

EL CONSUMO ENERGÉTICO DEL SECTOR TRANSPORTE ANALIZADO DESDE LA DEMANDA. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Nora Giacobbe¹, Julieta Frediani², Laura Aon³, Olga Ravella⁴. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Instituto de Estudios del Hábitat, Unidad de Investigación 6b. 47 N° 116, La Plata, te 0221 4236587 /90 idehab@arqui.farulp.unlp.edu.ar

RESUMEN: Los desplazamientos son la pieza clave del consumo de recursos fósiles y emisiones GEI. Las cuestiones “energía y efecto invernadero” tienen aspectos territoriales importantes y métodos próximos al urbanismo y a la planificación. Estas premisas son la base de una propuesta metodológica constituida a partir del análisis de la demanda energética. El Balance Energético Nacional y los Inventarios Nacionales de gases GEI basan su análisis en la oferta de energía. Propiciar un uso eficiente y racional de la energía significa dar respuesta a una compleja problemática que representa el 30% del consumo energético del país. Se precisa identificar no solo cuánto, sino dónde, como y quienes consumen. La metodología presenta distintos niveles de desagregación identificando sectores territoriales de consumo: áreas urbanas y corredores. Los resultados permiten realizar un mapa del consumo energético y de emisiones GEI por corredores y categorizar las áreas urbanas según consumo y emisiones GEI.

Palabras clave: ciudades – corredores interurbanos - emisiones contaminantes- energía - metodología transporte

INTRODUCCIÓN

Dentro de las líneas investigativas sobre la movilidad, la problemática de la relación sistémica entre transporte y territorio ha venido desarrollándose desde hace años. Citaremos los trabajos de Dupuy, 1995; Vodoz, L. et al, 2004.; Potryowski, 1984, los informes del Comité Interministerial de la Unión Europea (1995), entre otros. En lo concerniente a la fase operacional basta citar el ejemplo del Plan Urbano de la ciudad de Curitiba en el cual la movilidad es el eje estructurante del desarrollo urbano y que a más de 30 años de su implementación continúa siendo un referente de planificación integrada.

Los enfoques más innovadores (Rueda, 2001; De la Barra, 1989) señalan que las soluciones a los problemas ambientales ocasionados por la escasa eficiencia energética, y la consecuente contribución al efecto invernadero del sector transporte deben encararse desde el urbanismo y la planificación. Nuestra Unidad de Investigación ha orientado desde el año 1998 sus trabajos en esa línea investigativa en la cual se enmarca el presente trabajo (Ravella y Giacobbe, 2003).

Los desplazamientos son la pieza clave del consumo de recursos fósiles y de emisiones GEI (gases efecto invernadero) en zonas urbanas y en corredores. Las cuestiones “energía y efecto invernadero” relacionados al sector transporte tienen aspectos territoriales importantes y métodos próximos al urbanismo y a la planificación urbana. Para dar respuesta a los problemas de carácter energético causados por el transporte de personas y mercancías es indispensable conocer la naturaleza de los desplazamientos, sus trayectos, direccionalidades, volumen, tipo, intensidad y los modos y medios utilizados con sus respectivas características. Las fuentes energéticas móviles requieren un método de abordaje global y un proceso de análisis desagregado a fin de optimizar las respuestas tendientes a la racionalización del gasto energético y a la disminución del nivel de emisiones GEI. A fin de cumplimentar estas premisas se ha desarrollado una metodología diferenciada por corredores y áreas urbanas basada en distintos niveles de desagregación espacial y modal.

El presente trabajo analiza sólo el transporte automotor por ser el de mayor incidencia en el consumo energético y se estructura, considerando tres niveles de desagregación, de la siguiente manera: en primer lugar se revisa el método utilizado por el BEN (Balance Energético Nacional) a continuación se analiza el procedimiento empleado en el IGEI (Inventario Gases Efecto Invernadero). Ambos documentos estructurados a partir de la oferta de consumo energético presentan diferentes grados de desagregación, se indican las propiedades y limitaciones de estos métodos y seguidamente se desarrolla el proceso de análisis desagregado en ciudades y corredores enfocado desde la demanda. Por último se presentan las principales conclusiones y algunas líneas investigativas que se abren a partir de este trabajo.

Las cifras que precisan el problema

¹ Docente-Investigador, UI6B, IDEHAB, FAU, UNLP.

² Docente-Investigador, UI6B, IDEHAB, FAU, UNLP. Análisis corredores interurbanos

³ Docente-Investigador, UI6B, IDEHAB, FAU, UNLP. Análisis áreas urbanas

⁴ Docente-Investigador, Directora UI6B, IDEHAB, FAU, UNLP.

En Argentina el sector transporte representa 32% del consumo final energético nacional, los combustibles fósiles cubren casi el 100% de dicho consumo (sólo el 0,35% del consumo de este sector se realiza con electricidad). Las emisiones provenientes de las fuentes móviles (transporte) representan el 30,5% de las emisiones totales del Sector Energía, en términos de CO₂eq.⁵

Estas cifras bastan para comprender la urgencia con que los gobiernos están considerando el problema, sin embargo es indispensable el conocimiento de las particularidades del comportamiento energético del transporte en cada caso, corredor o ciudad, a fin de poder dar la respuesta apropiada. Las soluciones a problemas complejos necesitan instancias con el mayor grado de desagregación posible para que incidan eficazmente en la problemática global.

EL CONSUMO ENERGÉTICO PRESENTADO EN EL BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL

De la cantidad de energía que consume el sistema socioeconómico para atender sus necesidades analizaremos aquella vinculada al transporte automotor. El BEN presenta lo que consideramos un primer nivel de desagregación estimado desde la oferta, donde se analiza el consumo final por formas de energía y por sector que incluye los consumos de energía de todos los servicios de transporte dentro del territorio nacional, sean públicos o privados, para los distintos medios y modos de transporte de pasajeros y carga (automotor, ferrocarril, aéreo y fluvial-marítimo) mientras que el sector de combustible para el transporte internacional se lo contabiliza como bunker, por lo que no se lo incluye en el sector consumo. (Ver tabla 1)

Tanto la producción de Gas Natural como la producción de Petróleo son informadas por las empresas de extracción a la Subsecretaría de Combustibles de la Secretaría de Energía quien es la que suministra la información para la elaboración del BEN. Los datos obtenidos desde la oferta disminuyen el grado de incertidumbre ya que las fuentes de información son limitadas, se tiene una menor dispersión de información y una mayor facilidad en el cálculo. Sin embargo el tema de la incertidumbre es obviado en este documento por lo que es dable suponer que la información es confiable en un 100%.

La información presentada en el BEN no discrimina los consumos del Transporte por subsectores (por modo y tipo de vehículo), hecho que dificulta el análisis de las evoluciones de los consumos y los procesos de sustitución, sin embargo se pueden inferir modos y tipos de vehículos a partir de las formas de energía. Se cuenta además con la matriz de consumo energético desde el año 1970 al 2006, serie que permite analizar el comportamiento del consumo por tipo de combustible y de allí deducir la evolución de modos y tipos de transporte y estimar proyecciones. El BEN es el documento oficial de referencia por lo tanto se constituye en el patrón de evaluación para todo estudio energético.

AÑOS	Electricidad	Gas por redes	Motonaftas	Kerosén y Aeroerosene	Diesel oil Gas oil	Fuel Oil	total
2000	48	1392	3548	476	7308	56	12829 miles de TEP
2003	47	2191	2305	301	6128	29	11003 miles de TEP

Tabla 1: Sector Transporte, consumo por formas de energía. Años 2000 y 2003. Balance Energético Nacional, Año 2005

EL CONSUMO ENERGÉTICO DEL SECTOR TRANSPORTE PRESENTADO EN EL INVENTARIO DE EMISIONES GASES EFECTO INVERNADERO DE LA ARGENTINA AÑO 2005

Este informe tiene como objetivo la estimación de las emisiones GEI. El análisis que sigue a continuación considera sólo la metodología empleada para el transporte automotor que representa el 27% de las emisiones del sector energía en términos de CO₂eq. Las emisiones se estiman de acuerdo al consumo energético que fue calculado según el siguiente nivel de desagregación: tipo de vehículo y tecnología, antigüedad, características del combustible. Se aplicó la metodología de análisis VKR (número de vehículos por tipo de motor multiplicado por la cantidad promedio de kilómetros recorridos al año, multiplicado a su vez por el consumo específico). Para la aplicación del método se debieron identificar las siguientes variables: el parque de vehículos por tipo de motor, los consumos específicos por medios que mejor representan dicho parque, así como los recorridos medios anuales.

Tipo	Medios	Motor y/o Combustibles	Nº	Consumo KTEP
Transporte de Personas	Automóviles	Motonaftas	4.333.620	2.418
		GNC	494.210	509
		Gas Oil	489.214	381
	Taxis	Motonaftas	1.621	6
		GNC	36.431	218
		Gas Oil	31.134	121
	Colectivos Urbanos	Gas Oil	25.649	565
Omnibuses Interurbanos	Gas Oil	18.573	541	
Transporte de Cargas	De menos De 4 Tn	Motonaftas	347.638	1.124
		GNC	99.908	665
	De más de 4 Tn	Gas Oil	825.186	2.541
		Gas Oil	250.000	2.916
Total			6.953.180	12.005

Tabla 2. Estructura de los Consumos energéticos del parque automotor Año 2000. Inventario GEI 2005

⁵ Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero de la República Argentina Año 2000, Sector Energía, Fundación Bariloche, 2005

El nivel de desagregación es mayor que en el BEN diferenciando al transporte automotor en transporte de personas y carga, y dentro de estos grupos en transporte masivo y no masivo, y en distintas categorías de camiones. Cada tipo esta diferenciado por motor y/o combustible. En la tabla 2 se muestran los niveles de desagregación utilizados y los resultados del consumo de combustible en TEP (toneladas equivalentes de petróleo), según tipo de transporte, medio y motor. Estas variables multiplicadas entre sí permiten obtener los consumos de combustibles por tipo de vehículo, los cuales sumados deberían ser coincidentes con los consumos de cada fuente según el BEN del mismo año. Se utilizó como variable de ajuste los kilometrajes medios para compatibilizar los parques y los consumos de cada fuente energética.⁶ La estimación de emisiones de gases GEI se obtuvo aplicando a los consumos un factor de emisión según Directrices del IPCC⁷. La información presentada no permite la espacialización de los consumos ni de las emisiones.

CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES GEI EN CORREDORES INTERURBANOS DE LA ARGENTINA

Los criterios metodológicos empleados para el análisis del consumo energético y de las emisiones de gases efecto invernadero en los Corredores Interurbanos del País, consistieron fundamentalmente en:

- Cálculo de la actividad pasajeros-carga (en vehículo-km.) y del Tránsito Medio Diario Anual, mediante un análisis desagregado por tipo de vehículo y tipo de combustible para la totalidad de la Red Vial del País;
- Cálculo del consumo energético (en TEP) mediante un análisis del consumo de combustible por tipo de vehículo y tipo de combustible;
- Producción de emisiones GEI (en Tn. CO₂) por tipo de camino, tipo de vehículo y tipo de combustible.
- Especialización de las Emisiones: Se construyó el Primer Mapa Nacional de Emisiones de CO₂ en Corredores Interurbanos de la República Argentina a fin de reconocer áreas prioritarias de mitigación.

Metodología utilizada para el análisis del Tránsito Medio Diario Anual

Las redes viales están jerarquizadas y comprenden tres niveles: la Red Troncal que vincula las metrópolis (la nacional con las metrópolis regionales y las regionales entre sí); la Red Secundaria que facilita los intercambios de las ciudades intermedias y la Red Terciaria o Local que facilita los intercambios entre esas ciudades, los centros menores o subsidiarios y las áreas rurales. Asimismo, las redes de caminos se pueden clasificar según los entes de administración en: aquellas pertenecientes al Estado Nacional (Vialidad Nacional) y aquellas bajo jurisdicción de los gobiernos provinciales y municipales (Direcciones u Oficinas de Vialidad). En todos los casos, estos entes son los responsables de la construcción y el perfeccionamiento de los caminos. Otra clasificación es la referida al tipo de construcción del camino, es decir a su nivel de transitabilidad; según la cual los caminos se dividen en: pavimentados; con calzada mejorada (ripio); con calzada de tierra. Los dos primeros tienen tránsito permanente durante todo el año.

El T.M.D.A. (Tránsito Medio Diario Anual) es una medida fundamental del tránsito, que se define como el volumen de tránsito total anual dividido por el número de días del año. La disponibilidad de información sobre el tránsito en cada tramo de la Red Nacional y Provincial de caminos es posible mediante la aplicación de una metodología que permite obtener datos en forma rápida y con un alto grado de confiabilidad. Para ello se realizan tres tipos de censos: 1. Censos en Estaciones Permanentes; 2. Censos de Cobertura; 3. Censos de Clasificación. Estos censos brindan el "valor verdadero" del T.M.D.A. en el lugar de emplazamiento, y permiten determinar los patrones de flujo de tránsito (por ej.: variaciones estacionales, diarias, horarias, etc.) Además de medir el volumen del tránsito en vehículos, la velocidad y la direccionalidad de los mismos, registran el tipo de vehículo. En relación a este último punto, la composición del tránsito puede clasificarse en tres grupos principales: 1. Automóviles (en esta categoría se incluyen también a las camionetas y todo otro vehículo cuyas características de operación se asemeje a las de los automóviles); 2. Ómnibus (incluye a los colectivos, micro-ómnibus y similares); 3. Camiones (incluye a los camiones con y sin acoplado, semi-remolques, semi-remolques con acoplado y todo otro vehículo cuyas características de operación sean similares a las de los camiones). Para el análisis del TMDA en Corredores⁸ Interurbanos, se seleccionaron las Rutas Nacionales y Rutas Provinciales más importantes en cuanto al volumen de tránsito vehicular⁹ y a la cobertura territorial de las mismas, intentando abarcar distintos puntos del territorio nacional y provincial. Se analizaron un total de doce (12) Rutas Nacionales¹⁰, lo que representa un total de 12.925 Km.; catorce (14) Rutas Provinciales¹¹, las cuales suman unos 3.360 Km., y 3.888 Km. de caminos de ripio y tierra. (Tabla 3)

Rutas	Extensión		Rutas Analizadas	
	Km	%	Km	%
Rutas Nacionales Pavimentadas	31.153	13,5	12.925	41,5
Rutas Provinciales Pavimentadas	38.537	16,7	3.360	8,7
Rutas de Tierra	161.405	69,8	3.888	2,4
Total Nacional	231.095	100	20.174	8,7

Tabla 3: Muestra considerada para el estudio del consumo energético en Corredores Interurbanos

⁶ Datos obtenidos por el IDEE/FB

⁷ Panel Internacional de Cambio Climático. En el caso de Argentina se utilizaron los factores de emisión de Grada 2 correspondientes a autos europeos que parecería representar mas apropiadamente las condiciones de los países en desarrollo. Inventario de emisiones gases GEI de Argentina, año 2005

⁸ El concepto de corredor que adoptamos en nuestro trabajo, es el de una amplia franja geográfica que sigue un flujo direccional general o que conecta generadores importantes de viaje. Puede contener un número de calles, carreteras, vías, canales y líneas de transporte público.

⁹ El volumen del tránsito se define como el nro de vehículos que pasa por un tramo dado durante un período de tiempo en ambos sentidos.

¹⁰ Rutas Nacionales: N°3; N°5; N°7; N°8; N°9; N°12; N°14; N°16; N°19; N°22; N°33 y N°226.

¹¹ Rutas Provinciales: N°1; N°2; N°6; N°11; N°14; N°29; N°36; N°41; N°51; N°63; N°74; N°88; N°215 y N°227.

Para este análisis se emplearon datos suministrados por la Dirección Nacional de Vialidad y la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires. Para las Rutas Nacionales, se trabajó con las tablas de TMDA correspondientes al último año relevado (2003), contándose además con una serie histórica del tránsito medio. Mientras que para las Rutas Provinciales, se utilizaron datos de los Anuarios 1999 y 2004, no disponiéndose en este último caso de series históricas.

Se calculó para cada ruta el TMDA promedio y el TMDA promedio ponderado; para ello se usaron los valores correspondientes al año 2003 para las Rutas Nacionales y del 2004 para las Rutas Provinciales. Con estos valores de TMDA y los porcentajes por tipo de vehículo, se desagregaron las unidades correspondientes a cada modo. Con el fin de simplificar el tratamiento de la información por Ruta, cada una de ellas fue dividida en tramos (Ej. Los 2.592 Km. de la Ruta Nacional N° 3 fueron divididos en 7 tramos). Para la determinación de éstos se tuvo en cuenta los cambios significativos de volumen de TMDA y la existencia en cada tramo de un dato del porcentaje de partición modal. En aquellos tramos de las rutas donde faltaban los porcentajes de partición por tipo de vehículo, se usaron los valores del tramo inmediatamente anterior. En el caso particular de los Caminos de Tierra, y con el objetivo de obtener un valor promedio de consumo de combustible y de emisiones generadas por los distintos tipos de vehículos, posible de ser extrapolado al resto de las rutas del país con las mismas características, se utilizó la información proporcionada por Vialidad de la Provincia de Buenos Aires correspondiente al año 1999. Del total de rutas provinciales, se seleccionaron los tramos correspondientes al “tipo: tierra”. Dado que no se disponían de datos para las Rutas de Tierra correspondientes al año 2003, los mismos se han elaborado mediante extrapolación del TMDA 1999 para dichas rutas, utilizando para ello como coeficiente el valor 0.7, resultado del análisis de las variaciones del TMDA de las rutas de la Provincia de Buenos Aires entre los años 1999 y 2003.

Asimismo, y con el fin de determinar la tendencia en el uso de los caminos en el largo plazo, se analizó la evolución histórica del Transporte Medio Diario Anual en las Rutas Nacionales y Provinciales, utilizando los datos correspondientes a la Serie Histórica 1992-2003 para el primer tipo de rutas, y los datos de los años 1999 y 2003, para las rutas provinciales. Se tomaron los valores de TMDA para aquellos tramos de la ruta que disponían de estación permanente de medición y, por lo tanto, permitían contar así con series históricas. Estos tramos se consideraron representativos de la totalidad de la ruta, obteniéndose así un valor de TMDA promedio para la longitud total de cada una de las rutas estudiadas. La consideración en nuestro trabajo de los valores históricos del TMDA por ruta permitió analizar las variaciones producidas en el flujo de tránsito en dicho período, y fundamentalmente aquellos sucedidos a partir de la última crisis económica del país ocurrida en el año 2001.

Metodología para el cálculo de consumo energético

Para la obtención del consumo de combustible promedio para los diferentes tipos de vehículos, por marca y modelo, para nafta, diesel y GNC (gas natural comprimido), se obtuvo información en Internet y de las empresas concesionarias de venta de vehículos. Asimismo de los anuarios de la ADEFA (Asociación de Empresarios Fabricantes de Automotores), específicamente del año 2003, se extrajo la producción de automotores diferenciada por marca, por modo y por tipo de combustible. En este sentido, se consideró a los camiones y buses que sólo consumen combustible diesel, se registró que un 72.6% de los autos usan como combustible la nafta, un 18.2% usa GNC, y un 9.3% del total del parque de automóviles consume diesel. En relación a las camionetas, estos porcentajes varían con respecto a los automóviles. La cantidad de estos vehículos que utiliza como combustible la nafta representa el 53,4%; sólo el 5,6% de las camionetas consume GNC; mientras que el porcentaje de este tipo de vehículo que utiliza diesel alcanza el 41.1% del total.

Para determinar la cantidad de autos y camionetas de nafta en que se instalaron equipos de GNC, se tomaron cifras extraídas de ADEFA y de ENARGAS, las cuales arrojaban el total de vehículos convertidos a GNC del parque automotor argentino. Para ello, fue necesario establecer el porcentaje de producción total del país correspondiente a estos dos modos, y a partir de allí se pudo determinar la cantidad de vehículos -autos y camionetas- convertidos a GNC. Con estos valores se obtuvo un promedio ponderado de consumo por marca y modo de transporte, y se determinó un promedio final de consumo representativo por tipo de vehículo. A modo de ejemplo, para el transporte de carga se obtuvo un promedio de consumo ponderado de diesel de 31.50 L/100km. El consumo obtenido en litros de nafta y de gas oil, y en m³ de Gas fue convertido luego a TEP (toneladas equivalentes de petróleo).

A partir de estos valores obtenidos, y de los datos del TMDA por tipo de vehículo y tipo de combustible, se pudo desagregar el consumo de combustible por tramo en cada una de las rutas nacionales y provinciales, como así también calcular la evolución de dicho consumo en los corredores interurbanos seleccionados para el período 1995- 2003. De este análisis se desprenden los siguientes guarismos: en las Rutas Nacionales, que representan el 13% de la red vial nacional, se consume el 59% del combustible total de la red viaria del país; mientras que en las Rutas Provinciales, que constituyen el 19% de la red vial nacional, se consume el 40%, y en los Caminos de Tierra (70% de la red vial nacional) sólo el 1% del combustible total.

Metodología para el cálculo de las emisiones GEI

Para el cálculo de las emisiones GEI fue necesario convertir el consumo obtenido en TEP a TJ (Terajules). Para ello, se utilizó el factor de conversión de 0,041868 TJ/TEP. Una vez obtenidos los valores de consumo en TJ, éstos se multiplicaron por los factores de emisión incluidos en el Programa LEAP -Fundación Bariloche-; y que están diferenciados por transporte interurbano, tipo de vehículo y tipo de combustible -nafta, diesel y GNC-. A partir de estos valores, y considerando el TMDA de las Rutas Nacionales y Provinciales, se obtuvieron las emisiones por ruta y por tramo para cada uno de los gases considerados (NO_x, N₂O, CO, CO₂, CH₄, COVDM). Se graficaron las emisiones por ruta -nacionales y provinciales- y por tipo de emisión. Para la realización de estos gráficos, y con el fin de establecer comparaciones entre las distintas emisiones generadas en cada una de las rutas (cada una de ellas con longitudes diferentes), se procedió a obtener los valores de los distintos tipos de emisiones cada 100 (cien) kilómetros. Se realizaron gráficos síntesis de las emisiones generadas por Rutas

Provinciales y Nacionales-, por tipo de vehículo y por tipo de emisión para valores anuales. Finalmente, a partir de datos de la infraestructura vial por jurisdicción y tipo de calzada de la Dirección Nacional de Vialidad, se calcularon las emisiones para cada uno de los gases considerados para el total de la Red Nacional Pavimentada, de la Red Provincial Pavimentada y de los Caminos de Tierra y Ripio del país.

Criterios aplicados para la obtención del consumo de combustible y de las emisiones del total de la red viaria del País.

Para el cálculo del consumo de combustible en las rutas estimadas, se tomó el 50% del valor del consumo promedio cada 100 Km. obtenido de las rutas analizadas, puesto que se consideró que el tránsito medio en las primeras era menor que en las rutas principales. Este criterio fue utilizado únicamente para las rutas nacionales y provinciales, no así para las rutas de tierra y ripio. Para estas últimas se calculó el promedio general del consumo correspondiente al total de las rutas analizadas.

Asimismo se restó el 21,4% del valor correspondiente de las perturbaciones producidas en los accesos a las ciudades de importancia. Este valor está computado en las cifras correspondientes a la emisión en ciudades, para no alterar el balance general de las emisiones a nivel país. La sustracción del 21,4% a las emisiones totales de cada una de las rutas analizadas (nacionales y provinciales) surge de obtener el porcentaje del total que pertenece a los denominados accesos a ciudades. El valor obtenido correspondiente a las rutas estimadas fue sumado al de las rutas analizadas, obteniéndose así el consumo total de combustible de la red viaria del país.

Para el cálculo de las emisiones GEI en las rutas estimadas, se han seguido los mismos criterios que para el cálculo del consumo de combustible a nivel país. Cabe destacar que para el cálculo de los valores promedio de las emisiones para el total de las rutas nacionales analizadas, se consideraron sólo las rutas N°12, 14, 16 y 226. Estas rutas fueron elegidas por presentar valores medios de emisiones (entre 400 y 1.370 Tn. diarias de CO₂), de modo de no alterar el promedio general de emisiones de las rutas nacionales. Igual procedimiento se siguió para las rutas provinciales.

Una vez obtenida la producción de emisiones GEI (en Tn. CO₂) por tipo de camino, tipo de vehículo y tipo de combustible, se realizó la espacialización de las emisiones. Se construyó el Primer Mapa Nacional de Emisiones de CO₂ en Corredores Interurbanos de la República Argentina a fin de reconocer áreas prioritarias de mitigación. (Gráfico 1)

Finalmente, puede señalarse que en los 231.095 Km. de Caminos de la República Argentina, se consume el 35,6% del total de energía correspondientes al Sector Transporte, es decir, unos 6.494.809 TEP/año (2003). El Transporte de carga representa el 66% de dicho consumo y el Transporte de Pasajeros el 34% del mismo (11% masivo y 23% no masivo). Mientras que en relación a las emisiones de CO₂, en el Total de la Red Viaria del País se emite el 46% del total correspondiente al Sector Transporte, es decir, unas 19.090.000 Tn. CO₂ /año.



Gráfico 1. Primer Mapa Nacional de Emisiones de CO₂ en Corredores Interurbanos de la

CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES GEI EN CIUDADES ARGENTINAS

Los criterios metodológicos empleados para el cálculo del consumo energético y de las emisiones de gases efecto invernadero en el total de las ciudades del País, consistieron fundamentalmente en:

- 1- Clasificación de ciudades en rangos de población.
- 2- Definición de criterios para la construcción de información de la actividad de transporte (cantidad de viajes diarios y anuales y Km. recorridos diarios y anuales por modo de transporte) en diferente nivel de desagregación por rangos de ciudad:
 - a- Construcción de información de actividad de transporte por tipo de transporte (pasajeros, cargas y servicios) por modo de transporte y por tipo de vehículo y tipo de combustible, para la "Ciudad Base".
 - b- Construcción de información de actividad de transporte de pasajeros por modo de transporte y por tipo de vehículo y tipo de combustible para los grandes aglomerados urbanos argentinos (mas de 500.000 habitantes)
 - c- Construcción de información de actividad de transporte de pasajeros por modo de transporte y por tipo de vehículo y tipo de combustible para el resto de las ciudades de más de 200.000 habitantes.
 - d- Cálculo del consumo energético (en TEP) por tipo de vehículo y tipo de combustible;
 - e- Cálculo de la producción de emisiones GEI (en Tn. CO₂) por tipo de vehículo y tipo de combustible.
 - f- Construcción de indicadores de las ciudades de mas de 200.000 habitantes (cantidad de viajes diarios y anuales, agregados en modos masivos y no masivos, por habitante; cantidad de TEP anuales consumidos por modos masivos y no masivos por habitante; cantidad de emisiones producidas anualmente por modos masivos y no masivos por habitante.
 - g- Estimación para las ciudades de entre 50.000 y 200.000 habitantes de:
 - Actividad de transporte (cantidad de viajes diarios y anuales por modos masivos y no masivos)
 - Consumo energético (cantidad de TEP anuales por modos masivos y no masivos)
 - Emisiones GEI (cantidad de toneladas anuales por tipo de gas para modos masivos y no masivos)
 - h- Estimación para las ciudades de menos de 50.000 habitantes de:
 - Actividad de transporte (cantidad de viajes diarios y anuales por modos no masivos)
 - Consumo energético (cantidad de TEP anuales por modos no masivos)
 - Emisiones GEI (cantidad de toneladas anuales por tipo de gas para modos no masivos)

Metodología para la construcción de información por rangos de ciudades

La construcción de esta clasificación de ciudades argentinas se estableció no solamente en función de la cantidad de habitantes, sino también de acuerdo con las características modales típicas de cada tamaño de ciudad. La población considerada en cada caso fue la población proyectada por INDEC a 2003 (año de referencia del trabajo). Los rangos son los siguientes: el AMBA (Área Metropolitana de Buenos Aires); ciudades de más de 200.000 habitantes (incluye casi la mayoría de ciudades que son capital de provincia y algunas otras ciudades como Rosario y Mar del Plata); ciudades de 100.000 a 200.000 habitantes; ciudades de menos de 50.000 habitantes (incluye las ciudades en las que el transporte público no existe o tiene baja actividad).

Dentro de las ciudades de más de 200.000 habitantes se trabajó con tres técnicas diferenciadas en función de la complejidad de los aglomerados y la disponibilidad de información de actividad de transporte. En base a este último aspecto se estableció la categoría de “Ciudad Base” para la Microrregión del Gran La Plata, por el conocimiento histórico y el detalle de información de transporte con que contaba el equipo de trabajo. La idea fundamental de esta categoría es constituir la en caso testigo para otras ciudades de las cuales no se disponga información sobre transporte, y que nos permita hacer hipótesis sobre aspectos tales como las distancias medias recorridas diariamente por modos, el tamaño del parque móvil de autos de alquiler o de automóviles con combustible GNC. De esta manera sobre la ciudad base se alcanzó el mayor detalle de información de transporte de pasajeros, cargas y servicios, y un alto nivel de desagregación de modos de transporte masivo de pasajeros (urbano comunal, intercomunal, interurbano, escolar, servicios contratado).

En segundo lugar se definió una técnica para abordar el estudio de los mayores aglomerados urbanos argentinos, disponiendo de una mayor información sistemática y convergente de sus sistemas de transporte de pasajeros. Casi la totalidad de los mayores aglomerados urbanos (Gran Rosario, Gran Córdoba, Gran Mendoza, Gran La Plata y Gran Neuquén) contaba con un estudio de origen y destino de viajes realizado en la década de los años 90, con excepción del AMBA, para la cual se trabajó con los resultados estadísticos de una simulación urbana del sistema de transporte de pasajeros, construida para 2003¹².

La disponibilidad de información de estos grandes aglomerados urbanos, permitió además construir información histórica del sistema urbano de pasajeros. Para ajustar y /o desagregar la información de cada ciudad, tanto para la construcción de la situación de referencia 2003 como para la construcción de información histórica, se utilizaron diversas fuentes con desagregación nacional y provincial. Las principales fueron: información de población y densidad para el periodo 1991-2001 (INDEC), proyecciones de población para el año 2003 (INDEC), parque automotor por tipo de vehículo y por provincia, AdeFA (Asociación de Fabricantes de Automotores), consumo de combustible según nivel de congestión (Gantuz y Puliafito, 2001), información de transporte público por ciudad CNRT (Comisión Nacional de Regulación del Transporte), información del parque automotor de GNC por provincia (Energas).

En tercer lugar se definió el abordaje para el resto de las ciudades de más de 200.000 habitantes en función de la disponibilidad de información. Se trabajó con información de transporte público automotor (Km. recorridos anuales por empresa y cantidad de unidades) publicada por la CNRT e información complementaria de composición modal y características de la oferta de transporte masivo proveniente de diferentes fuentes (estudios locales, académicos, municipales, artículos de diarios y revistas). Para la construcción de la partición modal de estas ciudades se aplicó el índice de cantidad de viajes por habitante del más pequeño de los grandes aglomerados sobre los valores de población proyectados por el INDEC al 2003 para cada ciudad. A su vez para el cálculo de Km. recorridos por modo se estimó una distancia media por viaje o por modo (según la información disponible) y de acuerdo con el área urbana de cada ciudad considerada.

Procedimiento metodológico para la Ciudad Base

Sobre la Microrregión del Gran La Plata se construyó información primaria de transporte de pasajeros, cargas y servicios y se sistematizó aquella proveniente de diversas fuentes.

En lo concerniente al transporte urbano de pasajeros se tomó como base la encuesta Origen y Destino de Viajes realizada para el área en el año 1993. La información resultante de la encuesta debió ser desagregada para posibilitar distinguir modos motorizados de diferente impacto energético ambiental, respecto de los originalmente considerados. Para ello se utilizaron las Declaraciones Juradas de los viajes en tren y en transporte público automotor, información de transporte público interurbano (recorridos y frecuencias), cantidad de taxis habilitados y serie histórica de composición del parque automotor 1992-2003, datos provistos por el municipio local y AdeFA respectivamente.

Para la obtención de información de transporte de cargas, se construyó información primaria mediante el relevamiento en campo complementado con información de diversas instituciones locales (Sindicato de Camioneros de La Plata, Municipalidad de Ensenada, Administración de Zona Franca, Departamento de Higiene Municipalidad de La Plata, Mercado Central, Repsol YPF, Siderar, Empresa Distribuidora Quilmes, Empresa Distribuidora Regional Lee, Administración de Supermercados Mayoristas, Administración de Hipermercados, pequeñas distribuidoras locales y Sindicato de Diarieros entre otras). Esta información fue comparada y ajustada con la información de actividad de transporte de cargas en accesos a la ciudad, proveniente de los TMDA provistos por Vialidad Provincial.

¹²Trabajo realizado en conjunto por SBASE y por el gobierno de la ciudad a los efectos de efectuar la evaluación económica de la extensión de las redes de subterráneos

Para la obtención de información de transporte de servicios se construyó una estructura de categorías con aquellos modos que no pertenecen a pasajeros ni a cargas, entre los cuales se incluyeron: servicios de delivery, servicios de ambulancias, servicios de recolección de residuos, servicios de la empresa telefónica, servicios de la empresa de gas, servicios de la empresa de energía eléctrica, servicios de la empresa de agua potable, servicios en general privados, servicios públicos municipales, servicios de policía urbana, servicios de correos. Para la construcción de esta información se procedió a cuantificar la cantidad de unidades móviles de cada uno de estos servicios, tomando un promedio de consumo de combustible según entrevistas a los conductores de dichos móviles. Para el caso particular de los camiones recolectores de residuos se cuantificaron los Km. recorridos diarios a través de bases cartográficas digitales. Esta información fue confrontada con los datos provisorios de cantidad de locales de comercio y servicios del partido, provenientes del censo económico 2005.

Los resultados obtenidos describen un total de 1.143.213.074 de Km. recorridos y 324.514 toneladas emitidas de CO₂ en las siguientes proporciones: para el transporte masivo 6.2% de Km. recorridos y 29.08 de emisiones de CO₂, para el transporte no masivo 79.91% de Km. recorridos y 52.56% de emisiones de CO₂, para el transporte de carga 9.88% de Km. recorridos y 15.89% de emisiones de CO₂ y para el transporte de servicios 4% de Km. recorridos y 2.47 de emisiones de CO₂.

Cálculo de información de consumo energético y emisiones contaminantes

Para el conjunto de ciudades se unificaron los criterios de cálculo de consumo energético y emisiones contaminantes. En este sentido se tomaron las mismas particiones de nafta, GNC y gas oil por tipo de vehículo que se utilizaron en el cálculo de los consumos en corredores, aunque se variaron los niveles de consumo para cada uno a partir de datos del incremento porcentual de consumos urbanos facilitados por la Universidad Nacional de Mendoza. (Gantuz y Puliafito, 2001)

En el caso del cálculo de consumo energético del sistema de transporte de cargas de la ciudad base, se tomaron valores declarados por los entrevistados a través del trabajo de campo, mientras que para el cálculo de emisiones se tomaron, al igual que en el caso de los corredores, las equivalencias de TEP, Terajoules y emisiones de CO₂, CO, NO_x, CH₄, CODVM, N₂O del tutorial del modelo Leap, que contiene ejemplos de ciudades argentinas.

Criterios aplicados para la obtención de la información de transporte para el Total de las ciudades del País.

La información de actividad de transporte, consumo energético y emisiones de GEI fue construida y calculada para los dos primeros rangos de ciudades establecidos. Sobre la base de esta construcción elaborada mediante sucesivos procesos comparativos de población, parque automotor, extensión de las áreas urbanas y actividad de los transporte masivos, se construyeron indicadores de cantidad de viajes, consumo energético y emisiones contaminantes, según modos masivos y no masivos por habitante. Los indicadores obtenidos para los aglomerados rango 2, permitieron la estimación de la información de transporte de pasajeros para las ciudades del rango 3. La información de transporte de pasajeros para las ciudades del último rango (ciudades de menos de 50.000 habitantes) fue estimada a partir de la aplicación del indicador de cantidad de viajes, consumo energético y emisiones, según modos no masivos por habitante.

La información de transporte de cargas y servicios fue estimada para las ciudades del rango 2, 3 y 4 sobre la base de los indicadores de Km. recorridos de transporte por habitante, calculados para la ciudad Base. Para la región del AMBA y del Gran Rosario, la estimación de la actividad del transporte de carga fue afectada a partir de los datos provenientes de los TMDA provistos por Vialidad Nacional y Provincial. Los datos obtenidos del consumo energético y de las emisiones de CO₂ por tipo de transporte y por rango de ciudad se describen en la tabla 4.

CONCLUSIÓN

El consumo energético puede descomponerse atendiendo a distintos criterios dando lugar a una desagregación por el lado de la oferta o de la demanda. Considerar el consumo desde la demanda significa introducir cuestiones tales como la localización de usos y actividades es decir analizar el transporte desde un enfoque sistémico que involucre espacio y movimiento. Este enfoque permite mapear consumos y emisiones, localizando tipos e intensidades, visualizando las áreas críticas y ajustando las medidas propuestas a los requerimientos precisos de cada situación a fin de dar respuestas exitosas a los problemas energéticos o de mitigación de emisiones contaminantes. Al mismo tiempo se constituye en una herramienta de planificación urbana y territorial orientando la identificación de patrones de consumo energético y su relación con los usos de suelo y contribuyendo a la formulación de pautas para la elaboración de planes y proyectos.

CONSUMO Y EMISIONES CO2 TOTAL NACIONALES POR RANGO DE CIUDADES Año 2003									
Ciudad	Poblacion	EMISIONES DE CO2 T PASAJEROS		CONSUMO DE ENERGIA		EMISIONES DE CO2 T CARGA Y SERVICIOS			
		CO2 Total pasajeros	totales por hab.	Transporte de Pasajeros	consumo por habitante	Transporte de carga	emision por habitante	Transporte de servicios	emision por habitante
AMBA	11.833.639	14.783.863,35	1,25	5.168.154,73	0,44	1.051.828,07	0,09	36.317,21	0,003
Ciudades de Mas de 200.000 hab.	9.862.457	2.515.086,74	0,26	6.008.076,15	0,61	622.108,48	0,06	88.110,34	0,009
Ciudades de entre 100000 y 200000 hab.	1.332.298	308.316,33	0,23	100.589,06	0,08	85.284,32	0,06	13.549,82	0,010
Ciudades de menos de 50000 hab.	6.375.457	1.475.388,76	0,23	481.349,68	0,08	408.111,81	0,06	64.840,07	0,010
TOTALES	29.403.851	19.082.655		11.758.170		2.167.333		202.817	

Tabla 4: Consumo de TEP y Emisiones de CO₂ valores anuales por rango de ciudad. 2003. Fuentes varias. Elaboración Propia.

Hay que destacar que la dispersión, tanto del propio sector transporte como de las fuentes de obtención de datos obliga a introducir la incertidumbre como una variable de peso en la construcción de la información. La necesidad de concordancia de la oferta con la demanda de manera que la sumatoria de las diferentes desagregaciones sean compatibles con las cifras arrojadas por el BEN es una condición ineludible para esta metodología y para la del IGEI. La falta de equilibrio entre oferta

y demanda, debido al proceso de recolección de información o a errores de mediciones y estimaciones, produce un valor de diferencia: el ajuste. Este adquiere proporciones importantes cuanto mayor es el grado de desagregación propuesto, tal el caso del abordaje del consumo a partir de la demanda. Por lo tanto el primer criterio a considerar en la validación de esta metodología es el criterio de consistencia. Esta consideración permitió guiar el proceso metodológico a fin de corregir las diferencias e introducir los Km. recorridos como variable de ajuste. En ese sentido en el Inventario de gases GEI se observa el mismo problema y se utiliza la misma variable de ajuste.

En nuestro trabajo la incertidumbre en ciudades es mayor que en corredores. En estos últimos una parte importante de la información proviene de fuentes seguras como son las mediciones de las Direcciones de Vialidad Nacional y Provincial. Mientras que la construcción de información en ciudades no parte de una base de medición sistemática ni mucho menos integrada, cada ciudad practica o no mediciones o estudios de transporte según su interés particular y esta situación redundante en grandes dificultades para construir un inventario nacional de la situación del transporte. Por este motivo el procedimiento se torna muy complejo e incierto. En cada etapa de la elaboración del trabajo se fueron diseñando estrategias que permitieron reducir la incertidumbre, fundamentalmente a partir de la construcción en paralelo y comparada de la información de transporte de las distintas ciudades, con información espacial y demográfica. En el proceso de construcción de detalle de información de la actividad de transporte para las ciudades de más de 200.000 habitantes se construyeron indicadores que permitieron estimar información faltante. Las variables “Tamaño del parque automotor por modo” y “Distancia media recorrida por día por modo” se utilizaron para calcular Km. diarios recorridos de motos y automóviles particulares y de alquiler y transporte escolar. El tamaño del parque automotor debió ser inferido de los datos provinciales provistos por AdeFA para el año de referencia (2003) y proyectado por cantidad de habitantes de la ciudad considerada, mientras que la distancia media se construyó tomando en cuenta el caso de la ciudad Base y de la región del AMBA, que contaban con distancias medias calculadas mediante ordenador y fueron transferidas a otras ciudades según las áreas urbanas de cada una. Estos mecanismos constituyen parámetros de calibración de la resultante agregada de información de diversas fuentes y pretenden aportar a la convergencia de los resultados en las diferentes escalas de estudio que caracterizaron a este trabajo. Este ejemplo del procedimiento utilizado para el manejo de la incertidumbre en ciudades indica que no existe una sola técnica a seguir, cada situación deviene un caso particular, en consecuencia el problema de la incertidumbre se torna en un tema de consideración en los estudios integrados de transporte, ya que cuanto menor es el coeficiente afectado como variable de ajuste mayor es el grado de fiabilidad de los resultados obtenidos.

El problema de la incertidumbre en el caso del transporte automotor no sólo está relacionado con la dispersión, sino también con la disparidad sobre un mismo dato según las distintas fuentes consultadas y fundamentalmente con la ausencia a nivel nacional, provincial y municipal de un organismo de coordinación del sector que releve, sistematice y coordine la captura de datos y su procesamiento. Es en este sentido que se propone la apertura de líneas investigativas que aborden el problema de la incertidumbre según categorías analíticas a fin de elaborar herramientas de medición más precisas y proponer el diseño de métodos de manejo de la dispersión y la incertidumbre.

ABSTRACT

Displacements are the key piece of fossil fuels consumption and GEI emissions. Energy and “greenhouse” effect issues have important territorial aspects and methods relationated with Urbanism and Planning. These premises are the base of a methodological proposal for analyzing the demand of energy consumption in the transport sector. The National Energy Balance and the National Greenhouse Gases Inventories base theirs analysis on the energy offer. Give answer to a complex problem, that represents 30% of the national energy consumption, specifies to identify not only how much, but also where, how and who consume. A methodology based on the demand is developed with different levels of disintegration, identifying two territorial sectors of consumption: urban areas and inter-urban corridors. The results allow to create a map of energy consumption and GEI emissions for corridors and to categorize urban areas according to consumption and GEI emissions.

Key Words: cities- energy – GEI emissions – inter-urban corridors - methodology - transport

REFERENCIA

- Conférence Européenne des Ministres des Transports. (1995) Tendances du transport européen et besoins en infrastructures, CEMET.,
- De la Barra, T. Integrated land use and transport modelling Decisions chains and hierarchies. (1989). pp. 18 -19, 20 -173 Ed. Cambridge: Cambridge University Press
- Dupuy, G. : Les territoires de l'automobile. (1995). Anthropos, París ISBN: 2-7178-2880-X)
- Gantuz, M.A.; Puliafito J. L.: “Fuentes Móviles y la Caracterización de Vías de Circulación: Una Aproximación a los Modelos de Emisión Grillados” Universidad de Mendoza (2001) Publicado en Mecánica computacional VOL XXIII. G. Buscaglia, E. Dari. O. Zamonsky (ED) Bariloche, Argentina.
- Informe Grupo Expertos sobre Medio Ambiente Urbano. (1996) Ciudades Europeas Sostenibles. Comisión Europea, Bruselas ISBN 92-828-4195-2
- Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero de la República Argentina año 2000. (2005) Fundación Bariloche,
- Potrykowski, M.; Taylor Z; Geografía del transporte. (1984) Ed. Ariel Geografía, España., ISBN: 84-344-3440-7
- Ravella, O. Giacobbe, N. Sustentabilidad, Movilidad y Transporte en el caso del Gran La Plata, (2003) Vol.7, Nº1, Avances en energías Renovables y Medio Ambiente. ISSN 0329-5184
- Rueda, S. La ciudad compacta y diversa frente a la conurbación difusa. (2001). <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a009.html>
- Vodoz, L.; Pfister, G.; José Luis Jemelin, Ch. Les territoires de la mobilité – L'air du temps. (2004) Laboratoire de Sociologie Urbaine. CEAT:EPFL. ISBN: 2-88074-560-8