

METODOLOGIA DE ESTIMACION DE EMISIONES VEHICULARES

Departamento de Ingeniería Mecánica
Universidad de Chile



ATMOSPHERIC EMISSIONS

**Reliable air quality simulation and ambient
concentration predictions with reasonable
accuracy**

**Spatially and temporally disaggregated
emission inventory**

**Stationary
sources**

**Mobile
sources**

**Biogenic
sources**

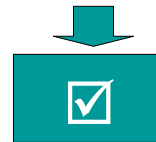
ROAD TRAFFIC EMISSIONS ESTIMATES

Two different approaches can be distinguished in order to create a refined motor vehicle emission inventory, in particular for urban areas that face serious air quality problems:

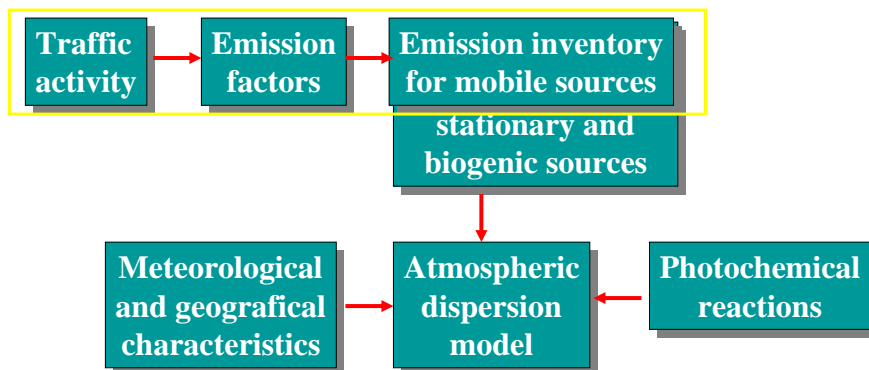
Microscale approach
(Bottom-up)



Macroscale approach
(Top-down)



TRAFFIC, EMISSION AND DISPERSION MODELS



MOTOR VEHICLE EMISSIONS



<u>Transport model</u>	<u>Emission models</u>	<u>85 pollutants</u>
Total vehicle	$E_{\text{total}} = E_{\text{hot}}$	8 gases and PM_{10}
Local average	$E_{\text{evaporative}} =$	7 metals
<u>Real data collection</u>	Speed dependent	68 VOCs (7 families)
Total vehicle	<u>Experimental emission</u>	<u>16 vehicle types</u>
Fleet composition	Speed and acceleration	Petrol and diesel
Real-time speed	Fuel composition	Light, medium and heavy duty
<u>Traffic network</u>	Mileage details	Conventional and catalytic cars
Digitised road	<u>Others</u>	Passenger, commercial and public
GIS support	Gradient effect	<u>Spatially and temporally disaggregated</u>
	Airports and	Emissions by road and sectors
		Emissions per day, week, year

Seminario
“Transporte, Energía, Salud y Medioambiente”
 24-25 de Abril 2003

MODELO DE EMISIONES VEHICULARES - MODEM

Mauricio Osses
 Departamento de Ingeniería Mecánica
 Universidad de Chile
 E-mail: maosses@ing.uchile.cl

SECTRA GOBIERNO DE CHILE Ministerio de Planificación y Cooperación GOBIERNO DE CHILE DIME DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Seminario: Transporte, Energía, Salud y Medioambiente JUEVES 24 VIERNES 25 ABRIL 2003 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

¿Qué es MODEM?

- **MODEM**: **MODE**lo de **EM**isiones vehiculares
- **MODEM** es un software especializado que permite calcular las emisiones de contaminantes atmosféricos generados por actividad vehicular en zonas urbanas.
- El cálculo se realiza a partir de información vial generada por modelos de transporte, la cual se combina con factores de emisión, obteniéndose altos niveles de desagregación espacial y temporal.
- **MODEM** ha sido desarrollado en un período de 6 años, a través de estudios conjuntos entre CONAMA, CENMA, MTT-3CV, SECTRA, DICTUC y la Universidad de Chile.



Debido al alto grado de responsabilidad del sector transporte en el nivel de emisiones de contaminantes atmosféricos, existentes en ciudades como Santiago, se ha hecho imperativo contar con herramientas o modelos que estimen el nivel de emisiones asociados a la actividad vehicular

Metodología base de cálculo

$$ET = E_{he} + E_{cs} + E_{ev}$$

hot exhaust emissions
cold start emissions
evaporative emissions

$$E_{he} = NA \times FE \times FC$$



Nivel de Actividad Vehicular
 Factores de Emisión
 Factores de Corrección

Estimación de emisiones vehiculares

$$E_{ijk} = FE_{ik} * FT_j * C_{kj} * L_j$$

E_{ijk} : Emisión total del contaminante i , en el arco j , para la categoría vehicular k

FE_{ik} : Factor de emisión contaminante i para la categoría k [gr/km] ← $f(v,a)$

FT_j : Flujo vehicular total en el arco j a la hora evaluada [veh/hr] ← $f(t)$

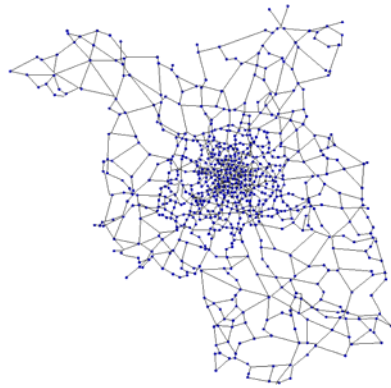
C_{kj} : Composición o fracción del flujo total de la categoría k en el arco j [%] ← $f(t)$

L_j : Largo del arco j [km]

$$E = NA \times FE \times FC$$

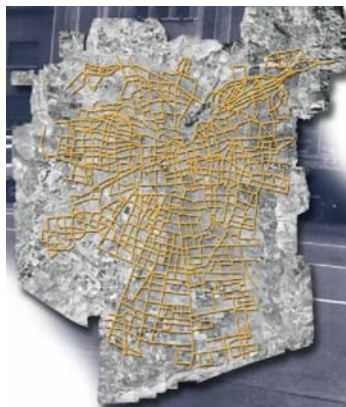
Nivel de actividad vehicular

- Flujo vehicular total
- Tiempo de viaje
- Composición vehicular
- Topología red vial



$$E = NA \times FE \times FC$$

Flujo vehicular total y tiempo de viaje (velocidad)



ESTRAUS: used for strategic planning with an urban road network, built on 4 main stages:

- Trip generation/attraction
- Trip distribution
- Modal choice/split
- Trip assignment

ESTRAUS covers two main periods:

Morning peak-hour (07:30-08:30)

Inter-peak hour (10:30-11:30).

It can simulate entire urban domains, but still it does not contain all the information needed for the compilation of a complete inventory of emissions.

Main outputs for emission estimation:

Traffic volume (fix and variable flow)

Travel time (variable flow)

$$E = NA \times FE \times FC$$

Composición y flujos
vehiculares

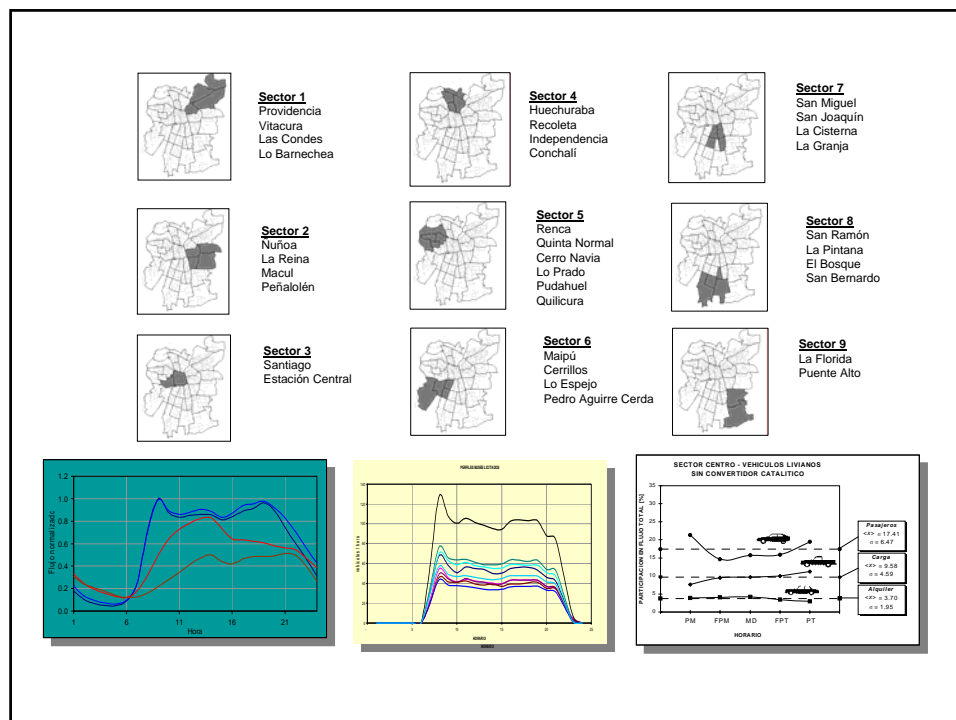


Conteos manuales en distintas ciudades y análisis estadístico de bases de datos (INE, PRT) → 40 tipos de vehículos en MODEM
Flujos vehiculares obtenidos con estaciones automáticas de conteo

$$E = NA \times FE \times FC$$

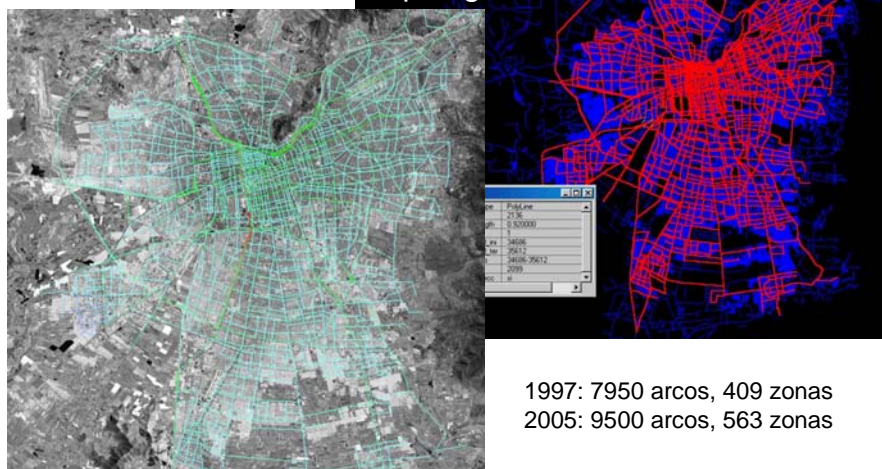
Categorías Flujo Variable	2000	2005
Vehículos Particulares Catalíticos Tipo 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehículos Particulares Catalíticos Tipo 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehículos Particulares No Catalíticos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehículos Particulares Gas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehículos Particulares Otros	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehículos de Alquiler Catalíticos Tipo 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehículos de Alquiler Catalíticos Tipo 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehículos de Alquiler No Catalíticos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehículos de Alquiler Gas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehículos de Alquiler Otros	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehículos Comerciales Catalíticos Tipo 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehículos Comerciales Catalíticos Tipo 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehículos Comerciales No Catalíticos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehículos Comerciales Diesel Tipo 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehículos Comerciales Gas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehículos Comerciales Otros	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Buses particulares	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Camiones Livianos Diesel Tipo 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Camiones Livianos Diesel Tipo 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Camiones Livianos Diesel Tipo 3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Camiones Livianos Diesel Convencional	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Camiones Livianos Gas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Camiones Livianos Otros	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Camiones Medianos Diesel Tipo 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Camiones Medianos Diesel Tipo 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Camiones Medianos Diesel Tipo 3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Camiones Medianos Diesel Convencional	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Camiones Medianos Gas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Camiones Medianos Otros	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Motos de Dos Tiempos Tipo 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Motos de Dos Tiempos Tipo 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Motos de Cuatro Tiempos Tipo 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Motos de Cuatro Tiempos Tipo 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Total Flujo Variable	16	24

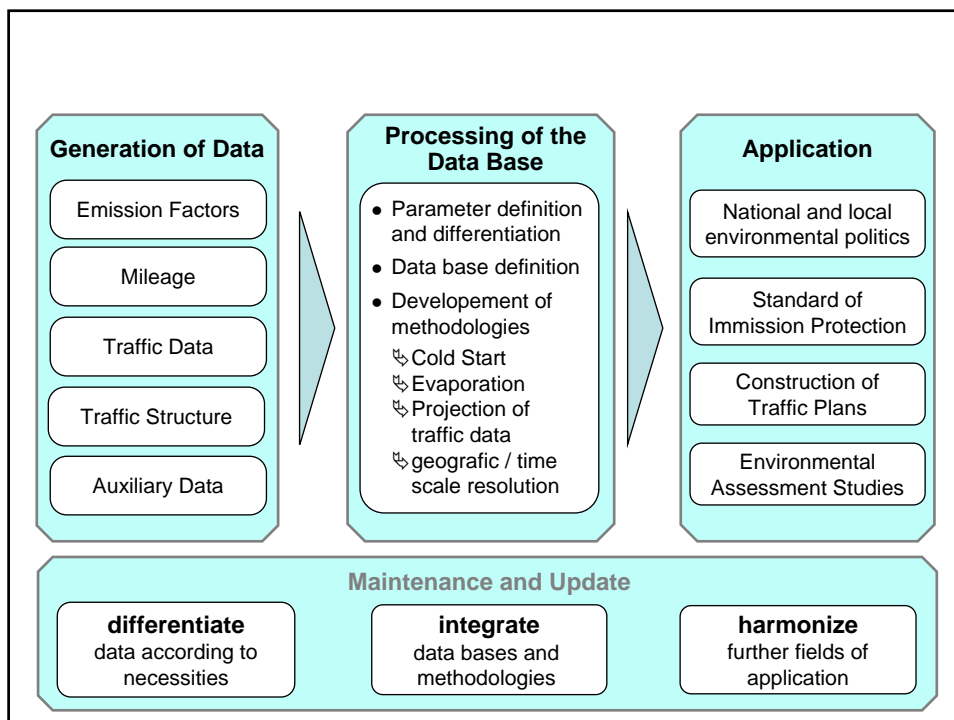
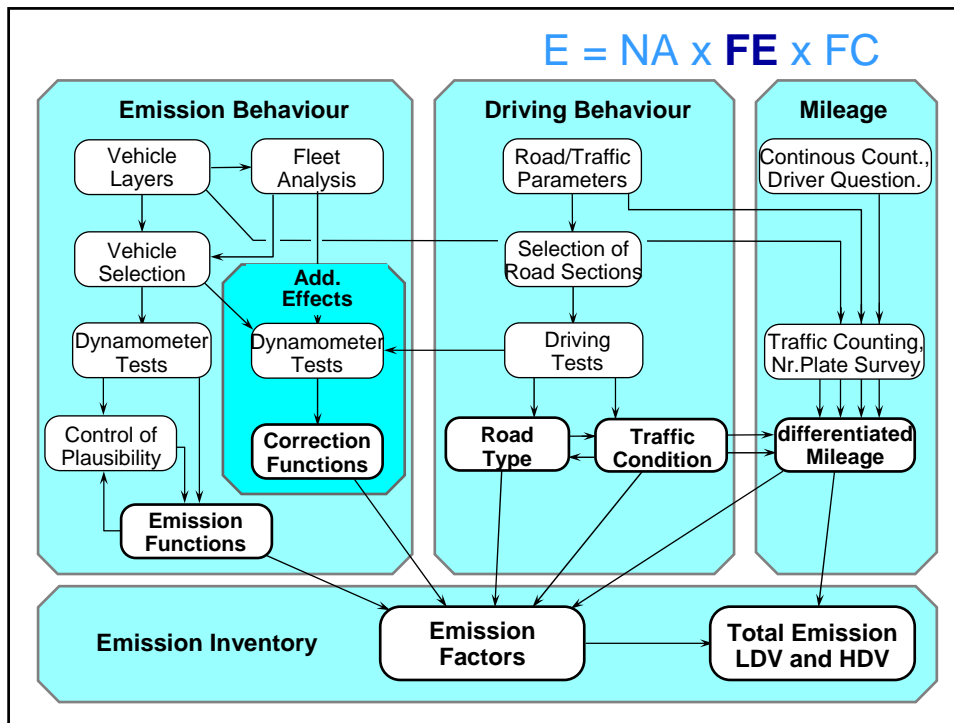
Tipo de flujo	Composición 2000	2000	2005
Flujo Fijo Buses Licitados	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Buses Licitados Urbanos Diesel Conv.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Buses Licitados Urbanos Híbridos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Buses Licitados Urbanos Gas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Flujo Fijo Camiones Pesados	Buses Licitados Urbanos Otros	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Camiones Pesados Diesel Tipo 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Camiones Pesados Diesel Tipo 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Camiones Pesados Diesel Tipo 3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Camiones Pesados Diesel Convencional	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Camiones Pesados Otros	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Flujo Fijo Taxis Colectivos	Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Taxis Colectivos No Catalíticos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Taxis Colectivos Gas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Flujo Fijo Buses Interurbanos y Rurales	Taxis Colectivos otros	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Buses Interurbanos Diesel Tipo 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Buses Interurbanos Diesel Tipo 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Buses Interurbanos Diesel Tipo 3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Buses Interurbanos Diesel Convencional	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Buses Interurbanos Otros	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Buses Rurales Diesel Tipo 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Buses Rurales Diesel Tipo 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Buses Rurales Diesel Tipo 3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Buses Rurales Diesel Convencional	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Buses Rurales Otros	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Total Flujo Fijo		14	18
Total Flujo Variable + Flujo Fijo		30	42



$$E = NA \times FE \times FC$$

Topología red vial

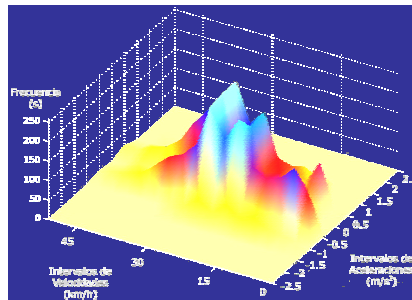
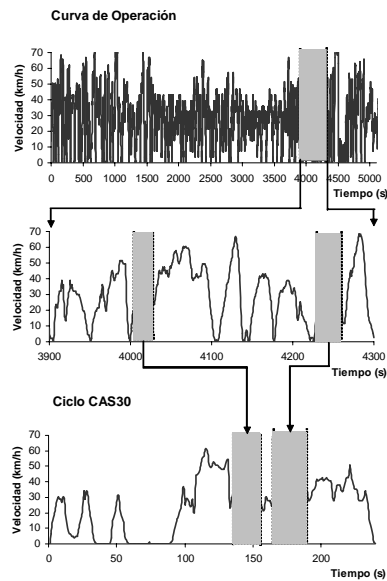




$$E = NA \times FE \times FC$$

Los ciclos de conducción se generan a partir de información en terreno, recolectando curvas velocidad-tiempo.

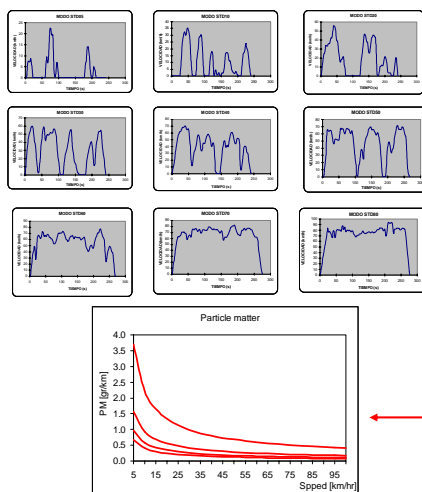
A partir de la información real, se construyen ciclos más cortos que representen todas las variables de la dinámica de conducción.



- Urban Transport Planning in Santiago (buses)
- Traffic and emission modeling techniques
- Calculation procedure
- Results and conclusions

$$E = NA \times FE \times FC$$

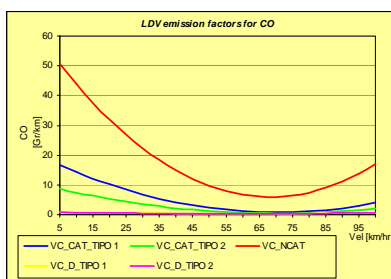
2000 ensayos
180 vehículos (gasolina)
12 ciclos de conducción
CO, HC, NOx



PM	CO2
HC	CH4
CO	NH3
NO	N2O

$$E = NA \times FE \times FC$$

		CO [g/km]
LDV TWC EURO 1		$0.0037 V^2 - 0.5215 V + 19.127$
LDV TWC EURO 2		$0.001924 V^2 - 0.27118 V + 9.94604$
LDV conventional		$0.01104 V^2 - 1.5132 V + 57.789$
LDV Diesel EURO 1		$0.000223 V^2 - 0.026 V + 1.076$
LDV Diesel EURO 2		$0.00018286 V^2 - 0.02132 V + 0.88232$



6 local pollutants

PM, CO, VOC, NO_x, SO₂, NH₃

42 vehicle categories

278 EF curves

NM VOC components:

Aromatics

Ketones

Alkanes

Cycloalkanes

Alkenes

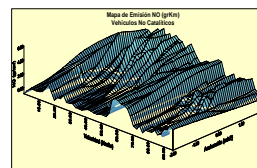
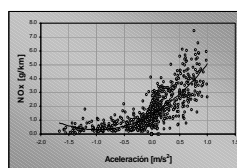
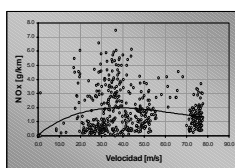
Alkynes

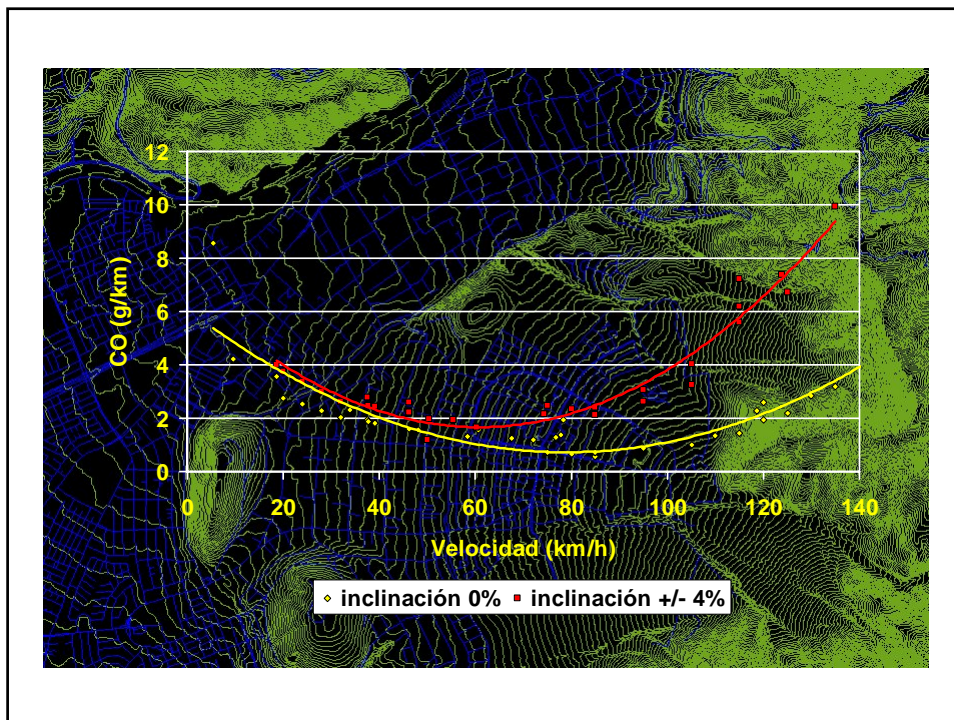
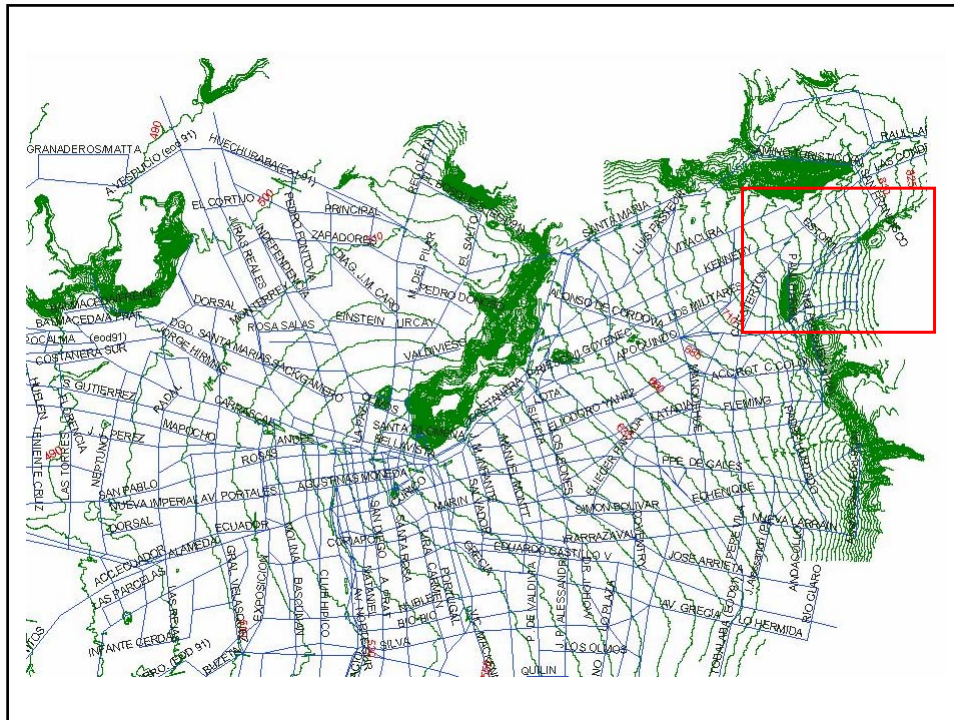
Aldehydes

Dioxins & Furans

$$E = NA \times FE \times FC$$

- FEs en función de la velocidad media de recorrido
- Corrección por la aceleración media positiva (AMP)
- Emisiones en caliente y por partida en frío
- Emisiones evaporativas (hot soak, diurnal, running losses)
- Efecto de la inclinación o pendiente
- Deterioro, mantención, fiscalización
- Calidad de los combustibles
- Hábitos de conducción
- Otros (altura, clima, etc)

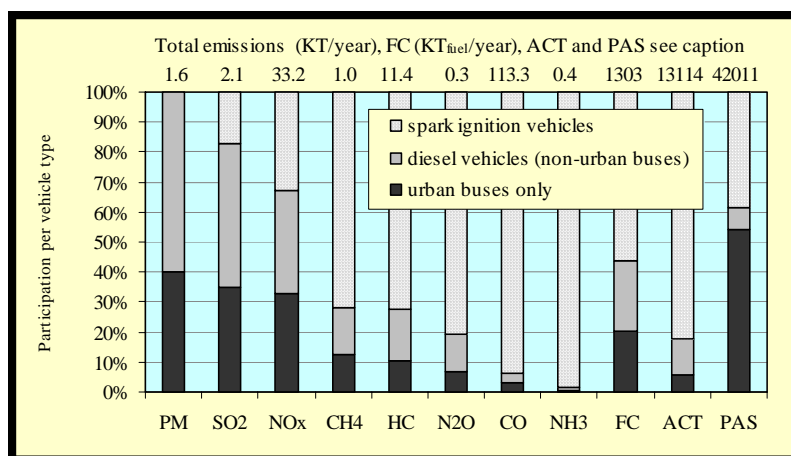




Aplicación de MODEM

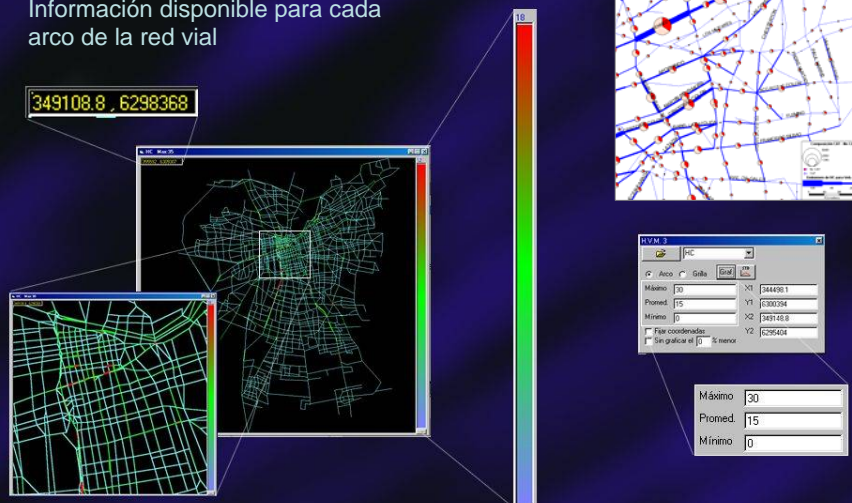
- Santiago
- Ciudades intermedias
- Modelos de dispersión
- Evaluación económica-ambiental

Aplicación de MODEM: Santiago

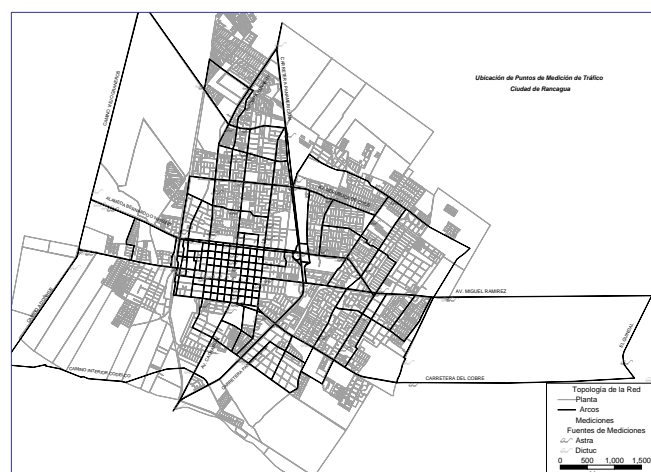


Aplicación de MODEM: Santiago

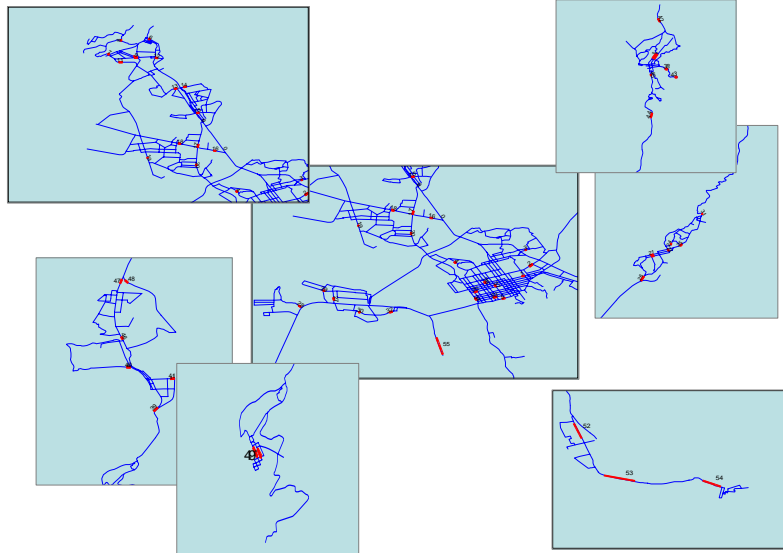
Información disponible para cada arco de la red vial



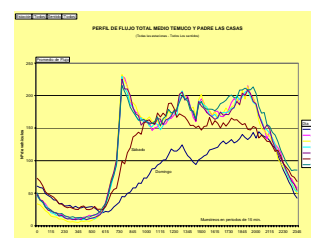
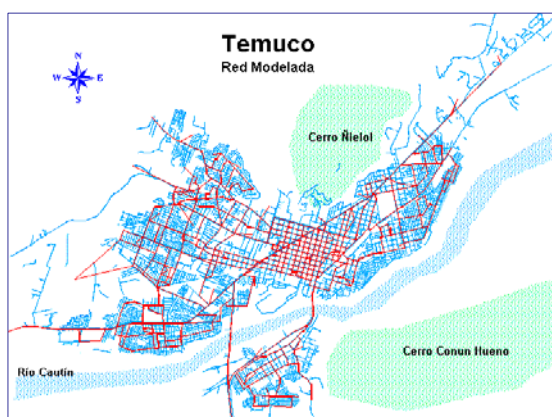
Aplicación de MODEM: Rancagua



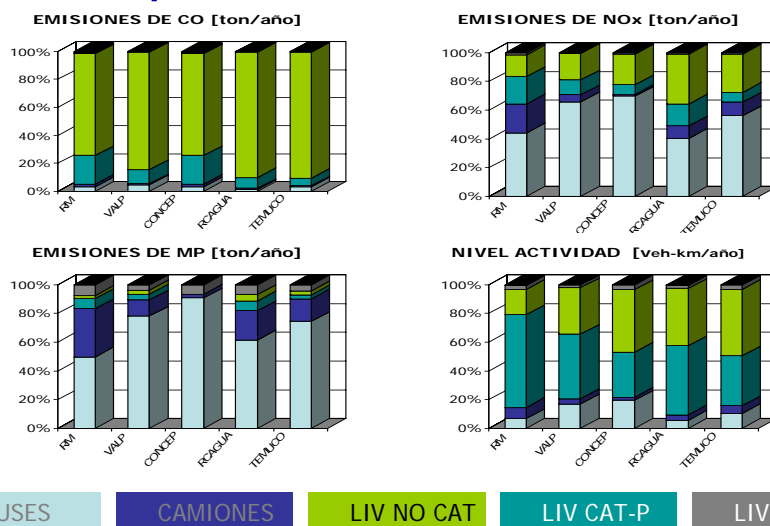
Aplicación de MODEM: Gran Concepción



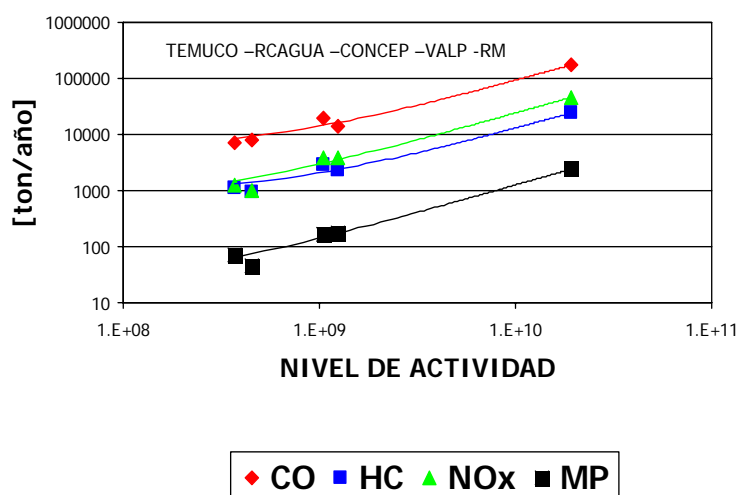
Aplicación de MODEM: Temuco



Aplicación de MODEM



TENDENCIA EMISIONES

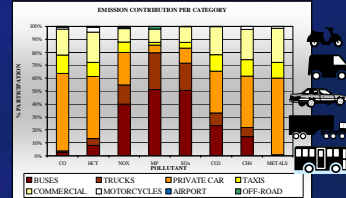


Aplicación de MODEM: modelos de dispersión

Emisiones por arco

Emisiones por grilla

Análisis estadístico



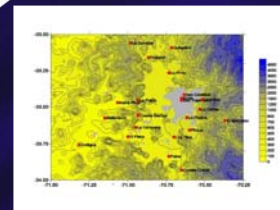
La información puede ser entregada de varias formas, de acuerdo a las necesidades del usuario (resolución espacial y temporal).

Conclusiones: emisiones y modelos de dispersión

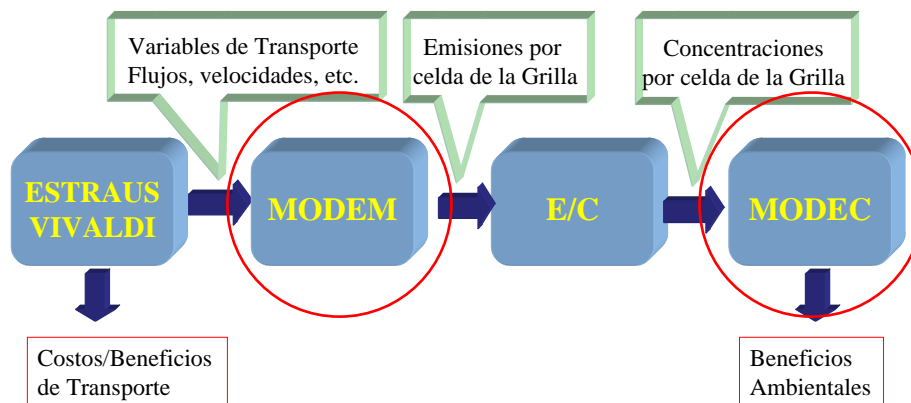
Emissions from both mobile and stationary sources are an important input for dispersion modeling. Statistical data from monitoring stations can be used for validation of the data (e.g. CO within urban areas).

Emissions (2-3 km grid)

Wind data



Conclusiones: metodología MODEC



Futuras aplicaciones

- Generar inventarios para todas las ciudades intermedias del país (PACIN)
- Interacción con modelos de dispersión primarios y fotoquímicos (PUC, DGF, CMM)
- Interacción con otras herramientas de SECTRA (MUSSA, MODEC, AARTE)
- Aplicación en otros países, en combinación con modelos internacionales (IVE)