2.2%	10.3%

SELECCIÓN DE UN INDICADOR QUE PERMITA APROXIMAR EL VOLUMEN DE CAMIONES.

Para efectos de proyección se selecciona un indicador que tenga una buena correlación con el volumen de camiones y para el cual existan proyecciones independientes con algún nivel de confiabilidad. Para este estudio se seleccionó el PIB nacional el cual tiene una correlación $r^2=0.92$ con el número de camiones en las vías de acceso a Bogotá (Figura 1). Esto significa que el 92% de la variación en el número de camiones esta asociada a la variación en el PIB. Nótese que no se pretende decir que el volumen de camiones esta explicado por el PIB, solamente que su variación está asociada en una alta proporción.

Figura 1
RELACIÓN DEL NÚMERO DE CAMIONES EN LOS ACCESOS A BOGOTÁ Y EL NACIONAL



La fórmula de correlación esta dada por:

$$E[\text{Camiones/día}] = 80.8377 \text{ PIB}^{1.096} \quad (1)$$

donde $E[\text{Camiones/día}]$ es el valor esperado del número de camiones condicionado en el PIB, y el PIB de 1980 = 100 (PIB de 1996 = 177.50). Nótese que la elasticidad del tráfico con respecto al PIB, dada por el exponente 1.096, es muy cercana a 1.00, lo cual indica que una variación en el PIB se refleja en forma casi equivalente en una variación en el número de camiones, es decir un cambio de 1% en el PIB implica un cambio de 1.096% en el tráfico. Esta ecuación permite obtener estimativos del tráfico con un error promedio de 1,739 camiones (6.58% para el nivel de tráfico de 1996).

PROYECCIÓN PROBABILÍSTICA DEL VALOR DEL INDICADOR CON BASE EN PERSPECTIVAS MACRO-ECONÓMICAS.

La proyección del valor del indicador (PIB) está sujeta a errores de predicción. En este estudio se considera que la realización específica de un crecimiento del PIB esta dada por una variable aleatoria con una distribución de probabilidad normal con media igual a la mejor predicción macroeconómica y variación estándar de 2,0%. Una predicción del PIB, basada en un modelo de equilibrio general se muestra en el Tabla No. 10.

Tabla No.10
PREDICCIÓN DEL CRECIMIENTO DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO

1 999	2 000	2 001	2 002	2 003	2 004	2 005	2 006	
-3,0%	0,5%	3,0%	3,5%	4,2%	4,4%	4,4%	4,5%	
2 007	2 008	2 009	2 010	2 011	2 012	2 013	2 014	2 015
4,6%	4,7%	4,7%	4,7%	4,7%	4,7%	4,7%	4,7%	4,7%

Con el fin de obtener la serie probabilística proyectada de PIB utilizamos el Método de Montecarlo. En cada año de proyección se obtiene una muestra escogida al azar a partir de la distribución normal de probabilidad del crecimiento del PIB (Normal[E 2,0%] donde E es el valor esperado para cada año -Tabla No. 10- y 2,0% es la desviación estándar de la predicción). Este muestreo se repite un gran número de veces para obtener una distribución de probabilidad de la serie de crecimientos del PIB. Las series así obtenidas son la entrada para la predicción del número de camiones. Dado que se utilizan valores de crecimiento, la serie tiene cierta correlación año a año, es decir, el valor del PIB de determinado año no depende del crecimiento de ese año exclusivamente, sino también de los crecimientos de los años anteriores.

PROYECCIÓN DEL NÚMERO DE CAMIONES A PARTIR DE LA PREDICCIÓN DEL PIB.

El número de camiones como función del PIB es también una variable aleatoria con una distribución normal. La media de esta distribución proviene de la ecuación (1) y la desviación estándar es igual al error típico de predicción de dicha ecuación (1,739). En forma numérica:

$$\text{Camiones/día} \sim \text{Normal}(80.8377 \text{ PIB}^{1.096}, 1739) \quad (2)$$

El Método de Montecarlo es también usado en este paso. Para cada una de los valores del PIB generados en el paso anterior se toma una muestra al azar del número de camiones. Esta muestra proviene de la ecuación (2). Como resultado de este paso tenemos un valor aleatorio del total de camiones/día entrando y saliendo de Bogotá para cada valor de PIB generado aleatoriamente en el paso anterior.

PROYECCIÓN PROBABILÍSTICA DEL VOLUMEN DE CAMIONES EN LOS ACCESOS DE BOGOTÁ .

El valor del total de camiones es distribuido entre las distintos accesos basado en una tendencia de cambio en la participación de cada acceso para los próximos cinco años. La participación de cada acceso en el número total de camiones es de 35.73% en el acceso Norte, 39.48% en el acceso Occidente y 19.63% en el acceso Sur. Se espera que esta distribución se modifique de acuerdo con el cambio producido por nuevas obras de infraestructura en la red vial nacional. En especial se espera un incremento en la participación de la entrada occidental como resultado de la operación de la troncal del Magdalena Medio y la construcción del sector Tobiagrande-Puerto Salgar de la autopista Bogotá-Medellín.

De acuerdo con la participación de los accesos en los últimos años se asumió un cambio en la participación en 0.07%, 1.07% y -0.85% cada año para los acceso Norte, Occidente y Sur, respectivamente. Este cambio se efectuó para el período 1997-2001; a partir del año 2001, la participación de cada acceso se mantiene constante.

De acuerdo con la filosofía de predicción probabilística utilizada en este estudio, la participación no se considera un valor fijo sino una variable aleatoria con una distribución normal cuya media (valor esperado) esta dada en el Tabla No.11 y desviación estándar igual a 1.19%, 2.51% y 1.35% para los accesos Norte, Occidente y Sur, respectivamente. Estos valores corresponden al promedio de la desviación histórica de los valores reales respecto a la tendencia.

De acuerdo con lo anterior, el número de camiones en cada entrada está dado por:

$$\text{Camiones}_i = \text{Total Camiones} * \text{Porcentaje}_i \quad i=1,2,3 \quad (3)$$

donde, $\text{Porcentaje}_i \sim \text{Normal}(E[\text{Porcentaje}_i], DE[\text{Porcentaje}_i])$
 $E[\text{Porcentaje}_i]$: valor esperado del porcentaje de participación de cada acceso definido en la Tabla No. 11
 $DE[\text{Porcentaje}_i]$: desviación estándar del porcentaje de participación de cada acceso, igual a 1.19%, 2.51% y 1.35% para los accesos Norte, Occidente y Sur, respectivamente.

Tabla No.11
PARTICIPACIÓN ESPERADA DE ACCESOS EN TOTAL DE CAMIONES

	Norte	Occidente	Sur
1996	35.73%	39.48%	19.63%
1997	35.80%	40.55%	18.78%
1998	35.87%	41.62%	17.93%
1999	35.94%	42.69%	17.07%
2000	36.02%	43.76%	16.22%
2001+	36.09%	44.83%	15.37%

Como resultado de este proceso se obtienen tres valores aleatorios del número de camiones (uno para cada acceso) para cada valor del total de camiones, que a su vez es un número aleatorio condicionado en el valor estimado del PIB.

Adicionalmente se efectúa una distribución por tipo de camión para cada entrada. Esta distribución está basada en el porcentaje promedio de camiones livianos en los últimos tres años para cada entrada y en la desviación estándar de ese porcentaje. Estos valores se muestran en el Tabla No. 12 para los camiones pequeños. El valor esperado del porcentaje de camiones grandes (3 o más ejes) es uno menos el porcentaje de camiones pequeños.

Tabla No 12
VALOR ESPERADO Y VARIACIÓN EN EL
PORCENTAJE DE CAMIONES PEQUEÑOS (2 EJES)

	Norte	Occidente	Sur
Valor Esperado Porcentaje Camiones Pequeños (2 ejes)	80.0%	80.3%	75.9%
Desviación Estándar Porcentaje de Camiones Pequeños (2 ejes)	1.5%	1.8%	10.0%

El número de camiones pequeños en cada entrada está dado por:

$$\text{Camiones Pequeños}_i = \text{Camiones}_i * \text{Porcentaje Pequeños}_i \quad (4)$$

donde $\text{Porcentaje Pequeños}_i \sim \text{Normal}(E[\text{Porcentaje Pequeños}_i], DE[\text{Porcentaje Pequeños}_i])$

$E[\text{Porcentaje Pequeños}_i]$: valor esperado del porcentaje de camiones pequeños (Tabla No. 12)

$DE[\text{Porcentaje Pequeños}_i]$: desviación estándar del porcentaje de camiones pequeños (Tabla No. 12)

El número de camiones grandes (más de tres ejes) es igual al total de camiones en cada entrada menos el número de camiones pequeños calculado de acuerdo con la fórmula (4).

El cálculo del número de camiones por entrada y por tipo para cada año del horizonte de proyección es entonces un proceso encadenado, en el cual primero se estima el PIB, luego el número total de camiones, después el porcentaje de camiones por cada entrada y por último el porcentaje de cada tipo de camión en cada entrada. Este proceso se repite varias veces, de tal forma que el valor promedio del número de camiones por entrada y por tipo sea estable, es decir, no cambie sustancialmente al incrementar el número de replicaciones. En este ejercicio el número de replicaciones necesario para lograr estabilidad en el promedio está alrededor de 60.

De las replicaciones se obtiene tanto el promedio como la desviación estándar, la cual permite la estimación de un intervalo de confianza de la estimación del número de camiones. En el reporte de resultados se muestra un intervalo del 80% de confianza (entre probabilidad acumulada 90% y 10%); es decir existe un 90% de probabilidad que el valor real del número de camiones por tipo, entrada y año, este por debajo del límite superior (llamado del 90%) y un 10% de probabilidad que este por debajo del límite inferior (llamado del 10%).

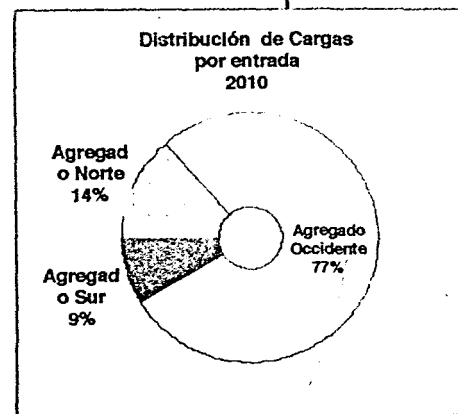
Memorando de Análisis
preparado para

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL
DE CUNDINAMARCA
CAR

GRAFICAS RESUMEN

**Proyecciones de tráfico de camiones y cargas
en los accesos Norte y Occidente
a Bogotá.**

*Incidencia sobre la Avenida Longitudinal de
Occidente-ALO*

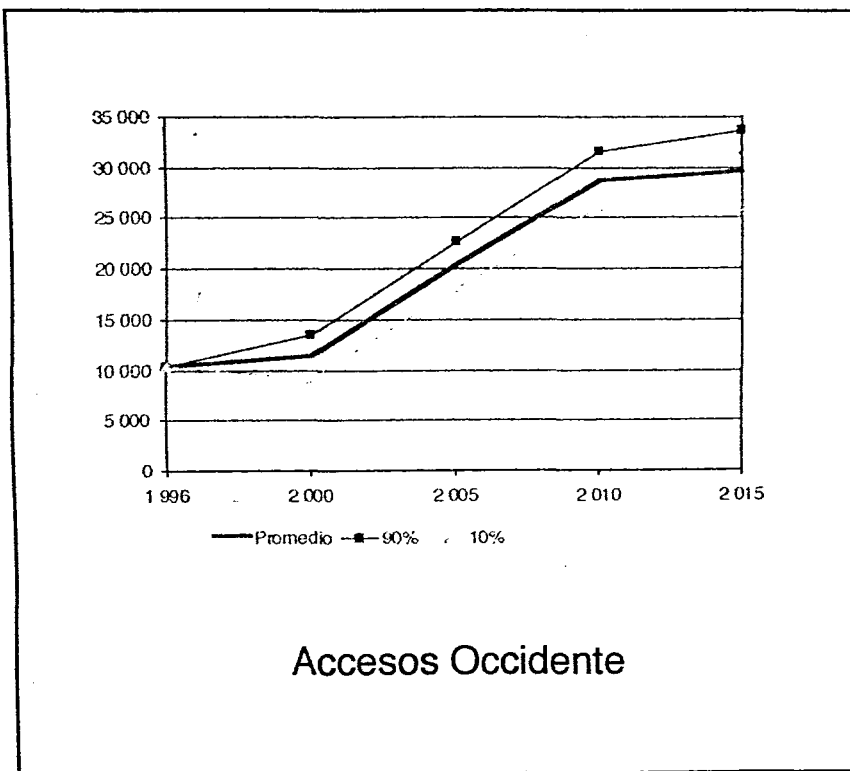


Carlos A. García-Botero
Consultor

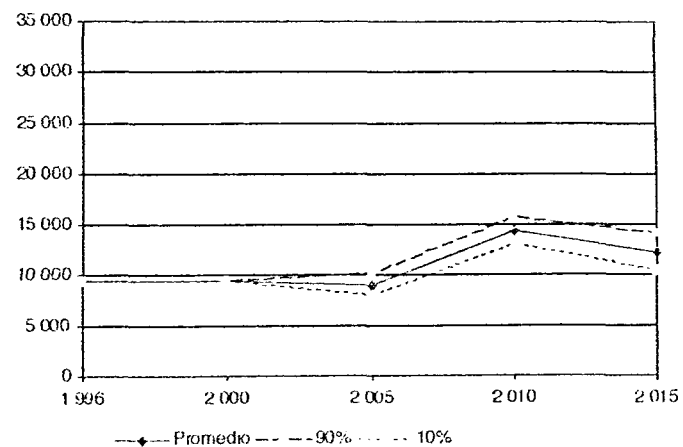
Septiembre de 1 999.

**PROYECCION DE TRAFICO
por entradas
ESCENARIO ALTERNATIVO PROBABLE**

**CAMIONES
POR DIA
(CON CONEXION
BRICEÑO-Siberia)**



Accesos Occidente

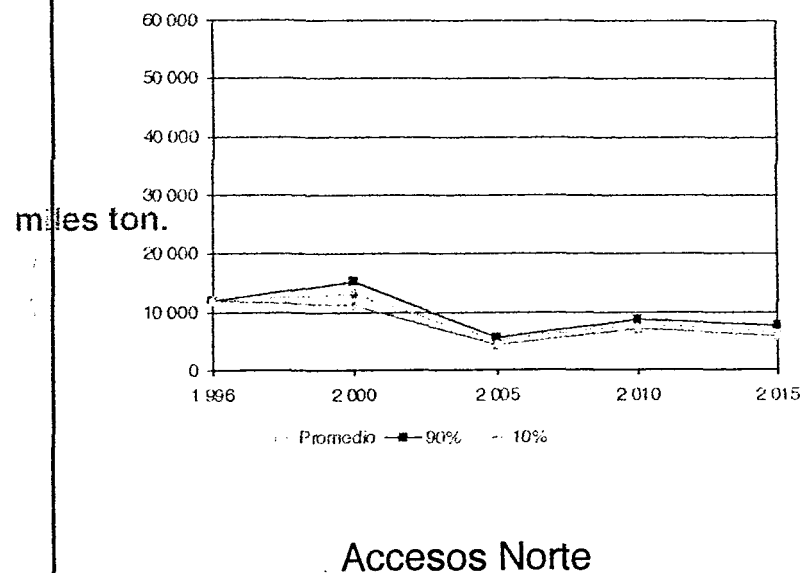
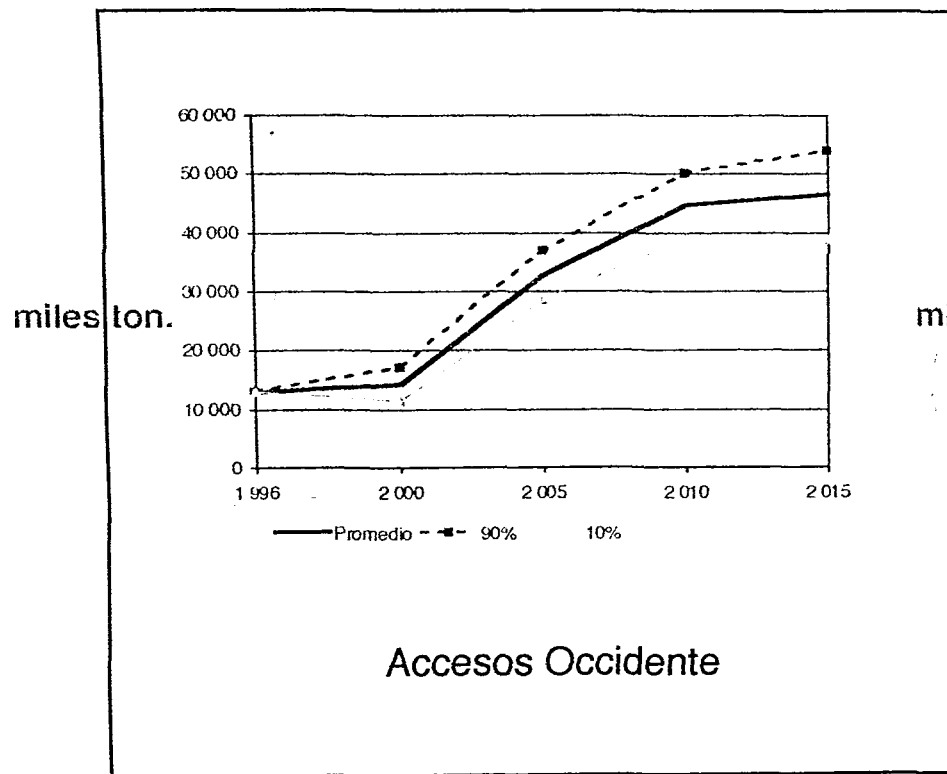


Accesos Norte

ESCENARIO ALTERNATIVO PROBABLE
DISTRIBUCION DE CARGAS Y TRAFICO SIN CONSIDERAR
IMPACTOS DE VARIANTES A ENTRADA NORTE

**TRAFICO DE CARGAS
por entradas
ESCENARIO ALTERNATIVO PROBABLE**

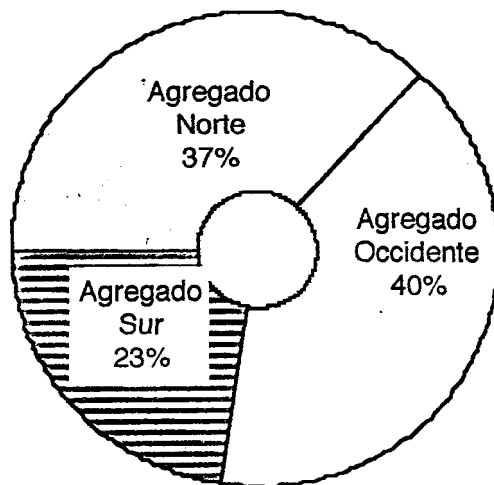
**CARGA
ANUAL**
miles de toneladas
(CON CONEXION
BRICEÑO-Siberia)



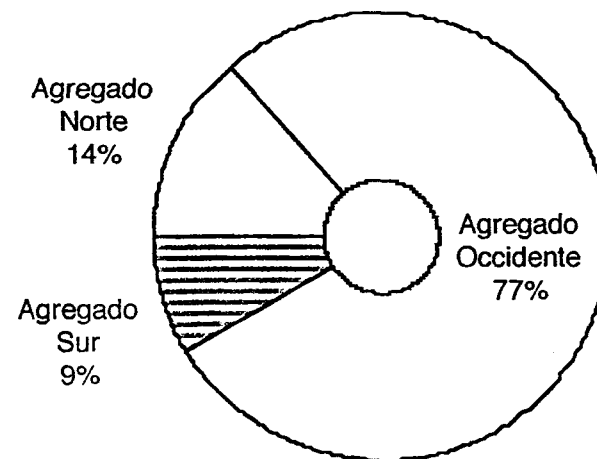
ESCENARIO ALTERNATIVO PROBABLE
DISTRIBUCION DE CARGAS Y TRAFICO SIN CONSIDERAR
IMPACTOS DE VARIANTES A ENTRADA NORTE

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS
por entradas
ESCENARIO ALTERNATIVO PROBABLE

Distribución Carga
por entrada
1996



Distribución Carga
por entrada
2010

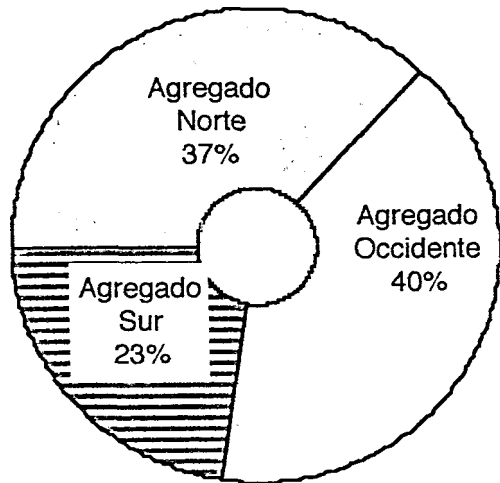


Nota: el 100% corresponde a las cargas proyectadas para las entradas N-O-S

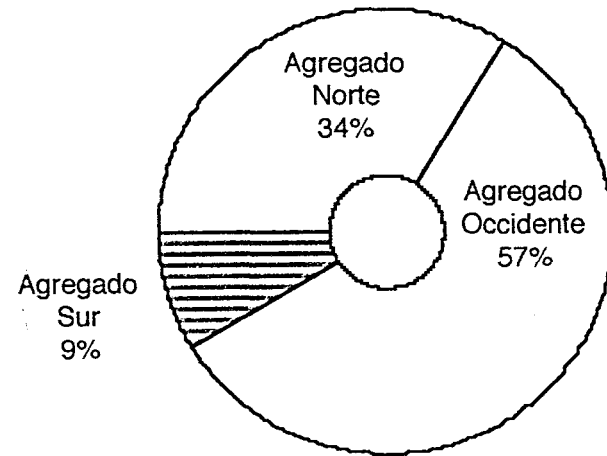
ESCENARIO ALTERNATIVO PROBABLE
DISTRIBUCION DE CARGAS Y TRAFICO SIN CONSIDERAR
IMPACTOS DE VARIANTES A ENTRADA NORTE

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS
por entradas
ESCENARIO DE REFERENCIA

Distribución Carga
por entrada
1996



Distribución Carga
por entrada
2010



ESCENARIO DE REFERENCIA

DISTRIBUCION DE CARGAS Y TRAFICO SIN CONSIDERAR
IMPACTOS DE VARIANTES A ENTRADA NORTE

Volumen Proyectado de Camiones (Tránsito Promedio Diario)

Accesos a Bogotá

Agregado Total

Agregado Total	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015
Promedio	25 042	25 803	33 681	47 105	43 159
90%	25 042	30 723	39 003	53 726	51 813
10%	23 795	21 184	28 660	40 837	35 577

Agregado Norte

Agregado Norte	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015
Promedio	9 433	9 229	11 813	17 283	16 232
90%	9 433	10 588	13 228	19 093	18 702
10%	9 433	7 869	10 397	15 473	13 762

Agregado Occidente

Agregado Occider	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015
Promedio	10 425	11 350	17 642	26 013	25 793
90%	10 425	13 450	19 646	28 305	29 099
10%	10 425	9 250	15 639	23 722	22 486

Agregado Norte sin C3+

Agregado Norte si	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015
Promedio	9 433	9 229	9 059	14 466	12 306
90%	9 433	10 588	10 168	15 789	14 098
10%	9 433	7 869	7 951	13 142	10 513

Agregado Occidente con c3+ desviados de Norte

Agregado Occider	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015
Promedio	10 425	11 350	20 396	28 831	29 719
90%	10 425	13 450	22 706	31 609	33 702
10%	10 425	9 250	18 086	26 053	25 735

**Volumen de Carga (Miles de Toneladas/año)
 Accesos a Bogotá**

Agregado Total						
Agregado Total	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015	
Promedio	32 107	31 785	42 036	57 633	54 813	
90%	32 107	39 835	50 721	69 340	69 696	
10%	32 107	23 734	33 351	45 926	39 931	

Agregado Norte						
Agregado Norte	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015	
Promedio	11 861	13 221	16 230	19 453	22 806	
90%	11 861	15 195	18 092	22 168	26 560	
10%	11 861	11 246	14 367	16 737	19 052	

Agregado Occidente						
Agregado Occider.	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015	
Promedio	12 985	14 325	21 591	33 169	30 376	
90%	12 985	17 155	24 404	36 604	35 120	
10%	12 985	11 494	18 777	29 734	25 633	

Agregado Norte sin c3+						
Agregado Norte si	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015	
Promedio	11 861	13 221	4 960	7 920	6 737	
90%	11 861	15 195	5 567	8 645	7 719	
10%	11 861	11 246	4 353	7 195	5 756	

Agregado Occidente con c3+ Norte						
Agregado Occider.	1 996	2 000	2 005	2 010	2 015	
Promedio	12 985	14 325	32 860	44 702	46 445	
90%	12 985	17 155	36 930	50 128	53 962	
10%	12 985	11 494	28 791	39 276	38 928	



00164