

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA**  
**DE SISTEMAS E INFORMATICA**



**TITULO DEL PROYECTO**

**AUTORES:**

- 1**
- 2**
- 3**
- 4**

**NUEVO CHIMBOTE, 2012**



## **Objetivo:**

- 1.-Aplicar los conocimientos de causalidad y efecto para la formación de modelos.**
- 2.-Aplicar conceptos de la TGS.**
- 3.-Aplicar MSB, para la mejor comprensión del Sistema.**
- 4.-Determinar soluciones al problema presentado y sustentarlo.**

## **Presentación**

- **La sustentación del informe final del proyecto, serán los días 4,5, y 6 de Enero del 2012.**
  - Día 04 de Enero del 2012, sustentan grupo A.**
  - Día 05 de Enero del 2012, sustentan grupo B.**
  - Día 06 de Enero del 2012, sustentan grupo C.**
- **Presentación en ropa formal para damas y caballeros**
  - **No zapatillas**
  - **Con camisa y corbata, para los caballeros**
  - **Cabello debidamente presentable.**

## INDICE Y NRO PAGINA CORRESPONDIENTE

Introducción

1. Planteamiento del problema
2. Marco conceptual
  - 2.1. Contaminación atmosférica
  - 2.2. Legislación ambiental vigente
3. Sistema actual de transporte público
  - 3.1. Aspectos generales
  - 3.2. Estructura vial de transporte
  - 3.3. Empresas de transporte público
  - 3.4. Sistema de rutas
  - 3.5. Estado de la calidad del aire
  - 3.6. Impacto por ruido
  - 3.7. Imagen enriquecida del impacto ambiental generado por el sistema de transporte masivo en la ciudad de Santiago de Cali
4. Sistema de gestión ambiental para el transporte público en la ciudad de Santiago de Cali
  - 4.1. Problema
  - 4.2. Definición del problema
  - 4.3. Lista de factores o causas del problema
  - 4.4. Objetivos del sistema de gestión ambiental
  - 4.5. Indicadores
  - 4.6. Actividad con propósito definido
  - 4.7. Actores del sistema de gestión ambiental
  - 4.8. Clientes
  - 4.9. Entorno
  - 4.10. Dueños del sistema
  - 4.11. Transformaciones
  - 4.12. Visión del mundo
  - 4.13. Definición raíz
  - 4.14. Modelo conceptual del sistema
  - 4.15. Subsistemas
  - 4.16. Aplicación de algunos conceptos de la teoría general de sistemas al sistema de gestión ambiental para el transporte público en Santiago de Cali
  - 4.17. Modelos mentales de los principales actores del sistema de gestión para el transporte público en Santiago de Cali
5. Conclusiones
6. Bibliografía

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico acelerado en los centros urbanos ha incrementado la demanda de transporte masivo, cuya oferta no crece en la misma proporción. La infraestructura vial rígida, falta de coordinación interinstitucional y el deficiente dinamismo de la planeación hace que se tomen medidas correctivas, más que preventivas en materia de transporte. El tráfico y la movilidad, en términos de transporte, son la causa principal de los impactos negativos al ambiente urbano como la contaminación del aire, el ruido, el consumo excesivo de recursos y la ocupación extensiva del espacio.

Actualmente el sistema de transporte de Santiago de Cali genera trastornos sociales, ambientales, de infraestructura, de tiempo y de cobertura haciendo que la ciudad se vuelva caótica, desordenada y contaminada.

No obstante, uno de los principales esfuerzos del diagnóstico y planificación del sistema del transporte público fue realizado en 1991 en el estudio del Plan vial y de transporte de la ciudad. 13 años después el sistema de transporte público del municipio no ha cambiado sustancialmente. (CUELLAR *et al*, 1999)

En este sentido, es claro que el actual sistema de transporte de la ciudad de Santiago de Cali adolece de un plan de manejo integral, que no sólo mitigue los problemas actuales de movilización, congestión vehicular y tiempos de viaje, sino que desarrolle las condiciones para operar un sistema de transporte sostenible que minimice los grandes problemas ambientales y de calidad de vida generados por el sistema actual.

Este estudio esta enfocado al impacto ambiental generado por el transporte en Santiago de Cali y propone un sistema de gestión ambiental para el sistema de transporte público en la ciudad.

### 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las últimas décadas, las fuentes móviles han aparecido de forma masiva en las ciudades, contribuyendo a incrementar los problemas de contaminación atmosférica como consecuencia de los gases contaminantes que se emiten por los tubos de escape. Los principales contaminantes lanzados por los automóviles son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) e hidrocarburos no quemados (HC). (DAGMA, 2003)

No todos los vehículos lanzan los distintos tipos de contaminantes en las mismas proporciones; éstas dependerán del tipo de vehículo, combustible usado, de la tecnología del motor de combustión y del equipo de control de emisiones entre otros. Los vehículos que emplean gasolina como carburante emiten principalmente monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos.

Los principales contaminantes emitidos por los vehículos que utilizan motores de ciclo diesel (camiones y buses, entre otros) son partículas sólidas en forma de hollín que da lugar a los humos negros, hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno y anhídrido sulfuroso procedente del azufre contenido en el combustible.

Además de las emisiones contaminantes de escape en un vehículo, se presentan las emisiones evaporativas de hidrocarburos. Durante el llenado del tanque de combustible y en el sistema interno de almacenamiento y conducción de gasolina de un automóvil, se presentan fugas por la toma de gasolina, el carburador o las válvulas y conexiones de mangueras.

Aunque tanto las fuentes móviles, como las fijas (industrias etc.) generan la contaminación atmosférica, la principal fuente de contaminación del aire es la vehicular, pues produce grandes cantidades de monóxido de carbono y, aunque en menor proporción, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles (COVs). Las emisiones de los vehículos también contienen plomo y cantidades traza de algunos contaminantes peligrosos (DAGMA, 2003).

Los requisitos para el control de emisiones vehiculares han reducido considerablemente la cantidad de contaminantes del aire. Además, los reglamentos que controlan la calidad del combustible de los vehículos también han contribuido a una mayor eficiencia y menores emisiones. Sin embargo, debido al creciente número de vehículos, éstos siguen siendo la principal fuente móvil de contaminación del aire. (DAGMA,2003)

En el caso de los camiones y los vehículos de transporte público (buses), estos generalmente tienen motores Diesel que producen mayor cantidad de óxidos de nitrógeno y material particulado.

Además de los impactos ambientales directos causados por las fuentes móviles, existen impactos indirectos como los citados por Moller (2004) : grasas y aceites usados, elevación del polvo en calles que contienen sustancias tóxicas, impactos ambientales por metales y materiales usados en el ensamble de los vehículos, por la explotación y refinamiento del petróleo, la chatarra y desechos de llantas etc.

Según estudios realizados por el DNP Las fuentes móviles contribuyen con el 60.3% de la contaminación atmosférica (citado por Moller, 2004; Rodríguez,2001), en este sentido, para el caso específico de la ciudad de Cali, los buses contribuyen con cercal del 20% de la contaminación atmosférica, además de contribuir significativamente al ruido no sólo por el transito de estos vehículos por la arterias viales, sino además por el congestionamiento que producen debido a que frenan constantemente y paran en cualquier parte (Moller, 2004).

Los vehículos que conforman el transporte público masivo en la ciudad, según informe técnico del DAGMA, constituyen uno de los agentes de propagación de contaminación atmosférica más representativo debido al mal estado de los vehículos, la falta de mantenimiento preventivo y correctivo; y el uso de combustibles de calidad no óptima.

La obsolescencia del parque automotor es otra característica vehicular que contribuye al aumento de las emisiones, según muestreos realizados por el DAMA, las mayores emisiones de hidrocarburos (HC) son efectuados por el servicio público principalmente por buses y microbuses de mayor antigüedad, es decir los modelos anteriores a 1974.

Para la ciudad de Cali se tiene, que el 17.5% de los vehículos de transporte público corresponden a modelos anteriores a 1970, 22.2% a modelos entre 1971-1980, 25.0% a modelos entre 1981-1990, es decir que cerca del 30% de lo vehículos de servicio público cuentan con 20 o mas años de servicio.

Para el año 2004 se cuenta con un parque automotor de 346.544 registrados en la ciudad, de los cuales sólo 42.394 son de transporte público, 4.405 oficiales y 299.745 (más del 80%) son vehículos particulares. En Cali el 65% de los viajes motorizados se realiza en transporte público, es decir que sólo el 35% de los viajes que se hacen en transporte privado es cubierto por cerca del 80% del parque automotor, en este sentido es necesario no sólo un manejo integral del sistema de transporte público, sino que se debe implementar acciones educativas y de control hacia una desestimulación progresiva del uso del vehículo particular.

A los anteriores problemas, se le suma los problemas institucionales en el manejo del transporte urbano; en su articulo sobre gestión urbana, Acevedo identifica cuatro problemas: la deficiente concepción o definición de la distribución de funciones entre los distintos niveles de gobierno; la dispersión de la autoridad en numerosas entidades frecuentemente descoordinadas; la incapacidad técnica de la autoridad de transito y transporte y por último el crecimiento físico que sobrepasa la jurisdicción local y envuelve a varios municipios.

Es por esto que se hace necesario la implementación de planes de gestión ambiental que controlen y regulen la contaminación ambiental producida por el transporte público, con una proyección hacia nuevos medios de transporte masivo pero que a su vez cumplan con el criterio de transporte sostenible.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 1. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Debido al desarrollo industrial y al alto número de vehículos, la ciudad de Santiago de Cali diariamente dispone a la atmósfera grandes cantidades de contaminantes, que al entrar en dinámica con la meteorología local contribuyen a la generación de episodios de contaminación atmosférica.

Alrededor del mundo se ha encontrado que en los centros urbanos las fuentes móviles son las mayores contribuyentes de emisiones de contaminantes a la atmósfera siendo siempre significativas comparadas con las emisiones de fuentes fijas, un menor aporte de emisiones es ocasionado por fenómenos asociados a las actividades urbanización, como: deforestación, tala de árboles, apertura de vías, erosión de los cerros, disposición de escombros, disposición de desechos sólidos, almacenamiento de combustibles, entre otros. (DAGMA, 2004)

El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que en concentraciones altas puede ser letal. La principal fuente antropogénica de monóxido de carbono es la quema incompleta de combustibles como la gasolina. Para que se complete el proceso de combustión es necesario que haya cantidad adecuada de oxígeno. Cuando éste es insuficiente, se forma el monóxido de carbono y una manera de reducirlo es exigir que los automóviles sean sincronizados debidamente para asegurar la mezcla del combustible con el oxígeno. Por esta razón, los reglamentos de inspección de automóviles han sido útiles para controlar el monóxido de carbono.

El monóxido de carbono es especialmente problemático en zonas urbanas con gran número de automóviles. El volumen del tránsito y el clima local influyen sobre su concentración en el aire. Los efectos sobre la salud dependen de la concentración y duración de la exposición. El monóxido de carbono en los seres humanos afecta el suministro de oxígeno en el torrente sanguíneo. Normalmente, los glóbulos rojos transportan el oxígeno por todo el cuerpo. Cuando hay monóxido de carbono, éste atrae más a los glóbulos rojos que al oxígeno, lo que da lugar a la escasez de oxígeno en la sangre. El efecto a corto plazo es similar a la sensación de fatiga que se experimenta en altura o cuando se padece de anemia. La exposición al monóxido de carbono puede exacerbar las enfermedades del corazón y del pulmón. El peligro es más evidente en neonatos, neonatos, ancianos y en quienes sufren de enfermedades crónicas. (DAGMA, 2003)

El Material Particulado son las partículas sólidas o líquidas del aire, incluyen contaminantes primarios como el polvo y hollín y contaminantes secundarios como partículas líquidas producidas por la condensación de vapores. Siendo las partículas con menos de 10 y 2,5 micrómetros de diámetro (PM10 y PM2,5) las más peligrosas para el hombre porque tienen mayor probabilidad de ingresar a la parte inferior de los pulmones.

En la naturaleza, el material particulado se forma por muchos procesos, tales como el viento, polinización de plantas e incendios forestales. Las principales fuentes antropogénicas de pequeñas partículas incluyen la quema de combustibles sólidos como la madera y el carbón, las actividades agrícolas como la fertilización y almacenamiento de granos y la industria de la construcción.

El material particulado puede tener efectos negativos en la salud y bienestar del hombre ya que puede contribuir a aumentar las enfermedades respiratorias como la bronquitis y exacerbar los efectos de otras enfermedades cardiovasculares. Asimismo, afecta la visibilidad y velocidad de deterioro de muchos materiales hechos por el hombre.

Los óxidos de nitrógeno son un grupo de gases conformado por el nitrógeno y oxígeno. El nitrógeno es el elemento más común del aire y representa el 78 por ciento del aire que respiramos. Los óxidos de nitrógeno incluyen compuestos como óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). El término NO<sub>x</sub> se refiere a la combinación de estas dos sustancias.

Las fuentes más comunes de óxidos de nitrógeno en la naturaleza son la descomposición bacteriana de nitratos orgánicos, incendios forestales y de pastos, y la actividad volcánica. Las fuentes principales de emisión antropogénica son los escapes de los vehículos y la quema de combustibles fósiles.

El óxido nítrico es relativamente inofensivo, pero el dióxido de nitrógeno puede causar efectos en la salud y bienestar. En el proceso de combustión, el nitrógeno en el combustible y aire se oxida para formar óxido nítrico y algo de dióxido de nitrógeno. Los óxidos nítricos emitidos en el aire se convierten en dióxido de nitrógeno mediante reacciones fotoquímicas condicionadas por la luz solar. (DAGMA, 2003)

Una relación aire/combustible reducida da lugar a altas emisiones de óxidos de nitrógeno. Adicionalmente, las altas temperaturas que se registran en el interior de los motores provocan la oxidación del nitrógeno atmosférico, produciéndose óxidos de nitrógeno que son expulsados por el escape del vehículo

El dióxido de nitrógeno daña el sistema respiratorio porque es capaz de penetrar las regiones más profundas de los pulmones. Asimismo, contribuye a la formación de lluvia ácida.

Los efectos en la salud humana por exposición a los diferentes contaminantes, se observan en la Cuadro 1.

**Cuadro 1** Efectos sobre la salud de la contaminación atmosférica

Contaminante	Efecto observado
MONOXIDO DE CARBONO (CO)	Disminución en la capacidad de realizar un ejercicio máximo en un corto tiempo en individuos jóvenes saludables
	Disminución en la duración de ejercicio, debido a dolor en el pecho (angina), en pacientes con enfermedades al corazón. Disminución del consumo máximo de oxígeno y tiempo para realizar ejercicio, en individuos jóvenes saludables durante ejercicio fuerte.
	Disminución en la percepción visual y auditiva. Pérdida de la capacidad sensorial, motora y de vigilancia.
	Disminución en el consumo máximo de oxígeno durante el ejercicio fuerte, en individuos jóvenes saludables.
	Dolor de cabeza, decaimiento.
	Mareo, náusea, debilidad.
	Confusión, colapso durante el ejercicio
	Pérdida de conciencia y muerte si la exposición continúa.
	Muerte.
MATERIAL PARTICULADO	Disminución capacidad respiratoria
	Aumento de enfermedades respiratorias en ancianos y niños
	Afecta a toda la población
	Aumento de mortalidad en adulto mayor y enfermos
OXIDOS DE NITRÓGENO (NOx)	Individuos normales: Incremento de la resistencia de las vías aéreas, aumento de la hiperreactividad bronquial.
	Individuos normales: Incremento de la resistencia de las vías aéreas.
	Individuos con bronquitis crónica: Incremento de la resistencia de las vías aéreas

Fuente: [www.cepis.ops\\_oms.org](http://www.cepis.ops_oms.org)

## 2. LEGISLACIÓN AMBIENTAL VIGENTE

El gobierno nacional a través del Ministerio de Transporte y mediante parámetros como el Estatuto del Transporte para el transporte masivo (No 3109 de 1997) han servido para dar los lineamientos necesarios para la correcta planificación, ejecución y control de dichos proyectos; centrando su atención en las grandes ciudades que integren polos de desarrollo industrial y/o comercial (áreas metropolitanas) . Al no ser el estado el responsable directo de la prestación de servicio de transporte, su papel es el de regular y fijar políticas de control como lo indica la ley 105 de 1993.

Las organizaciones publicas o privadas que de acuerdo a la ley están habilitadas para prestar un servicio de transporte a gran escala deben regirse a ciertas normas de protección al medio ambiente con el fin de controlar las emisiones contaminantes de las fuentes móviles a su disposición, además de llevar indicadores de desempeño, los cuales en el largo plazo podrían disminuir dichas emisiones.

Como en toda ciudad, en proceso permanente de expansión, en Santiago de Cali la contaminación atmosférica tiende ha ser creciente y ésta es producida por las emisiones provenientes de fuentes fijas y móviles.

Las leyes estipuladas por los entes gubernamentales son muchas y de diverso orden lo cual dificulta la comprensión y crea contradicciones, impidiendo la unificación de criterios, puesto que cada entidad ve desde su óptica los lineamientos sin considerar que el reglamento debe ser uno que involucre a todas las instituciones y sus elementos, que en conjunto proporcionen la forma mas adecuada de funcionamiento y control.

El actual estado del parque automotor no muestra señales de mejorar en el corto plazo y ello es el resultado de la mala gestión y organización del gremio; la escasa regulación en esta materia permite que se generen mecanismos para eludir responsabilidades, trayendo como consecuencia que se retrasen las proyecciones de mejoramiento en la calidad de transporte.

La resistencia al cambio por parte de los propietarios impulsa al gobierno a crear mecanismos de eliminación de los vehículos mas viejos, abriendo líneas de crédito para adquirir un nuevo equipo a través del IFI, el cual ofrecerá a los propietarios plazo hasta de 10 años y periodos de gracia hasta de 90 días, con diferentes sistemas de amortización. Los desembolsos con cargo a esta línea estarán garantizados en por lo menos un 50% por certificados de garantía del Fondo Nacional de Garantías. (**Decreto 2659 del 29 de diciembre de 1998**); contrario a la anterior iniciativa también emplea mecanismos de presión colocando impuestos mas elevados de acuerdo al modelo del vehículo desmotivando así al propietario y a la empresa a la que pertenece a seguir operando con los obsoletos equipos.

El artículo 1 de la Ley 86 en concordancia con el plan nacional de desarrollo tiene como propósito garantizar la movilización de personas en vehículos adecuados que garanticen su seguridad sin afectar negativamente la infraestructura, todo esto a cambio de una contraprestación económica.

El notable crecimiento de Santiago de Cali en población e infraestructura ha ocasionado un aumento gradual en la contaminación atmosférica, en gran parte producto de fuentes móviles. Las entidades estatales en su afán de contrarrestar las causas de dicho problema crean en 1996 el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA), como autoridad ambiental y se expide por parte del Ministerio del Medio Ambiente en el Decreto 948 de 1995 para la protección del aire. En este mismo año se empieza con campañas educativas de prevención, y es a partir de 1997 donde empiezan los operativos para sancionar a los infractores (aplicación de la Res. 005 y 909). No obstante los propietarios penalizados que no pasaron las pruebas tendrían un plazo de 15 días hábiles para ponerlos a punto sus vehículos, la medida obligó a que empresas de servicio publico y propietarios de vehículos particulares realicen mantenimiento y sincronización sobre todo en los modelos con vida de funcionamiento superior a 10 años.

En los siguientes cuatro años los controles se incrementaron dando lugar a una nueva distribución de los recursos que se contempla en el convenio firmado en 1996 entre el DAGMA, El Centro de Diagnostico



Automotor del Valle Ltda. (CDAV) y la Secretaria de Transito y Transporte Municipal (STTM). Para el DAGMA el 15% (5% para gastos de operación y 10% para el mantenimiento de vehículos) y 15% para la STTM (5% para gastos de operación y 10% para mantenimiento de vehículos).

En el 2002 el Municipio adoptó políticas para llevar a cabo el control de la contaminación ambiental por fuentes móviles, con la emisión de las siguientes normas:

- **Acuerdo 090 de 2002**, por medio del cual se establece la tarifa, recaudo y destinación de los recursos provenientes por concepto de control de emisiones contaminantes generadas por las fuentes móviles que circulan en el área urbana del Municipio de Santiago de Cali.
- **Decreto 0064 de 2002**, por el cual se adopta la Política de Control Ambiental por contaminación ambiental en el Municipio de Santiago de Cali.
- **Decreto 0421 de 2002**, por medio del cual se reglamenta el manejo de los recursos transferidos por el Centro de Diagnostico Automotor de Valle del Cauca y los demás centros de verificación autorizados.
- **Resolución 030 de 2002**, por medio de la cual el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente DAGMA establece el procedimiento para dar autorización a centros de diagnostico particulares para que realicen la verificación de las emisiones contaminantes (gases-ruido) en los vehículos automotores particulares del área urbana del Municipio de Santiago de Cali.
- **Resolución 164 de 2002**, por medio de la cual se modifica parcialmente la resolución 030 de 2002.

Igualmente se aprueba el funcionamiento de tres centros de verificación: SERIAUTO S.A., TOURING & AUTOMÓVIL CLUB DE COLOMBIA (ACC) Y EL CENTRO DE DIAGNOSTUICO AUTOMOTOR DEL VALLE LTDA (CDAV).

Las normas y políticas para el control de emisiones de los vehículos contribuyen notablemente a reducir la contaminación atmosférica; por otra parte las compañías productoras de combustibles han ayudado con la disminución de componentes dañinos en sus productos

Los estudios realizados por Boris Salazar, muestra que aunque los niveles promedio de Monóxido de Carbono (CO) e hidrocarburos (HC) registrados en el año 1998 en los vehículos que verificaron en el CDAV se encuentran por debajo de las normas de emisión permisibles.

**Cuadro 2:** Norma Permissible de Emisión de Gases (Gasolina):

Norma de Emisión	<=1974	1975-1980	1981-1990	1991-1995	1996-1997	1998-2000	>=2001
% CO	6.5	5.5	4.5	3.5	3.0	2.5	1.0
ppm HC	1000	900	750	650	400	300	200

Fuente: Resolución 005 de 1996 de Minambiente

De los datos registrados promedio de CO y HC emitidas por los vehículos verificados en el CDAV a partir del año 1997 hasta el 2003; se confirma que los valores registrados para los diferentes modelos de los vehículos verificados , se encuentran por debajo de las normas de emisión permisibles. (Cuadro No 2).

A continuación se muestra resultados de verificaciones realizadas por el CDAV en los cuales se refleja el numero de vehículos a Gasolina y Diesel que cumplen con las normas mínimas de operación.

**Cuadro 3** Verificaciones realizadas por el CDAV para vehículos a gasolina

Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003

Aprobados	25.536	48.963	72.786	86.314	69.528	63.629	67.297
Reprobados	5.755	7.675	6.271	5.160	3.303	3.722	2.805
<b>Total</b>	<b>31.291</b>	<b>56.638</b>	<b>79.057</b>	<b>91.474</b>	<b>72.831</b>	<b>67.351</b>	<b>70.102</b>

Fuente: CDAV

Cuadro 4 Verificaciones realizadas por el CDAV para vehículos a DIESEL

<b>Año</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
Aprobados	951	3.260	4.837	5.390	5.760	6.126	7.237
Reprobados	89	334	512	403	404	637	614
<b>Total</b>	<b>1.040</b>	<b>3.594</b>	<b>5.349</b>	<b>5.793</b>	<b>6.164</b>	<b>6.763</b>	<b>7.851</b>

Fuente: CDAV

De acuerdo a la Ing Janeth P. Alegría (DAGMA, 2004) . los datos observados en la Cuadro 3 son registros de verificaciones de tipo voluntario por parte de los propietarios de los vehículos a gasolina; por el contrario las revisiones de los automotores que operan con diesel corresponden a transporte publico y de carga, los cuales por reglamentación deben realizar una revisión técnica y prueba de gases.

Si observamos la Cuadro 5 en los años 2002 y 2003 los mecanismos de control de la ley no están cumpliendo a cabalidad con lo encomendado puesto que de todos los infractores solo el 4,73% y 10,60% para los años 2002 y 2003 respectivamente acataron el castigo económico impuesto por las autoridades de transito. Esto prueba que no siempre los datos concuerdan con la realidad, porque a pesar que se impusieron los correctivos, el daño a la sociedad y al medio ambiente persiste. Cabe anotar que no todos los vehículos registrados deben realizar la verificación de gases, ya que los motocarros, cuatrimotos, maquinaria industrial, maquinaria agrícola, motocicletas y mototriciclos ; no están obligados a cumplir estas normas

**Cuadro 5** Resultado de procesos impuestos por la contaminación vehicular

<b>Año</b>	<b>Comparendos Impuestos</b>	<b>Comparendos Cancelados</b>
2002	2.876	136
2003	8.498	901

Fuente: Secretaria de Transito y Transporte Municipal-Septiembre 30 de 2003 (Oficio No. GAAE-479 de Diciembre 09 de 2003)



Figura 1: Esquema general del Plan Integral de Mejoramiento de la Calidad del Aire del DAGMA

### 3. SISTEMA ACTUAL DE TRANSPORTE PÚBLICO

#### 1. ASPECTOS GENERALES

La ciudad de Santiago de Cali, Capital del Valle del Cauca, se encuentra ubicada en el suroccidente del país, con una altitud 995 m s.n.m , una temperatura promedio de 24 °C y una extensión Municipal 564 km<sup>2</sup>

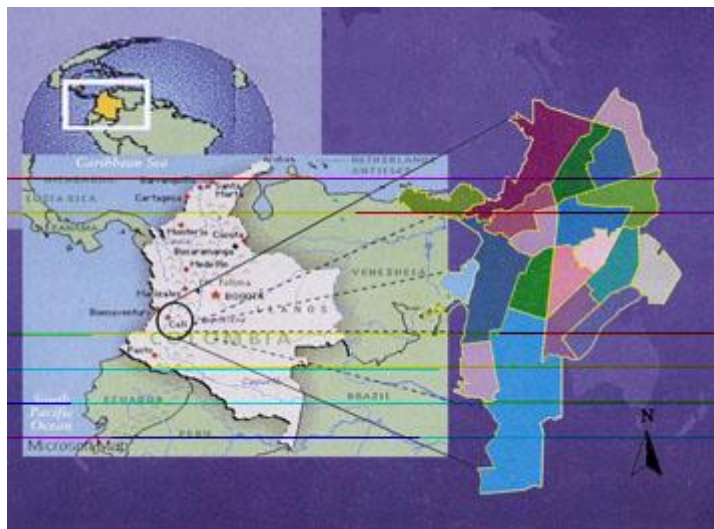


Figura 2 Ubicación de Santiago de Cali

Santiago de Cali, con cerca de 2'300.000 habitantes cuenta con un sistema de transporte masivo de pasajeros el cual presenta problemas de movilización, entre los cuales se mencionan: congestión vehicular, velocidades medias de viaje, tiempos de desplazamiento y mejoramiento en la calidad de vida, además de impactos ambientales negativos como contaminación atmosférica por la emisión de gases y por el nivel de ruido debido al funcionamiento de los vehículos.

## **2. ESTRUCTURA VIAL DE TRANSPORTE**

La ciudad de Santiago de Cali, tiene una estructura vial que parte del centro tradicional hacia los cuatro puntos cardinales. Los trazados se adaptan a los cambios topográficos, siguiendo los cauces de los ríos, expandiéndose en las áreas planas al oriente y al sur y pegándose hacia el occidente a los cerros.

Según Moller (2004) la comunicación norte-sur es la que presenta mejores condiciones ya que cuenta con una red amplia y bien consolidada, la red occidental presenta un sistema de ramales y rondas, mientras que al oriente esta estructura no es tan clara; la construcción de la troncal de agua blanca y la extensión de la avenida ciudad de Cali, han tratado de solucionar este problema. A pesar de esto, se puede decir que la estructura vial de la ciudad favorece el flujo continuo de los buses.

La red vial cuenta con 2030 Km. de los cuales el 72% están pavimentados y según Moller se encuentra en buen estado, a pesar del número de huecos en el asfalto y de el deficiente mantenimiento de las calles.

## **3. EMPRESAS DE TRANSPORTE PÚBLICO**

La ciudad cuenta con 30 empresas privadas prestadoras del servicio de transporte público, con un total de 233 rutas y un parque automotor discriminado en buses, microbuses y camperos.

Cada empresa es la encargada de planificar, organizar, controlar y ejecutar el servicio de transporte, de organizar vehículos de acuerdo a las rutas, realizan el análisis de los tiempos de viaje, las frecuencias de despacho, conteo de pasajeros, estudios de demanda, se encargan además de la vinculación y el retiro ante la autoridad de los vehículos y determinar el número de vehículos necesarios para atener las rutas que tienen a cargo.

Queda claro entonces, que tantas tareas realizadas por 30 empresas diferentes en la ciudad conlleva a un caos en términos que cada empresa las cumple, planea y organiza de acuerdo a sus propias posibilidades, necesidades e intereses.

## **4. SISTEMA DE RUTAS**

Como se mencionó anteriormente el sistema de transporte público cuenta con 233 rutas, manejadas por 30 empresas de carácter privado. Retomando el estudio realizado por Moller, las principales vías, en donde se concentran la mayor cantidad de rutas, son la calle 5, la calle 70, la avenida 3 norte, la autopista suroriental y la calle 13; en esta última confluyen a la altura del centro la mayoría de las rutas. Además se tienen la carrera 15, la carrera 29, la carrera 18 y la transversal 29.

El problema actual del sistema de rutas, es que existe una alta concentración de ellas en unas pocas vías, por ejemplo, se presenta una gran cantidad de rutas, de diferentes empresas, que pasan por el centro de la ciudad que conectan la zona norte con la zona sur.

En general se evidencia una sobre oferta de rutas, debida a la sobre oferta del parque automotor, en cuanto que se tienen, para mostrar un ejemplo, 5 rutas paralelas, es decir que existen 5 empresas con el mismo recorrido. En contraposición, se presenta marginalidad, debido a que muchos barrios no hay transporte o si se presta el servicio, éste es de pésima calidad. (Moller, 2004)

Las 233 rutas recorren un total de aproximadamente 10.242 Km., en 21.887 despachos en un día normal.

## 5. ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE

En Cali se presenta una serie de problemas ambientales debida a las diferentes actividades humanas, industriales, comerciales etc. En la figura3 se muestra algunos de estos impactos.



Figura 2 Ubicación de Santiago de Cali

### Figura 3 Algunos impactos ambientales de Santiago de Cali

Actualmente el DAGMA cuenta con una red de monitoreo de la calidad del aire compuesta por ocho estaciones, ubicadas en ocho puntos de la ciudad de Santiago de Cali, dos de estas estaciones se encuentran ubicadas en dos de las principales vías utilizadas por el transporte público, estas son la estación Calle 15, que se ubica en la calle 15 con carrera 2, y la estación del centro de diagnostico automotor del valle (CDAV) que se encuentra en la avenida 3 norte con carrera 70N.

En la figura 4 se muestra la ubicación de las estaciones y en el cuadro 6 el tipo de contaminantes medidos por cada estación.



Fuente: DAGMA

**Figura 4** Ubicación de las estaciones de monitores de calidad de aire de Santiago de Cali

**Cuadro 6:** Ubicación de las estaciones y parámetros medidos

	IDENTIFICACIÓN  (Abreviatutra)	LOCALIZACIÓN	METEORO  LOGÍA	CALIDAD DEL AIRE				
				PM <sub>10</sub>	N O <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
	Centro Diagnostico  Automotor del Valle (CDAV)	Cra 70N,  No.3BN-200						
	BA Marco Fidel Suárez (BA)	Cra 8 No.58-67						
	Hospital Universitario del Valle (HUV)	Cl 5 No.36-08						
	Polideportivo el Diamante (PD)	Cra 31 # 40-12						
	CVC Pance	Centro Recreativo						
	Escuela Republica Argentina (ERA)	Cra 11D#23-49						
	Universidad del Valle (UV)	Calle 13 # 90-00						
	Calle 15	Calle 15, Cra 7  Palacio de justicia						
	Unidad Movil	Talleres de obras publicas						

La calidad del aire en la ciudad se ve afectada por los subproductos de los procesos productivos y por aquellos que involucran la utilización de combustibles fósiles para la generación de energía. Estos procesos, disponen a la atmósfera gran cantidad de contaminantes que en niveles de concentración altos afectan las características naturales de la atmósfera LEGISLACIÓN AMBIENTAL (DAGMA, 2003)

### PARTÍCULAS MENORES DE 10 MICRAS PM-10

La concentración promedio máximos de Partículas Menores de 10 micras se registro en las estaciones CDAV, BA y CALLE 15 (ver figura 5). En la estación CALLE 15 pese a que se presentan las concentraciones máximas más altas, el promedio mensual es de  $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; y en CDAV, las concentraciones promedio mensuales están alrededor de los  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; ya que el área no sólo está influenciada por el tráfico vehicular sino también por las fuentes fijas cercanas a esta estación.

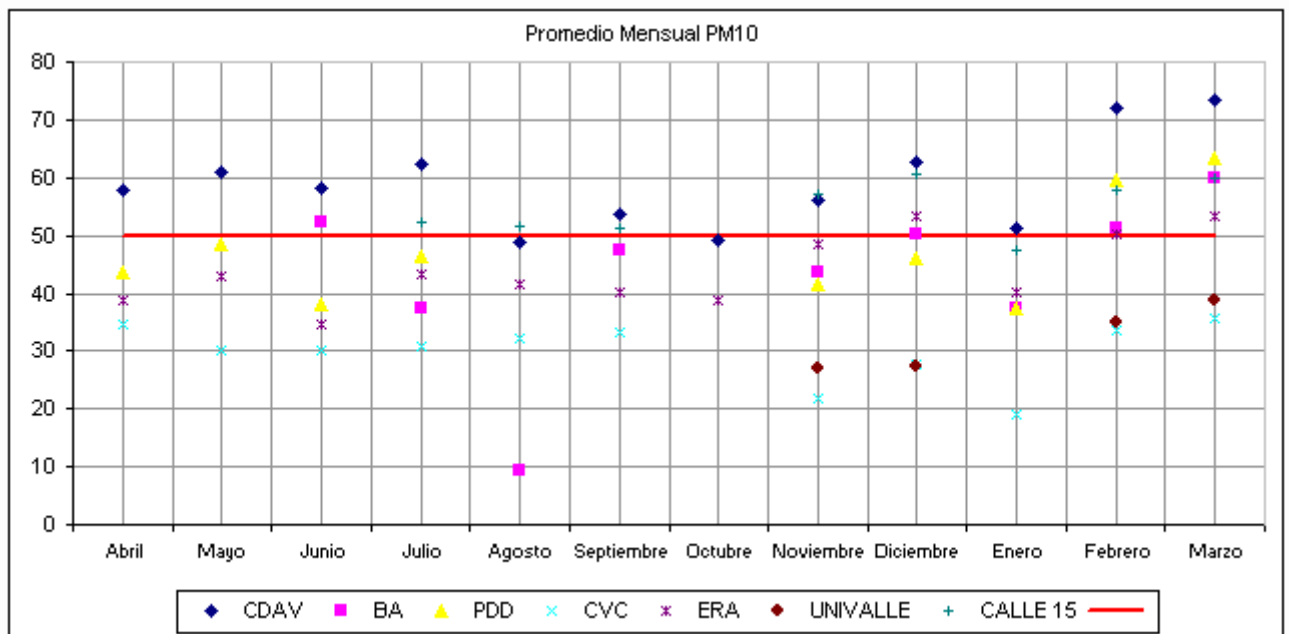


Figura 5. Concentración promedio mensual vs norma anual de PM-10

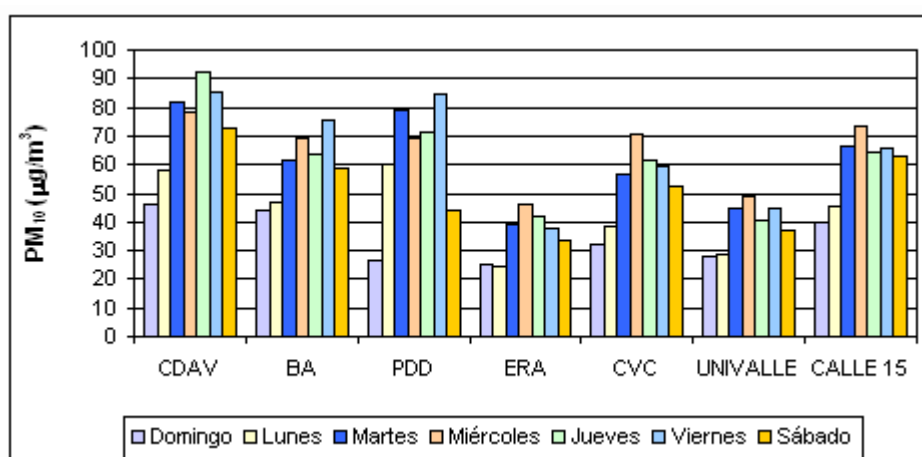


Figura 6. Concentración promedio semanal de PM-10

De acuerdo con el ciclo semanal, los niveles registrados por la Red de Monitoreo aumentan paulatinamente de domingo a viernes y decrecen el sábado, es decir, que la mayor concentración se presenta durante los días laborales. En los días de menor actividad laboral se presenta una disminución de la concentración de partículas.



**Cuadro 7** Coeficiente de correlación de PM-10 –CO, estación Calle 15

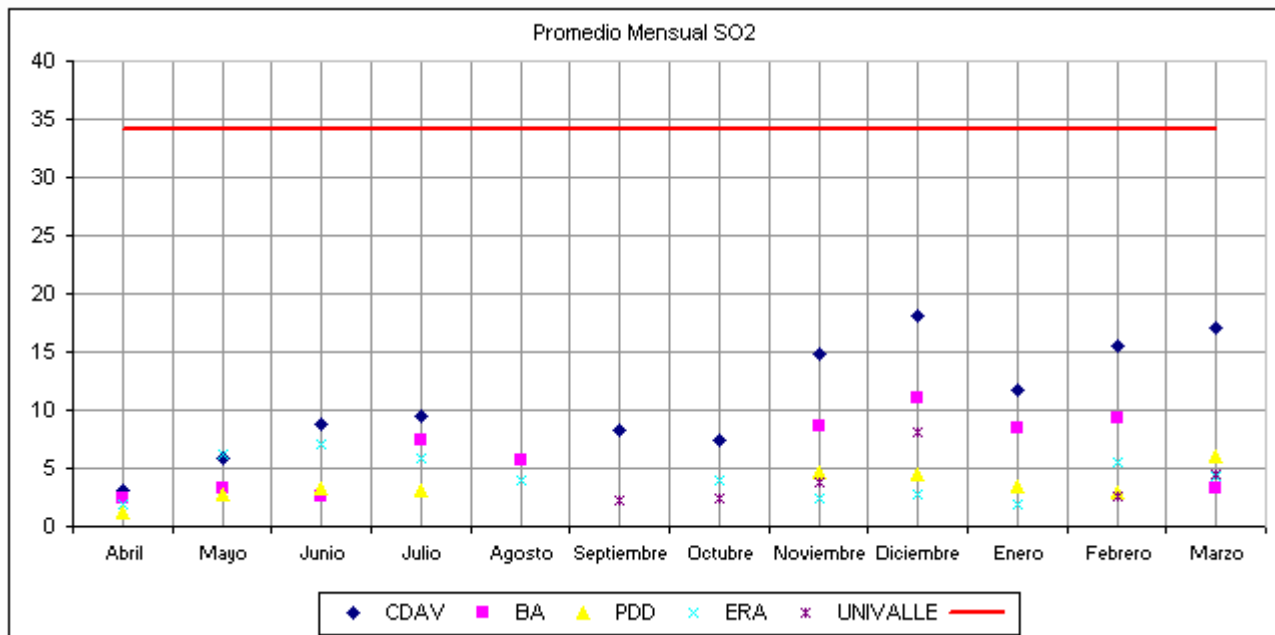
		PM10	CO
PM10	Correlación de Pearson	1.000	.638**
	Sig. (bilateral)	.	.000
	N	1355	1343
CO	Correlación de Pearson	.638**	1.000
	Sig. (bilateral)	.000	.
	N	1343	4344

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01

En el **Cuadro 3** se puede asociar el incremento de la concentración de PM10 con el incremento de CO se obtuvo un coeficiente de correlación mediano ( $r = 63\%$ ), se puede presumir que las fuentes móviles son las principales fuentes del incremento de partículas, ya que el CO es un subproducto de la combustión incompleta. En este mismo proceso se genera PM<sub>10</sub>. Es importante recalcar que esta hipótesis no puede ser corroborada sin el inventario de emisiones correspondiente que se esta llevando a cabo por parte del DAGMA.

### DIÓXIDO DE AZUFRE SO<sub>2</sub>

El dióxido de azufre es producido por la quema de combustibles fósiles que contienen azufre como carbón y derivados del petróleo. En la **figura 7** se identifican las concentraciones promedio mensuales

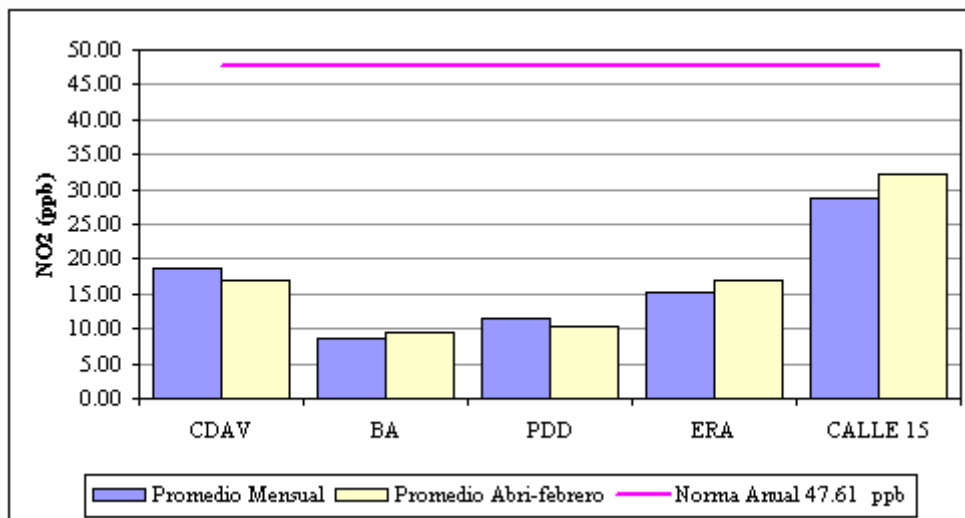


**Figura 7.** Concentración promedio mensual vs norma anual de SO<sub>2</sub>

Las concentraciones de este contaminante están muy lejos de sobrepasar los niveles estipulados en la legislación ambiental. Las estaciones que presenta mayores niveles de este contaminante son CDAV, ERA y BA como consecuencia del alto tráfico vehicular de la zona.

### ÓXIDOS DE NITRÓGENO NO, NO<sub>2</sub>

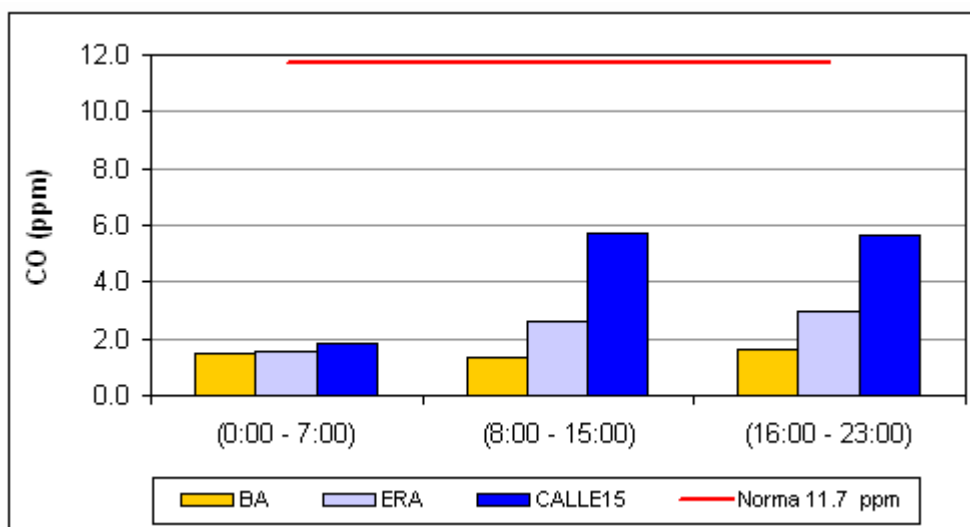
Las variaciones de NOx están asociadas a la combustión de combustibles a altas temperaturas. La principal fuente de emisión de NOx son las móviles, lo cual se evidencia en la estación CALLE 15 y en la estación CDAV, que son las estaciones con los niveles más altos de óxido de nitrógeno.



**Figura 7.** Concentración promedio mensual Marzo 2004 vs norma anual de NO2

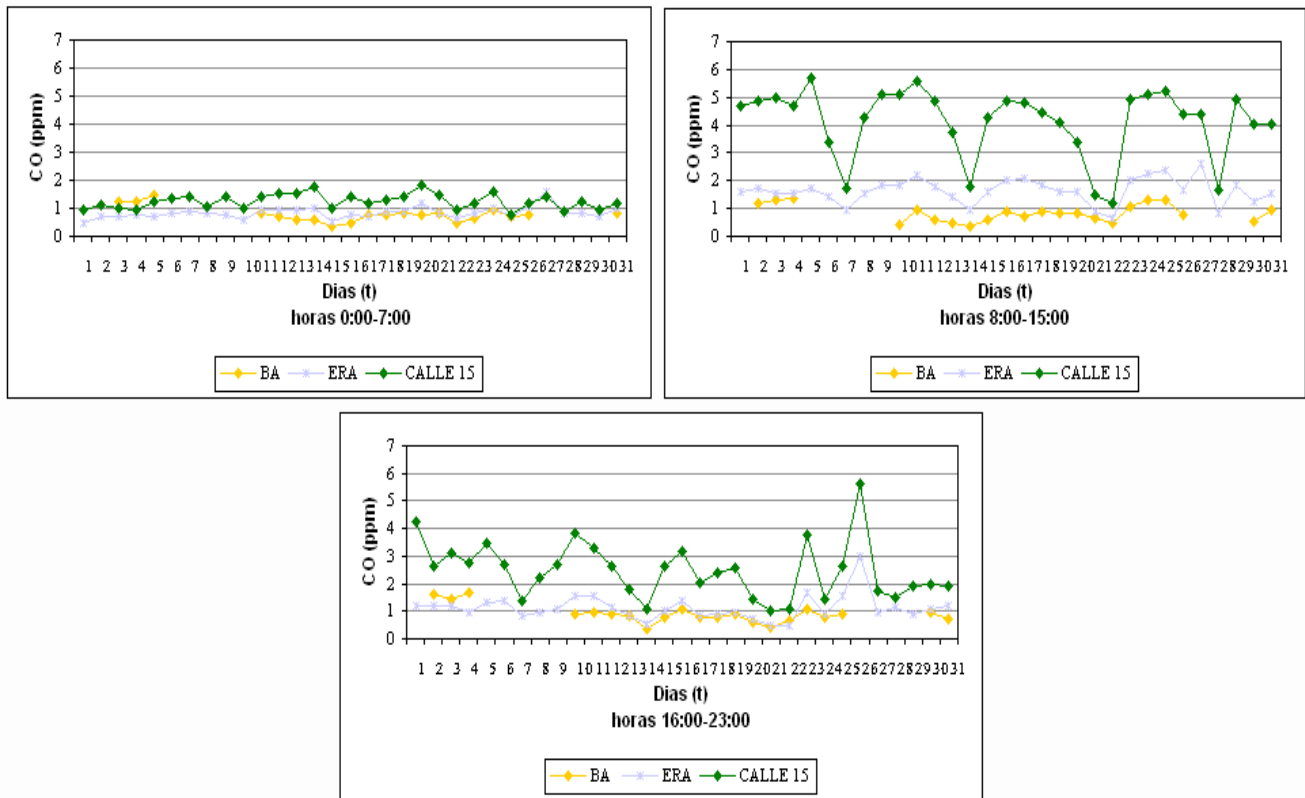
### MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Los niveles más altos de CO, aunque no se ha superado la norma, los presenta la estación Calle 15. (Ver **Figura 8**)



**Figura 24** Concentración máxima promedio de 8 horas de monóxido de carbono en los tres intervalos horarios vs. Comparación con la norma

Tanto el monóxido de carbono como los dióxidos de nitrógeno son el resultado de los procesos de combustión de las fuentes móviles principalmente. Las concentraciones máximas de los dióxidos de nitrógeno y monóxido de carbono ocurren en la mañana cerca de las 8:00 y las 16 horas. En la tarde, descienden producto al aumento de la velocidad del viento y la disminución del tráfico vehicular; con el retorno a casa, las concentraciones de dióxidos de nitrógeno aumentan nuevamente sin exceder los niveles registrados en la mañana (ver Figura 9). (DAGMA, 2003)



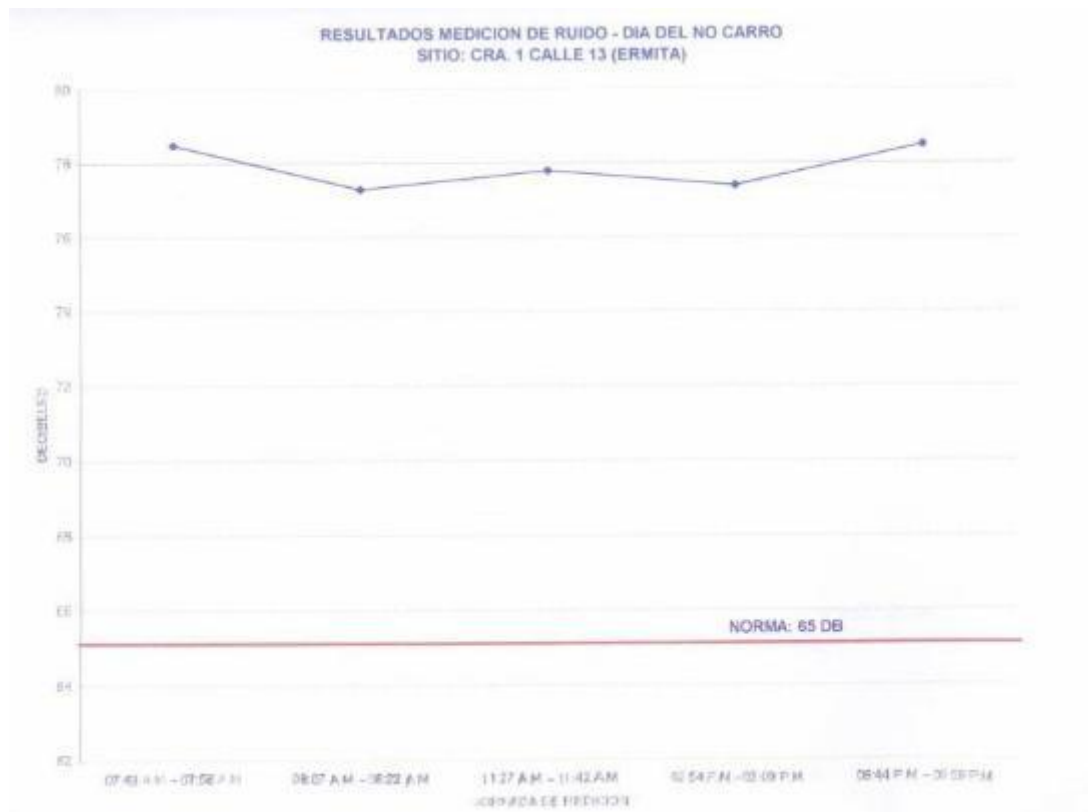
**Figura 9.** Comportamiento mensual de la concentración de CO. Marzo de 2004.

## 6. IMPACTO POR RUIDO

Según los resultados de las mediciones realizadas para el día del no carro, realizado en Santiago de Cali, el 7 de febrero de 2002, se encontró que los sitios de mayor afectación por ruido vehicular son:

- Calle 15 con Carrera 15
- Calle 13 con Carrera 10
- Calle 5 entre Carreras 62-63
- Calle 5 con Carrera 39
- La ermita
- Club Noel
- Comfenalco Calle 5 con Carrera 9

Es de anotar que en todos los sitios donde se realizaron los muestreos (20 puntos) se supero la norma de 65 dB para zona residencial y 70 dB para zonas comerciales. En la Figura 10 se observa las mediciones de ruido para el tramo de la Ermita en el día del no carro



**Figura 10.** Mediciones de ruido en la ERMITA. Día del no carro en Cali

## DIAGNÓSTICO DEL RUIDO EN LA CIUDAD DE CALI

El diagnóstico realizado por el consorcio IGA LTDA – EPAM LTDA, para el DAGMA en el año de 1999, dividió la ciudad de Cali por zonas de acuerdo a su actividad principal, a continuación se presenta un resumen de sus principales conclusiones:

### ZONAS VIALES

Corresponden a los corredores viales de tráfico intenso, intersecciones de vías importantes, vías de acceso tanto a la ciudad como a las distintas zonas comerciales, zonas de acopio e industriales de la ciudad, incluyendo vías de acceso a las distintas comunas.

Dentro de las fuentes de ruido en esta zona la principal es el tráfico automotor, responsable de los niveles mas altos. En las zonas de uso comercial o uso mixto comercial-residencial, la actividad comercial constituye una segunda fuente de importancia, representada en establecimientos comerciales, discotecas, altavoces, lugares de reunión, voceadores y demás acciones que se generan en las vías.

Las zonas viales presentan los niveles sonoros más altos en la ciudad, con un promedio para 24 horas de 70.4, un nivel sonoro diurno de 71.7 y un nivel nocturno de 66.3 dBA. La diferencia entre el nivel diurno y el nocturno es apenas de 5.4 dBA en promedio, lo que significa que aún durante la noche el nivel es menor, el ruido generado por el tráfico sigue siendo importante (consorcio IGA LTDA – EPAM LTDA, 1999)

### ZONAS COMERCIALES

Los puntos de muestreo fueron localizados tratando de evitar la influencia del ruido del tráfico automotor de las principales vías, concentrando la atención en sectores de uso exclusivo comercial o de actividad mixta (comercial - residencial).

En consecuencia, las principales fuentes de ruido en estas zonas son debidas a la actividad comercial, aunque de todas maneras se observa una gran influencia de ruido automotor, en especial en vías de acceso a los sectores comerciales de la ciudad, presentándose altos niveles de ruido en horas pico, debido al represamiento vehicular y, sobre todo, al transporte de servicio publico urbano.

En las zonas comerciales, los represamientos del tráfico o trancones constituyen una circunstancia que incrementa el nivel de ruido global (por el mayor número de fuentes simultáneas). (Consortio IGA LTDA – EPAM LTDA, 1999)

## **ZONA RESIDENCIAL**

Las contribuciones de ruido varían en función del estrato. En estratos bajos, donde la densidad de población es alta, comparada con el estrato alto, y las construcciones son a base de muros, particiones, pisos y cielos rasos sin diseños de aislamiento acústico, se observa que la principal fuente de ruido corresponde a equipos de sonido a alto volumen; además, muchas veces las vías son usadas por los niños como zonas de recreación y por los adultos como zonas de trabajo, en especial para talleres de mecánica, ornamentación y otros. Otras veces el uso de la vivienda se adecúa a las necesidades de cada familia, adaptándolas como lugares de trabajo en industria familiar, generando ruidos por motores y herramientas industriales. (Consortio IGA LTDA – EPAM LTDA, 1999)

## **ZONA INSTITUCIONAL**

Aunque en estas zonas predomina el ruido debido a la reunión de personas, las características de éste y las fuentes varían de un uso a otro.

En los escenarios deportivos predomina el ruido por el alboroto que generan los encuentros deportivos. En los centros de prestación de servicios públicos (plantas de tratamiento por ejemplo), las fuentes de ruido son la maquinaria de tratamiento de agua y el mantenimiento de equipos. En los hospitales, las fuentes de ruido son la reunión de personas y el funcionamiento de equipos hospitalarios, como las bombas de vacío. (Consortio IGA LTDA – EPAM LTDA, 1999)

En las iglesias, la oración y los cánticos en voz alta y, en ciertos casos, los gritos de los fieles, magnificados a veces por altoparlantes, constituyen una causa importante de polución sonora. En escuelas y colegios, el ruido generado por la gritería de los estudiantes durante los recreos constituye igualmente una fuente de malestar para las viviendas cercanas. (Consortio IGA LTDA – EPAM LTDA, 1999)

## **ZONA INDUSTRIAL**

Las principales fuentes relacionadas con esta actividad son:

- La operación de maquinaria industrial
- El transporte tanto de maquinaria como de insumos y productos industriales
- El uso de equipos mecánicos como aire acondicionado, de refrigeración y de ventilación ubicados en edificaciones sin aislamiento acústico, con aberturas en los muros, produciendo ruido propagado tanto por aire como por elementos sólidos
- Maniobras de transporte pesado (tractomulas y montacargas). (Consortio IGA LTDA – EPAM LTDA, 1999)

## **PARQUES Y ZONAS VERDES**

En estas zonas, las fuentes de ruido son principalmente externas, en especial el tráfico automotor de las vías cercanas. En algunos casos, la localización topográfica hace que se capten ruidos de fondo de la ciudad. Estas son las zonas que presentan los menores niveles de polución sonora en toda la ciudad. (Consortio IGA LTDA – EPAM LTDA, 1999)

Si se tiene en cuenta la resolución 8321 de 1983 del Ministerio de Salud, la cual no ha sido modificada por normas posteriores, así como el mapa de zonas de actividad del Departamento Administrativo de Control

Físico Municipal, la situación al momento del diagnóstico fue la siguiente (Consortio IGA LTDA – EPAM LTDA, 1999) :

En las zonas residenciales, la norma diurna – 65 dB(A) – se cumple en el 59% de los puntos de muestreo y se incumple en el 41%. La norma nocturna – 45 dB(A) – se cumple apenas en el 7% de los puntos (3) y se incumple en el 93%.

En las zonas comerciales, la norma diurna – 70 dB(A) – se cumple en el 38% de los puntos y se incumple en el 62%. La norma nocturna – 60 dB(A) – se cumple apenas en el 23% de los puntos y se incumple en el 77%.(Consortio IGA LTDA – EPAM LTDA, 1999)

En las zonas institucionales se ha asumido la norma residencial para todos los usos, salvo para servicios públicos, para los que se ha asumido la norma comercial. De acuerdo con este criterio, la norma diurna – 70 dB(A) para servicios públicos y 65 dB(A) para el resto – se cumple en el 100% de los puntos. La norma nocturna – 60 dB(A) para servicios públicos y 45 dB(A) para el resto – se cumple en el 37% de los puntos y se incumple en el 63%.(Consortio IGA LTDA – EPAM LTDA, 1999)

En las zonas industriales, la norma diurna – 75 dB(A) – se cumple en el 83% de puntos y se incumple en el 17%. La norma nocturna – 75 dB(A) – se cumple en el 100% de los puntos. (Consortio IGA LTDA – EPAM LTDA, 1999)

En los parques y zonas verdes, para los cuales se asumió la norma residencial, la norma diurna se cumple en el 100% de los puntos, más no la nocturna, que se incumple en el 100%.(Consortio IGA LTDA – EPAM LTDA, 1999)

En relación con el cumplimiento de la normatividad existente, la norma diurna se cumple en el 65% de los casos y se incumple en el 35%. Al contrario, la norma nocturna apenas se cumple en el 19% y se incumple en el 81%. La situación es especialmente crítica en la zona residencial, donde la norma nocturna escasamente se cumple en el 7% de los casos. Esto hace ver la necesidad de adecuar las normas a la realidad cultural de la ciudad, especialmente en lo que tiene que ver con la zona residencial, los parques y zonas verdes y las zonas institucionales (Consortio IGA LTDA – EPAM LTDA, 1999)

## 1. IMAGEN ENRIQUECIDA DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR EL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO EN LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Una vez que se han planteado los antecedentes de la situación problema, se elabora una imagen enriquecida, donde se involucran los principales actores y los factores que influyen en el impacto ambiental generado por el sistema de transporte público en la ciudad de Santiago de Cali. En la figura 11 se puede observar la imagen enriquecida y a continuación se presenta una breve descripción de la misma.

**Medio Ambiente.** Es el ecosistema que recibe directamente los efectos producidos por los malos comportamientos, en materia de transporte, de las personas dentro de el sistema estos efectos son producidos por los vehículos y la infraestructura del sistema de transporte en la ciudad de Santiago de Cali

**Vehículos.** Los vehículos son los elementos de transporte utilizados por el sistema. Los modelos mentales de los conductores, los dueños de los buses y la administración de las empresas de transporte público están distantes de la idea de transporte sostenible de la ciudad, pues los vehículos son explotados al máximos. El consumo de combustibles, la aceleración y des aceleración de estos y el mantenimiento y sincronizado deficiente de los mismos agravan el problema con emisiones de ruido y gases nocivos para los seres vivos.

**Infraestructura.** Son los medios utilizados por los vehículos para su movilización, el descuido de las vías y el uso inadecuado del suelo regulado por la planeación municipal generan impactos negativos en el medio ambiente.

**Secretaria de transito.** Busca crear conciencia ciudadana mediante campañas educativas. Es la encargada aplicar las directrices y los lineamientos mínimos y correctivos para el funcionamiento del sistema de transporte en la ciudad.

**Alcaldía Municipal.** Delega funciones de control que regulen el sistema para que cumpla con las disposiciones legales mínimas vigentes

**Autoridad Ambiental - DAGMA.** Es la encargada de monitorear y elaborar los indicadores de contaminación asociados a las actividades humanas en el perímetro urbano, esta información es utilizada para tomar medidas preventivas o correctivas en dichas actividades.

**Empresas de transporte.** Coordina y dirige los vehículos y las rutas de circulación, aporta impuestos al gobierno nacional destinado a inversión municipal

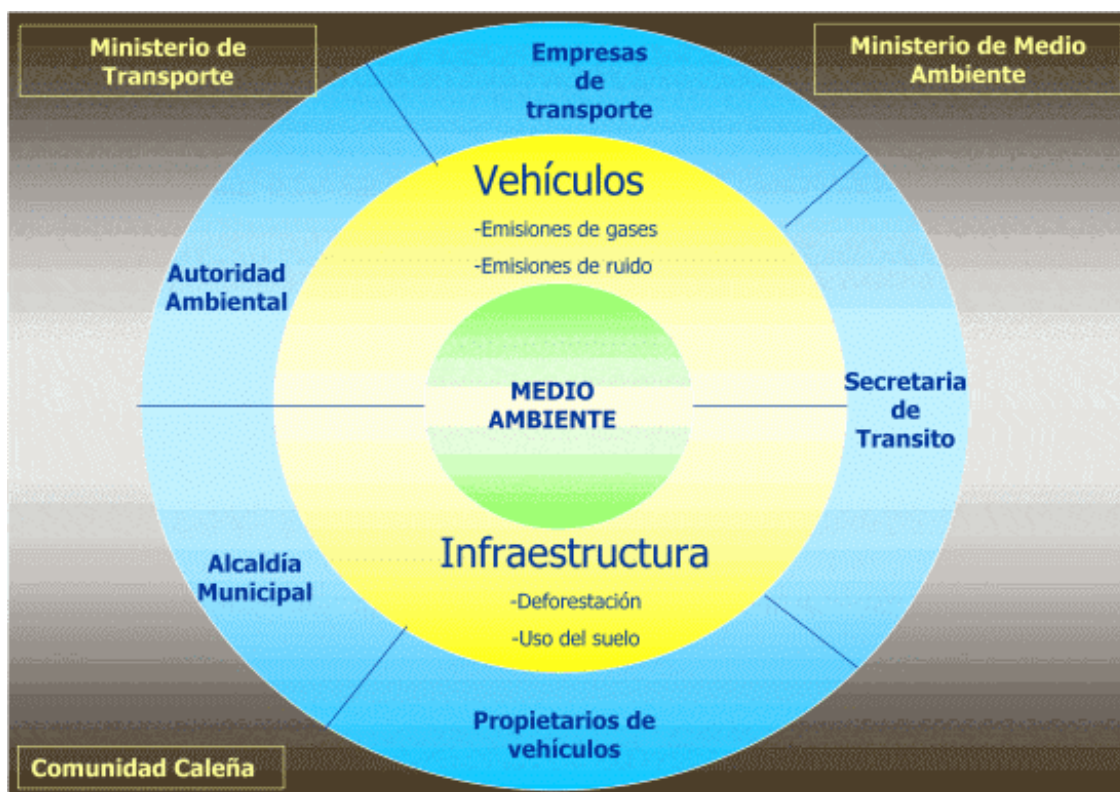
**Propietarios de los vehículos.** Son los responsables de los vehículos

**Comunidad Caleña.** Son las personas afectadas por los impactos ambientales negativos generados a partir de la mala coordinación de los entes que regulan el sistema de transporte y medio ambiente.

**Ministerio de Transporte.** Elabora las leyes, decretos y toda la normatividad legislativa para la correcta coordinación de los sistemas de transporte en los centros urbanos

**Ministerio de Medio Ambiente.** Elabora las leyes, decretos y toda la normatividad legislativa para el cuidado del medio ambiente y parámetros mínimos de contaminación para mantener un sistema de transporte sostenible

**Figura 11** Imagen enriquecida del impacto ambiental producido por el sistema de transporte público de Santiago de Cali



### 3. SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

En este capítulo se hace una propuesta de un sistema de gestión ambiental para el transporte público en la ciudad de Santiago de Cali. Para la propuesta se realizó un trabajo en equipo aplicando el método de lluvia de ideas para identificar los factores más relevantes de la situación problema y la metodología de los sistemas blandos para formular el sistema de gestión ambiental.

#### 1. PROBLEMA

Actualmente el sistema de transporte de Santiago de Cali genera trastornos sociales, ambientales, de infraestructura, de tiempo y de cobertura haciendo que la ciudad se vuelva caótica, desordenada y contaminada.

El problema en que se centra el presente trabajo, es en el aspecto ambiental negativo que general el actual sistema de transporte público en cuanto a la contaminación del aire, los niveles de ruido, la congestión vehicular etc.

#### 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Insuficiencia de planes de gestión ambiental que controlen y regulen la contaminación ambiental producida por el transporte público en la ciudad de Santiago de Cali.

#### 3. LISTA DE FACTORES O CAUSAS DEL PROBLEMA

Para la selección de los principales factores o causas del problema del impacto ambiental negativo, generado por el sistema de transporte público se reunió el equipo de trabajo encargado de formular el sistema de gestión, y a través del método de lluvia de ideas se le entregó a cada integrante un número de tarjetas para que de manera individual escribieran en cada tarjeta una razón o causa del problema.

Posteriormente los miembros del grupo mostraban sus tarjetas para consolidar las causas de acuerdo a temas similares, al final se tenía un número de factores o causas comunes. De este ejercicio se obtuvieron los siguientes factores:

#### Factor Descripción

1. Falta de políticas eficientes de control ambiental
2. Falta de campañas educativas ambientales
3. congestión vehicular
4. Falta de una política integral de manejo del transporte
5. Sobre oferta del parque automotor
6. Uso de combustibles no óptimos
7. Obsolescencia del parque automotor
8. Falta de mantenimiento periódico (preventivo y correctivo)
9. Mal estado de las vías

Una vez obtenidos los factores, y a través del análisis estructural, se construye la matriz de relaciones, denominada matriz motricidad- dependencia, la cual es una matriz en la que las filas y las columnas corresponden a los factores escogidos en el método de lluvia de ideas, dentro de la matriz se asigna un "1" si la relación entre el par de factores es directa, es decir que un factor afecta significativamente al otro, y "0" en



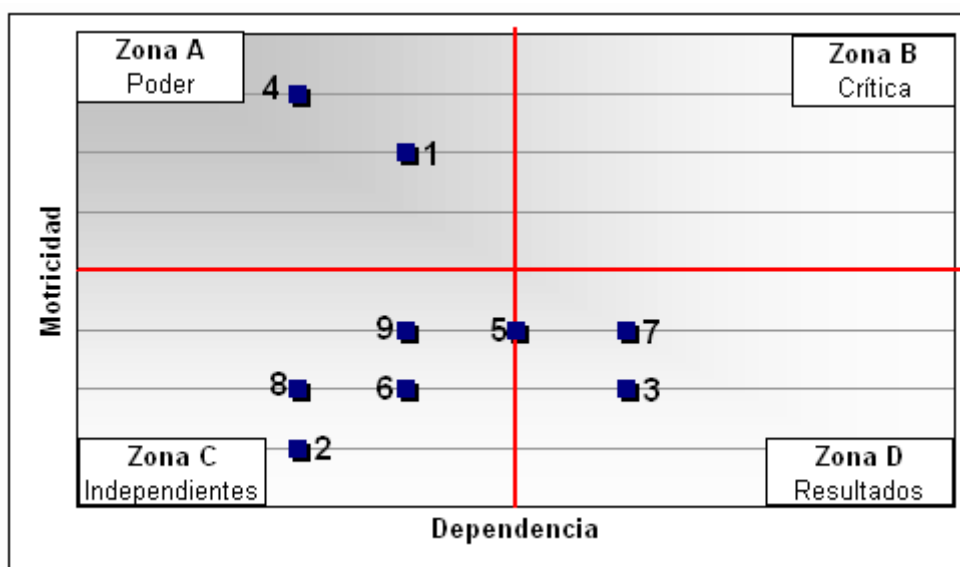
caso contrario. Para la diagonal de la matriz, se asigna un valor de cero para la relación de un factor consigo mismo.

**Cuadro 7 Matriz motricidad-dependencia del impacto ambiental producido por el sistema de transporte público de Santiago de Cali**

FACTORES										
Dependencia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
Motricidad										
1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	6
2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
4	1	1	1	0	1	1	1	1	0	7
5	0	1	1	0	0	0	0	0	1	3
6	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2
7	1	0	1	0	1	0	0	0	0	3
8	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
9	0	0	1	1	0	0	1	0	0	3
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	

Una vez construida la matriz de motricidad dependencia, se suman los valores por fila y por columnas, que servirá para construir el diagrama de motricidad dependencia, el resultado de este diagrama permitirá jerarquizar los factores.

**Figura 12** Diagrama motricidad-dependencia del impacto ambiental producido por el sistema de transporte público de Santiago de Cali



## INTERPRETACIÓN

En el diagrama de motricidad dependencia se observa que en la zona de poder, donde se ubican los factores con alta motricidad y baja dependencia, se ubica el factor 4 que corresponde a la falta de una política integral de manejo del transporte este factor es el factor más importante y el que ejerce una mayor influencia sobre los demás, después le sigue el factor 1, que es el último de los factores ubicados en esta zona, que corresponde a la falta de políticas eficientes de control ambiental.

Los factores 2, 6, 8 y 9 se ubican en la zona de factores independientes o de problemas menores, lo que indica una baja incidencia en el problema y se pueden trabajar de manera independiente en ellos. Se observa, además, que el factor 9, mal estado de las vías, hace parte del entorno, y que los factores 6, uso de combustibles no óptimos, y 8, falta de mantenimiento periódico, pueden modificarse por la influencia de modificación de factores como el 2, falta de campañas educativas ambientales, o los factores de la zona de poder.

Finalmente los factores 3,5 y 7 que corresponden a la congestión vehicular, sobre oferta del parque automotor y obsolescencia del parque automotor respectivamente se ubican en la zona de resultados, lo que significa que estos factores se modificarán en la medida que se resuelvan las dificultades que presentan los demás factores.

Una vez identificados y jerarquizados los factores o causas de la situación problema, se plantean los objetivos del sistema, los indicadores para medir el cumplimiento de los objetivos, posteriormente utilizando la metodología de los sistemas blandos se identifican los actores involucrados, las acciones del sistema, el entorno, su definición raíz y el modelo conceptual con sus subsistemas.

### 1. OBJETIVOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL

#### GENERAL

Disminuir los impactos ambientales negativos generados por el sistema de transporte público en Santiago de Cali

#### ESPECÍFICOS

1. Disminuir las concentraciones en la atmósfera de los contaminantes, directamente relacionados con fuentes móviles.
2. Disminuir los niveles de ruido
3. Regular la oferta en términos de transporte
4. Fortalecer las políticas de control para la disminución de la contaminación
5. Incentivar el cambio a combustibles más limpios
6. Desestimular el uso del automóvil particular

### 1. INDICADORES

Para establecer los indicadores, se tendrá una línea base del estado de la calidad ambiental y los impactos generados por el sistema de transporte antes de ser implementado el sistema de gestión ambiental.

- Nivel de contaminación

Este indicador reflejara la disminución de la contaminación atmosférica por fuentes móviles, los contaminantes medidos serán NOx, CO, HC, COV y PM10. La periodicidad se hará mensual y además se tendrá un indicador anual consolidado.

$$I_{nc} = \frac{\text{concentraci3n media contaminante mes (anual)}}{\text{concentraci3n media mes (anual) linea base}} * 100$$

- Nivel de ruido

Este indicador reflejará la disminuci3n de los niveles de ruido. El indicador se aplicara mensual y anual, discriminado por las horas en que se registran los niveles más altas de ruido.

$$I_{nr} = \frac{\text{Decibeles promedio mes (anual)}}{\text{Decibeles promedio mes (anual) linea base}} * 100$$

- Vehículos verificados y reprobados

Estos indicadores medirán la eficiencia de las políticas de control para la emisi3n de gases, su periodicidad puede ser mensual y anual.

$$I_{v} = \frac{\text{vehiculos publicos verificados mes (año)}}{\text{Total de vehiculos públicos registrados}} * 100$$

$$I_{vr} = \frac{\text{vehiculos publicos reprobados mes (año)}}{\text{Total de vehiculos públicos verificados mes (año)}} * 100$$

- Oferta Parque automotor publico registrado

Estos indicadores medirán la eficiencia de las políticas de control de la oferta del parque automotor y de los programas de sustituci3n de vehículos obsoletos. Estos indicadores se medirán con una frecuencia trimestral y un consolidado anual.

$$I_{opa} = \frac{\text{vehiculos publicos trimestre } i+1 \text{ (año } i+1\text{)}}{\text{vehiculos publicos trimestre } i \text{ (año } i\text{)}} * 100$$

$$I_{epa} = (\text{vehiculos nuevos registrados } t_{i+1}) - (\text{vehiculos próximos a salir } t_{i+1} + \text{los que salieron } t_i)$$

- Vehículos convertidos a nuevos sistemas de combustión

Este indicador medirá la eficacia de las campañas para la utilización de combustibles limpios, se medirá de manera trimestral y un consolidado anual

$$I_w = \frac{\text{Número de vehículos convertidos a nuevos sistemas de combustión}}{\text{Total de parque automotor público registrado}} * 100$$

- Vehículos particulares en circulación

Este indicador medirá la eficacia de las campañas educativas para la desestimulación del vehículo particular, se medirá de manera anual.

$$I_{vp} = \frac{\text{Número de vehículos particulares en circulación}}{\text{Total de parque automotor particular registrado}} * 100$$

## **ACTIVIDAD CON PROPÓSITO DEFINIDO**

Regular, controlar y disminuir los impactos ambientales causados por el transporte público en Santiago de Cali

## **ACTORES DEL SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL**

- Empresas de transporte
- Propietarios de los vehículos
- Alcaldía municipal
- Autoridad ambiental DAGMA
- Secretaría de tránsito y transporte
- Estaciones de servicio
- Empresas productoras y comercializadoras de equipos para reconversión de combustibles

## **CLIENTES**

Usuarios actuales y potenciales del sistema de transporte público, Comunidad caleña en general

## **ENTORNO**

- Políticas y legislación sobre transporte público
- Políticas y legislación ambiental sobre el transporte
- Características meteorológicas, climáticas y geográficas de la ciudad de Cali
- Características socioculturales de los habitantes de la ciudad de Cali

## **DUEÑOS DEL SISTEMA**

- Autoridad Ambiental del municipio – DAGMA
- Secretaría de Tránsito y transporte
- Centro de Diagnóstico Automotor del Valle - CDAV

## **TRANSFORMACIONES**

**Entrada:** Vehículos que tienen un alto impacto ambiental negativo para la ciudad. Baja conciencia ciudadana sobre la importancia de la preservación del medio ambiente

**Salida:** vehículos que tienen un bajo impacto ambiental negativo para la ciudad. Alta conciencia ciudadana sobre la importancia de la preservación del medio ambiente

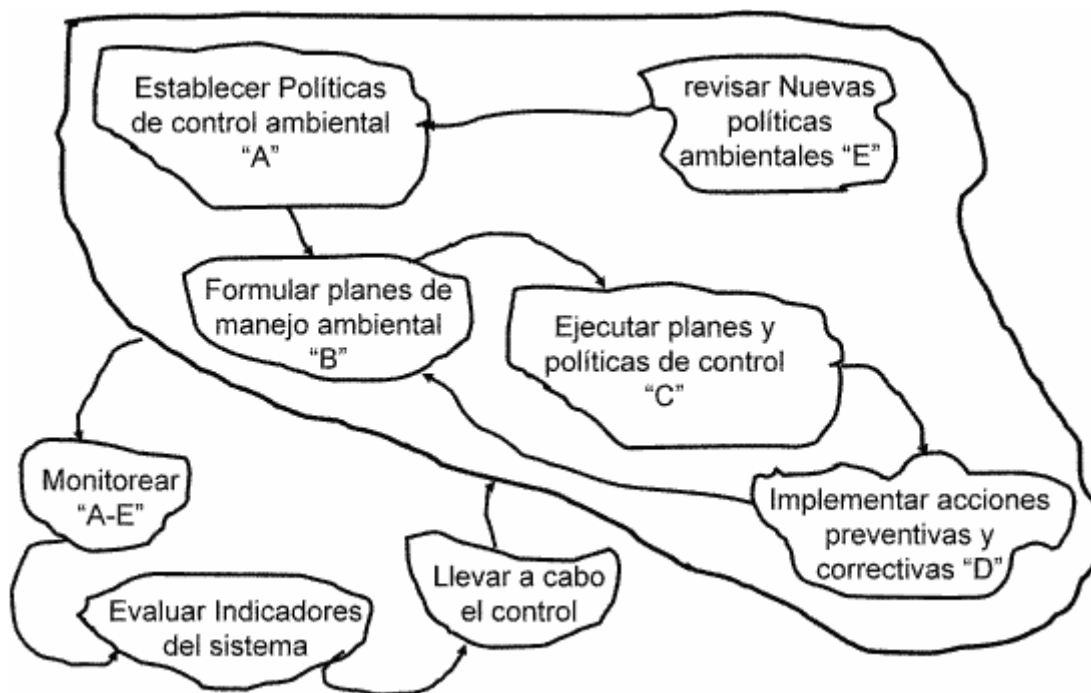
### VISIÓN DEL MUNDO

Es una visión de transporte sostenible, mejor calidad de vida y preocupación por los recursos ambientales

### DEFINICIÓN RAÍZ

Un sistema de gestión ambiental manejado por la autoridad ambiental del municipio y apoyado por un comité técnico de los actores involucrados, basado en los preceptos legales para un manejo integral del sistema de transporte público que minimice los impactos ambientales generados por este y desarrolle condiciones hacia un sistema de transporte sostenible.

### MODELO CONCEPTUAL DEL SISTEMA



**Figura 13** Diagrama del Modelo Conceptual del sistema de gestión ambiental

## SUBSISTEMAS

A continuación se definirán cada uno de los subsistemas que componen el modelo conceptual:

1. **Planes de manejo Ambiental.** Lineamientos y pautas para el mantenimiento de los vehículos, reposición de vehículos obsoletos y disposición final de los vehículos fuera de circulación con el fin de reducir los impactos ambientales negativos por la sobre oferta del parque automotor, vehículos sin sincronizar, y la disposición de residuos como chatarra y llantas.
2. **Políticas de Control.** Formular, fortalecer y ejercer políticas de control sobre los niveles de emisión de gases, niveles de ruido, uso del espacio público y el suelo, permiso para nuevas rutas y optimización del sistema de rutas; que conlleven a una disminución de la contaminación del aire, sonora, y el desgaste de los recursos físicos de la ciudad.
3. **Nuevas políticas Ambientales.** Partiendo de la legislación actual se pretende crear un grupo interdisciplinario que investigue, estudie y analice las nuevas políticas y proyectos legislativos ambientales, en especial los relacionados con el transporte, que se relacionen o influyan directamente con las políticas del sistema.
4. **Ejecución de Planes y Políticas de control.** Este subsistema es el encargado de implementar los planes de manejo ambiental a todas y cada una de las empresas de transporte público de la ciudad de Santiago de Cali; incluyendo la verificación de las políticas de control en términos de niveles de emisión de gases, niveles de ruido, sistema de rutas, uso del espacio público y suelo; y oferta del parque automotor.
5. **Acciones Preventivas y Correctivas.** Este subsistema es el encargado de tomar las acciones pertinentes cuando las empresas de transporte no cumplen con sus planes de manejo ambiental y las políticas de control a través de un sistema de recaudo por incumplimiento acompañado de un programa de inversiones en el fortalecimiento del sistema de gestión ambiental para el sistema de transporte público en Santiago de Cali. En cuanto a las acciones preventivas, es función de este subsistema la divulgación a través de talleres con los actores y la comunidad sobre transporte sostenible y calidad ambiental, para consolidar una cultura ciudadana hacia el uso de energías limpias en el transporte urbano, conciencia ambiental y la diversificación de medios de transporte como la bicicleta y la locomoción.
6. **Monitoreo del sistema.** Este subsistema pretende hacer un seguimiento a la gestión del sistema, monitoreando la contaminación atmosférica, los niveles de ruido, los vehículos verificados y reprobados, oferta del parque automotor público registrado, vehículos transformados a nuevos sistemas de combustión y vehículos particulares en circulación.
7. **Indicadores de Eficiencia.** Este subsistema pretende evaluar, a partir de la información recolectada en el subsistema *Monitoreo*, los indicadores definidos para evaluar el cumplimiento de los objetivos del sistema.
8. **Llevar a cabo el control.** Partiendo de la evaluación de los indicadores, se pueden tomar medidas para garantizar la eficiencia del sistema.

## **APLICACIÓN DE ALGUNOS CONCEPTOS DE LA TEORIA GENERAL DE SISTEMAS AL SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO EN SANTIAGO DE CALI**

A continuación se aplican algunos términos de la teoría general de sistemas a la propuesta de un sistema de gestión ambiental para el transporte público en la ciudad de Santiago de Cali.

**Sinergia.** Para garantizar un funcionamiento adecuado del sistema, se hace necesario crear comités que coordinen las diferentes actividades del sistema, estos comités estarán conformados por personal de la autoridad ambiental – DAGMA y la secretaria de transito y transporte.

**Emergencia.** Del sistema emerge una concientización social que produce un cambio en los comportamientos negativos, relacionados con los transportadores y sus vehículos, hacia el medio ambiente, lo que llevará a disminuir la contaminación por fuentes móviles.

**Homeóstasis.** Mediante la revisión constante de políticas de control ambiental de la legislación vigente y de los indicadores de eficiencia, el sistema busca mantener su funcionalidad adaptándose a cambios en el entorno, conservando la sinergia del sistema.

**Centralización.** El sistema esta centralizado en las políticas de control, mientras que las acciones del sistema no se encuentran concentradas puesto que las realiza el DAGMA, la secretaria de transito y transporte, el CDAV y los centros de verificación.

**Retroalimentación.** Las acciones preventivas y correctivas pueden modificar las políticas de control ambientales, mientras que el monitoreo, que sería realizado por el DAGMA, regula el sistema como tal, evaluando los indicadores de eficiencia.

## **MODELOS MENTALES DE LOS PRINCIPALES ACTORES DEL SISTEMA DE GESTION PARA EL TRANSPORTE PUBLICO EN SANTIAGO DE CALI**

Los siguientes son los modelos mentales, que pueden facilitar u obstaculizar la implementación del sistema de gestión ambiental para el transporte público en la ciudad de Santiago de Cali.



**Empresas de transporte.** Éstas en su afán de lucro, buscan medios para eludir costos asociados al control ambiental y sus sanciones, priorizando en la utilidad que genera la explotación del transporte. Este modelo mental representa un obstáculo al sistema.

**Propietarios de los vehículos.** Buscan obtener mayores ingresos a mínimos costos sin reparar en el daño ambiental, lo hace que en muchas ocasiones no cumplan los reglamentos mínimos exigidos por la ley. Este modelo mental representa un obstáculo al sistema.

**Alcaldía municipal.** Pretende dar bienestar a la ciudadanía en general mediante entidades que regulan y monitorean los impactos ambientales. Este modelo mental representa una facilidad para el sistema.

**Autoridad Ambiental – DAGMA.** Preocupación por la protección y conservación del medio ambiente, este modelo mental facilita el sistema. Por otra parte, puede buscar la centralización del poder, en términos de manejar sólo el sistema como autoridad ambiental, este modelo mental obstaculiza el sistema.

**Secretaría de Transito y transporte.** Trata de buscar un equilibrio entre los intereses de las empresas y las autoridades ambientales, este modelo facilita el sistema. Por otra parte a los guardas les piden un número mínimo de comparendos, es decir que también hay un interés económico detrás las infracciones a las normas, este modelo puede obstaculizar el sistema.

Finalmente la forma de involucrar a los actores, es presentar a los diferentes actores la propuesta del sistema de gestión ambiental, a través de un seminario taller, donde de manera concertada se evalué la propuesta y se dé recomendaciones para mejorarla, de acuerdo a las experiencias de los participantes en materia de transporte y de control ambiental.

En la figura 14 se presenta el idiograma que representa el modelo del sistema de gestión ambiental propuesto.

**Figura 14** Idiograma del Modelo de sistema de gestión ambiental para el transporte público en Santiago de Cali

### 3. CONCLUSIONES

- Es importante tener un conocimiento y un grado de experiencia al momento de identificar una situación problema. Para este trabajo se identificó inicialmente el problema del transporte masivo en Cali, seguidamente se delimitó la situación problema al impacto ambiental generado por el sistema actual de transporte público; aunque el equipo de trabajo no contaba con demasiada experiencia en el tema, la construcción de la imagen enriquecida fue un factor clave en la comprensión y formulación de la solución problemática, sus interrelaciones y sus posibles soluciones
- El método de lluvia de ideas permitió; primero, la participación activa de los integrantes del grupo, donde cada uno hizo aportes valiosos para la identificación de los factores o causas de la situación problema; segundo, permitió unificar criterios, conceptos e ideas alrededor de la situación problema.
- A partir del trabajo en equipo se realizó el análisis estructural, que fue fundamental en la jerarquización de los factores, y que finalmente fue la base sólida para la identificación del modelo, sus objetivos, sus actores y relaciones
- El equipo de trabajo tenía algunas ideas vagas y confusas sobre la situación problema, a partir de la consulta bibliográfica, el estudio y la aplicación de las metodologías de sistemas blandos y duros; las ideas se transformaron en conceptos claros y concretos, tanto del problema como del sistema de gestión ambiental propuestos.
- Al aplicar la metodología de los sistemas blandos, se obtuvo un modelo de sistema de gestión ambiental general, que aunque particularizaba en puntos específicos como los actores, los dueños del sistema, clientes, etc., no permitió definir otros detalles del funcionamiento del sistema propuesto; sólo al aplicar conceptos de la teoría general de sistemas, se logró tener una idea más clara del funcionamiento del sistema propuesto.
- La identificación de modelos mentales, en especial los que obstaculizan la propuesta, son importantes, en el sentido que permite flexibilizar el sistema generando estrategias que logren

disminuir el grado de obstaculización. Además la identificación de estos modelos genera una interacción del sistema con el mundo real.

- La aplicación del diagrama, aunque es muy importante, su grado de dificultad es alto debido a que es difícil sintetizar en un o varios iconos toda la situación problema, la solución y sus interrelaciones.

### 3. BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO JORGE. (Junio 1 al 11, 2003). Curso de Gestión Urbana, San Salvador, El Salvador. Instituto SER de Investigación –Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

AGUDELO C., HEBERTH S.. (1991) Escenarios probables y deseables de el subsector transito y transporte de la ciudad de Cali y su área de influencia para la primera década del siglo XXI según la opinión de los actores en desarrollo. Tesis de grado magíster en administración de empresas. Universidad del Valle

CARDENAS MIGUEL A.(1976) Aplicaciones del Análisis de Sistemas. Métodos, Modelos y Resultados. Compañía Editorial Continental, S.A.,México.

CHILACOAS (1999). Revista institucional del DAGMA. números Febrero 21, 28, Marzo 7,14,21,28, Abril 4, 18, Mayo 2

Consortio IGA LTDA – EPAM LTDA. (1999) Diagnóstico ambiental del ruido y propuesta para su manejo y control en Santiago de Cali. Estudio realizado para el DAGMA

CUELLAR H.,MURILLO F., PALACIOS J. (1999). Sistema de transporte masivo. Tesis de grado Ingeniería civil, facultad de ingeniería. Universidad del Valle.

DAGMA (2004). Informe técnico para el fortalecimiento del programa de control ambiental vehicular en la ciudad de Santiago de Cali. Sin publicar.

DAGMA (2003). Boletín sobre el estado de la Calidad del Aire en la ciudad de Santiago de Cali. Santiago de Cali, Colombia.

DAGMA (2002).Informe del día del no carro, Febrero 07 del 2002. Santiago de Cali, Colombia

DAGMA (1996). Segundo curso seminario internacional sobre control de la contaminación por automotores. Santa Fe de Bogota, Colombia – IV Salón Internacional del Automóvil (CORFERIAS).

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN. (1991). Plan vial de transito y transporte (1993-2008). Santiago de Cali

FERNÁNDEZ M., JAIRO L. (1992). Desarrollo del transporte vial y su influencia en el desarrollo económico de Santiago de Cali (1900-1940). Tesis de grado. Departamento de ciencias sociales y económicas. Universidad del Valle

GALEANO C. (2003). La regulación del transporte urbano y masivo, versión preliminar. Dirección de estudios sectoriales infraestructura física y telecomunicaciones, comercio exterior y desarrollo regional. Documento DESINFRA100207. Contraloría general de la República de Colombia

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN – ICONTEC. (1997). ISO 14000. Guía implementación de la norma NTC ISO 14001.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN ICONTEC (1996). Sistemas de administración ambiental, especificaciones con guía para el uso

JIRIES A. Vehicular Contamination of Dust in Amman, Jordan. Revista The Environmentalist, 23,205-210,2003

LATORRE, E. (1995). Teoría general de sistemas, aplicada a las solución integral de problemas. Editorial Universidad del valle. Cali, Colombia

MOLLER R..(2004) La alternativa para el transporte publico colectivo en Colombia. Programa Editorial Universidad del Valle. Cali, Colombia

PENAGOS A. (1998). Evaluación económica del tren ligero para Santiago de Cali. Tesis de grado en economía, facultad de ciencias sociales y económicas . Universidad del Valle

RODRÍGUEZ G.(2001) Legislación Atmosférica Vigente. Revista. Procesos Virtuales.

WALSH JUAN R. (2001) Las normas ISO 14001 y el proceso de su revisión. Documento de base para sectores interesados.