

TALLER INTERNACIONAL  
*VEHÍCULOS  
AUTOMOTORES Y  
CONTAMINACIÓN  
ATMOSFÉRICA*  
**MEMORIA**



---

MÉXICO, DISTRITO FEDERAL  
9 DE FEBRERO DE 1998

---

M. en C. Julia Carabias Lillo  
*Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca*

Lic. Enrique Provencia  
*Presidente del Instituto Nacional de Ecología*

Dr. Adrián Fernández Bremauntz  
*Director General de Gestión e Información Ambiental*

Ing. Víctor Javier Gutiérrez Avedoy  
*Director del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental*

Lic. Yutaka Hosono  
*Lider del Proyecto CENICA*

Biol. Alma Delia Nava Montes  
*Subdirectora de Capacitación Ambiental*

## INDICE

<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>3</b>
<b>SITUACION ACTUAL Y TENDENCIAS EN EL CONTROL DE LAS EMISIONES DE LOS VEHICULOS AUTOMOTORES EN JAPON</b> .....	<b>5</b>
DRA. TAZUKO MORIKAWA AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON, JICA	
<b>SITUACION ACTUAL Y TENDENCIAS EN EL CONTROL DE LAS EMISIONES DE LOS VEHICULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION (PROGRAMA DE VERIFICACION VEHICULAR EN LA ZMCM)</b> .....	<b>41</b>
ING. SERGIO ZIRATH HERNANDEZ DIRECTOR DE ESTUDIOS Y PROYECTOS AMBIENTALES SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE, GDF	
<b>APLICACION EN MEXICO DEL MODELO MOBIL 5</b> .....	<b>61</b>
M EN I. JORGE SARMIENTO RENTERIA SUBDIRECTOR DE INVENTARIO DE EMISIONES, INE	
<b>EMISIONES VEHICULARES E HIDROCARBUROS REACTIVOS</b> .....	<b>69</b>
DRA. TAZUKO MORIKAWA AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON, JICA	
<b>MODELOS DE EMISIONES VEHICULARES EMPLEADOS EN CALIFORNIA</b> .....	<b>95</b>
DR. PABLO CICERO FERNANDEZ UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA	
<b>MODELOS PROMEDIADOS PARA EMISIONES VEHICULARES EN LA CIUDAD DE MEXICO</b> .....	<b>129</b>
DR. JUAN VARELA HAMDOR, SHINJI WAKAMATZU INVESTIGADOR UAM-IGOB, JAPON	
<b>MODELO PARA EMISIONES VEHICULARES Y SU USO EN LA CIUDAD DE MEXICO</b> .....	<b>155</b>
DRA. ELBA ORTIZ / ING. LUIS DIAZ / M. JORGE GAZCA INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO	
<b>VERIFICACION Y EMISIONES VEHICULARES</b> .....	<b>169</b>
DR. HECTOR RIVEROS ROTGE UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	

## **Introducción**

Existe una relación muy estrecha entre calidad del aire y el tamaño de las áreas urbanas, es decir, entre mayor densidad de habitantes, vehículos automotores, industrias y servicios conjuntada con patrones de crecimiento horizontal que favorecen recorridos más largos y por ende mayores consumos de combustible se presentan deterioros más pronunciados de la calidad del aire de una cuenca atmosférica. Si a lo anterior, le aunamos características topográficas adversas y condiciones de insolación y altitud sin referentes en el mundo para grandes áreas urbanas como es la Ciudad de México, entonces estamos ante una situación que ha favorecido la conformación de una cuenca atmosférica altamente contaminada con impactos muy serios en la salud y ecosistemas que la sustentan.

El CENICA tiene como uno de sus principales objetivos, el organizar eventos que permitan enriquecer la discusión, conocimiento y soluciones a la problemática ambiental en nuestro país. De esta manera, se organiza este taller internacional "Vehículos Automotores y Contaminación Atmosférica", con la finalidad de intercambiar experiencias entre expertos japoneses y mexicanos en las áreas de emisiones vehiculares y su modelaje matemático.

Es ampliamente conocido que los vehículos automotores son responsables en gran parte de los altos niveles de contaminantes atmosféricos que se presentan en las grandes áreas urbanas, por lo que profundizar en el conocimiento de las variables que intervienen directamente en la formación y transporte de los contaminantes es una actividad permanente tanto para las autoridades responsables de su control como de los sectores académico y social.

Esperamos que la posibilidad de conocer los avances y enfoques que se tienen en Japón y en el estado de California en el abatimiento de la contaminación atmosférica abran nuevos horizontes a los esfuerzos que se vienen haciendo en nuestro país en ese mismo sentido. También esperamos que este taller y los que se organizarán en el futuro permitan una mayor difusión de estos temas de forma tal que se amplíen los canales de participación y de sustento a la toma de decisiones de la autoridad ambiental.

**SITUACION ACTUAL Y TENDENCIAS EN EL CONTROL DE LAS  
EMISIONES DE LOS VEHICULOS AUTOMOTORES EN JAPON**

DRA. TAZUKO MORIKAWA

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON, JICA

The typical urban atmospheric pollutants:

- Nitrogen Oxides (Nox)
- Oxidants
- Suspended Particle Matters (SPM)

---

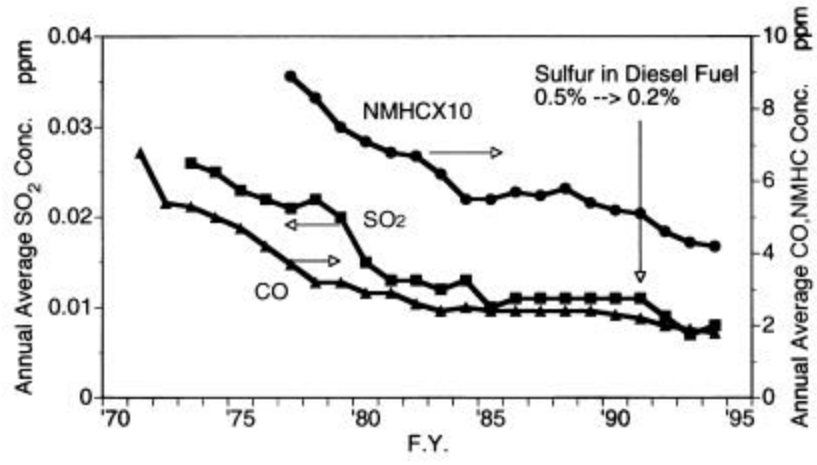
Sulfur Dioxide (SO<sub>2</sub>)  
Other Toxic Components

Japan: winter  
Japan: summer Mexico: all season  
Japan: winter

Dioxin, Benzene, 1,3-Butadiene

# Trend of SO<sub>2</sub>, CO, NMHC Conc. in Japan

Japan Clean Air Program

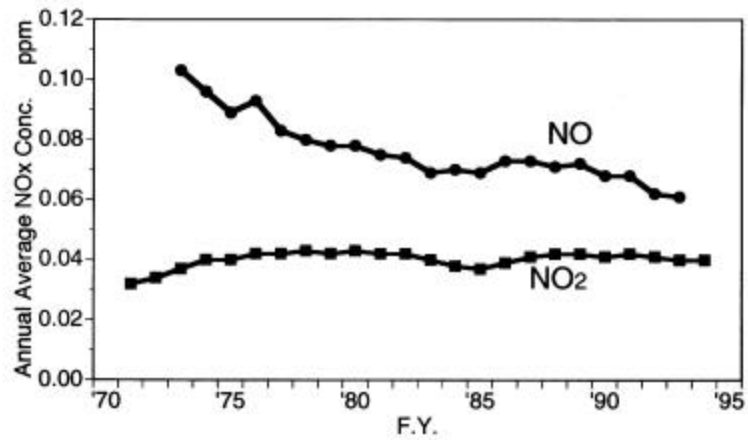


Average at Roadside Air Pollution Monitoring Stations



# Trend of NOx Conc. in Japan

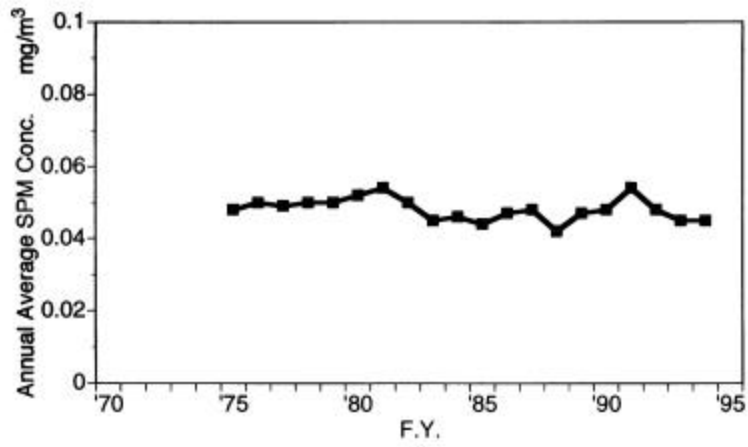
*Japan Clean Air Program*



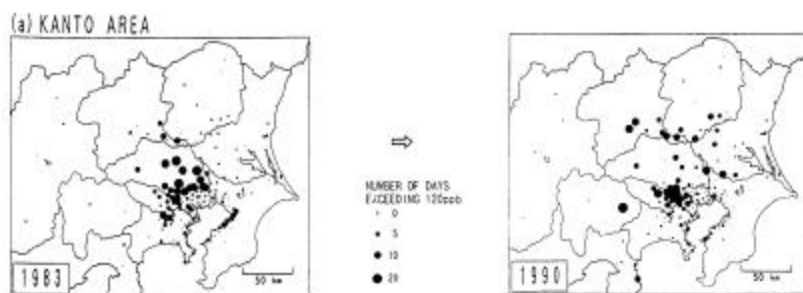
Average at 21 Roadside Air Pollution Monitoring Stations

## Trend of SPM Conc. in Japan

*Japan Clean Air Program*

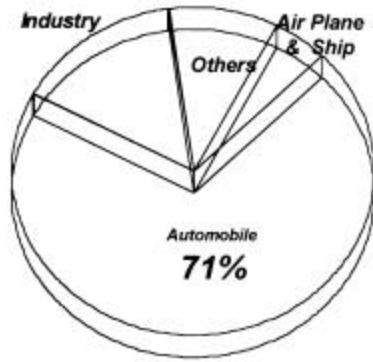


Average at 21 Roadside Air Pollution Monitoring Stations

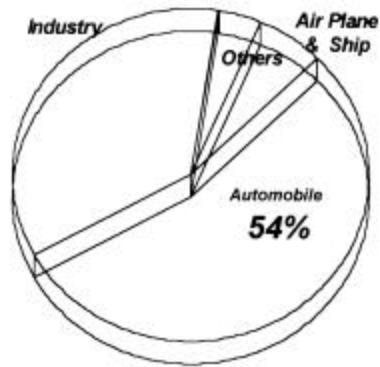


The number of days in which  $O_3$  concentration exceed 0.12 ppm in 1983 and 1990 in the Kanto Area.

**Emission source of atmospheric Nox at major urban cities**



**Tokyo 73,600 ton/year**

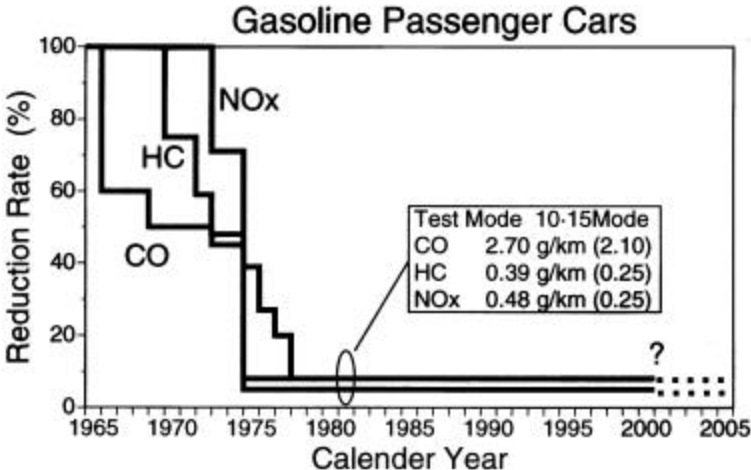


**Osaka area 83,900 ton/year**

(1990)

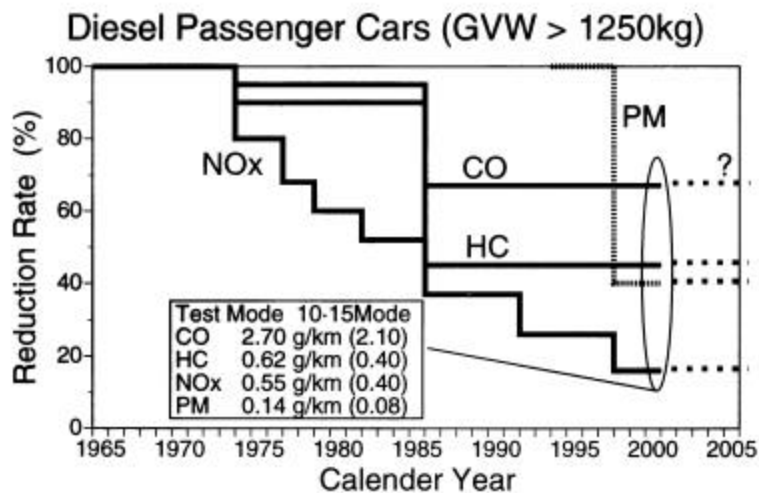
# History of Emission Regulation in Japan(1)

*Japan Clean Air Program*



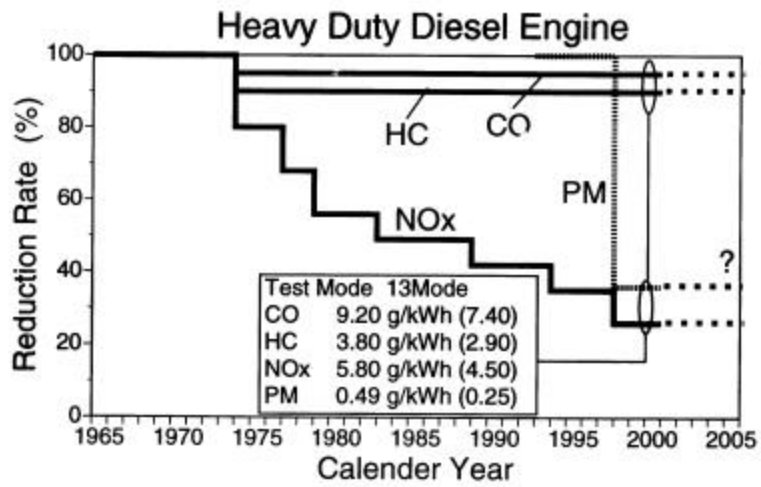
# History of Emission Regulation in Japan(2)

*Japan Clean Air Program*



# History of Emission Regulation in Japan(3)

Japan Clean Air Program



## Fuel Quality Control in Japan

---

Japan Clean Air Program

<b>Gasoline</b>	<b>Lead</b>		<b>Not Detected</b>
	<b>Sulfur</b>	<b>max</b>	<b>0.01 wt%</b>
	<b>Benzene</b>	<b>max</b>	<b>5 vol %</b> <b>1 vol% (from 2000)</b>
	<b>MTBE</b>	<b>max</b>	<b>7 vol%</b>
<b>Diesel Fuel</b>	<b>Sulfur</b>	<b>max</b>	<b>0.2 wt%</b> <b>0.05wt% (from 1997)</b>
	<b>Cetane Index</b>	<b>min</b>	<b>45</b>
	<b>T90</b>	<b>max</b>	<b>360 °C</b>

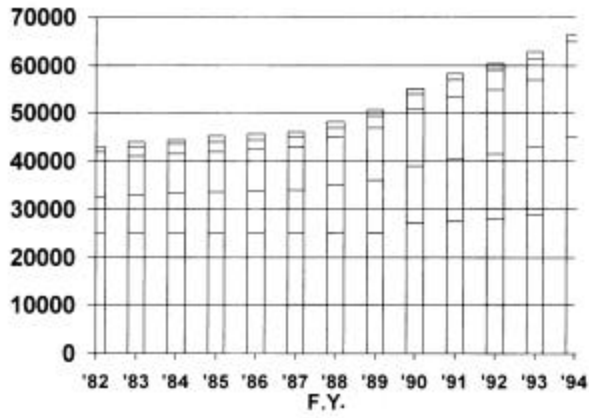
Effective Date: March, 1996



# Population of Motor Vehicles in Japan

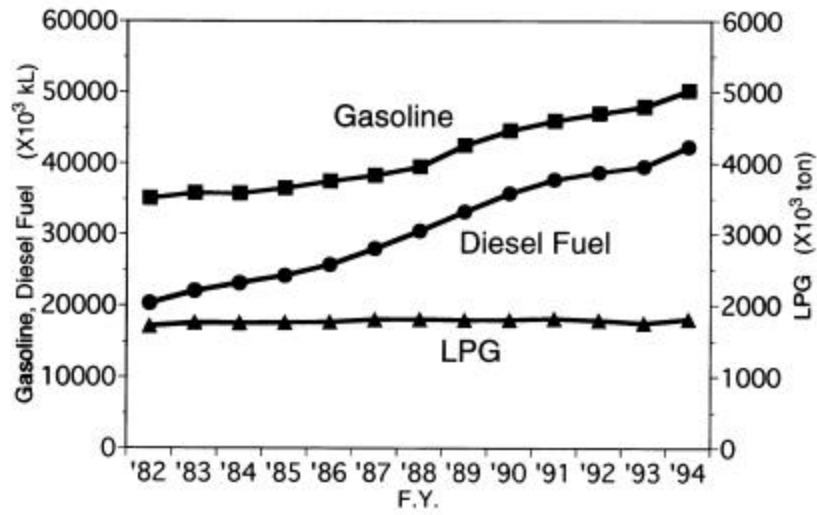
Japan Clean Air Program

Passenger cars Buses Trucks Motorcycles etc.

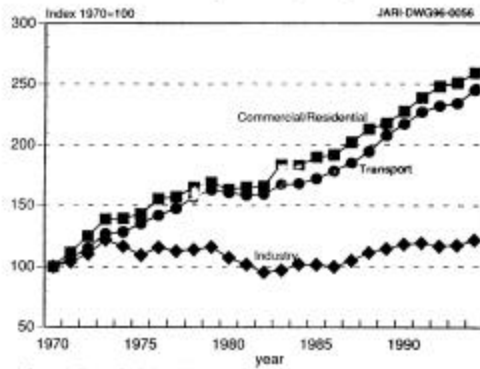


# Motor Vehicle Fuel Consumption in Japan

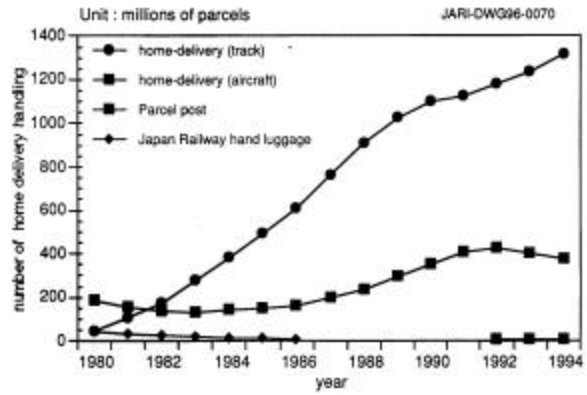
Japan Clean Air Program



Trends in Energy Consumption by Sectors

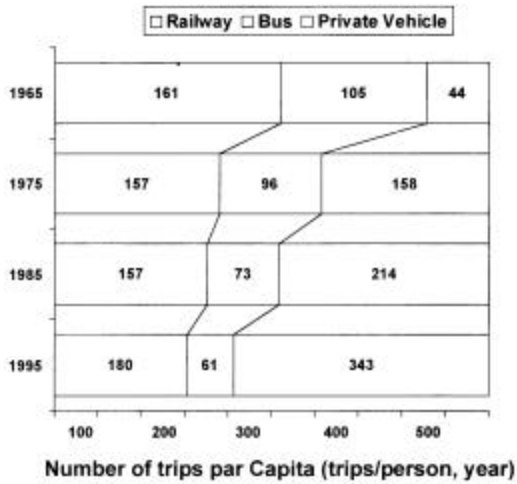


Trends in the number of small parcels being shipped via home-delivery



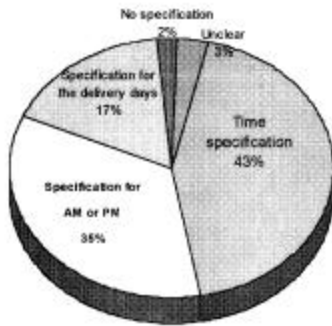
### Trends in Number of Trips by Mode of Transportation

JARI-DWG96-E0123

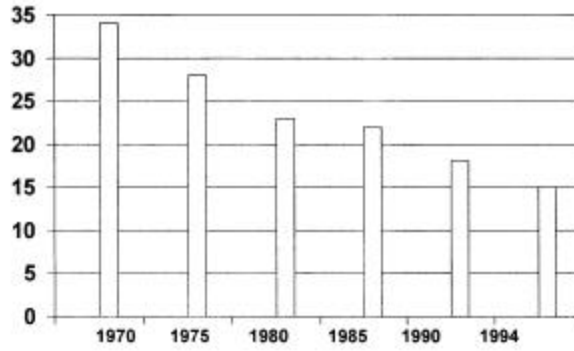


Source: Road Transport handbook

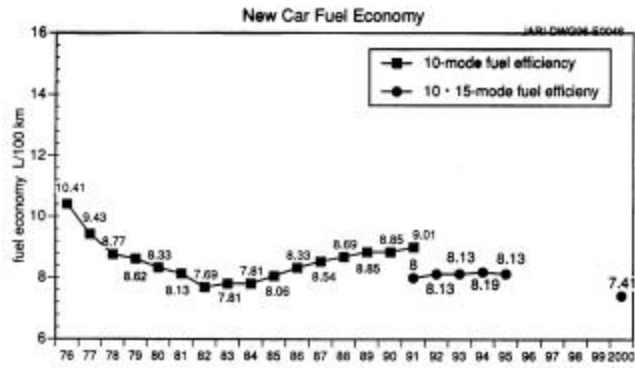
Share held by specified-time deliver-service by home-delivery



Trends in Transport Efficiency of Light duty trucks



Note: transportation efficiency=ton-kms/ton-kms of capacity  
Source: Summary of Road Transportation



Source : MOT fuel efficiency data 1996



# Low Emission Vehicles (2)

低公害車(2)

Hybrid car  
ハイブリッド新乗車



Hybrid diesel-electric bus  
ディーゼル電気ハイブリッドバス



Garbage truck using CNG fuel  
CNGごみ車



Bus using CNG fuel  
CNGバス



Electric vehicle  
電気自動車



Truck using methanol fuel  
メタノールトラック







# Improvement of Energy Efficiency in Freight Transport

## 物流の効率化

A coastal container vessel and a domestic intermodal container terminal. Port of Tomakomai  
内航コンテナ船と内航コンテナターミナル(苫小牧港)



A RORO vessel and a RORO terminal. Port of Toyoko  
RORO船とRORO船ターミナル(田口港)



A ferry and ferry quay. Port of Toyoko  
フェリーとフェリー埠頭(奥美濃)



An image of joint transportation and delivery arrangements  
共同輸送のイメージ



An image of joint applied truck transport service  
共同運行のイメージ



An image of ITS (Intelligent Transport System) for freight transport  
トラックITSのイメージ



A joint freight distribution center  
(Tokai Truck Terminal)  
共同物流センター(東海トラックターミナル)



An automated warehouse of the Keihin track terminal  
total freight distribution center  
京浜トラックターミナル総合物流センター自動倉庫





# Promotion of Public Transport

公共交通機関の利用促進

## Further utilization of public transportation system in the passenger transportation

旅客交通における公共交通機関等の利用促進

High speed travel on tracks  
[Shinkansen, Tokaido Shinkansen]  
新幹線等の高速化(山陽・東海道新幹線 300km/h)



Quickly track construction  
[Shinkansen]  
新幹線工事(東京圏)



Establishment of regional transit systems based  
on bus services  
[Tochigi, Ibaraki, Gunma, Saitama, Chiba, Tokyo]  
バスを中心とした地域交通システム構築  
(山形・秋田バス/ノースアップバスの導入)



Establishment of regional transit systems based  
on bus services  
[Chiba, Tokyo]  
バスを中心とした地域交通システム構築  
(千葉県型のリニアシステムの導入)



New transit system  
[Tokyo]  
新交通システム(横浜线)



Utilization of street trolleys  
[Tokyo]  
路面電車(立川)の活用(有明線)の延伸(有明線)  
路面電車(立川)の活用(有明線)の延伸(有明線)



Improvement of access to railway and bus terminals  
[Tokyo]  
鉄道、バスのアクセス強化(丸の内線丸の内駅)



Park and Ride  
[Tokyo]  
パークアンドライド(有明線)





# Toward Energy Efficient Transport

## エネルギー効率のよい交通体系をめざして

● To suppress use of cars and to encourage use of railways and ships, many countries are implementing a variety of measures matched to each country's situation. The following are major measures implemented in Japan to improve freight distribution efficiency and encourage use of public transportation systems; energy consumption efficiency in the transportation sector are being improved through these measures.

● 自動車の利用を抑制し、鉄道や船舶の利用を促進するために、各国がそれぞれの国情にあわせて様々な対策を実施しています。以下は、我が国における物流の効率化、公共交通機関の利用促進に係わる主要な施策で、これらを通じて運輸部門におけるエネルギー消費効率の改善を進めています。

### Freight distribution efficiency improvements

- Promotion of modal shifts (active utilization of railways and coastal ships for trunk mode transportation)
  - Improvement of railway transportation capability
  - Improvement of coastal container ship and RORO ship services (RORO ship: fast Outfit On ship: A ship that has a gate at the bow or stern to load or discharge cargo by cargo trucks, etc. (a known as stevedoring system))
  - Improvement of domestic intermodal transportation terminals that allow intermodal door-to-door transportation
  - Improvement of access to ports
- Improvement of truck transportation efficiency
  - Reduction of the number of trips and improvement of loading rates through joint transportation and joint delivery arrangements for inter-city and regional area
  - Improvement of efficiency inter-city trunk transportation by encouraging joint operation, etc.
  - Promotion of use of trailer trucks and large-sized trucks to enlarge freight capacity
  - Operation management support by using ITS, provision of back-haul information, optimum truck allocation planning, etc. (ITS: Intelligent Transport System)
- Improvement of freight distribution centers etc.

### Further utilization of public transportation system in the passenger transportation

- Improvement of railways, buses and their services
  - Introduction of faster train services to trunk routes
  - Enhancement of transportation capacity through construction of new railways and quadruple tracks
  - Mitigation of congestion by encouraging off-peak commuting
  - Establishment of regional transportation systems based on bus services
  - Improvement of urban transit and new transit system
  - Utilization of street trolley services
- Coordinated services by more than one transportation system (Improvement of access to railway and bus terminals)
- Implementation of transportation demand management
  - Sharing private car rides
  - Off-peak commuting
  - Park and ride
- etc.

### 物流の効率化

- モーダルシフトの促進(幹線輸送における鉄道・海運の積極的活用)
  - 列車の輸送力増強
  - 内海コンテナ船、RORO船の増強
  - RORO船: コーストアウトフィット船、船体とトラックなどで船内乗り下り(水平移動方式)と船尾や船頭でフェリーを降す方式
  - 船内一貫輸送に対応した内装ターミナルの整備
  - 港湾へのアクセス強化
- トラック輸送における輸送効率の向上
  - 対応地における共同輸送による運行便数の増減、積載効率の向上
  - 共同輸送における共同運行の促進等による輸送効率の向上
  - トレーラー(仕立)専用大型化の促進
  - ITSを活用した運行管理支援、積り管理情報の提供、トラックの積荷配管計画等(ITS: 高度道路交通システム)
- 物流拠点の整備等

### 旅客交通における公共交通機関等の利用促進

- 鉄道、バス等の整備、サービス改善
  - 幹線快速の増強化
  - 輸送能力: 車々線化による輸送力の増強
  - オフピーク通勤による混雑緩和
  - バスを中心とした地域交通システムの整備
  - 都市モノレール、新交通システムの整備
  - 路面電車の活用
- 複数の交通機関の連携(鉄道、バスのアクセス強化)
- 交通需要マネジメント施策
  - マイカーの削減等
  - 共乗通勤
  - パークアンドライド



# For Our Earth Eco-Driving

## 地球のためにエコドライブ

● When we consider countermeasures for global warming, it is important that each individual citizen voluntarily tackles changes in his/her life style and behavior.  
In Japan, as a part of an environmentally-friendly driving campaign, the "Eco-driving" project is being promoted.

● 運輸部門での温暖化対策は、各個人がそのライフスタイルの面でも自主的に取り組むことが大切です。我が国では、環境に優しい運転キャンペーンとして、エコドライブ運動を実施しています。

### Driving at a right speed on highways

If we drive at 80 km/h instead of 100 km/h, on highways we save about 30% of the fuel (for freight vehicles).

全国高速道路における適正速度運転の推進

高速道路で毎時100kmから80kmに速度を抑制した場合、1リットルの燃料が約3割節約できる。



### Inspecting tire pressure

An insufficient tire pressure by 25% compared with the right value creates a waste of 26 liters per year for each car (for passenger cars).

タイヤ空気圧の検点

タイヤの空気圧が適正値より約25%低いまままで走行した場合、年間で1台あたり26リットルの無駄(燃料費)。



### Unloading unnecessary goods

Unloading 10kg of unnecessary goods saves 4 liters per year for each car (for passenger cars).

無駄な荷物を降ろす

無駄な10kgの荷物を降ろして走行した場合、年間で1台あたり4リットルの節約(燃料費)。



### Refraining from idling

(Passenger cars)

If we reduce idling by 10 minutes everyday, we save 7 liters per year on each car.

アイドリングストップ(乗用車)

1日平均10分間のアイドリングストップを実施した場合、年間で1台あたり7リットルの節約。



### Refraining from idling

(Freight vehicles)

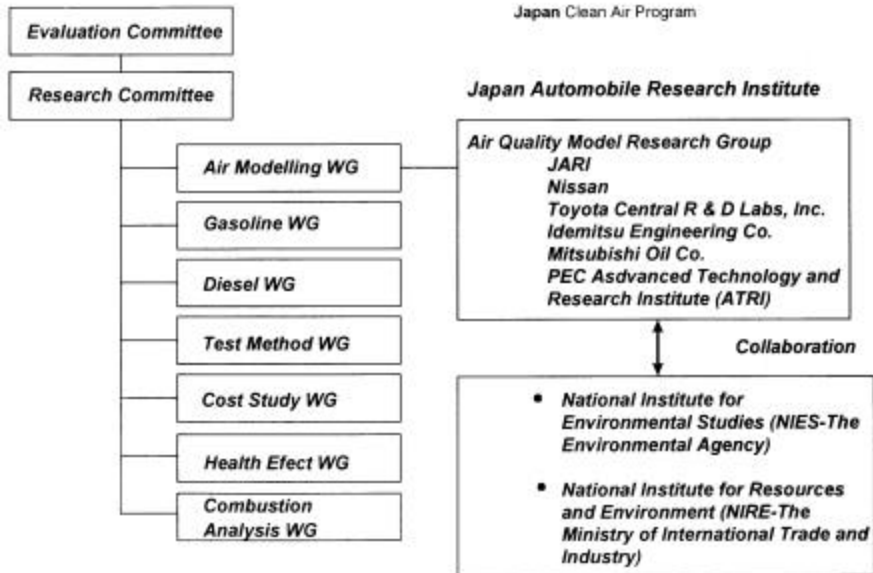
If we reduce idling by 10 minutes everyday, we save 52 liters per year on each vehicle.

アイドリングストップ(貨物車)

毎日10分間のアイドリングストップを実施した場合、年間で1台あたり52リットルの節約。



## Organization of JCAP Air Quality Study

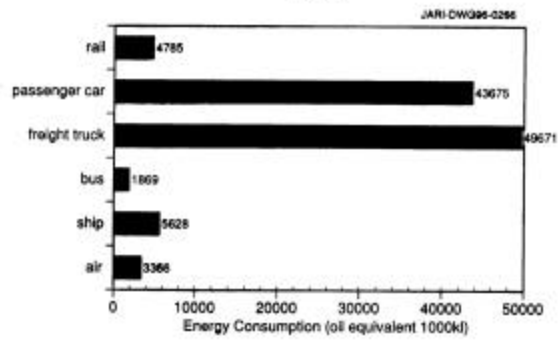


## Air Quality Standards in Japan

*Japan Clean Air Program*

		Japan	WHO	USA
SO <sub>2</sub> (ppm)	1 hour value	0.1	0.14	
	Daily average	0.04	0.04 - 0.06	0.14
	Annual average		0.015 - 0.023	0.03
NO <sub>2</sub> (ppm)	1 hour value		0.21	
	Daily average	0.04 - 0.06	0.08	
	Annual average			0.053
Ox (ppm)	1 hour value	0.06	0.08 - 0.10 (O <sub>3</sub> )	0.12 (O <sub>3</sub> )
CO (ppm)	1 hour value		26	35
	Daily average	10		
	8 hour value	20	9	9
SPM (μg/m <sup>3</sup> )	1 hour value	200	(PM <sub>10</sub> )	(PM <sub>10</sub> )
	Daily average	100	100 - 150	150
	Annual average		40 - 60	50

Energy Consumption by means of transportation  
(1993)



Source : Energy of Transport handbook

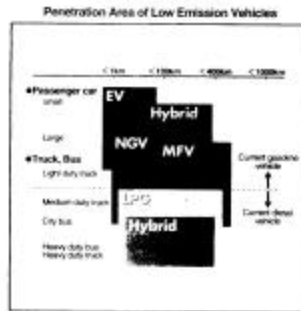


# Low Emission Vehicles (1)

## 低公害車(1)

- Today, low emission vehicles have not spread widely yet. Efforts to develop and spread cars with low environmental loads are of vital importance for our future to protect both the regional and global environments.
- When the characteristics of low emission vehicles such as maximum cruising distance and output power are taken into account, there should be appropriate places for low emission vehicles to be used and their further spread should be encouraged. (Fig.13)
- Meanwhile, most of taxis operated in Japan (about 260,000 cars) use LPG for fuel.
- 低公害車は、現在、大いに普及している状況ではありません。しかし、環境負荷の小さい自動車の開発と普及は、地域環境のみならず地球環境を保全するために、根本的に極めて重要です。
- 低公害車には、巡航距離や出力など車のもつ性能の特性上、普及に適した利用分野があります。(図13)
- また、我が国で利用されているタクシー(約26万台)のほとんどは、LPGを使用しています。

Fig.13 Characteristics of Low Emission Vehicles  
図13 低公害車の普及分野



EV: Electric vehicle  
電気自動車  
NGV: Natural gas vehicle  
天然ガス自動車  
MFV: Methanol fuel vehicle  
メタノール自動車  
Hybrid: Hybrid vehicle  
ハイブリッド自動車

Towing tractor used in the Kansai International Airport (EV)  
関西国際空港のトローイングトラクター(電気自動車)



LPG fuel tank of a taxi  
タクシーのLPG燃料タンク





## Measured Hydrocarbons and Data Used - Here

---

### Hydrocarbons

---

C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Ethane	Propane	n-Butane	n-Pentane	Benzene	Toluene	m,p-Xelene
Ethene	Propene	i-Butane	i-Pentane			o-Xelene
Acetylene						

---

### Other Pollutants

---

SO <sub>2</sub>	CO
NO	NMHC
NO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
Oxidant	SPM

---

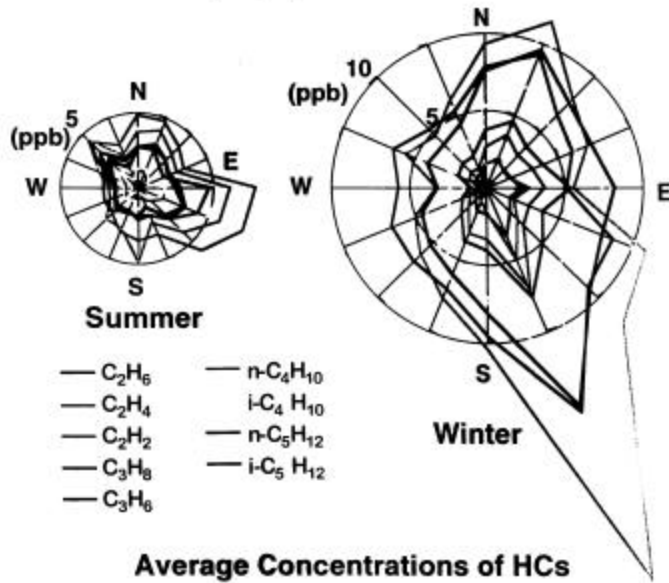
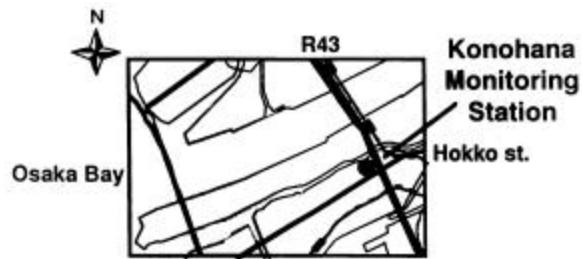
### Meteorological Data \*

---

Temperature  
Relative Humidity  
Wind Velocity  
Wind Direction

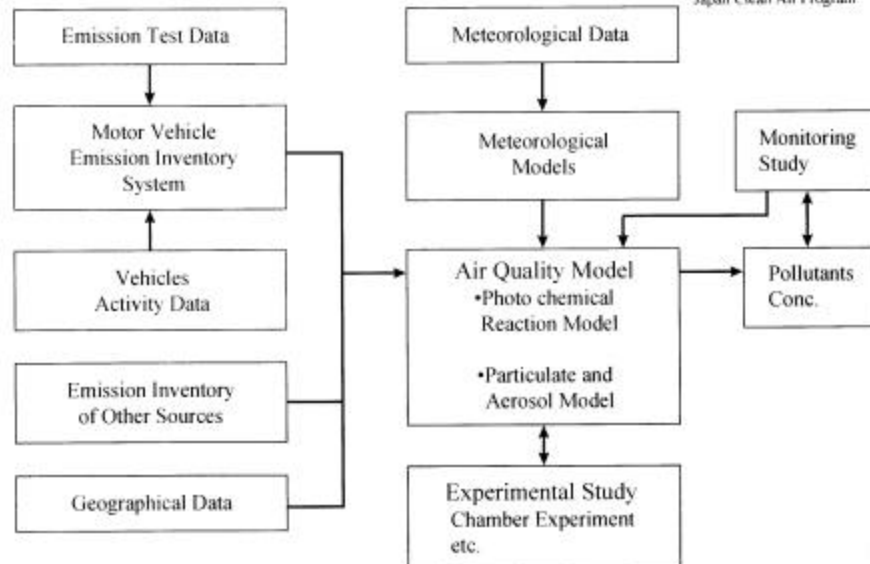
---

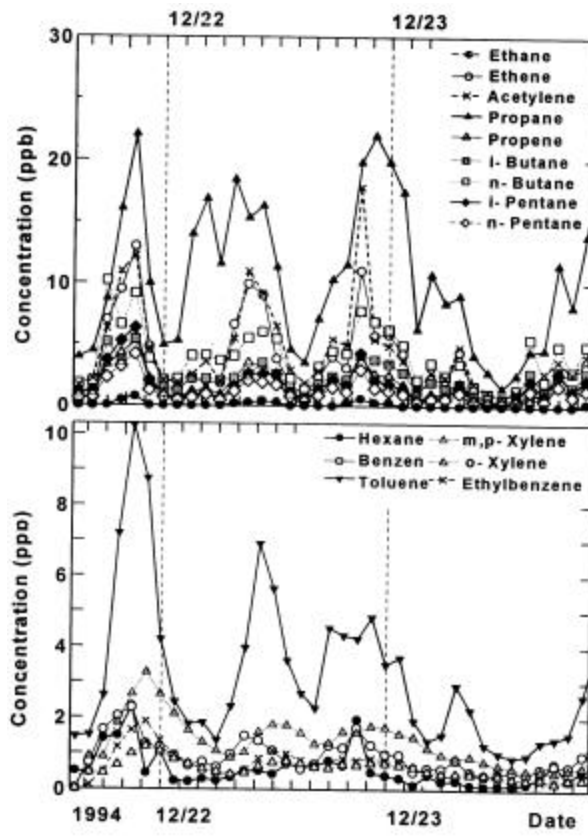
\* Provided by Sapporo general environment air monitoring Station.



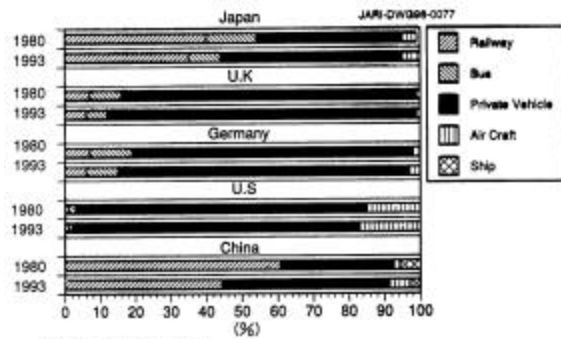
## Schematic Diagram of Air Quality Study

Japan Clean Air Program

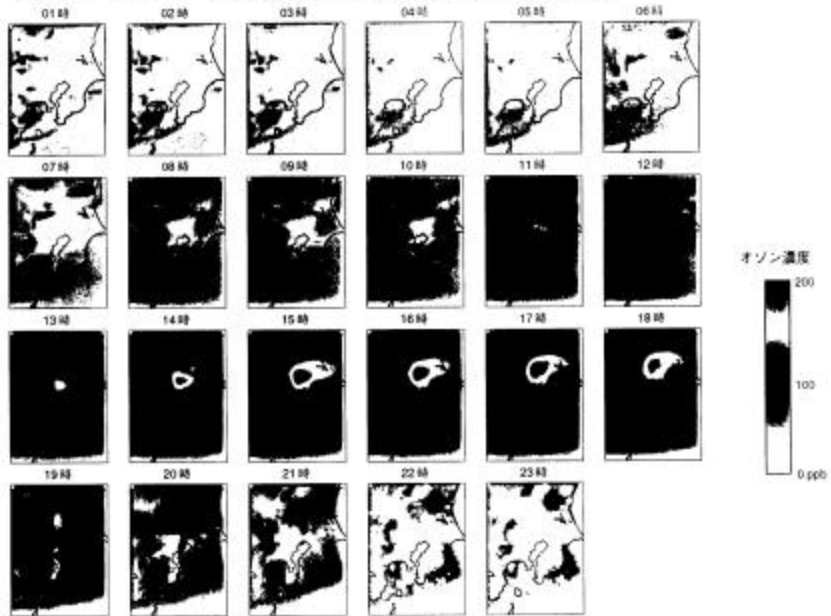




Trends in Passenger Transport Shares in Major Countries  
( person-km )



7月19日 (第3日目) オゾン濃度計算結果 (7層中最下層、鉛直層厚さ可変)



**SITUACION ACTUAL Y TENDENCIAS EN EL CONTROL DE LAS EMISIONES DE LOS VEHICULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION (PROGRAMA DE VERIFICACION VEHICULAR EN LA ZMCM)**

ING. SERGIO ZIRATH HERNANDEZ  
DIRECTOR DE ESTUDIOS Y PROYECTOS AMBIENTALES,  
SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE, GDF

**Pro**

**Ambiental**

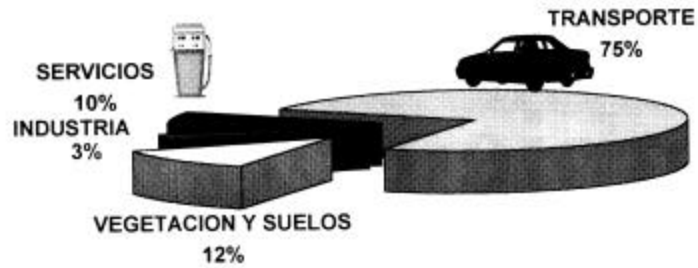
**V E H I C U L A R**

Verificación de Niveles de Emisión de Gases Contaminantes



# INVENTARIO DE EMISIONES CONTAMINANTES

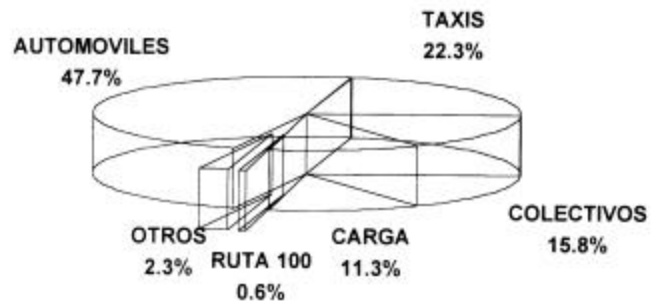
EN LA ZMCM SE GENERAN ALREDEDOR DE 4 MILLONES 9 MIL 629 TONELADAS DE CONTAMINANTES AL AÑO



La circulación diaria de mas de 3 millones de vehiculos contribuye con el 75% de la contaminación del aire.

*Contribución anual a las emisiones del sector transporte por tipo de vehículos*

---



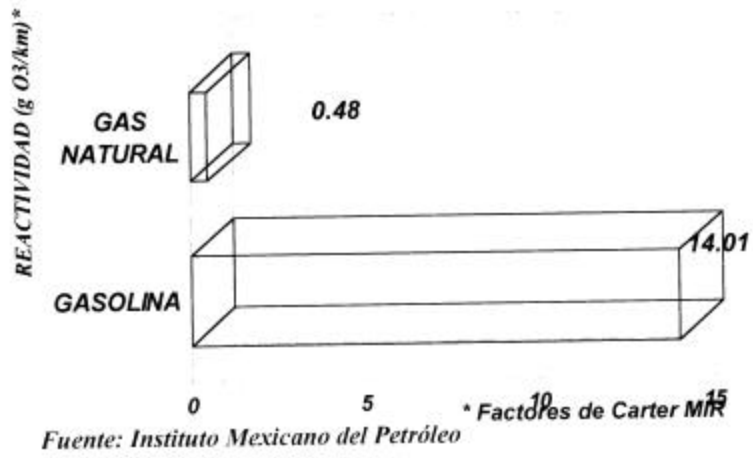
**INSTRUMENTS,  
PROJECTS AND ACTIONS  
(OUT OF A TOTAL OF 95)**

- 7. More stringent standards for new and existing vehicles.**
- 8. Increase in the number and efficient systems for vehicular verification of emissions.**
- 9. Revision of the standards for gas stations.**
- 10. Incorporation of the environmental costs in the price of fuels (middle and long term)**
- 11. Restructuring and enlargement of public transport**

**INSTRUMENTS,  
PROJECTS AND ACTIONS  
(OUT OF A TOTAL OF 95)**

12. **Enlargement of the non-pollutant public transport: subway, trams.**
13. **Reorganization of the traffic systems and public transport operation.**
14. **New urban development policies promoting environmental efficiency, land use diversification and urban recycling, conservation of protected areas and the revival of the central areas.**
15. **Forest recovery, reforestation and restoration in the east suburban side of Mexico City.**

## FORMACION POTENCIAL DE OZONO



## MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES CIUDAD DE MEXICO

- **Medidas que requieren la participación del automovilista**

- Verificación vehicular Obligatoria
- Hoy No Circula
- Conversión a gas L.P. y gas natural de vehículos de carga

- **Medidas externas del automovilista**

- Reformulación de gasolinas y diesel
- Introducción de convertidores catalíticos en autos nuevos
- Introducción de vehículos eléctricos de carga

## Perfil de la Prueba: Datos de segundo por segundo

Registro de Datos Segundo por Segundo		Perfil de la Prueba ph		Etapa de la Prueba
		0	24	40
No hay registro de datos en el archivo de segundo por segundo				Prueba Visual de Humo 2500 rpm 30 segs
No hay registro de datos en el archivo de segundo por segundo				Aceleración y Estabilización
<b>5024</b>	Etapa P AS 5024 60 registros de segundo por segundo 000 - 060			Etapa P AS 5024 60 segundos
<b>ACEL</b>	Etapa ACEL. Tiempo de Aceleración (3 seg o más) y Estabilización (5 seg o más) más los primeros 10 segundos del P AS 2540			Aceleración y Estabilización
<b>2540</b>	Etapa P AS 2540 50 registros iniciando con el segundo 10 010 - 060			Etapa P AS 2540 60 segundos
No hay registro de datos en el archivo de segundo por segundo				Des-aceleración y Estabilización
No hay registro de datos en el archivo de segundo por segundo				Prueba en Ralentí 30 segundos

Cronometraje del tiempo acumulado

0 0 0

## **PRUEBA ASM INICIAL (5024 + 2540)**

---

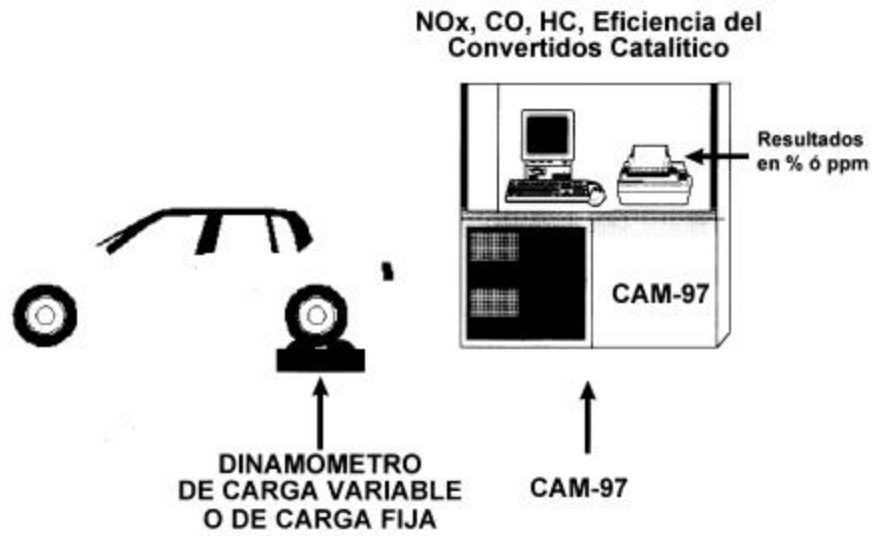
**Se considera que el convertidor está defectuoso cuando:**

- **La lectura final de CO es mayor a 0.3 % y**
- **La lectura final de O2 es igual o mayor al 0.4% y**
- **La lectura final de CO2 es menor al 14%.**



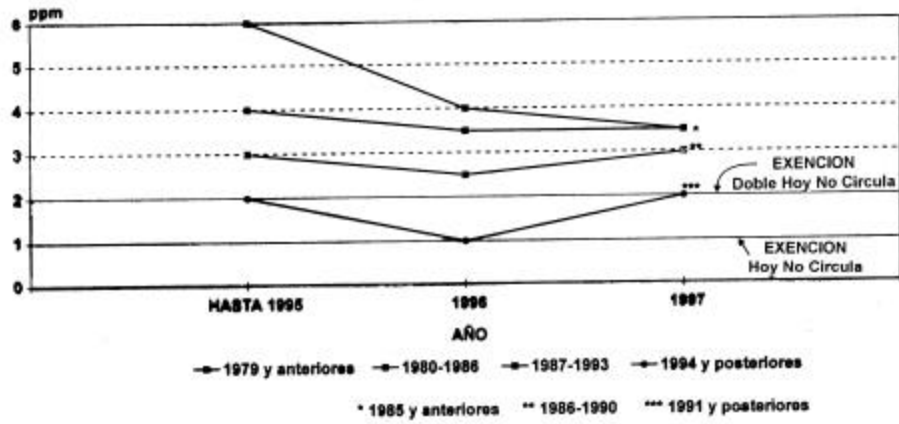
**METODO ASM - PRUEBA DINAMICA  
(Aceleración Simulada)**

---



## EVOLUCION DE LAS NORMAS FEDERALES Y DE EXENCION DE VERIFICACION VEHICULAR

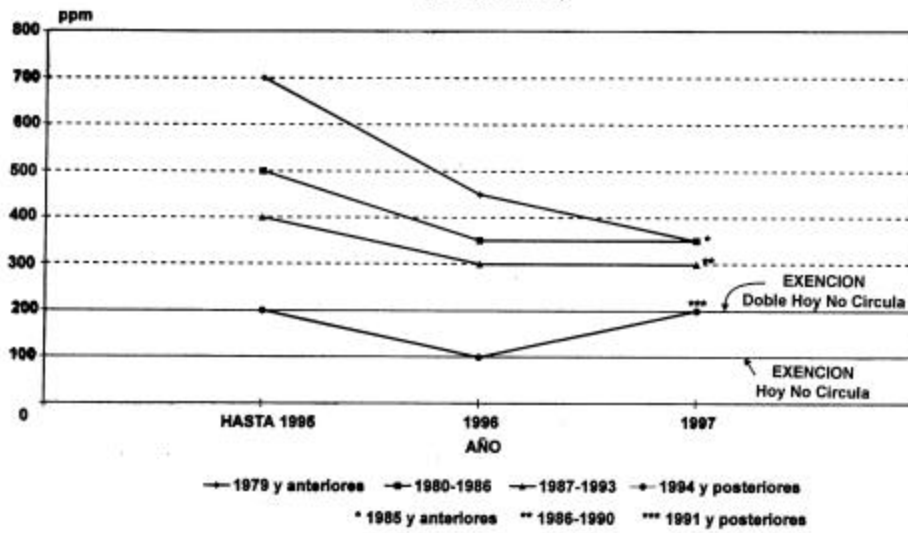
### MONOXIDO DE CARBONO (partes por millón)



# EVOLUCION DE LAS NORMAS FEDERALES Y DE EXENCION DE VERIFICACION VEHICULAR

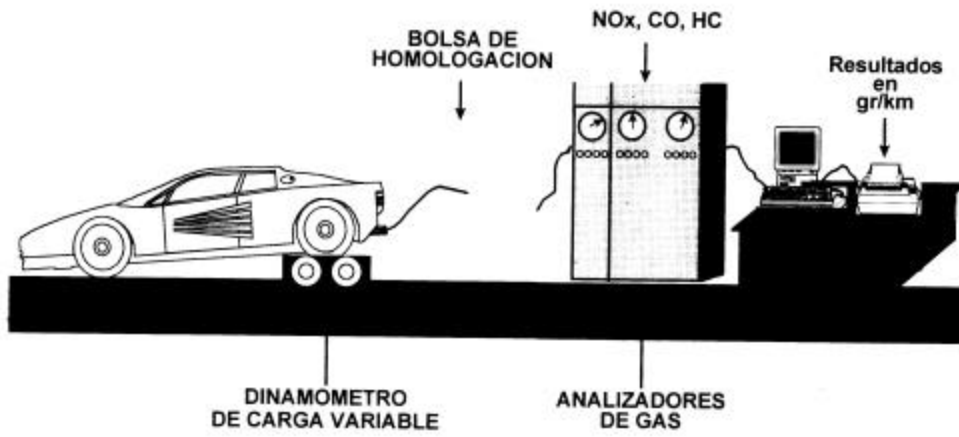
## HIDROCARBUROS

(partes por millón)



## METODO CVS (Muestra a Volumen Constante)

---



## ESTANDARES EE.UU. PARA AUTOS DE BAJA EMISION DE CONTAMINANTES

• (gr/mi)

CATEGORIA	HC (no metano)	CO	NOx
TierI	0.250	3.4	0.4
TLEV	0.125	3.4	0.4
LEV	0.075	3.4	0.2
OLEV	0.040	1.7	0.2
ZEV	cero	cero	cero

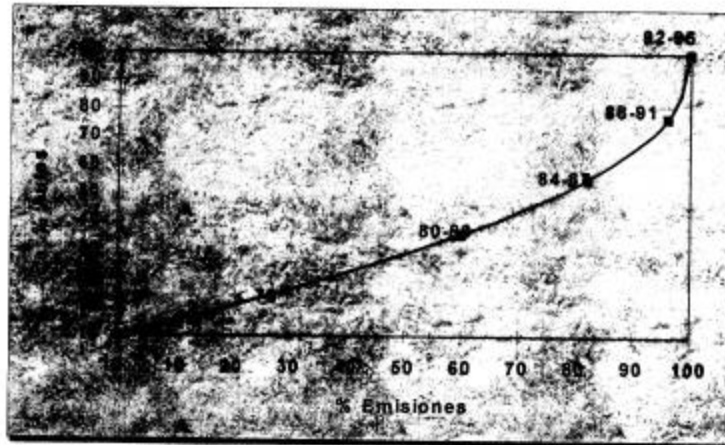
Fuente: California Environmental Protection Agency, Air Resources Board.

## Proceso de incorporación de tecnologías de control de emisiones en México

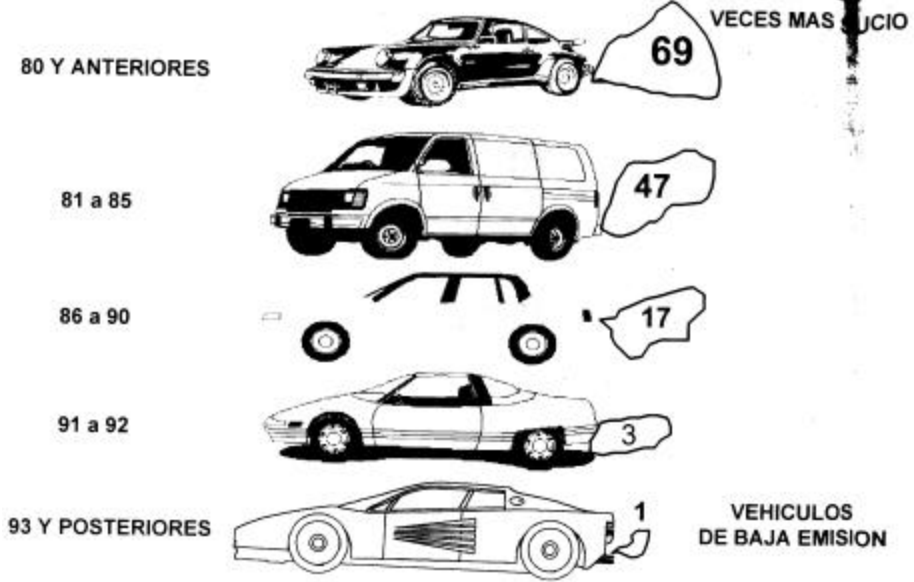
<i>Periodo</i>	<i>Innovación tecnológica</i>
1960-1972	Ventilación positiva del cárter. Control evaporativo en 1972
1973-1977	Primer sistema de encendido electrónico en modelos Chrysler 1974. _Sistema electrónico en los modelos Genral Motors desde 1976.
1978-1980	En 1979 primeras pruebas de homoplogación. Corrector altimétrico en carburadores en 19798
1981-1984	Desde 1983 encendido computarizado en algunos modelos Chrysler
1985-1989	Desde 1986 inyección de combustible en modelos de la GM. Decreto de la SECOFI que prohíbe a partir de 1985 la fabricación de motores de 8 cilindros
1991	Introducción de convertidor catalítico en vehículos ligeros de Chrysler, GM, FORD, NISSAN Y VW
1993	Introducción de convertidores catalíticos de tres vías en todos los modelos nuevos de automóviles a gasolina
1996	Introducción del sistema de diagnóstico a bordo de los vehículos Ford

Fuente: Cometravi. Estrategia Integral de Transporte y Calidad del Aire para la ZMVM, 1997

## Contribución porcentual de emisiones por año modelo



# COMPARACION DE EMISIONES CONTAMINANTES POR AÑO - MODELO





**AÑO MODELO Y TIPOLOGIA DE LOS  
VEHICULO EN CIRCULACION EN LA ZMCM  
Primer Semestre de 1995**

<b>AÑOS MODELO</b>	<b>TECNOLOGIA CARACTERISTICAS</b>	<b>NUMERO</b>	<b>%</b>
<b>85 y anteriores</b>	<b>De carburador</b>	<b>1'116,162</b>	<b>37.2</b>
<b>86 a 90</b>	<b>Con inyección de combustible</b>	<b>715,419</b>	<b>23.8</b>
<b>91 a 92</b>	<b>Con convertidor catalítico</b>	<b>621,158</b>	<b>20.4</b>
<b>93 y posteriores*</b>	<b>Con sistemas electrónicos integrales y convertidor</b>	<b>556,995</b>	<b>18.6</b>
<b>TOTAL</b>		<b>3'000,734</b>	<b>100.0</b>

***EMISIONES VEHICULARES E HIDROCARBUROS REACTIVOS***

DRA. TAZUKO MORIKAWA  
AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON, JICA

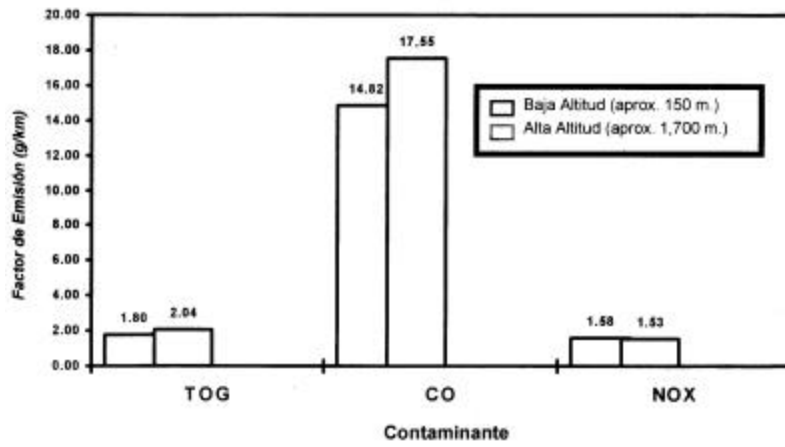
## **MODELO MOBILE-5**

- Es un modelo computarizado escrito en fortran basado en el **MOBILE 5a** de la EPA de los Estados Unidos.
- Calcula los factores de emisión en g/km para una “ Flota Vehicular Promedio”.
- Es usado para vehículos que consumen gasolina y diesel en uso.
- Calcula Factores de Emisión para diferentes tipos de vehiculos
- Emisiones de Monóxido de Carbono (CO) del escape
- Emisiones de Óxidos de Nitrógeno (NOx) del escape
- Modificado para la Ciudad de México por Corporation Radian International
- Monterrey
- Cd. Juárez

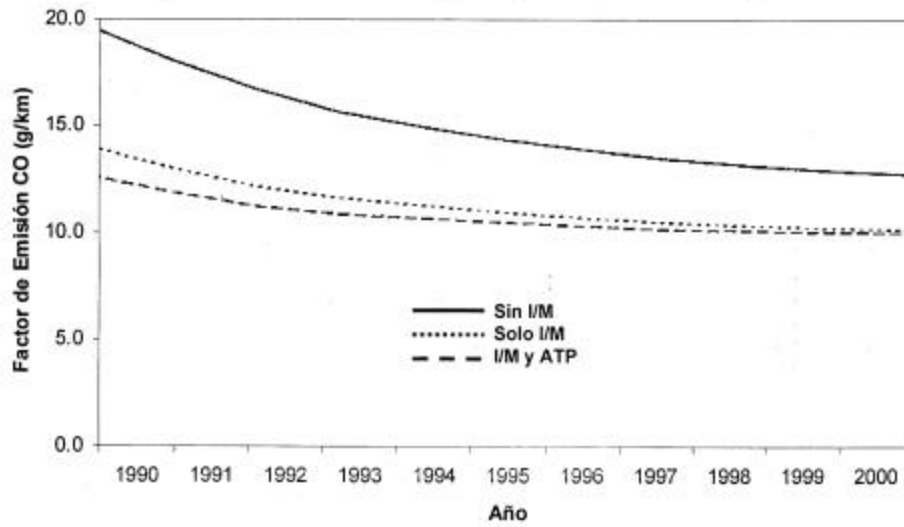
## VARIABLES DEL MODELO

- **Altitud**
- **Año Calendario**
- **Velocidad Promedio (Km/hr)**
- **Temperatura Ambiente**
- **Temperatura Mínima y Máxima anual**
- **Combustible (PVR)**
- **Número de Verificaciones anuales**
- **Fracciones de composición VMT**

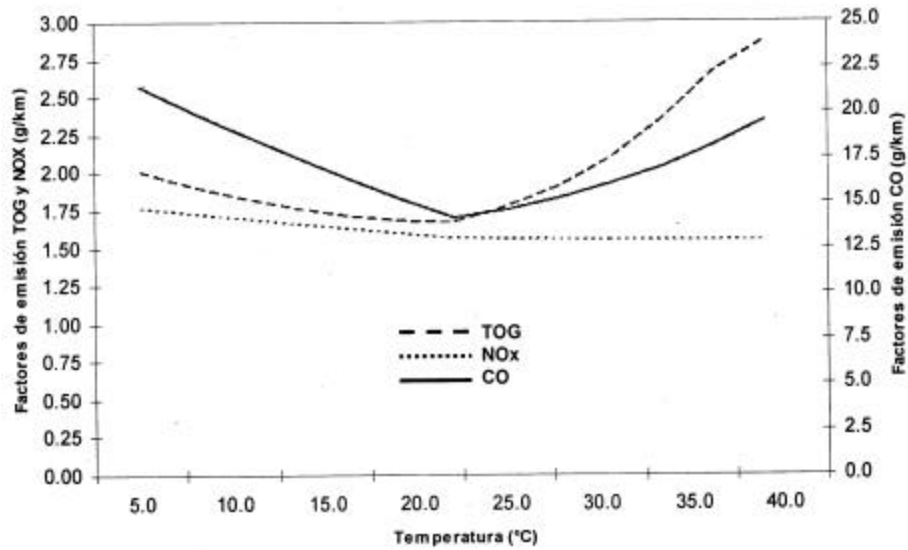
### Factores de Emisión promedio para TOG, CO y NOx a Alta y Baja Altitud



### Factores de Emisión para CO Bajo Tres Diferentes Escenarios ATP (Vehículos de Carga Ligera a Gasolina)



### Factores de Emisión Promedio para TOG, CO y NOx con Variación de Temperatura Ambiente



**ACTIVIDADES QUE SE LLEVARAN A  
CABO PARA DESARROLLAR EL  
MODELO MOBIL MEXICO**

- **ESTUDIO DE CICLO DE MANEJO**
- **ESTUDIO DE MEDICION DE EMISIONES  
VEHICULARES**
- **DESARROLLO DE LOS FACTORES DE  
EMISION**



**APLICACION EN MEXICO DEL MODELO MOBIL 5**

M EN I. JORGE SARMIENTO RENTERIA  
SUBDIRECTOR DE INVENTARIO DE EMISIONES, INE

# The Role of Hydrocarbons and Their Behavior in the Urban Atmosphere

 Japan Automobile Research Institute  
**Tazuko MORIKAWA**

*1998 2.9 JICA - CENICA workshop in Mexico City*

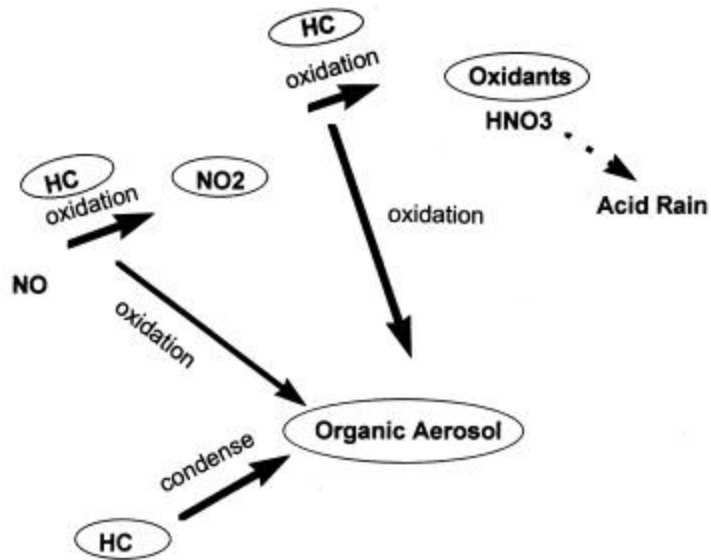
***For improvement of urban air quality,***

***Emission control is the most important***

***But,***

***NO<sub>2</sub>, Oxidant and SPM are also  
produced by chemical reaction in the  
atmosphere***

**Atmospheric Hydrocarbons (HCs) play important role on the chemical reactions**

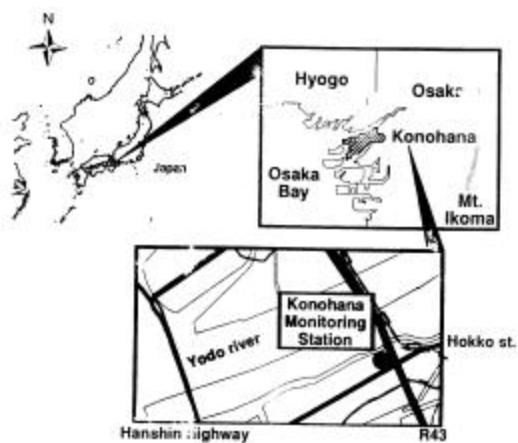


## **Atmospheric HCs are**

- ☛ *Identified more than 200 species in the urban atmosphere*
- ☛ *Emitted from various sources*
- ☛ *Having various reactivity*
- ☛ *Unknown each behavior in detail*

**The measurement of HCs by each species  
makes clear**

- ❖ *The level of toxic components.*
- ❖ *The dominant emission source.*
- ❖ *The chemistry in the atmosphere*



Sampling Period and Duration : Oct. 1992 ~ Dec. 1993  
1 hour ( 24 samples /day )

Measurement Compounds :  $C_2H_6$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_2H_2$ ,  $C_3H_8$ ,  $C_3H_6$ ,  
 $n-C_4H_{10}$ ,  $i-C_4H_{10}$ ,  $n-C_5H_{12}$ ,  $i-C_5H_{12}$

Instrumentation : Automatic Gas Concentrator  
+  
FID Gas Chromatograph

**Sampling Period and Duration**

Oct. 1992 ~ Jan. 1994, 1 hour, (24 samples/day)  
(Available Data was 84.6%)

**HC Components**

C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>, n-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, i-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, n-C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>, i-C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>

**Instrumentation****Automatic Gas Concentrator (D.K.K. Gas-10)**

Trap: Active Alumina (∅ 2 cm x 4 cm)

Active Carbon (∅ 3 cm x 4 cm)

Temperature: Cooled at 0°C, Parged at 250°C

Sampling Volume: 50 mL/min x 8 min (400 mL)

**FID Gas Chromatograph (Shimazu GC-9)**

Column: Active Alumina (∅ 2 mm x 2 m)

Temperature Profile: 50°C for 4 min, to 180°C at 7° C/min

Carrier Gas: N<sub>2</sub>, 45 mL/min

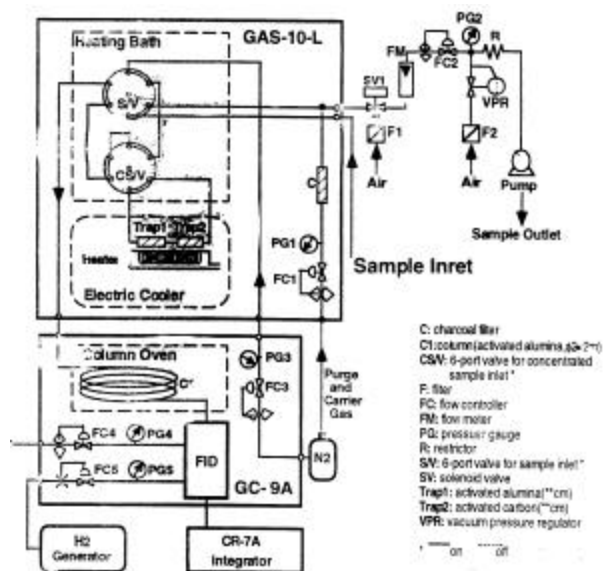
Detector Limit: 0.1 ppb

**Other air quality data**

SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO, SPM, O<sub>3</sub>, NMHC

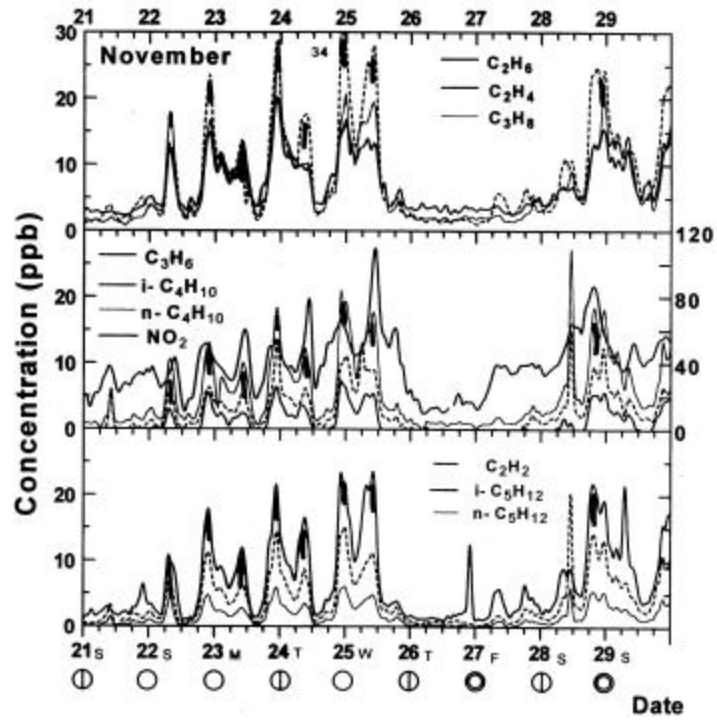
Temperature, Humidity, Wind direction and speed



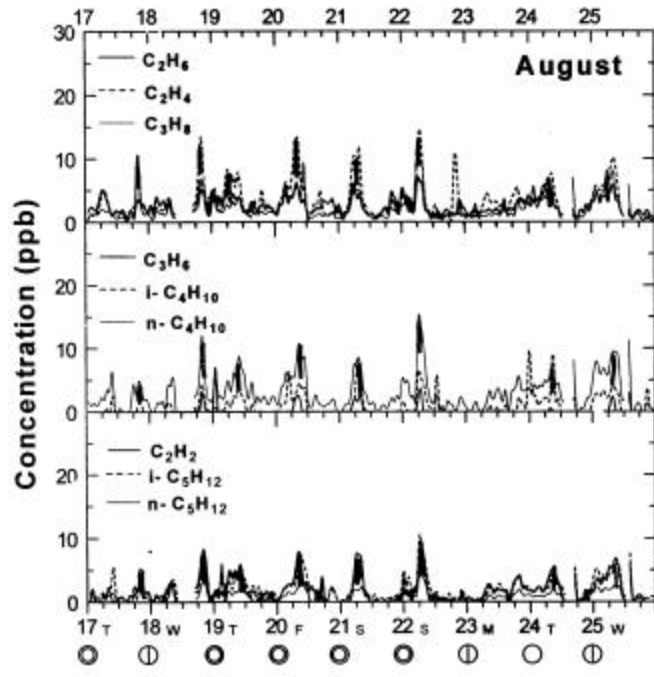


Sampling system for C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> HC measurement .



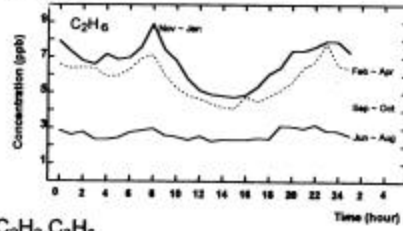


**Sample of the Data (Winter)**

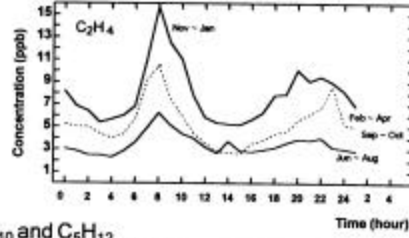


**Sample of the Data (Summer)**

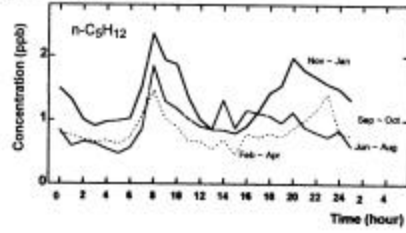
1.  $C_2H_6$  and  $C_3H_8$



2.  $C_2H_4$ ,  $C_2H_2$ ,  $C_3H_6$

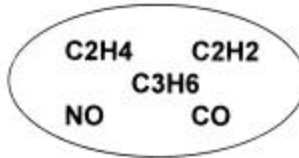
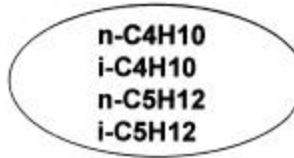


3.  $C_4H_{10}$  and  $C_5H_{12}$



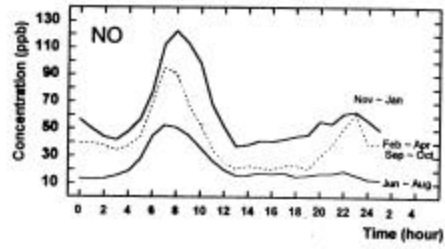
Characteristics of diurnal variation of HCs  
(weekday)

**From diurnal pattern, these 9 HCs are  
classified into 3 groups**

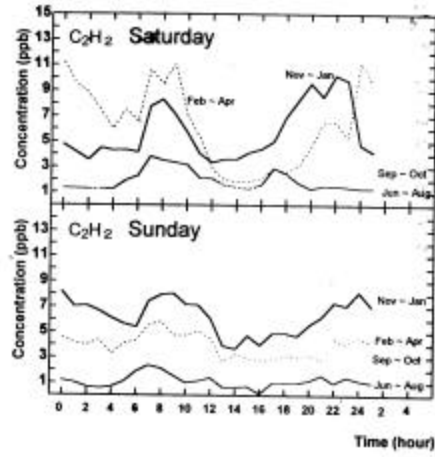


**From Gasoline Vapor**

**From Vehicle Exhaust**



Characteristics of diurnal variation of NO



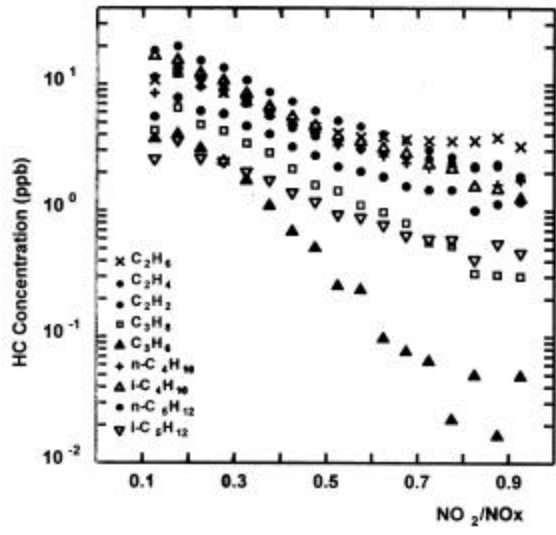
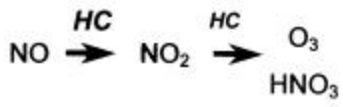
Characteristics of diurnal variation of HC (holiday)

### The reaction rates with OH radical ROH

	Hydrocarbon	ROH
	Ethane (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	0.268
C2	Ethene (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	8.52
	Acetylene (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	0.90
	Propane (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	1.15
C3	Propene (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> )	26.3
	n-Butane (n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	2.54
C4	i-Butane (i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	2.34
	n-Pentane (n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )	3.94
C5	i-Pentane (i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )	3.90

Rate constant X 10<sup>12</sup> (cm<sup>3</sup> molecule<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>) (Atkinson, 1993)





Relationship between HC concentrations and  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$

***Butane and Pentane Source***

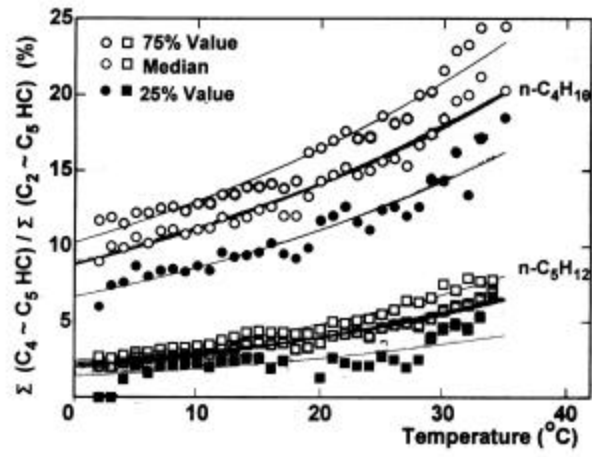
- \* Gasoline Vapor
- \* Petroleum Refinery
- \* Vehicle Exhaust

***Boiling Point***

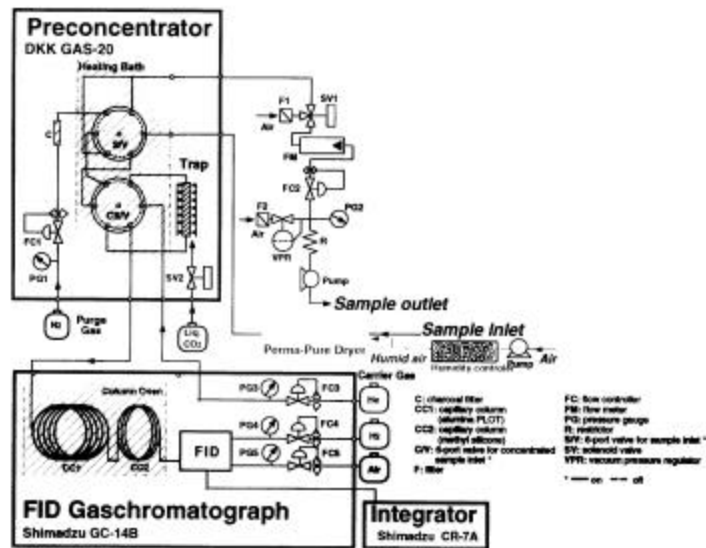
n-Butane .....5 °C (31.1 °F)  
i- Butane.....1.7 °C (10.9 °F)  
n-Pentane.....36.1 °C (97.0 °F)  
I- Pentane.....27.9 °C (82.2 °F)

---

Hexane.....8.7 °C (155.7 °F)  
Toluene.....110.6 °C (155.7)



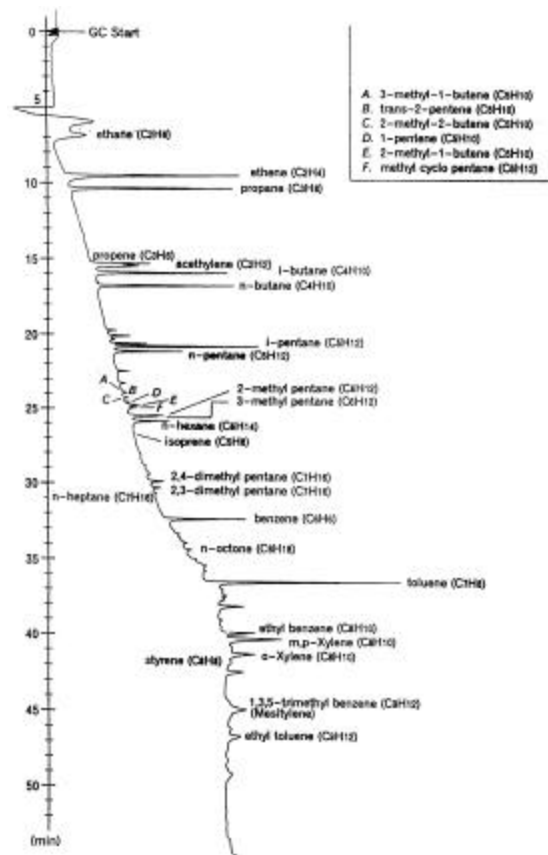
Relationship between temperature and the ratio of  $n\text{-C}_4\text{H}_{10}$  and  $n\text{-C}_5\text{H}_{12}$  to the sum of the measured  $\text{C}_2\text{-C}_5$  HCs

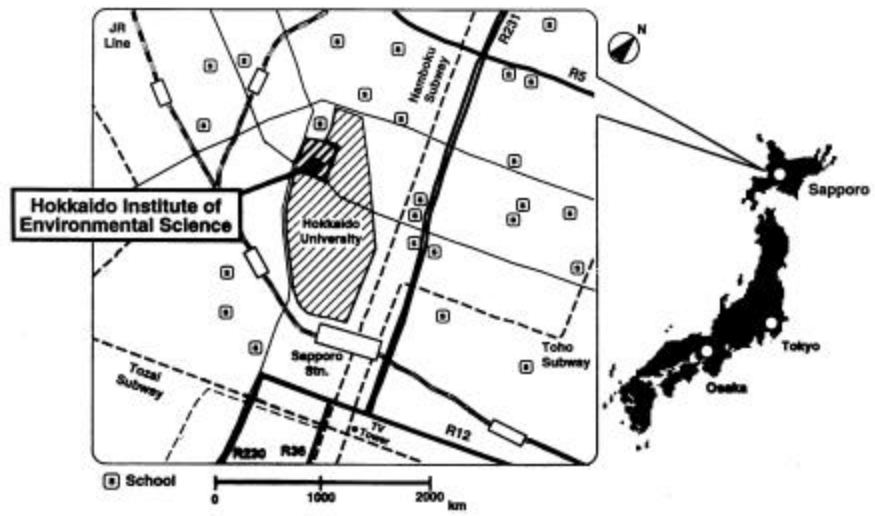


Sampling system for C<sub>2</sub>-C<sub>9</sub> HC measurement .

Analytical Conditions for C2-C9 HC measurement

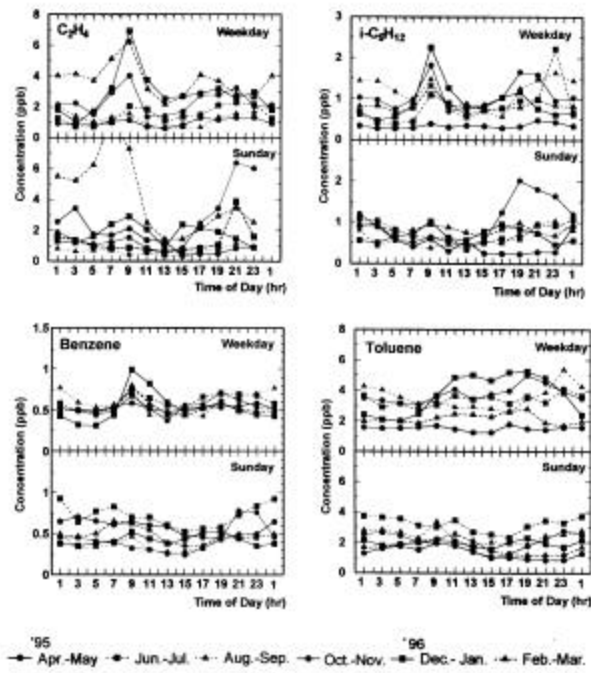
<b>Sample</b>	
Sample Trap	20 cm x 1/8 inch. O.D. stainless steel tube, packed with TENAX GC, activated alumina and activated carbon (80/100) (in series).
Trap Temperature	-10°C by using liquid CO <sub>2</sub> .
Thermal Desorption	280°C for 4 min by carrier gas.
Sample Volume	20 mL/MIN X 5 MIN, 100 ML.
<b>Chromatographic Conditions</b>	
Column	30 m x 0.53 mm I.D. Alumina plot 25 m x 0.32 mm I.D. 0.25 μ m-film Methyl Silicone (connected in series)
Carrier Gas	4 mL/min (0.5 kg/cm <sup>2</sup> ) Helium
Temperature Program	40 °C for 5 min, 10 °C/min to 100 °C 7°C/min to 280 °C, held at 280°C for 15 min.
Detector	Flame ionization detector, held at 300 °C.





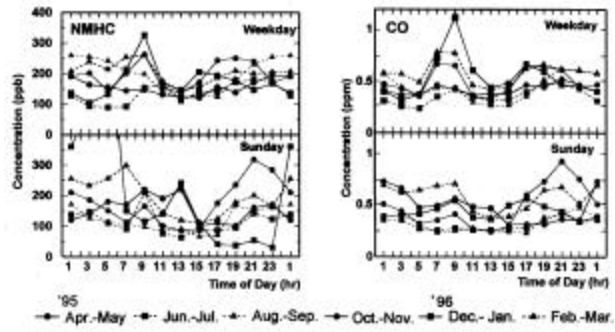
Sampling point of C<sub>2</sub>-C<sub>9</sub> HCs ( residential area, Sapporo City )

### Diurnal Variations of HCs





### Diurnal Variations of NMHC and CO



**MODELOS DE EMISIONES VEHICULARES EMPLEADOS EN CALIFORNIA**

DR. PABLO CICERO FERNANDEZ  
UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA

**MODELOS DE INVENTARIO DE EMISIONES  
VEHICULARES EMPLEADOS EN  
CALIFORNIA (MVEI)**

**PABLO CICERO-FERNANDEZ**  
PROGRAMA DE CIENCIAS E INGENIERIA AMBIENTAL  
UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA, LOS ANGELES

TALLER SOBRE  
VEHICULOS AUTOMOTORES Y CONTAMINACION ATMOSFERICA

CENICA  
INE-JICA

UAM-IZTAPALAPA

9 DE FEBRERO DE 1998

# **TEMAS**

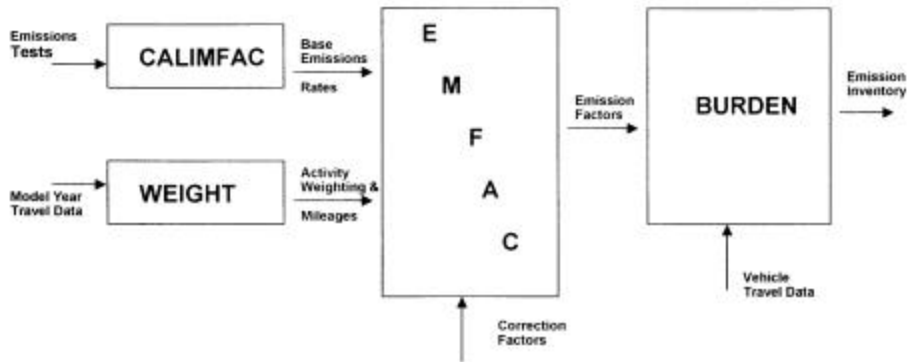
## **MODELO DE INVENTARIO DE EMISIONES VEHICULARES CARRETERAS (MVEI)**

- GENERACION DE TASAS BASICAS DE EMISION (CALIMFAC)
- DISTRIBUCION DE ACTIVIDAD VEHICULAR (WEIGHT)
- FACTORES DE EMISIONES (EMFAC)
- INVENTARIO DE EMISIONES (BURDEN)

## **MODELO DE INVENTARIO DE EMISIONES MOVILES NO- CARRETERAS (OFFROAD)**

## **VERIFICACION DEL INVENTARIO DE EMISIONES VEHICULARES (TUNELES, RELACIONES CON LA ATMOSFERA Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE)**

# California's Motor Vehicle Emission Inventory (MVEI) Models



# EMISSIONS CALCULATION

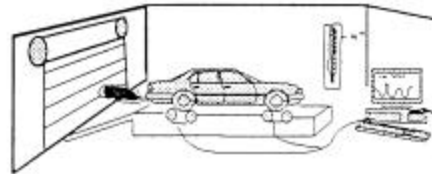


TRAVEL  
ACTIVITY

$\times$

times

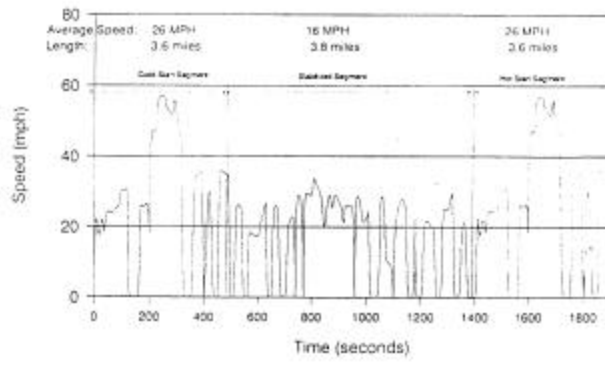
DYNO TESTING



EMISSION  
FACTOR

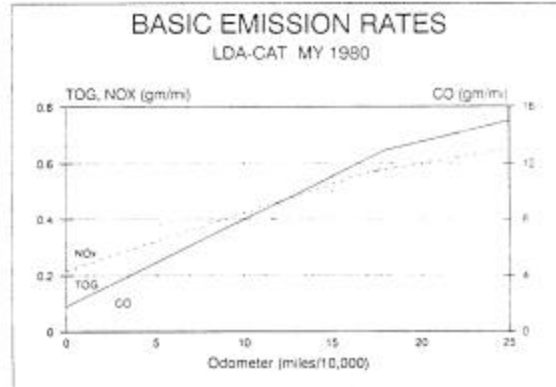


# FEDERAL TEST PROCEDURE FTP CYCLE





$$BER = ZM + (DR1 \cdot CUM1) + (DR2 \cdot CUM2)$$

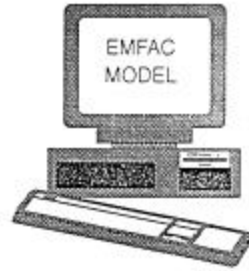


# EMFAC

Emission Factor Model

## INPUT DATA:

*Eh Base Rates (CALMFAC)	<input type="checkbox"/>
*Evap Base Rates	<input type="checkbox"/>
*Correction Factors (TCF,SGF,FCF,CCF,HSCF)	<input type="checkbox"/>
*Model Yr Fractions (WEIGHT)	<input type="checkbox"/>
*Cumulative Miles (WEIGHT)	<input type="checkbox"/>

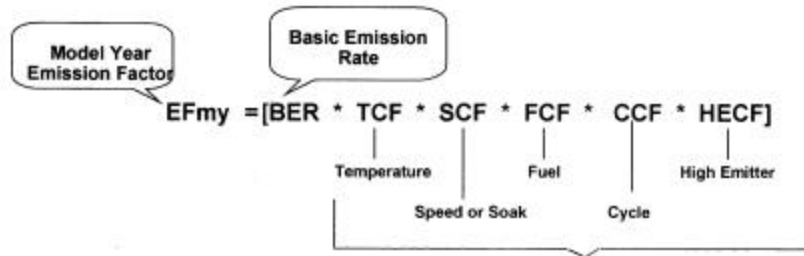


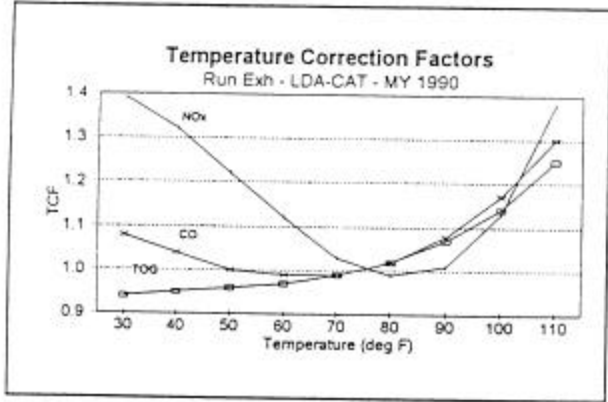
## OUTPUT DATA:

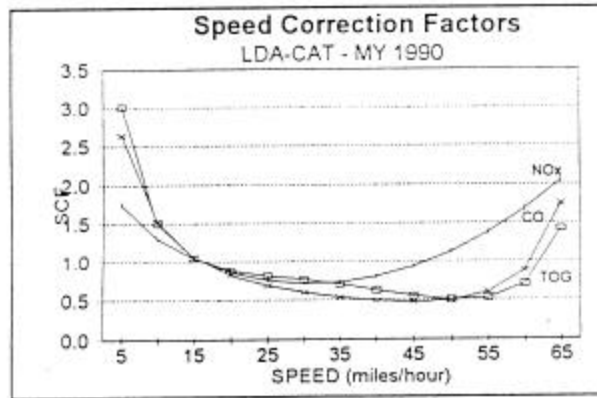
Composite Emission Factors
*CY 1970 - 2020
*LDA, LDT, MDT, HDGT, HDOT, BUS, MCV
*CAT, NCAT, DSL, IM & Non-IM
*TQG, CO, NOx, CO2, PM10
*WbW, P/Mile, Fuel Consumption
*Summer, Winter
*Temps 30 to 110 F
*Speeds 3 to 65 mph

# Emission Factor Calculation

For Each: Process, Pollutant, Vehicle Class,  
Technology, Model Year:

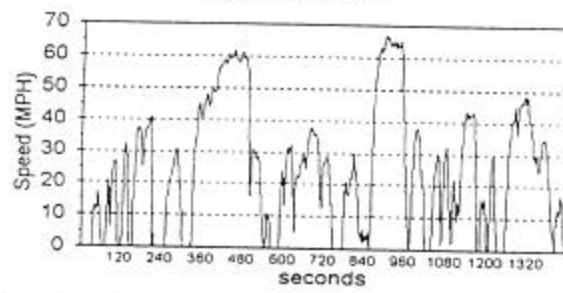


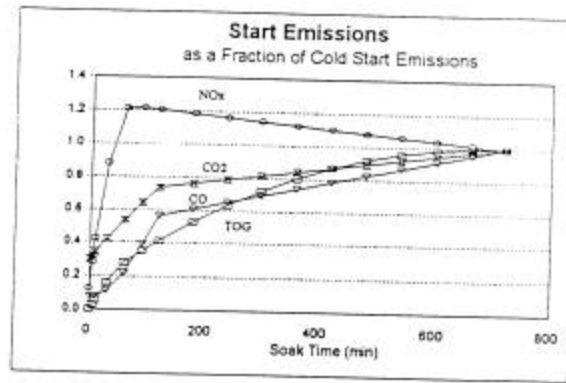




# UNIFIED DRIVE CYCLE

Speed Curve





# WEIGHT

Activity Weighting Model

*INPUT DATA:*

• Registration
• Mileage Accrual Rates
• Tech Sales Fractions
By Vehicle Class
Vehicle Technology
Model Year

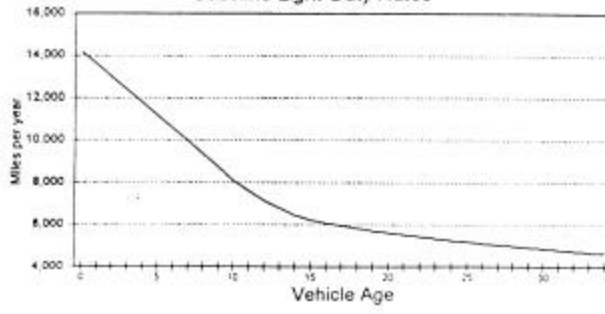


*OUTPUT DATA:*

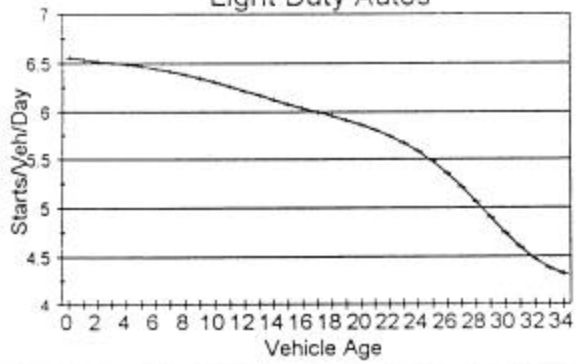
• Activity Weighted Fractions
For Population
VMT
State
By: Vehicle Class
Vehicle Tech Group
Model Year
• Cumulative Mileages
By: Vehicle Class/Tech

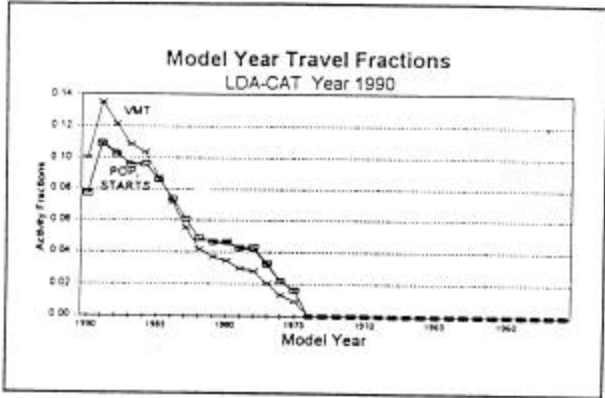


### Mileage Accrual Rates Gasoline Light-Duty Autos



### Start Rates by Vehicle Age Light Duty Autos

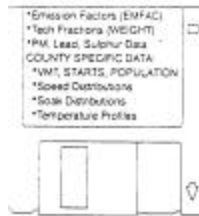




# BURDEN

Emission Inventory Model

## INPUT DATA:

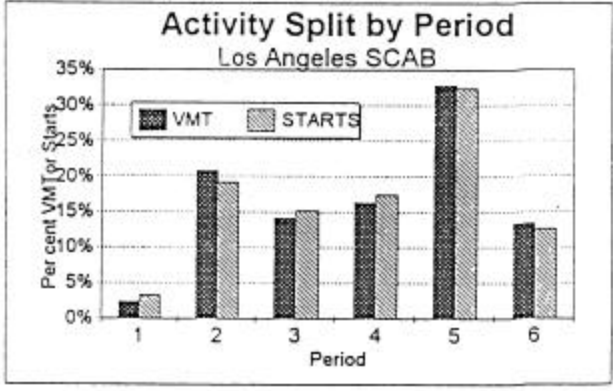


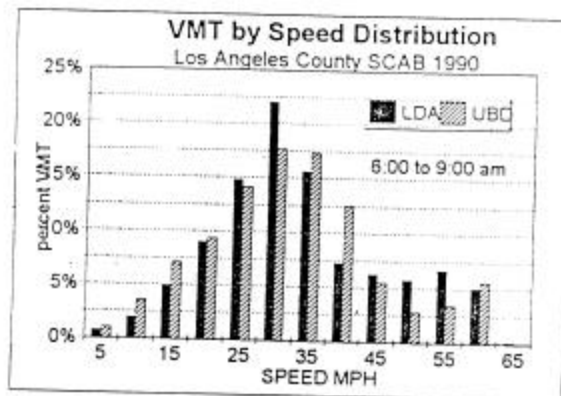
## OUTPUT DATA:



### Six Time Periods

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
	<i>AM Peak</i>			<i>PM Peak</i>	
12:00 AM	6:00 AM	9:00	12:00	3:00 PM	6:00 PM
to	to	to	to	to	to
6:00 AM	9:00	12:00 PM	3:00 PM	6:00 PM	12:00 AM





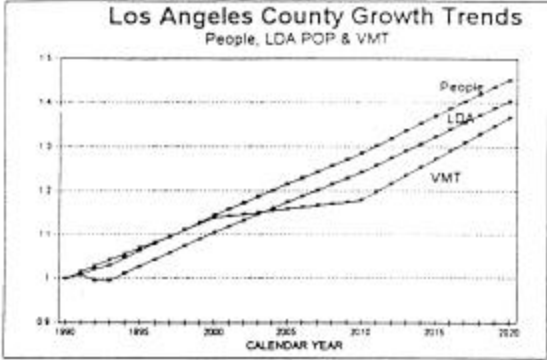
---

## Country-Specific Activity Data and Sources

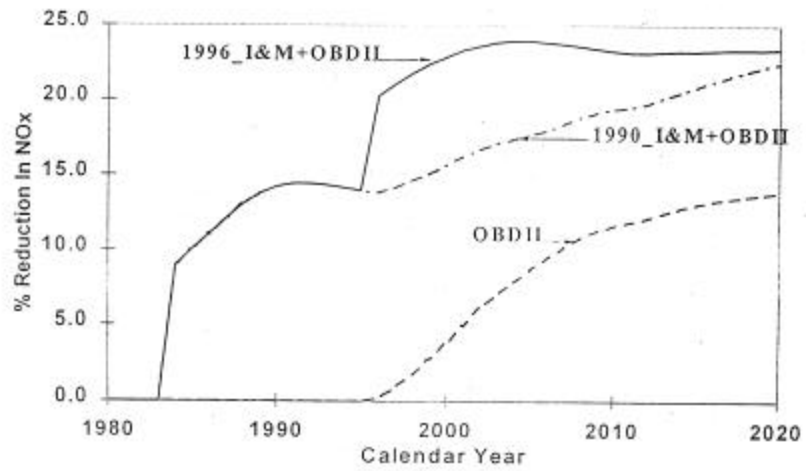
---

<i>Data Type</i>	<i>Primary Data Sources</i>
<i>Populations</i>	<i>DMV, DOF</i>
<i>Vehicle Miles Traveled</i>	<i>CalTrans, TDMs</i>
<i>Vehicle Starts</i>	<i>U.S. EPA, CalTrans, TDMs</i>
<i>Ambient Temperatures</i>	<i>National Weather Service</i>
<i>VMT by Speed Distribution</i>	<i>CalTrans, TDMs</i>
<i>Soak Distribution</i>	<i>U.S. EPA, CARB</i>
<i>Period Splits</i>	<i>CalTrans, TDMs</i>

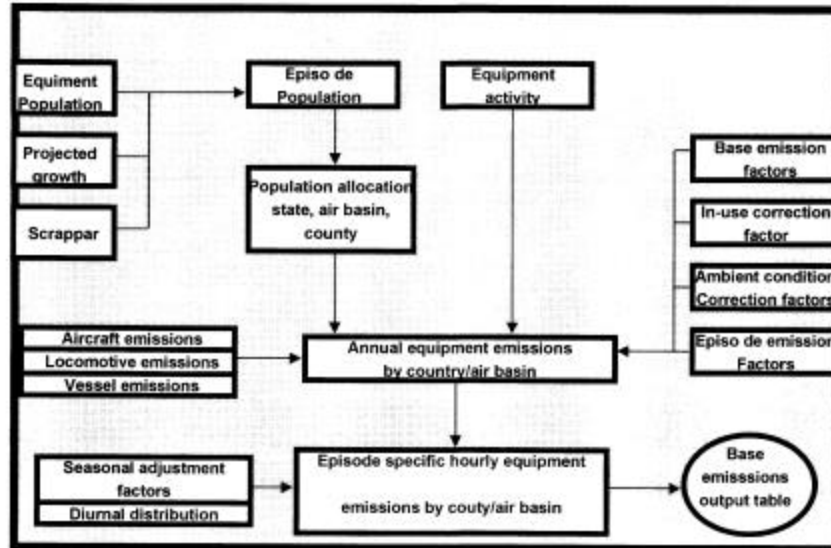




**Reductions In NOx Emissions From The 1990 And 1996 I&M Programs With OBDII**



### Flowchart of Overall Program Structure of OFFROAD



$$P_{i,y} = \sum \text{pop}_{i,v} * \text{EF}_{i,v} * \text{Hrs}_{i,v}$$

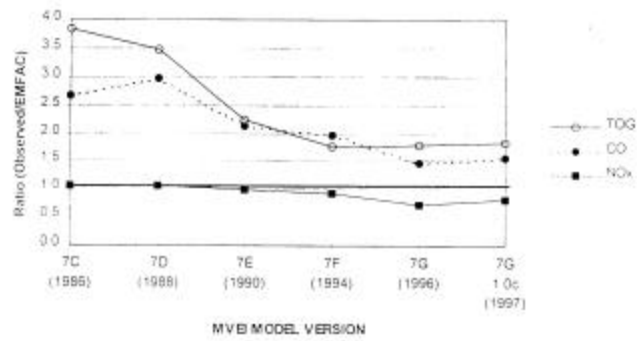
*where*

- P* = pollutant (HC, CO, NOX, OM, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>)
- Pop* = equipment population
- EF* = emission factor
- Hrs* = annual average use hours
- y* = scenario year (1970-2020)
- l* = equipment type
- v* = vintage (age of equipment)

**CATEGORIA DE EQUIPOS DEL INVENTARIO DE  
EMISIONES MOVILES NO-CARRETERAS**

- **JARDINERIA**
- **LIGERO COMERCIAL**
- **RECREATIVO TERRESTRE**
- **INDUSTRIAL**
- **CONSTRUCCION Y MINERIA**
- **AGRICOLA**
- **TALADO**
- **SOPORTE TERRESTRE AEREONAUTICO**
- **RECREATIVO ACUATICO**
- **ACUATICO COMERCIAL Y GUBERNAMENTAL**
- **UNIDADES DE TRANSPORTE REFRIGERADO**
- **LOCOMOTORAS Y EQUIPO FERROVIARIO**
- **AVIACION COMERCIAL Y MILITAR**
- **AVIACION AGRICOLA**

Ratio of Calculated versus Modeled Emission Ratios for Various MVE17 Versions for the Van Nuys Tunnel Study.



### Ambient Ratios COpared to Emission Ratios by Monitoring Site

Scenario	Monitoring Site	Vehicle Categories, HC Profiles, and Ambient Days		Ambient/Emission Ratios	
<i>Best Match Scenario</i>	L.A. - N Main	MV inventory: Profiles: Days:	No HHDDT Sigby Fresh MV Emission Days	CO/NOx NMHC/NOx	0.87 1.20
	Azusa	MV inventory: Profiles: Days:	No HHDDT Sigby Fresh MV Emission Days	CO/NOx NMHC/NOx	0.94 1.55
<i>1987 Analysis</i>	L.A. - N Main	MV inventory: Profiles: Days:	All MV categories Auto/Oil All Days	CO/NOx NMHC/NOx	1.01 1.79
	Azusa	MV inventory: Profiles: Days:	All MV categories Auto/Oil All Days	CO/NOx NMHC/NOx	1.10 1.97

**Comparison of statewide annual gasoline fuel consumption estimates (gal. X 10<sup>9</sup>).**

<i>Calendar Year</i>	<i>Highway Gasoline Consumption</i>	<i>MVE17G1.0c</i>	<i>Percent Difference</i>
1990	12.792	12.104	5.38
1991	12.652	12.119	4.21
1992	12.426	11.796	5.07
1993	12.657	12.172	3.83
1994	12.788	12.242	4.27
1995	12.794	12.328	3.65



**MODELOS PROMEDIADOS PARA EMISIONES VEHICULARES EN  
LA CIUDAD DE MEXICO**

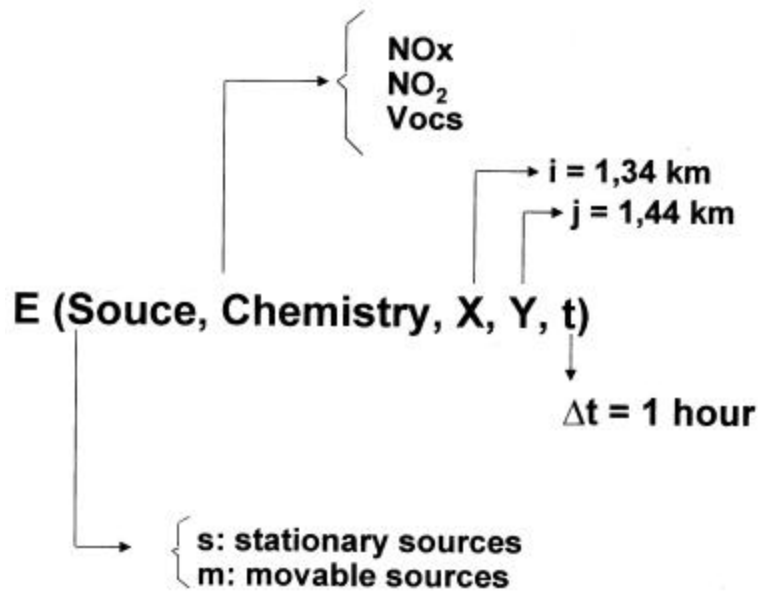
DR. JUAN VARELA HAM/DR. SHINJI WAKAMATZU  
INVESTIGADOR UAM-I/GOB. JAPON

**Emission Estimate from Local Impact of  
Sources**




***Mexico-Japan  
Project (1998)***

**Universida Autónoma Metropolitana  
(Mexico)  
National Institute for Environmental Studies  
(Japan)**

**J. R. Varela  
S. Wakamatsu  
T. Morikawa**



### **ESTIMATIONS**

<b>Global emissions</b>		<b>Annual fuel consumption</b>
<b>Time distribution</b>		<b>Daily typical society behavior</b>
<b>Area distribution</b>		<b>Assumption of a radial distribution function</b>
<b>Another estimations</b>		<b>NATALIA Program (1998)</b>

#### **NATALIA (Non-Advective Transport Assumption for Local Impact Area)**

- ◆ Interpolation and extrapolation of RAMA data
- ◆ Pattern recognize
- ◆ Maps featuring for emissions

**NATALIA PROGRAM**  
**(Mexico - Japan project)**

1.- Local impact of stationary sources

- a) Recognize pattern of SO<sub>2</sub>
- b) Featuring mps for area.

2.- Assume CO maps from SO<sub>2</sub> maps for stationary sources.

- a) Recognize pattern of CO
- b) Effects of SO<sub>2</sub> → CO to obtain CO maps for stationary and movable sources.

3.- Assume Nox and NO<sub>2</sub> maps from CO maps.

4.- Assume voc's and Hc's from Nox maps.

5.- Maps validation

- a) Photochemical simulation for ozone and other species
- b) Compare O<sub>3</sub> estimate maps with O<sub>3</sub> maps from RAMA

**NATALIA HYPOTHESIS**

Low winds  $|\bar{W}| \approx 1 \text{ m/s}$






Long residence  
emission  
times over area

Vertical diffusion  $\approx$  Mixing layer  
high increase

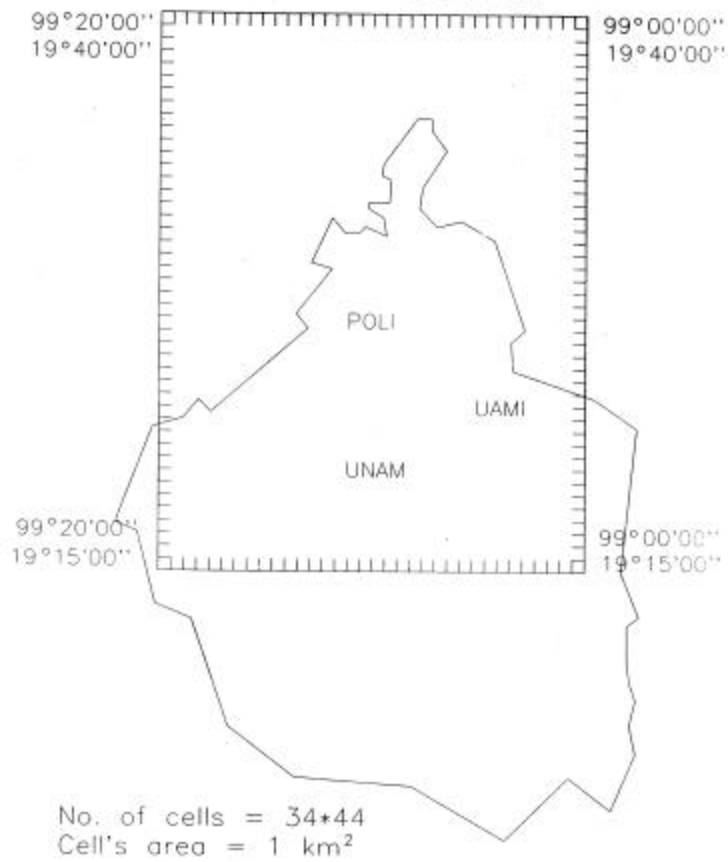
$$E(i, j, t_k) \approx C(i, j, t_k) + C(i, j, t_{k-1})$$

$$E(i, j, t_k) \approx E(\text{stationary}, i, j, t_k) + E(\text{movable}, j, t_{k-1})$$

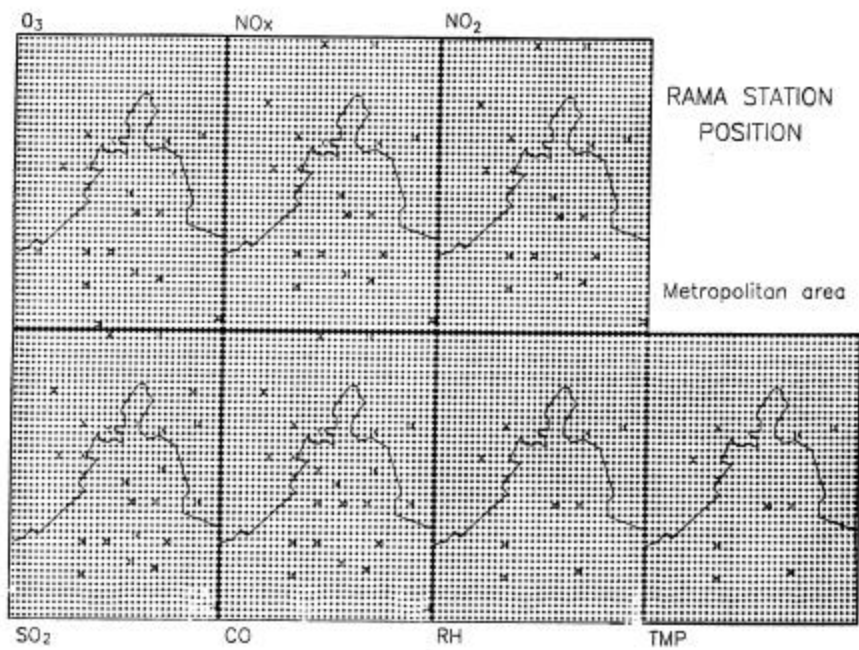
from maps                      maps obtain

<i>Hours</i>	<i>Movable sources</i>	<i>Comments</i>
0-6 Hs. 	<i>Minimum</i>	<i>No activities</i>
6-12 Hs. 	<i>Peak</i>	<i>Star activities Schools Offices Commerce Etc.</i>
12-18 Hs. 	<i>Transitory</i>	<i>Low intensity Back from school Launch time Etc.</i>
18-21 Hs. 	<i>Peak</i>	<i>End of activities Back to home</i>
21-24 Hs. 	<i>Minimum</i>	<i>No activities</i>

# Distrito Federal



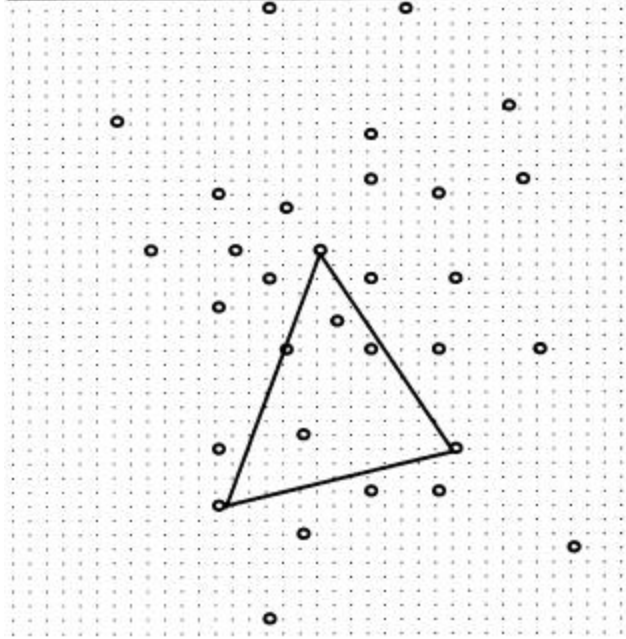




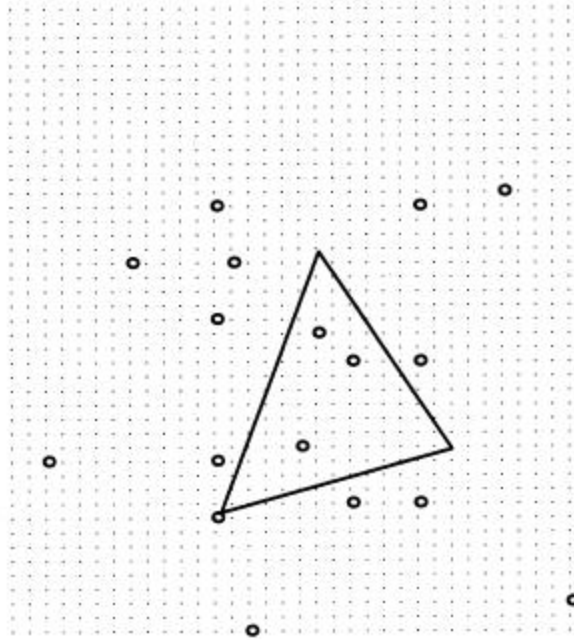
**Posición de las estaciones de monitoreo atmosferico**

No.	Longitud		Latitud		msnm	CO	Nx	3	T	PM	S2	Key	Nombre		
1	99	9	56	19	31	3	2240	23	0	0	0	0	1	VAL	Vallejo
2	99	12	8	19	27	19	2240	2	1	2	1	0	3	TAC	Taouba
3	99	14	32	19	29	8	2330	3	2	3	2	0	4	EAC	ENEP Acatlan
4	99	11	55	19	29	20	2245	24	16	5	0	0	9	AZC	Azcapotzalco
5	99	12	17	19	31	44	2260	4	4	6	4	2	10	TLA	Tlaineapantla
6	99	8	50	19	29	25	2240	14	0	0	0	0	0	INP	IMP
7	99	9	55	19	28	15	2240	18	0	0	0	0	0	CUI	Cuyflahuac
8	99	10	28	19	38	55	2260	19	11	0	0	8	18	TLI	Tultitlan
9	99	14	57	19	34	23	2290	20	12	12	0	0	19	ATI	Atzacapan
10	99	2	20	19	34	50	2240	0	0	0	0	0	5	LLA	Laureles
11	99	7	4	19	32	2	2260	0	0	0	0	0	6	LPR	La Presa
12	99	7	5	19	28	8	2240	0	0	0	0	1	7	LVI	La Villa
13	99	1	50	19	31	58	2240	22	3	4	3	0	8	SAG	San Agustín
14	99	4	47	19	31	34	2240	5	5	7	5	3	11	XAL	Xaloboc
15	99	4	30	19	28	18	2240	12	0	0	0	0	16	ARA	Aragon
16	99	1	35	19	25	20	2240	13	0	0	0	7	17	NET	Netzahualcóyotl
17	99	8	0	19	38	10	2260	21	13	0	0	9	20	VIF	Coacalco
18	99	53	40	19	29	18	2240	25	0	17	0	0	0	CHA	Chapingo
19	99	8	5	19	26	48	2240	1	15	1	0	0	22	LAG	Lagunilla
20	99	7	10	19	25	20	2240	6	6	6	6	4	12	MER	Merced
21	99	5	0	19	25	20	2240	10	9	12	10	0	15	HAN	Hangares
22	99	9	35	19	22	18	2240	15	10	13	0	0	25	BJU	Benito Juárez
23	99	9	47	19	25	22	2240	17	0	0	0	0	0	MIN	Insurgentes
24	99	9	10	19	18	48	2260	0	0	0	0	0	2	SUR	Santa Ursula
25	99	12	15	19	19	30	2340	7	7	9	7	5	13	PED	Pedregal
26	99	12	13	19	22	0	2280	9	14	11	9	0	23	PLA	Plateros
27	99	17	25	19	21	57	2350	0	0	15	0	0	0	CUA	Cuajimalpa
28	99	10	50	19	15	30	2360	0	0	16	0	0	0	TPN	Tlalcan
29	99	5	0	19	20	0	2250	8	8	10	8	8	14	CES	C. Estrella
30	99	4	12	19	21	50	2240	11	17	0	0	0	24	UIZ	UAM-I
31	99	7	21	19	20	11	2240	16	18	14	0	0	26	TAX	Taxqueña
32	99	0	15	19	16	13	2240	26	19	18	0	10	21	TAH	Tlahuac

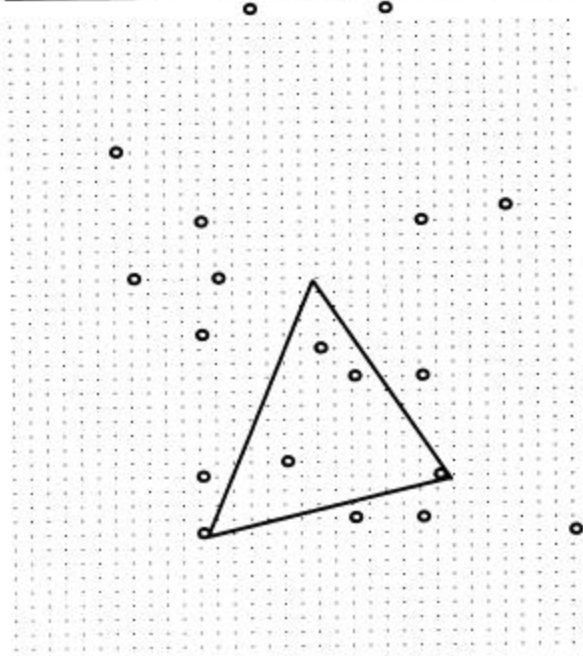
**RAMA Stations**



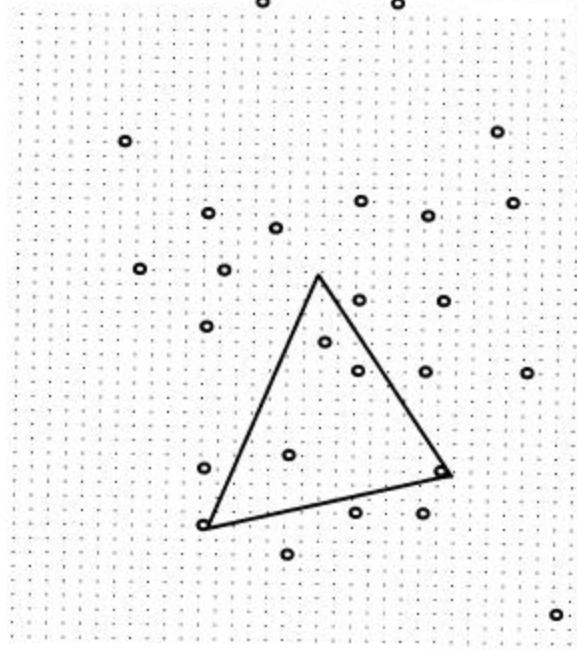
**RAMA Stations  
for Ozone**



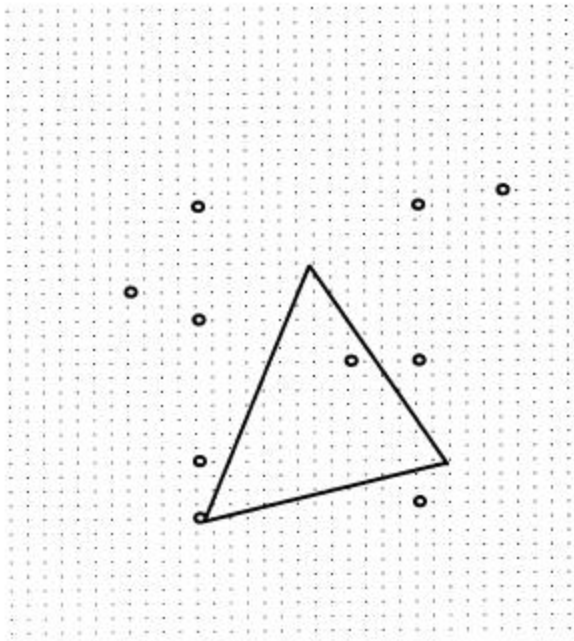
**RAMA Stations  
for NOx**

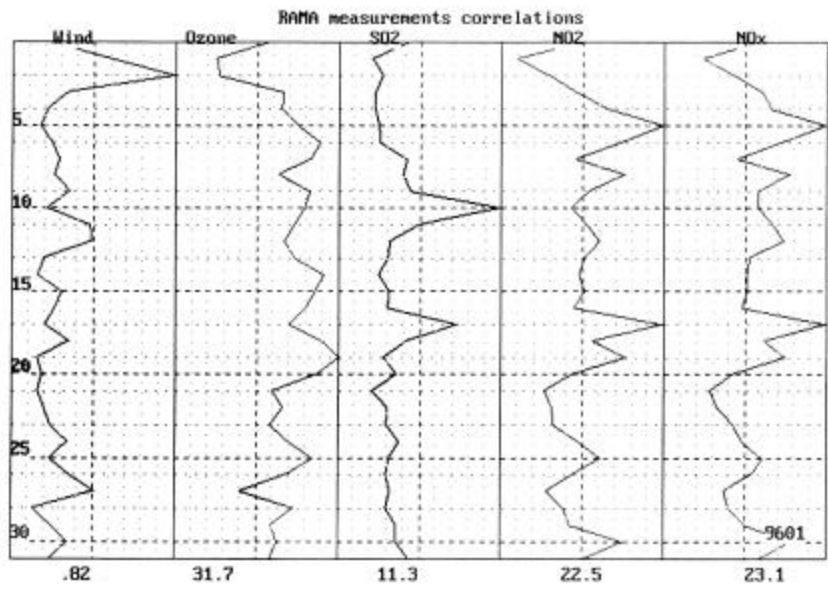


*RAMA Stations  
for SO<sub>2</sub>*



**RAMA Stations  
for Meteorol**





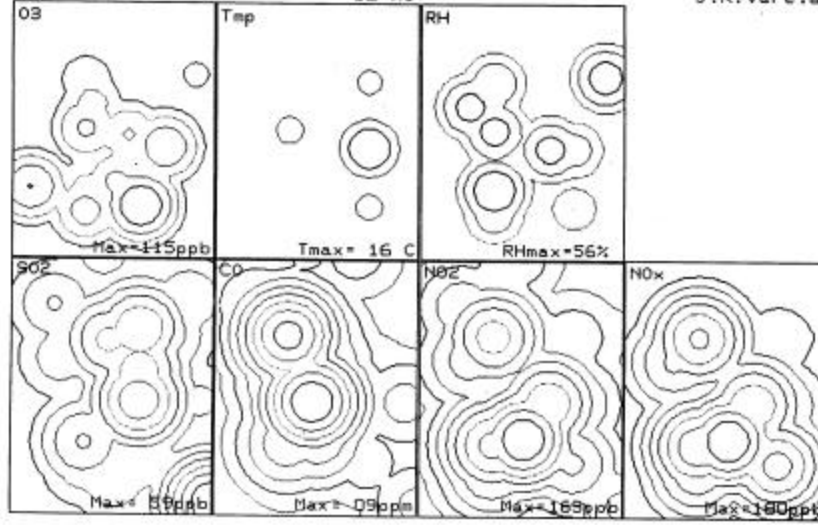


UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA  
Programa NATALIA

19/Jan/1996

12 Hs

J.R. Varela

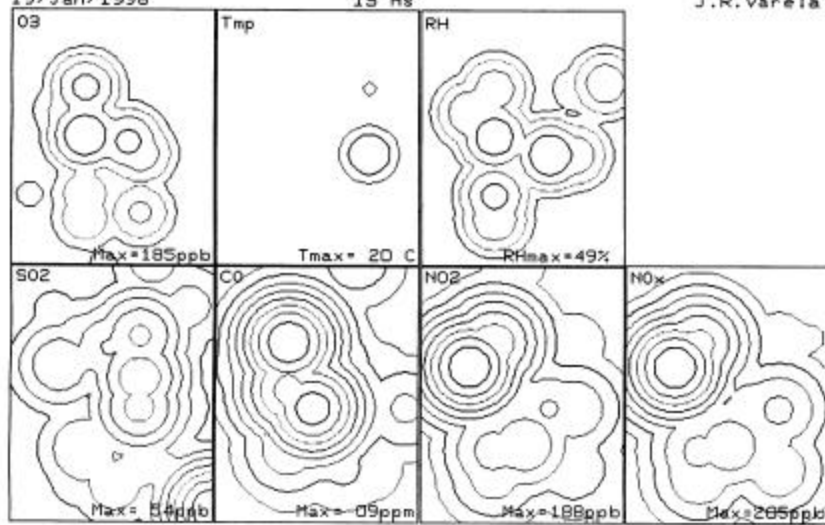


UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA  
Programa NATALIA

19/Jan/1996

13 Hs

J.R.Varela

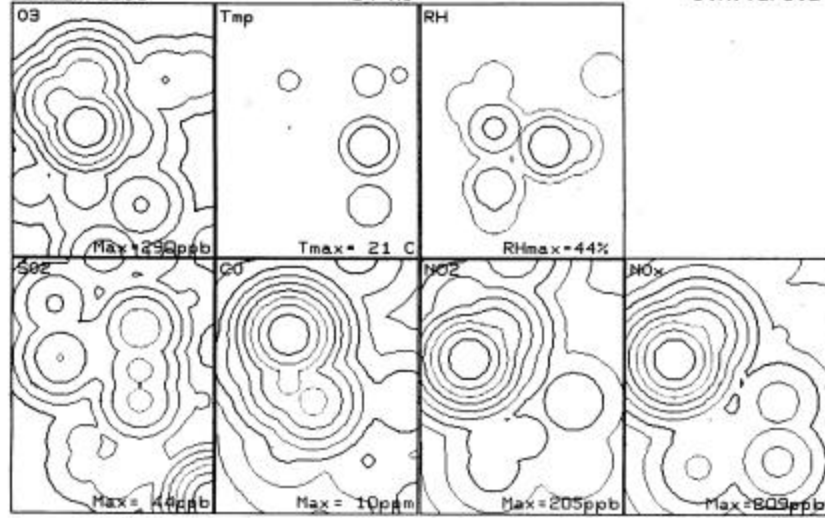


UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA  
Programa NATALIA

19/Jan/1996

14 Hs

J.R.Varela

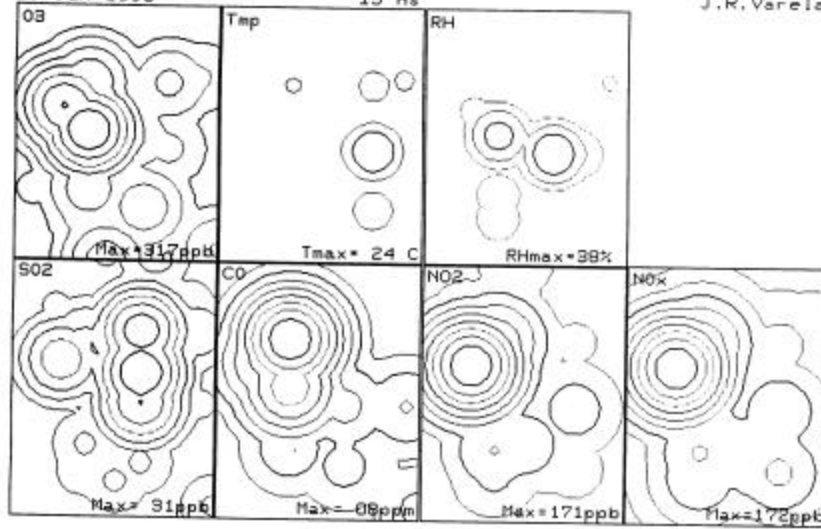


UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA  
Programa NATALIA

19/Jan/1996

15 Hs

J.R. Varela

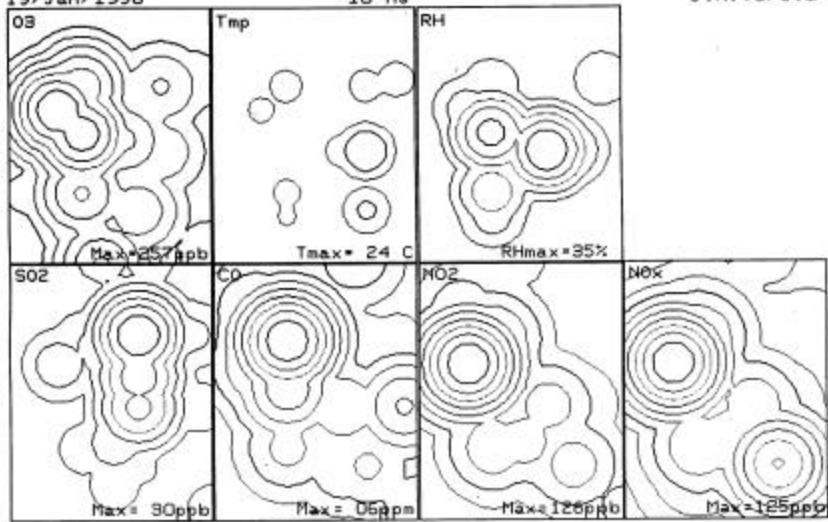


UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA  
Programa NATALIA

19/Jan/1996

16 Hs

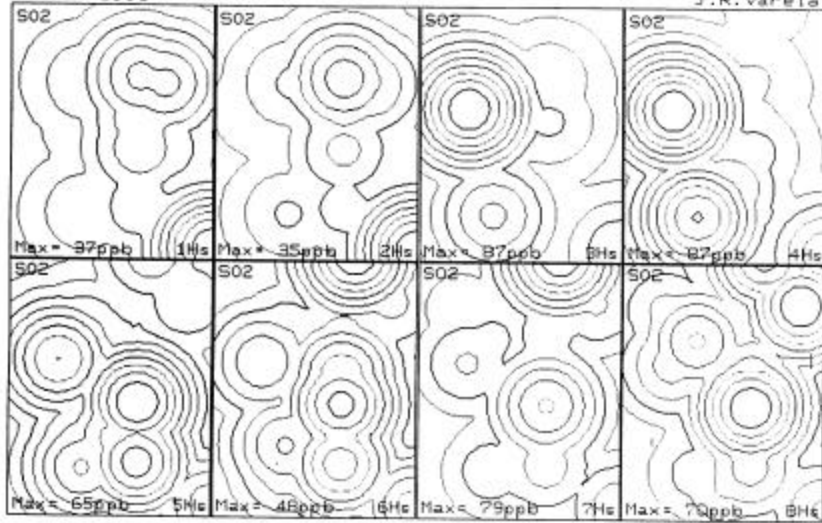
J.R.Varela



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA  
Programa NATALIA

19/Jan/1996

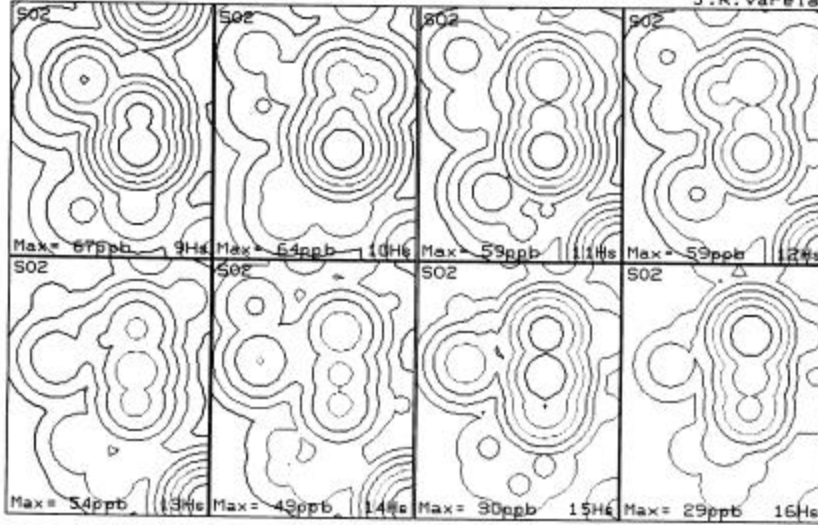
J.R. Varela



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA  
Programa NATALIA

19/Jan/1996

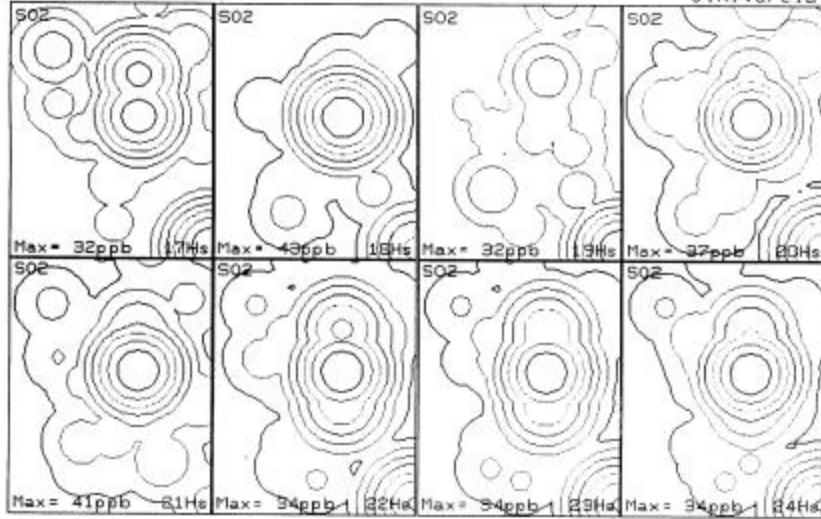
J.R.Varela



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA  
Programa NATALIA

19/Jan/1996

J.R.Varela





**MODELO PARA EMISIONES VEHICULARES Y SU USO EN LA  
CIUDAD DE MEXICO**

DRA. ELBA ORTIZ / ING. LUIS DIAZ / M. JORGE GAZCA  
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

**INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO**  
**SUBDIRECCION DE PROTECCION AMBIENTAL**

**Adaptación del Modelo COMPLEX a las gasolinas utilizadas en la  
Zona Metropolitana de la Ciudad de México,**

**Dra. Elba Ortiz Romero Vargas**  
**M.C. Jorge Gasca Ramírez**  
**Ing. Luis Díaz Gutiérrez**

#### Antecedentes.

El modelo Complex consiste de una serie de ecuaciones que correlacionan las características de las emisiones de los automóviles con las propiedades de las gasolinas. Este modelo será utilizado en los Estados Unidos por las compañías petroleras, que vendan gasolina reformuladas en las ciudades que no cumplan con los estándares de ozono, para certificar que se obtienen las reducciones en las emisiones requeridas por la enmienda al acta del aire limpio. Como es conocido, el programa de introducción de gasolinas reformuladas se efectuará en dos etapas. La primera etapa comenzó en enero de 1995 y se espera se logre una reducción de entre un 15 a un 17% en las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) y compuestos tóxicos, en comparación con las emisiones de 1990. La segunda etapa del programa debe lograr una reducción del 25 al 29% en COV, de 17 a 20% en tóxicos y de 5 a 7% en óxidos de nitrógeno. Esta segunda etapa comenzará el primero de enero del año 2000.

Todas las gasolinas reformuladas deben contener un mínimo de 2% peso de oxígeno, un máximo de 1% volumen de benceno y no debe contener metales pesados. Su contenido promedio de azufre y olefinas no debe ser mayor al del promedio de las gasolinas que se vendieron en Estados Unidos en 1990. Además, su temperatura de ebullición al 90% de recuperación (T90) no debe ser mayor al promedio de 1990.

Para la aplicación del modelo Complex se necesitan las propiedades de las gasolinas enlistadas en la tabla 1.

Acrónimo	Descripción
OXY	Concentración de compuesto oxigenado, % peso de oxígeno.
MTBE	Concentración de metiterbutileter, % peso de oxígeno.
ETBE	Concentración de etiterbutileter, % peso de oxígeno.
TAM	Concentración de amilmetileter terciario, % peso de oxígeno.
ETH	Concentración de etanol, % peso de oxígeno.
OLE	Concentración de olefinas, % volumen.
ARO	Concentración de aromáticos, % volumen.
SUL	Concentración de azufre, partes por millón en peso (ppmp).
RVP	Presión de vapor Reid, Libras por pulgada cuadrada (PSI).
BEN	Concentración de benceno, % volumen.
E200	Recuperación de la destilación a 200F, % volumen.
E300	Recuperación de la destilación a 300F, % volumen.

Tabla 1. Propiedades de las gasolinas necesarias para aplicar el modelo Complex.

El modelo toma como punto de referencia las propiedades de una gasolina promedio en los EEUU en 1990. Estas propiedades se muestran en la tabla 2.

Propiedad	Valor
RVP, (PSI)	8.7
E200, % vol	41.0
E300, % vol	83.0
ARO, % vol	32.0
OLE, % vol	9.2
BEN, % vol	1.53
OXY, % p	0.0
SUL, ppmp	339.0

*Tabla 2. Propiedades de la gasolina base de verano en el modelo Complex.*

Las emisiones se calculan para una flota vehicular típica de los Estados Unidos en 1990, con base en la diferencia de las propiedades de la gasolina actual con las propiedades de la gasolina base. Las características de la flota vehicular americana se muestran en la tabla 3.

No.	Sistema de combustible	Catalizador	Inyección de aire	Recirculación gases escape	Grupo tecnológico	Armadora
1	ICM	3M	No	Si	1	GM
2	ICM	3M	No	No	2	FORD
3	ICC	3M	No	Si	3	GM
4	ICM	3M+OX	Si	Si	4	FORD
5	ICM	3M	No	Si	1	HONDA
6	ICM	3M	No	No	2	GM
7	ICC	3M	No	Si	3	CHRYSLER
8	ICM	3M+OX	Si	Si	4	GM
9	ICC	3M+OX	Si	Si	7	CHRYSLER
10	ICM	3M	Si	Si	5	TOYOTA
11	ICM	3M	No	Si	1	FORD
12	ICM	3M	No	No	2	CHRYSLER
13	CARB	3M+OX	Si	Si	9	TOYOTA
14	ICC	3M	No	Si	3	FORD
15	ICM	3M+OX	Si	Si	4	GM
16	ICM	3M	No	Si	1	TOYOTA
17	ICM	3M	No	No	2	MAZDA
18	ICC	3M	No	Si	3	GM
19	ICM	3M+OX	Si	Si	4	FORD
20	ICM	3M	No	Si	1	NISSAN

Tabla 3. Características de la flota vehicular americana típica en 1990.  
 ICM, inyección múltiple; ICC, inyección en el cuerpo; CARB, carburador; 3M, catalizador de tres modos; 3M+OX, catalizador de tres modos más catalizador de oxidación.

No.	Sistema de combustible	Catalizador	Inyección de aire	Recirculación gases escape
1	ICM	3M	No	Si
2	ICM	3M	No	No
3	ICC	3M	No	Si
4	ICM	3M+OX	Si	Si
5	ICC	3M	Si	Si
6	ICC	3M	Si	Si
7	ICC	3M+OX	Si	Si
8	ICC	3M	No	No
9	CARB	3M+OX	Si	Si

Tabla 3a. Especificación de los grupos tecnológicos de la flota vehicular americana típica de 1990.

El modelo Complex considera que el 52% de los automóviles son emisores normales y el restante 48% son grandes emisores. Esto para la primera etapa y para el caso de los COV. En el caso de los óxidos de nitrógeno el modelo considera que el 82% son emisores normales y el restante 18% son grandes emisores.

El modelo Complex proporciona las emisiones mostradas en la tabla 4, para una flota de las características de la tabla 3, que utilice una gasolina de las características de la tabla 2.

Contaminante	Emisiones (mg/milla)
<b>Escape</b>	
COV	446.00
Nox	660.00
Benceno	26.10
Acetaldehido	2.19
Formaldehido	4.85
1,3 butadieno	4.31
Materia orgánica particulada	1.50
<b>Evaporativas</b>	
COV	860.48
Benceno	9.66

*Tabla 4. Emisiones de referencia del modelo Complex para la etapa 1, durante el verano y para la región I.*

Para modificar o actualizar los parámetros del modelo Complex es necesario seguir un protocolo de pruebas. Con una flota vehicular de las características de la tabla 3. Por ejemplo, se podrían introducir los efectos de algún aditivo o de algún nuevo compuesto oxigenado.

Adaptaciones a la ZMCM del modelo Complex.

Las características de las gasolinas de la tabla 2 no coinciden con las características de las gasolinas utilizadas en la ZMCM. Tampoco coinciden las características de la flota americana típica con la flota vehicular de la ZMCM. Sin embargo, dada la necesidad de contar con un modelo que permita predecir la cantidad y composición de las emisiones de los autos a gasolina en México, se hicieron algunas adaptaciones al modelo Complex. Se tomaron los resultados de las emisiones de la flota vehicular tomada como típica para la ZMCM en el proyecto "Estudio del impacto ambiental dentro del área metropolitana de la Ciudad de México del paquete ecológico de proyectos de gasolinas de PEMEX" (Paquete Ecológico). En este estudio se consideraron dos tipos de gasolinas, el tipo NOVA que se usó en una flota de vehículos sin convertidor catalítico. Las propiedades de las gasolinas investigadas relevantes para el modelo Complex se dan en la tabla 5.

Determinación	Gasolina tipo NOVA		
	Referencia 91	Base	A
RVP, (PSI)	8.9	7.5	7.5
Destilación, AMTM-d86, °C			
IBP	38.2	39.6	38.4
10%	56.2	57.1	55.0
50%	103.8	106.9	106.0
90%	173.2	179.5	181.6
EBP	216.7	223.9	223.1
Azufre (ppm)	900	1200	1300
Composición, % vol			
Parafinas	57.3	56.4	54.4
Olefinas (C3-C5)	4.9	0.8	0.9
Olefinas totales	10.0	7.9	8.8
Naftenos	10.2	11.4	11.4
Aeromáticos	18.1	17.3	18.4
Benceno, % vol	1.4	1.3	1.3
TEL, ml/gal	0.37	0.19	0
MTBE, % vol	5.01	7.0	7.0

Tabla 5. Propiedades de las gasolinas utilizadas en el Paquete Ecológico. Gasolinas tipo NOVA.



Determinación	Gasolina tipo NOVA		
	Referencia 91	Base	A
RVP, (PSI)	9.1	7.51	7.46
Destilación, AMTM- dB6, °C			
IBP	35.3	38.6	38.1
10%	50.6	60.2	56.1
50%	101.4	109.6	96.1
90%	184.0	164.8	178.3
EBP	221.8	221.1	219.0
Azufre (ppm)	640	590	770
Composición, % vol			
Parafinas	51.0	62.0	51.7
Olefinas (C3-C5)	6.8	0.5	1.1
Olefinas totales	13.2	4.4	9.8
Naftenos	5.9	3.0	6.2
Aeromáticos	25.1	30.6	17.3
Benceno, % vol	1.9	1.4	1.1
MTBE, % vol	5.0	0.0	15.0

Tabla 5. Propiedades de las gasolinas utilizadas en el Paquete Ecológico Gasolinas tipo MAGNA.

Las propiedades de las gasolinas base que se alimentan como parámetros al modelo Complex se muestran en la tabla 2. Con base en la tabla 5 se determinaron los parámetros de las gasolinas del Paquete Ecológico que se proporcionan al modelo Complex las cuales se muestran en la tabla 6.

PROP.	NOVA R	NOVA B	NOVA A	MAGNA R	MAGNA A	MAGNA B
OXY	0.91	1.27	1.27	0.91	0.00	2.72
SUL	900.00	1200.00	1300.00	640.00	590.00	770.00
RVP	8.90	7.50	7.50	9.10	7.51	7.46
E200	40.71	39.00	40.15	43.70	35.60	45.20
E300	78.83	76.01	75.64	76.20	80.40	79.30
ARO	18.10	17.30	18.40	25.10	30.60	17.30
OLE	10.00	7.90	8.80	13.20	4.40	9.80
BEN	1.40	1.30	1.30	1.90	1.40	1.10

Tabla 6. Parámetros del Complex para las gasolinas del Paquete Ecológico.

En la tabla 7 se muestran las emisiones que se obtuvieron para la flota vehicular de automóviles sin convertidor catalítico con las gasolinas tipo NOVA. En la tabla 8 se muestran a su vez las emisiones que se obtuvieron para la flota vehicular de automóviles con convertidor catalítico. Estos resultados se obtuvieron modificando algunos parámetros del modelo original. Esta modificación se realizó por separado para cada tipo de flota vehicular.

	NOVA REF	NOVA B	NOVA A
Emisiones por el escape g/km			
COV calc.	2.83	2.77	2.68
COV exp.	2.82	2.77	2.68
error %	0.32	0.05	0.06
Nox calc.	1.50	1.50	1.52
Nox exp.	1.47	1.53	1.52
error %	2.0	-2.1	0.25
Emisiones evaporativas en caliente (g/prueba)			
COV calc.	3.55	2.75	2.75
COV EXP.	3.55	2.73	2.77
% error	0.00	0.74	-0.71

Tabla 7. Resultados del Complex para las gasolinas tipo NOVA.

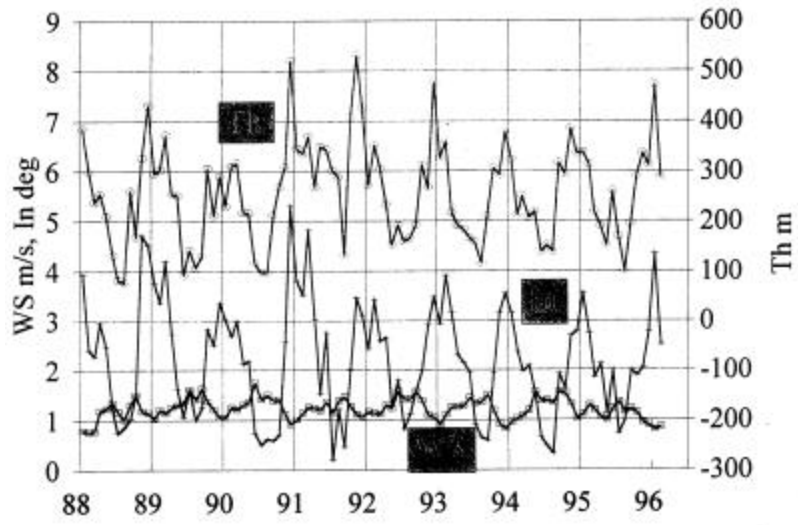
	MAGNA REF	MAGNA A	MAGNA B
Emisiones por el escape g/km			
COV calc.	0.77	0.80	0.72
COV exp.	0.77	0.80	0.72
error %	0.00	0.00	0.00
Nox calc.	1.06	1.01	1.02
Nox exp.	1.04	0.99	1.06
error %	1.94	2.11	-3.97
Emisiones evaporativas en caliente (g/prueba)			
COV calc.	0.92	0.82	0.71
COV EXP.	0.92	0.85	0.78
% error	0.09	-4.00	4.25

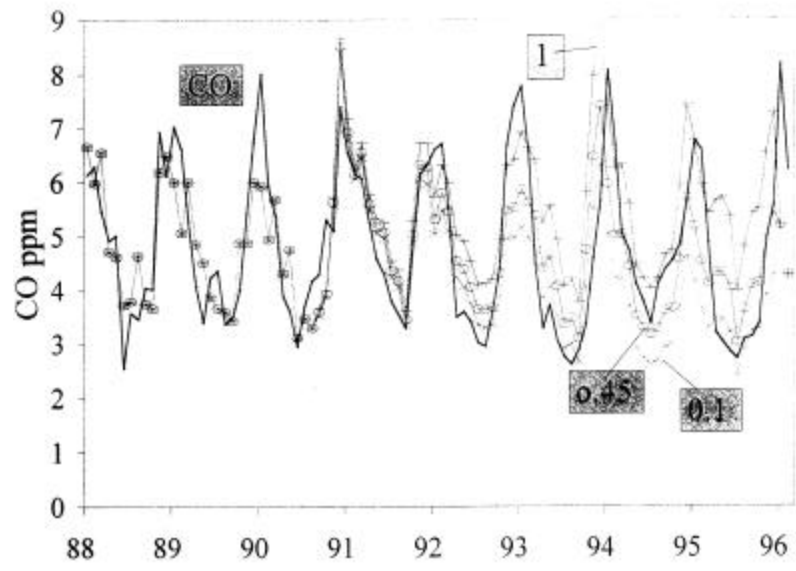
Tabla 8. Resultados del Complex para las gasolinas tipo MAGNA

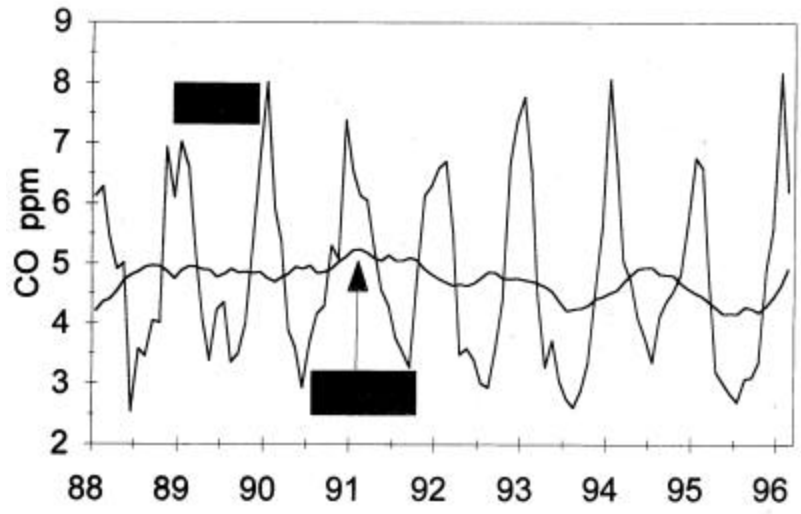
Otra característica del modelo modificado en su capacidad de estimar no sólo la cantidad de las emisiones sino su composición. Se tuvo que desarrollar esto dado que para los modelos fotoquímicos es importante conocer la composición de las emisiones. Esta composición se obtiene agrupada en las familias del mecanismo químico de Lurman, Carter y Coynor. Dado que la principal diferencia de las gasolinas mexicanas con las de EEUU es el contenido de azufre la principal limitación del modelo modificado es su extrapolación a otros contenidos de azufre.

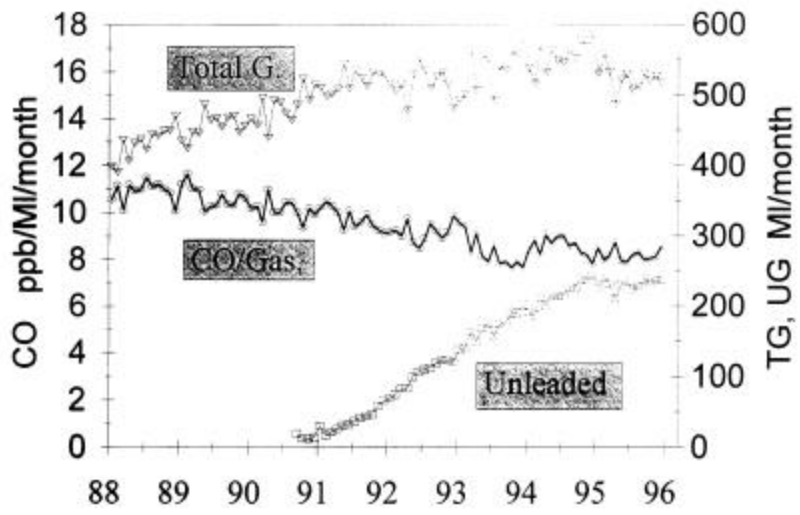
**VERIFICACION Y EMISIONES VEHICULARES**

DR. HECTOR RIVEROS ROTGE  
INVESTIGADOR UNAM



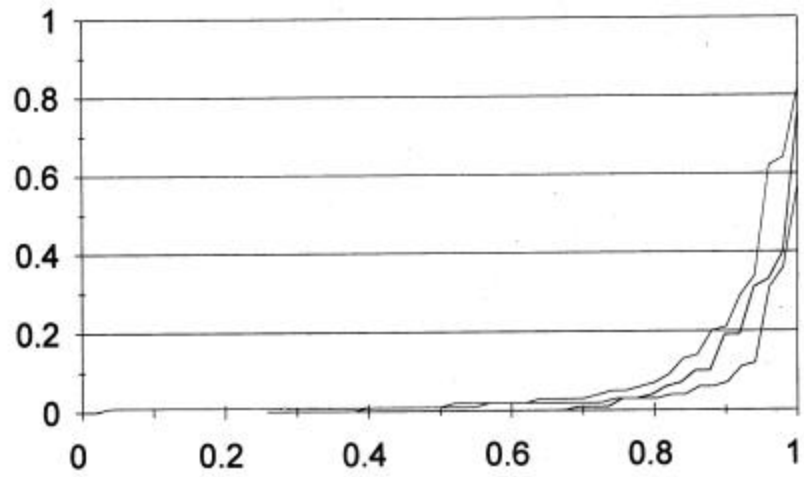




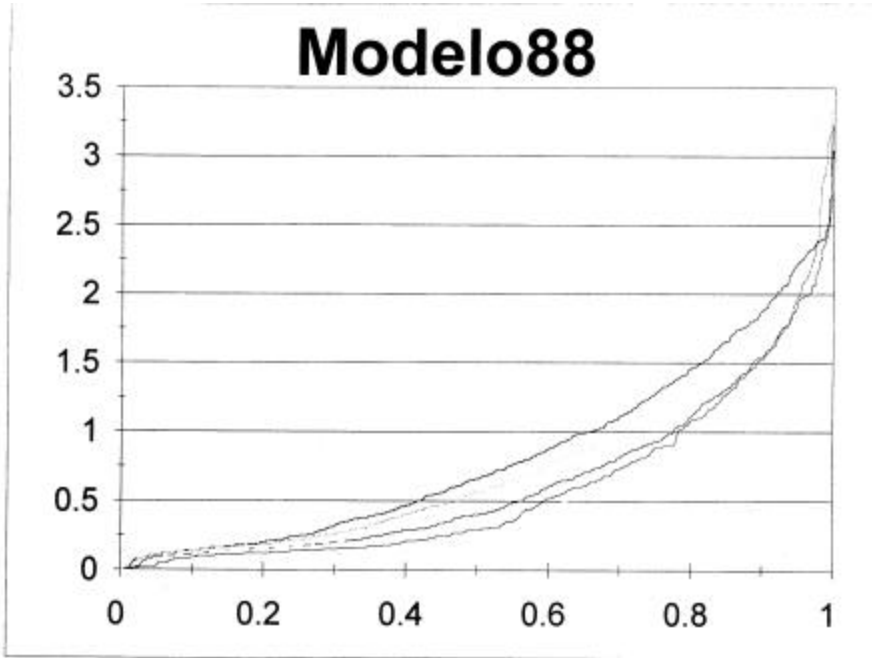




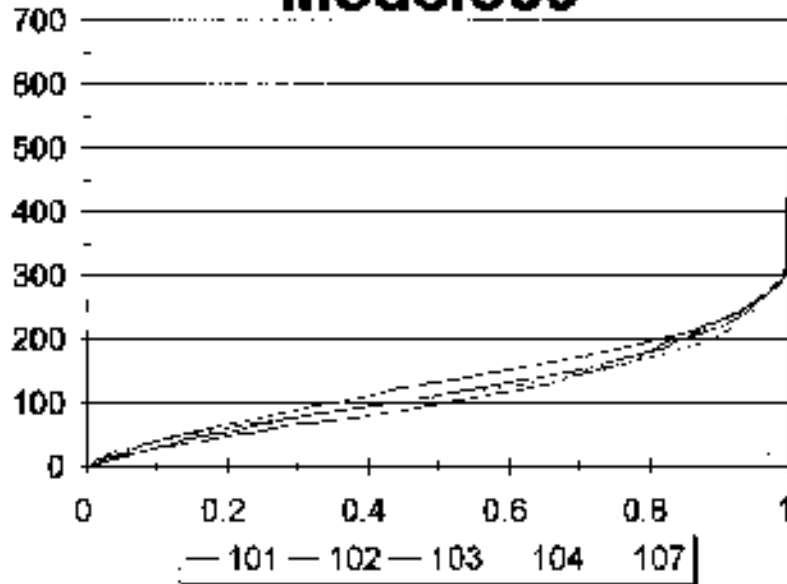
# Centro 9012



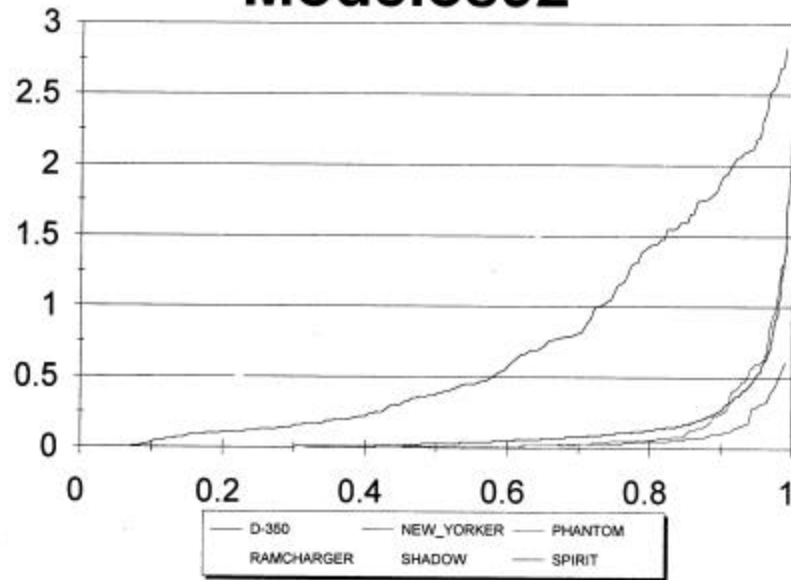
# Modelo88



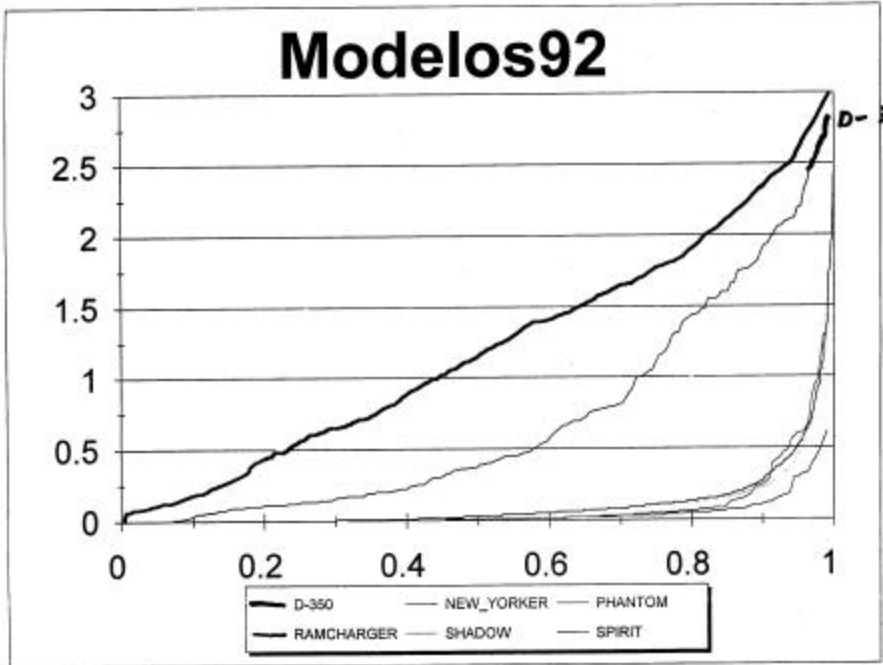
# Modelo89



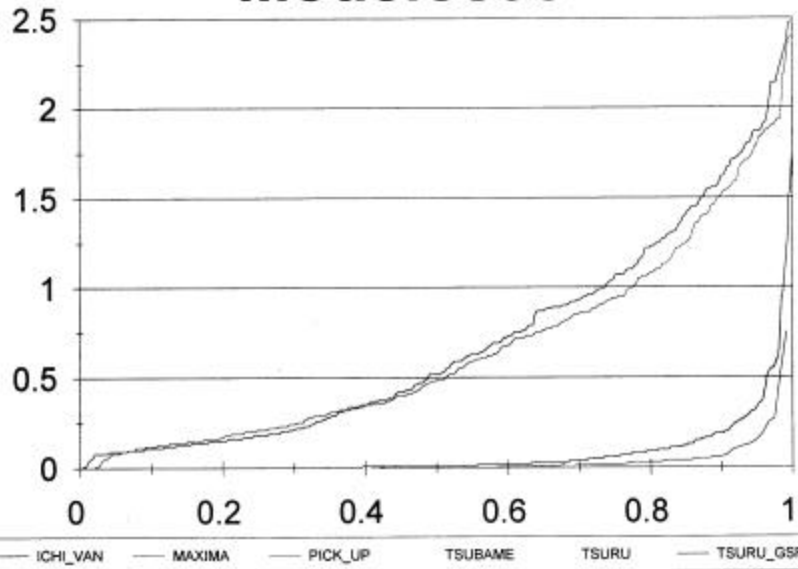
# Modelos92



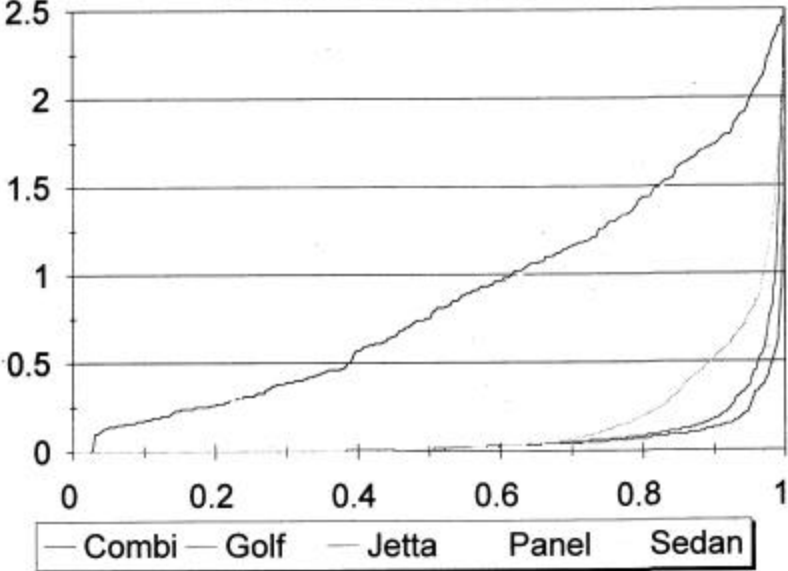
# Modelos92



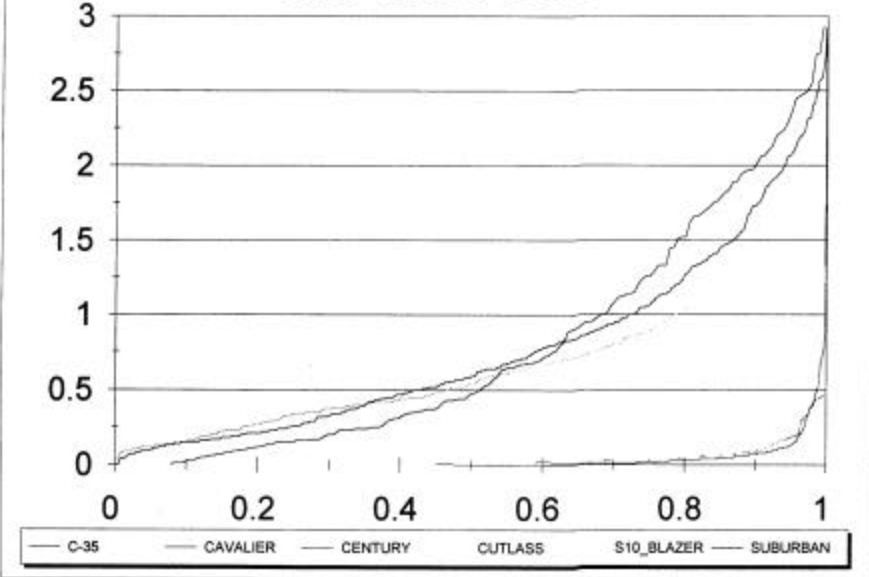
# Modelos93



# Modelos93

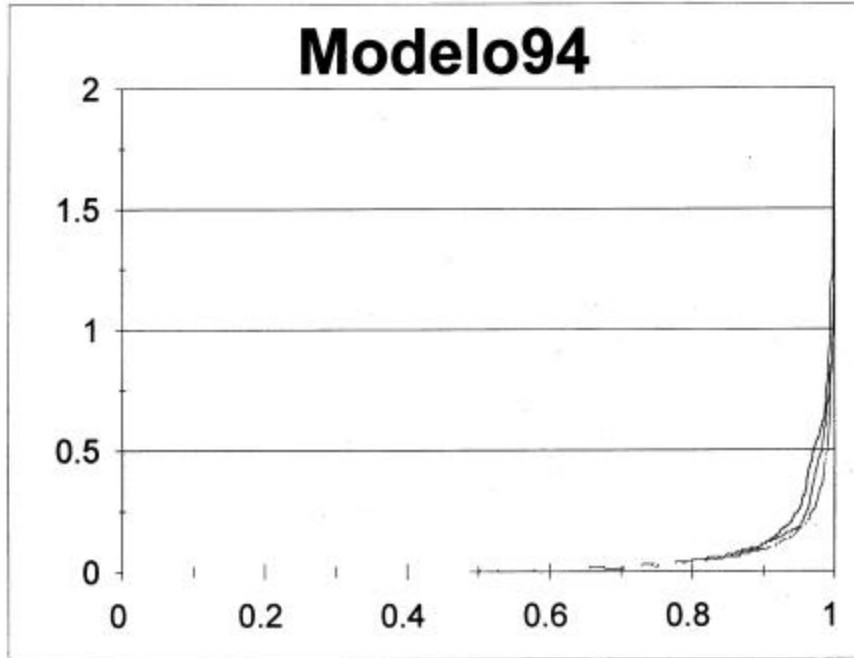


# Modelos93





# Modelo94



D.R. Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental  
Edificio de la Ciencia y Tecnología Ambiental  
Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa

Cuidado de la edición: Bióloga Alma Delia Nava Montes

Impreso en: Arte y Publicidad  
Xola No. 951-1, Col. Narvarte  
C.P. 03020 México, D.F.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de la obra,  
por cualquier medio, sin el consentimiento por escrito del editor.

Tiraje: 500 ejemplares

Impreso en México. Printed in México.