

# APLICACIÓN DEL SOFTWARE PCA 1.0: PARA REDUCIR EL DETERIORO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN CALI COLOMBIA (FASE I)

APPLICATION OF PCA 1.0 SOFTWARE TO REDUCE THE DETERIORATION OF AIR QUALITY IN CALI, COLOMBIA (PHASE I)

Luis Granada, Israel Herrera, Alexander Yela

Artículo de investigación

## Resumen

El PCA 1.0 se diseñó como herramienta de soporte para un Procedimiento Organizacional que colecta y trata la información obtenida en el monitoreo y control de contaminantes atmosféricos en Cali - Colombia<sup>1</sup>. El PCA 1.0 es una aplicación hecha en java con la Interfaz de Desarrollo (IDE) NetBeans<sup>2</sup>. El software PCA 1.0 está diseñado para recepcionar, depurar, validar y generar reportes de manera sistemática de los datos obtenidos en la Red de Monitoreo de Calidad del Aire, Meteorología y de la Inspección Técnico Mecánica y de Gases. El PCA 1.0 estima los Factores de Emisión y la Carga Ambiental diaria generada por las fuentes móviles en kilogramos, así como el valor promedio horario de la concentración de contaminantes criterio. La metodología general del Procedimiento Organizacional se fundamentó en lo establecido en la ISO 14040 (Análisis del Ciclo de Vida). El resultado más importante de la aplicación del PCA 1.0, se evidencia en facilitar a la autoridad ambiental, sanitaria, tránsito y transporte, la toma de decisiones con base en la selección de escenarios

de contaminación atmosférica y actuaciones encaminadas hacia la publicación de normas que buscan reducir el deterioro de la calidad del aire en Cali - Colombia. Finalmente, el PCA 1.0 se perfila como una herramienta ágil y adaptable en los sistemas de gestión ambiental municipal en su componente aire.

## Abstrac

*PCA 1.0 was designed as a support tool for an Organizational Procedure that collects and handles information obtained during the monitoring and control of atmospheric contaminants in Cali - Colombia . PCA 1.0 is an application made in Java with the NetBeans Development Interface Environment (IDE). PCA 1.0 software is designed to receive, debug, validate and systematically generate reports from the data obtained in the Air Quality Monitoring Network, Meteorology and the (Automotive) Technical-Mechanical and Gases Inspection. PCA 1.0 estimates Emission Factors and daily Environmental Loads generated by mobile sources in kilograms as well as the average hourly value for the contaminant concentration*

Fecha de recepción: 06 - 07 - 2009

Fecha de aceptación: 18 - 12 - 2009

*criteria. The Organizational Procedure's general methodology was based on what is established in ISO 14040 (Life Cycle Assessment). The most important result from the application of PCA 1.0 is seen in facilitating for the environmental, sanitary, transit and transport authorities the making of decisions based on selection of atmospheric contamination scenarios and taking of actions aimed at publishing norms that attempt to reduce the deterioration of the air quality in Cali, Colombia. Finally, PCA 1.0 is an agile and adaptable tool for municipal environmental management systems in its air component.*

## Palabras clave

*Factores de Emisión, Carga Ambiental, Emisiones fuentes móviles, Calidad del aire, NetBeans, ACV.*

## Keywords

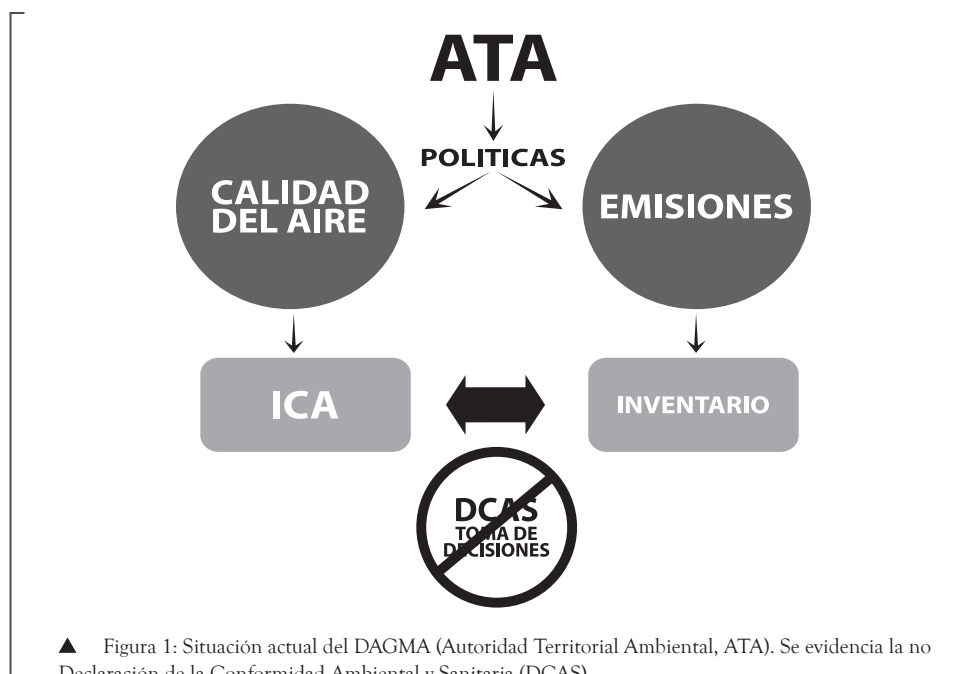
*Emission Factors, Environmental Load, Mobile emission sources, Air Quality, NetBeans, ACV.*

## 1. Introducción

### 1.1. ANTECEDENTES

En Colombia, el Decreto 979 del 3 de abril de 2006 establece nuevos y más estrictos parámetros para garantizar la calidad del aire, con el fin de instituir un control efectivo sobre las fuentes de emisión. Las autoridades ambientales regionales y locales deben estructurar Planes de Descontaminación y Contingencia, concebidos con la autoridad Sanitaria, Tránsito,

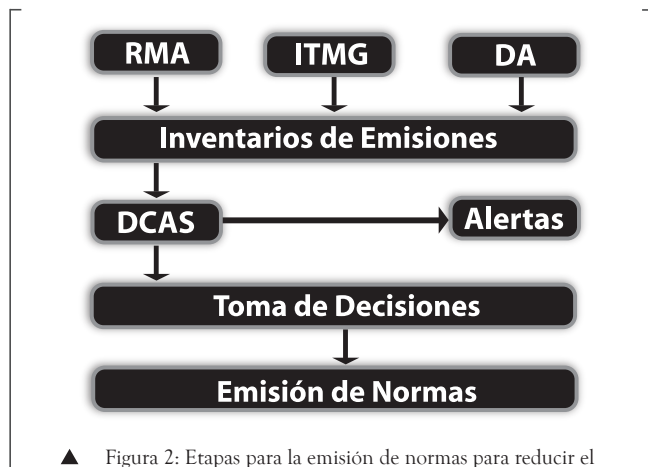
Transporte y Sectores Productivos (Decreto 979, 2006). Actualmente, la ciudad no cuenta con un procedimiento para coleccionar y tratar la información obtenida en el monitoreo de los contaminantes atmosféricos y en el control de las emisiones de gases vehiculares (Ver Figura 1), lo que ha impedido: i) El cumplimiento de las políticas de calidad del aire y monitoreo ii) Obtener el índice de Calidad del Aire (ICA), iii) Obtener el Inventario de Emisiones Atmosféricas (IEA), iv) Declarar Conformidad Ambiental y Sanitaria y v) Establecer un sistema de alerta sistematizado y de predicción sobre la calidad del aire (Granada *et al.*, 2008).



## 1.2. EMISIÓN DE NORMAS

Las ciudades tienen la necesidad de declarar su Conformidad Ambiental y Sanitaria mediante una declaración que se recoge en el documento de su nombre (DCAS). La DCAS, se puede declarar en la medida que las políticas de calidad del aire y emisiones se cumplan (Ver Figura 2).

En la Figura 2 se observan las etapas necesarias para la DCAS, estas son: i) obtención de datos de las ITMG<sup>3</sup>, RMA<sup>4</sup> y DA<sup>5</sup>, ii) obtención del IEA y por último se puede emitir la DCAS. Así mismo en la Figura 2, se muestran las etapas posteriores a la DCAS, donde se pueden emitir alarmas en mapas de riesgo ambiental y sanitario<sup>6</sup>, tomar decisiones y publicar normas que reduzcan el deterioro de la calidad del aire urbano.



▲ Figura 2: Etapas para la emisión de normas para reducir el deterioro de la calidad del aire en la ciudad de Cali - Colombia.

El Procedimiento Organizacionales le facilita al funcionario público de la autoridad ambiental, sanitaria, tránsito y transporte de la ciudad de Cali – Colombia, verificar el desempeño de lo establecido por la política de calidad de aire, a partir del cumplimiento de tres competencias esenciales propuestas como son: i) jurídicas (Granada, 2009), ii) tecnológicas y iii) organizacionales. Estas competencias a juicio de los autores, son necesarias para garantizar la emisión de normas sobre calidad del aire urbano y coordinar el tratamiento de la información obtenida por cada autoridad y su respectiva comunicación (Ver Figura 3).



▲ Figura 3: Competencias jurídicas, tecnológicas y organizacionales propuestas en el Procedimiento Organizacional en Cali - Colombia.

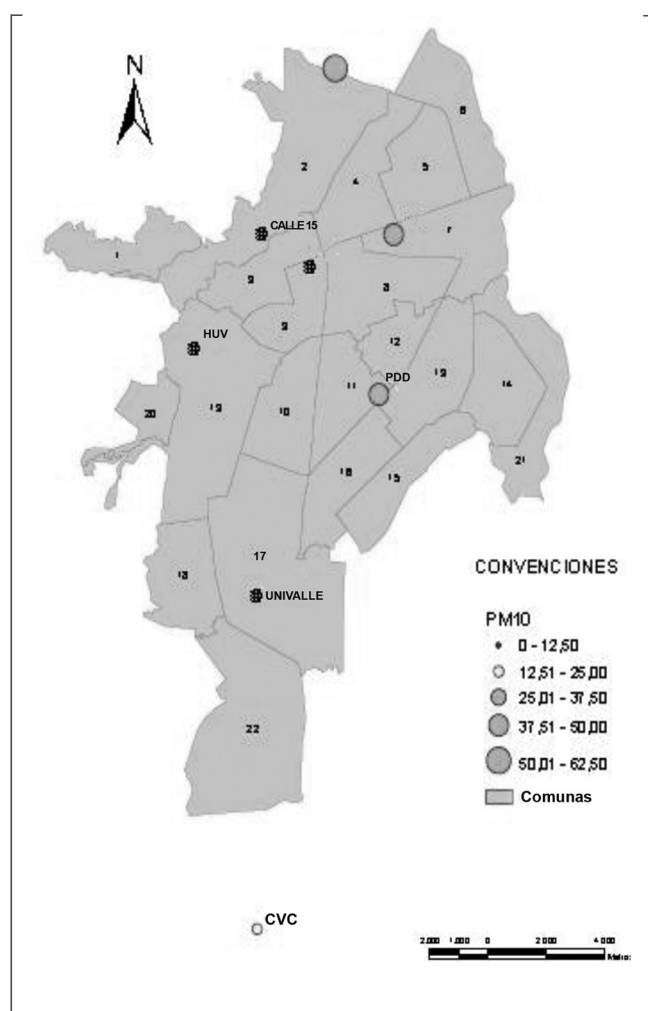
## 1.3. INSPECCIÓN TÉCNICO MECÁNICA Y DE GASES (ITMG)

El control ambiental vehicular<sup>7</sup>, en Colombia, se realiza a través de una ITMG Ley 762 de 2002. La Ley0 busca que la emisión de gases contaminantes de los vehículos sea controlada. Esta norma debe convertirse en uno de los medios para reducir el deterioro de la calidad del aire y accidentalidad vial. La ITMG, la realizan los Centros de Diagnóstico Automotor (CDA) y se rige por las siguientes Normas Técnicas Colombianas (NTC): la primera, la NTC 5365: su fin es conocer la cantidad de gases contaminantes en motocicletas, motociclos, y mototriciclos de cuatro y dos tiempos en marcha mínima ralenti, establece la metodología para determinar las concentraciones y las unidades de medida a reportar. La segunda, la NTC 5375, establece los requisitos para la revisión técnico-mecánica en los CDA para vehículos automotores, entre otros en cuanto a emisiones contaminantes y la tercera, la NTC 5385, rige los CDA y establece las condiciones mínimas en cuanto a personal, instalaciones y equipos (González y Rhomandt, 2008). En la Tabla 1 se muestran los parámetros, símbolos y medidas de los gases medidos en la ITMG en Colombia.

## 1.4. RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE Y METEOROLOGÍA (RMA)

Para conocer el estado de la Calidad del Aire y Meteorología, la ciudad de Cali cuenta con una RMA

conformada por ocho estaciones, situadas en diferentes zonas de la ciudad (Ver Figura 4). Estas estaciones analizan los siguientes contaminantes atmosféricos (Ver Tabla 2): Material Particulado menor de 10 micrómetros (PM10), Óxidos de Azufre (SO<sub>2</sub>), Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>), Monóxido de Carbono (CO) e Hidrocarburos Totales Metánicos y No Metánicos (HTMNM). Además, las estaciones están provistas de instrumentación meteorológica para el análisis de Temperatura, Humedad Relativa, Presión Barométrica, Radiación Solar, Pluviometría, Velocidad y Dirección del Viento (DAGMA, 2003) (Granada *et al.*, 2007).



▲ Figura 4: Mapa con la ubicación de las estaciones de la RMA de Cali

Parámetros	Símbolos	Unidad
Monóxido de Carbono	CO	% en volumen
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	% en volumen
Hidrocarburos (en terminos de n-hexano)	HC	ppm. (partes por millón)
Oxígeno	O <sub>2</sub>	% en volumen

▲ Tabla 1: Parámetros, símbolos y unidades de los gases medidos en la ITMG en Colombia

Identificación y abreviatura	Meteoreología	Calidad del Aire					
Centro de Diagnóstico Automotriz del Valle (CDAV)	X	X	X	X			
Base área (BA)		X	X	X	X		
Hospital Universitario del Valle (HUV)		X		X	X		
Polideportivo el Diamante (PDD)		X	X	X	X	X	
CVC Pance (zona rural)	X	X					
Escuela República Argentina (ERA)	X	X	X	X	X		
Universidad del Valle (UV)		X		X			
Calle 15		X	X		X		

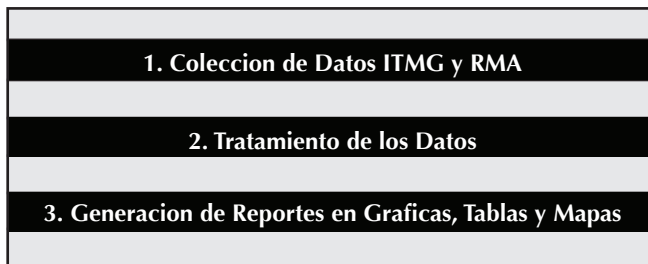
▲ Tabla 2: Parámetros medidos en cada estación de la RMA del DAGMA.

## 1.5. COLECCIÓN, TRATAMIENTO Y REPORTE DE DATOS DEL SOFTWARE PCA 1.0

Colectar y tratar la información obtenida en el monitoreo (RMA) y control (ITMG) de contaminantes atmosféricos y generar reportes sobre el estado de la calidad del aire y vehicular de manera rápida y sistemática, fue el objetivo propuesto para el diseño del PCA 1.0. Los datos colectados y tratados en el PCA 1.0, permiten obtener información para la acción sobre la calidad del aire, a través, de un Inventario de Emisiones Atmosféricas (IEA) (NTC-ISO 14040, 14044, 14047, 14048 y 14049). Uno de los alcances del IEA es proveer información para el desarrollo de proyectos de Investigación, Innovación

y Desarrollo que aporten soluciones a la problemática ambiental local, de acuerdo con la fuente y tipo de emisión, así como emitir la DCAS.

Para alcanzar el objetivo propuesto para el diseño y desarrollo del PCA 1.0, se estableció el proceso que se muestra en la Figura 5. Dicho proceso inicia con la colección de datos y termina con el reporte de datos



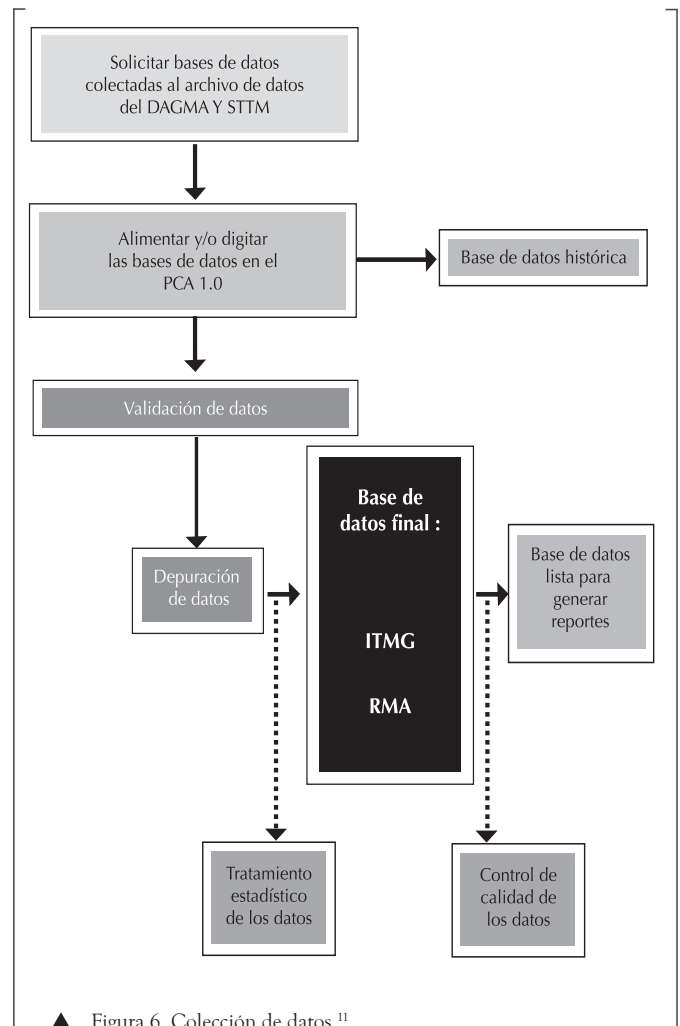
▲ Figura 5. Proceso para la obtención de reportes de la ITMG y RMA en el PCA 1.0

1.5.1 COLECCIÓN DE DATOS

La colección de datos para la ITMG y RMA se realizó con lo establecido en la Figura 6<sup>8</sup>. Las entidades que proveen los datos son la Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal (STTM), Centros de Diagnóstico (CDA) Automotriz y el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA).

1.5.2. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El software realiza una descripción estadística (Figura 7) que incluye el recuento de los datos útiles usados, el valor máximo y el valor mínimo de la serie seleccionada, el valor mediana o percentil 50 y los valores percentiles 25 y 75, el valor promedio y la desviación estándar de la serie, y el coeficiente de variación (cociente en porcentaje entre la desviación estándar y el valor promedio). Las medidas descriptivas de posición, como los percentiles, sirvieron para apreciar mejor las series de datos con valores extremos, con distribución no gaussiana y con interrupciones de duración variable en la secuencia de registro de las mediciones efectuadas (Granada et al, 2008).



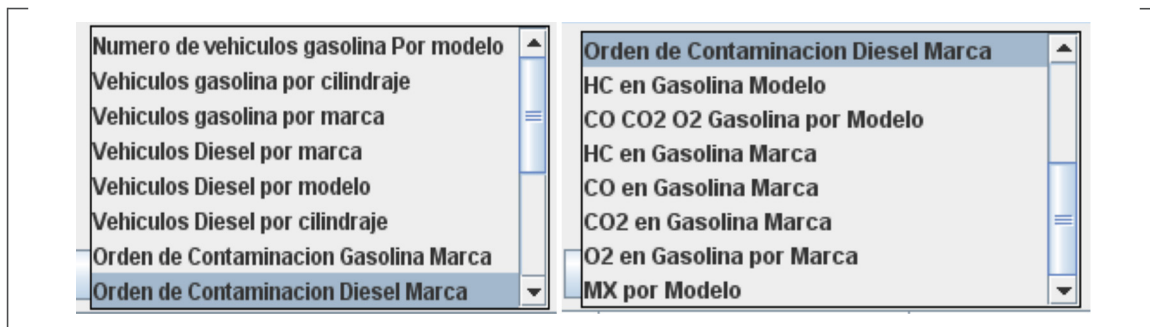
▲ Figura 6. Colección de datos <sup>11</sup>

	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)	
Promedio					Estadística Reporte
Desviación E...					
Coef. de Vari...					
Numero Regi...					
Limite Inferior					
Limite Superior					

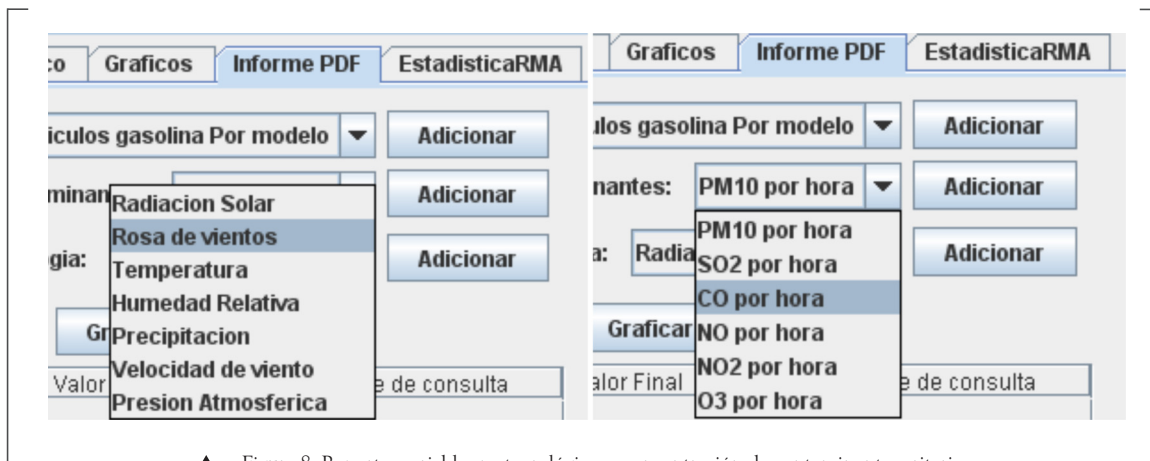
▲ Figura 7. Tratamiento estadístico de datos realizado por el PCA 1.0

1.5.3. REPORTES

Los reportes generados por el PCA 1.0 para la ITMG y la RMA se muestran en las Figuras 8 y 9. Estos se pueden obtener en gráficas y tablas.



▲ Figura 8 Reportes para la opción vehiculos.



▲ Figura 8. Reportes variables meteorológicas y concentración de contaminantes criterio.

## 1.6. ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE EMISIÓN Y CARGA AMBIENTAL

Para determinar los Factores de Emisión (FE) en Kilogramos por segundo y Carga Ambiental (FCA) en Toneladas por día, generada por tipo de vehículo de la ciudad de Cali, se programó la **Ecuación N° 1** en el PCA 1.0, que considera los siguientes aspectos:

$$FE = (P_{emi}/100 * d_{gas} * Ci * (RPM/2) * (v/e) * (t) * NVt \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

FE = Factor de Emisión por día en Kilogramos por segundo

$(P_{emi}/100)$  = Porcentaje de emisión del gas

Cil = Cilindraje del vehículo en  $m^3$

$(RPM/2)$  = Revoluciones por Minuto

$d_{gas}$  = Densidad del gas emitido  $Kg/m^3$

$v/e$  = velocidad promedio / espacio recorrido en el día  $m/m*s$

$t$  = tiempo recorrido por día

NVt = Número de vehículos por tipo

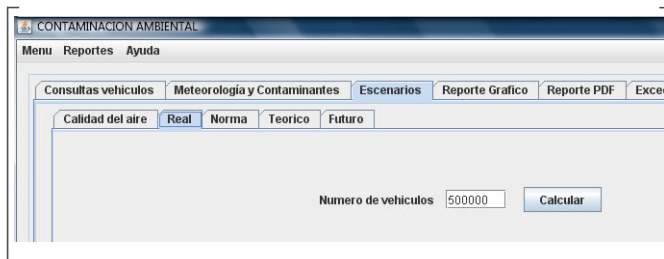
Cada uno de los miembros de la fórmula que determinan los Factores de Emisión y Carga Ambiental diaria (Ecuación N° 1), se establecieron por miembro considerado para:

El **porcentaje**, se calculó aplicando conceptos de química y termodinámica tales como: la Ley de conservación de masa, Balance estequiométrico de ecuaciones y la Teoría de combustión. La **densidad** se calculó utilizando la Ley de gases ideales; se tomaron los valores de temperatura y presión atmosférica para la ciudad de Cali. El **cilindraje** y las RPM, se estimaron de acuerdo con los valores reportados por la STTM y CDA.

La **velocidad promedio y el espacio recorrido** se tomó de Granada y Álvarez, 2006; Granada y Cabrera, 2007 y STTM, 2009. El número de vehículos por tipo, se obtuvo de Granada y Cabrera, 2007; Granada *et al*, 2007 y STTM, 2009. Finalmente, se estandarizó el régimen de unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de unidades (SI).

### 1.7. ESTIMACIÓN DE ESCENARIOS DE CONTAMINACIÓN

Los escenarios de contaminación estimados en el PCA 1.0 se pueden observar en la Figura 10. Estos son: el Real, la Norma, el Teórico y Futuro. Los resultados de estas consultas varían con el valor del porcentaje de emisión de cada gas, es decir, el porcentaje de emisión es diferente para cada escenario, por ejemplo, el porcentaje del escenario Real se calcula considerando el valor arrojado en las pruebas a ralentí en los CDA. Igualmente, el porcentaje del escenario de la Norma, se estima a partir de los valores máximos permitidos por ésta y en el escenario teórico el porcentaje tiene relación con las emisiones del rango aire/combustible, en este caso considerado entre 9.5/1 – 16.5/1.<sup>9</sup>

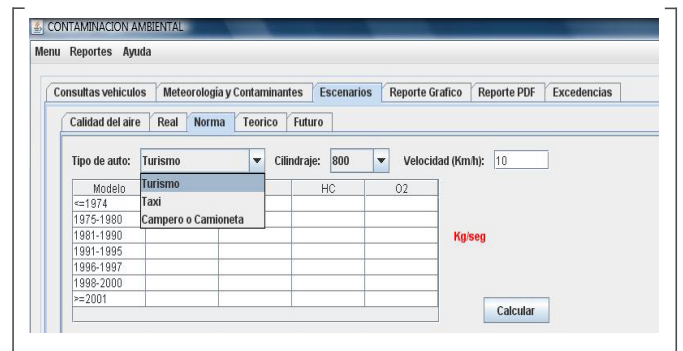


▲ Figura 10. Número de escenarios estimados en el PCA 1.0.



▲ Figura 11. Selección de escenarios en el PCA 1.0.

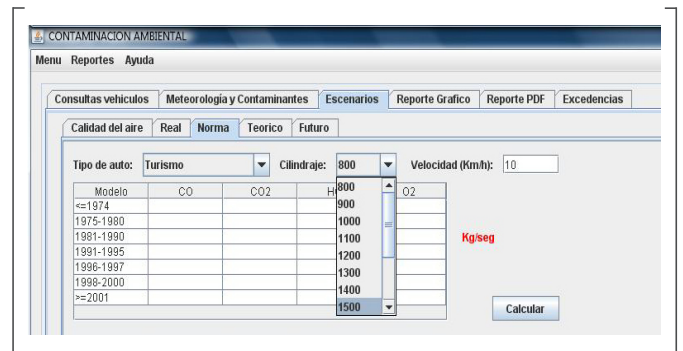
Para conocer los Factores de Emisión y Carga Ambiental generados en la ciudad de Cali, se utilizará la Ecuación 1. Esta fórmula establece los valores de FE y FCA para cada escenario, con el fin de comparar los valores arrojados para cada uno de ellos y tomar decisiones que reduzcan el deterioro de la Calidad del Aire (Ver Tabla 4). Los valores de Cilindraje, RPM, número de vehículos por tipo, velocidad y recorrido, fueron seleccionados manualmente en el PCA 1.0 para cada escenario (Figuras 12 y 13) (Tabla 3). Igualmente, los valores de velocidad, distancia recorrida, cilindraje y RPM dependen del tipo de auto (Figura 13) (Tabla 3). Finalmente, el porcentaje de emisión varía para cada escenario y la densidad de cada gas, es constante en todos los escenarios y están programadas en el PCA 1.0.



▲ Figura 12. Selección en el escenario de la Norma del tipo de auto, cilindraje y velocidad en el PCA 1.0

## 2. Metodología

En un computador portátil y con el software PCA 1.0, se obtuvieron los reportes de la ITMG y la RMA, igualmente, se estimaron los Factores de Emisión y Carga Ambiental (Figura 11), según, lo dispuesto por Granada *et al*, 2008. Posteriormente, se analizó el resultado de los reportes arrojados en el PCA 1.0.



▲ Figura 13. Selección en el escenario de la Norma del tipo de auto, cilindraje y velocidad en el PCA 1.0

TIPO DE AUTO					
TURISMO		TAXI		CAMPERO Y/O CAMIONETA	
Cilíndraje cc	800	Cilíndraje cc	800	Cilíndraje cc	1600
	1000		1000		1800
	1100		1100		2000
	1200		1200		2100
	<b>1300</b>		1300		2300
	1400		1400		2500
	1500		1500		2600
	1600		1600		3000
	1800		-		4000
	2000		-		4500
Distancia promedio recorrida al día		Distancia promedio recorrida al día		Distancia promedio recorrida al día	
35 Km		350 Km		35 Km	
Velocidad promedio en Km/h					
35					
Número de vehículos					
450000					
MODELO			PORCENTAJE %		
<1974			1.7		
1975 – 1980			2.3		
1981 – 1990			7.5		
1991 – 1995			12		
1996 – 1997			8.5		
1998 - 2000			26		
>2001			42		

▲ Figura 12. Selección de variables para calcular escenarios en el PCA 1.0.

### 3. Resultados

#### 3.1. FACTOR DE EMISIÓN Y CARGA AMBIENTAL PARA CADA ESCENARIO

El Factor de Emisión y Carga Ambiental arrojado en cada escenario se muestra en las Tablas 4, 5, 6 y 7. Se observa en la Tabla 4 que las emisiones de Monóxido de Carbono están por debajo del valor exigido por la Norma, tanto en FE como en FCA. Se puede decir que los vehículos menores al año 2000 emiten el 65% del CO en la ciudad, sin embargo, el 57% de la emisión real de CO la realizan los vehículos mayores o iguales a 1998.

En la Tabla 5 se observa que las emisiones reales de Dióxido de Carbono están en el rango permitido por la Norma, sin embargo, superan a las emisiones del

escenario Real. Se puede afirmar que el 68% de las emisiones de la Norma y el 74% de las emisiones reales provienen de los vehículos mayores o iguales a 1998.

En la Tabla 6 se observa que las emisiones reales de Oxígeno, están en el rango permitido por la Norma. Se puede afirmar que el 68% de las emisiones de la Norma y el 56% de las emisiones reales, provienen de los vehículos posteriores o iguales a 1998.

En la Tabla 7 se observan las emisiones teóricas de Hidrocarburos y óxidos de Nitrógeno. En este sentido, tanto el escenario de la Norma como el Real, entrega resultados de Hidrocarburos en partes por millón y no entrega resultados de Óxidos de Nitrógeno. Sin embargo, se estima que las emisiones de Hidrocarburos y óxidos de Nitrógeno son aproximadamente el 0,001 y 0,01% respectivamente de la masa emitida por los vehículos.



MONÓXIDO DE CARBONO			
ESCENARIO			
NORMA	REAL	TEÓRICO	
		Estequiométrico	Deficiencia de aire
206 Kg/s	192 Kg/s	377 Kg/s	805 Kg/s
13'123.334 gr/mi	10'268.914 gr/mi	24'100.000 gr/mi	51'500.000 gr/mi
289 Ton/Día	260 Ton/Día	530 Ton/Día	1.133 Ton/Día

◀ Tabla 4. Factor de Emisión y Carga Ambiental para el Monóxido de Carbono.

DIÓXIDO DE CARBONO					
ESCENARIO					
NORMA		REAL	TEÓRICO		
Mínima	Máxima		Relación Aire/Combustible		
			Exceso	Ideal	Deficiencia
1.100 Kg/s	1.894 Kg/s	1.493 Kg/s	421 Kg/s	1.061 Kg/s	1.398 Kg/s
70'2 gr/mi	121'1 gr/mi	167'2 gr/mi	26'9 gr/mi	67'8 gr/mi	89'4 gr/mi
1.478 Ton/Día	2.264 Ton/Día	2.099 Ton/Día	593 Ton/Día	1.492 Ton/Día	1.969 Ton/Día

▲ Tabla N° 5: Factor de Emisión y Carga Ambiental para el Dióxido de Carbono.

OXIGENO			
ESCENARIO			
NORMA	REAL	TEÓRICO	
		Estequiométrico	Exceso de aire
405 Kg/s	300 Kg/s	408 Kg/s	743 Kg/s
25'9 gr/mi	19'6 gr/mi	26'1 gr/mi	47'5 gr/mi
570 Ton/Día	399 Ton/Día	570 Ton/Día	1.044 Ton/Día

▲ Tabla 6. Factor de Emisión y Carga Ambiental para Oxígeno.

ÓXIDOS DE NITRÓGENO			HIDROCARBUROS		
ESCENARIO TEÓRICO			ESCENARIO TEÓRICO		
RELACIÓN AIRE/COMBUSTIBLE			RELACIÓN AIRE/COMBUSTIBLE		
Exceso	Ideal	Deficiencia	Exceso	Ideal	Deficiencia
64,6 Kg/s	81,8 Kg/s	93,6 Kg/s	6,4 Kg/s	8,18 Kg/s	5.13 Kg/s
4'24 gr/mi	5'23 gr/mi	3'28 gr/mi	424.234 gr/mi	522.625 gr/mi	327.759 gr/mi
93 Ton/Día	15 Ton/Día	72 Ton/Día	9,3 Ton/Día	11,5 Ton/Día	7,2 Ton/Día

▲ Tabla 7. Factor de Emisión y Carga Ambiental para Hidrocarburos y Óxidos de Nitrógeno.

### 3.2. ACTUACIONES

Una vez conocidos los valores de FE y FCA para la ciudad de Cali de los vehículos turismo, se procede a estimar los resultados arrojados por tres de las seis actuaciones que se pueden implementar para reducir el deterioro de la Calidad del Aire en la ciudad de Cali.

#### 3.2.1. RESTRICCIÓN DEL FLUJO VEHICULAR (PICO Y PLACA)

En la ciudad de Cali, hay restricción del flujo vehicular de lunes a viernes, para los vehículos turismo de acuerdo con el último número de la placa. Esto significa que se inmovilizan durante seis horas aproximadamente 90.000 automotores, en este sentido, en la ciudad se dejan de emitir en toneladas al día alrededor de: 52 de CO, 420 de CO<sub>2</sub>, 80 de O<sub>2</sub>, 2.3 de HC y 18.6 de NOx.

### 3.2.2. DÍA SIN CARRO

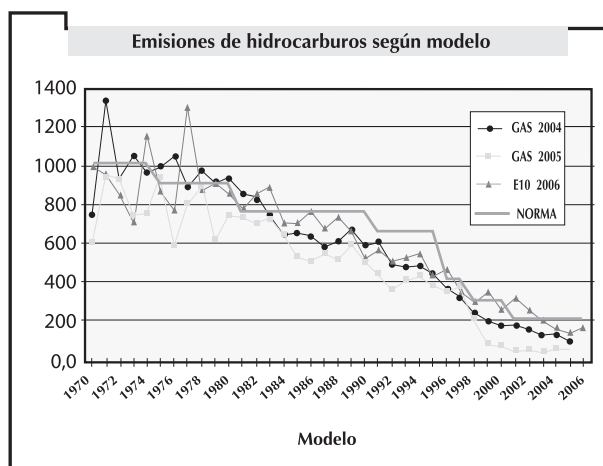
En la ciudad de Cali, hay restricción del flujo vehicular un día al año, para los vehículos turismo. Esto significa, que se inmovilizan durante doce horas aproximadamente, 400.000 automotores, en este sentido, en la ciudad se dejan de emitir en toneladas al día alrededor de: 260 de CO, 2099 de CO<sub>2</sub>, 305 de O<sub>2</sub>, 11,5 de HC y 93 de NOx.

### 3.2.3. USO DE COMBUSTIBLE

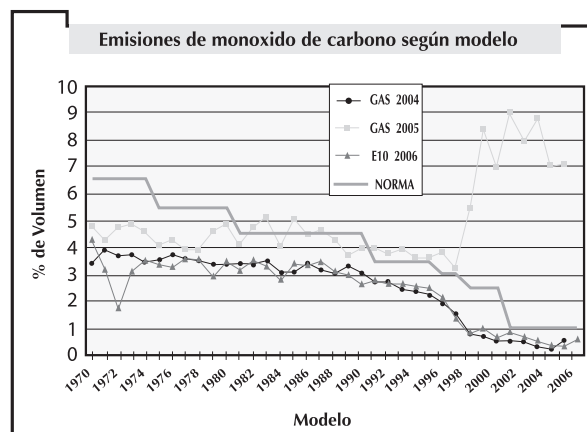
El PCA 1.0, permite establecer la variación de los FE y FCA para tres tipo de combustible: Diésel, gasolina convencional y gasolina convencional mezclada en un 10% con alcohol carburante de caña de azúcar.

En este sentido, el uso de un determinado tipo de combustible puede ser un elemento fundamental a la hora de reducir el deterioro de la calidad del aire. En las Figuras 14, 15, 16 y 17, se muestran las emisiones del E-10 en porcentaje respecto a la Norma.

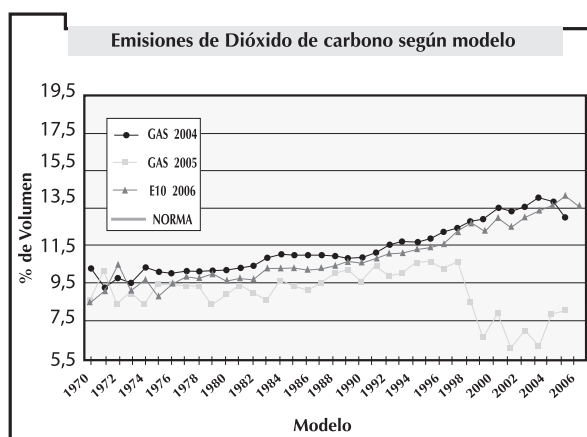
De estas Figuras se puede deducir que este combustible no reduce los FE y FCA, por lo tanto, estos indicadores van a seguir siendo aproximadamente como los estimados en gasolina convencional y mostrados en la Tablas 4, 5, 6 y 7.



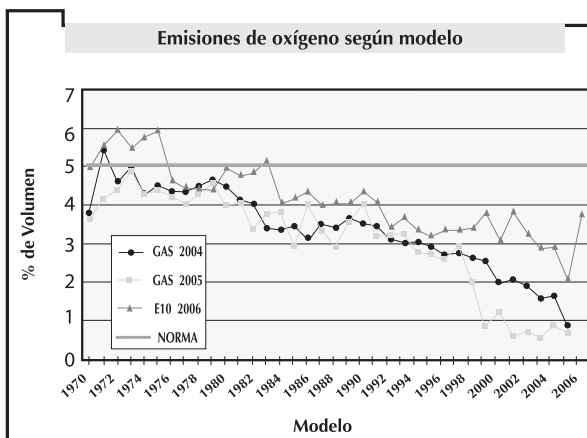
▲ Figura 14. Comparación emisiones en porcentaje por modelo de Hidrocarburos con la Norma.



▲ Figura 15. Comparación emisiones en porcentaje por modelo de Monóxido de Carbono con la Norma.



▲ Figura 16. Comparación emisiones en porcentaje por modelo de Dióxido de Carbono con la Norma.



▲ Figura 17. Comparación emisiones en porcentaje por modelo de Oxígeno con la Norma.

## Conclusión

- El PCA 1.0 permite estimar los FE y el FCA para las fuentes móviles de la ciudad de Cali. Igualmente, facilita la toma de decisiones de la autoridad ambiental, sanitaria, tránsito y transporte, a través de la selección de escenarios de emisión y actuaciones que buscan reducir el deterioro de la Calidad del Aire en la ciudad de Cali.
- El PCA 1.0 moderniza la colección y tratamiento de la información y soporta científicamente la publicación de normas encaminadas a reducir el deterioro de la Calidad del Aire.
- Las actuaciones de restricción de flujo vehicular son las que más efecto tienen en la calidad del aire, por las toneladas diarias que se dejan de emitir por la no circulación de vehículos en la ciudad durante algunas horas.
- Las emisiones de gases generadas en los vehículos con motores de combustión interna que utilizan gasolinas convencionales y gasolinas convencionales mezcladas con un 10% de alcohol carburante, son casi similares, es decir, en algunos casos según el modelo del automotor, las emisiones se reducen o aumentan en un bajo porcentaje. Esto significa que el E-10 y las GC emiten los mismos valores en porcentaje de gases residuales a la atmósfera. Por lo tanto, se puede afirmar que el E-10 no es un combustible verde debido a que sus gases residuales tienen las mismas características de las gasolinas convencionales; por esta razón, no se puede afirmar que el uso del E-10 va a contribuir a reducir el deterioro de la calidad del aire en un ecosistema urbano. En principio, este combustible seguirá generando aproximadamente la misma carga ambiental que generaba la gasolina convencional en la ciudad de Cali.

## NOTAS

1. Este artículo es resultado de investigación de la tesis doctoral en ciencias técnicas Procedimiento organizacional para la colección y tratamiento de la información obtenida en el monitoreo y control de contaminantes atmosféricos en Cali - Colombia.
2. El NetBeans brinda apoyo lógico y gráfico a los desarrolladores de programas hechos en java. El apoyo lógico sirve para escribir y compilar códigos fuente y el gráfico para realizar interfaces con componentes gráficos de manera fácil tales como fichas, etiquetas, listas, paneles entre otros.
3. Los datos aquí tomados, se refieren a la emisión de gases vehiculares a ralentí, realizados en los CDA.
4. Los datos aquí tomados, se refieren a el valor promedio horario de contaminantes criterio y variables meteorológicas.
5. Los datos aquí tomados, se refieren a los diligenciados por la Industria Manufacturera en los tres aspectos ambientales, agua, aire y suelo. Este artículo, no considera esta base de datos, porque, para la colección y el tratamiento de la información de la DA, se realizó en el software RVGA 1.0 y es tema de otra publicación.
6. Ver Figura N° 4.
7. De acuerdo con el tipo de vehículo, las emisiones de gases de escape se deben verificar mediante los procedimientos establecidos en las siguientes Normas Técnicas Colombianas: i) 4983, vehículos a gasolina, ii) 4231, vehículo a diesel y iii) 5365, motocicletas, motociclos, y mototriciclos (González y Rhomandt, 2008, 32).
8. La línea punteada, significan procesos que se realizan de manera sistemática en el PCA 1.0.
9. La relación aire/combustible se refiere a 9.5 o 16.5 partes de aire por una de combustible.

## BIBLIOGRAFÍA

1. GONZÁLEZ, J. & RHOMANDT, L. (2008). Propuesta para la aplicación del ciclo PHVA al proceso de funcionamiento del modelo para el pronóstico de la calidad del aire en la ciudad de Cali - Colombia. Memoria para optar al título de Administración de Empresas, Universidad Libre de Colombia, Cali. p. 32.
2. GRANADA, L.F. (2009). La Responsabilidad Social del Administrador de Empresas frente a la Gestión Ambiental empresarial: pasado, presente y futuro de las normas e instituciones ambientales en Colombia. Pon. Conferencia Internacional ASCOLFA. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, 2009.
3. GRANADA, L. F. & ÁLVAREZ, S. Evaluación del consumo de los combustibles Gasolina Motor, E-10 y Gas Natural Vehicular. Entramado 2,52-55.
4. GRANADA, L. F. & CABRERA, B. Estimación de las Emisiones de fuentes móviles utilizando el MOBILE 6 en Cali. AVANCES 6, 1, 13-22.

5. GRANADA, *et al* (2007). *Relación entre Enfermedades Respiratorias Agudas y Contaminación Atmosférica por Fuentes Móviles en Cali – Colombia*. Libreprensa 4, 76-77.
6. GRANADA *et al.* (2008) *Aplicación del Software Predicción de la Calidad del Aire (PCA) en la Gestión de la Calidad del Aire en Cali – Colombia*. Pon. XIV Convención Científica en Ingeniería y Arquitectura. Instituto Politécnico Superior José Antonio Echeverría CUJAE. Ciudad de La Habana, 2008. 113 y 114.
7. Ley 762. Código Nacional de Tránsito Terrestre. En línea Internet. Bogotá 2002. (28 oct. 2008. Disponible en: [http://www.movilidadbogota.gov.co/admin/contenido/documentos/Ley769\\_10\\_32\\_4.pdf](http://www.movilidadbogota.gov.co/admin/contenido/documentos/Ley769_10_32_4.pdf)).
8. NTC-ISO 14040. *Gestión Ambiental, Análisis del Ciclo de Vida; Principios y Marco de Referencia*. Bogotá 2007. 24 p.
9. NTC-ISO 14044. *Gestión Ambiental, Análisis del Ciclo de Vida. Requisitos y Directrices. Requisitos del Ciclo de Vida*. Bogotá 2007. 50 p.
10. NTC-ISO/TR 14047. *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Examples of application of ISO 14042*. Bogotá 2003. 7 p.
11. NTC-ISO/TR 14048. *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Data Documentation Format*. Bogotá 2002. 41 p.
12. NTC-ISO 14049. *Gestión Ambiental, Análisis del Ciclo de Vida. Ejemplos de la aplicación de la Norma ISO 14041 para la Definición del Objetivo y Alcance y para el Análisis del Inventario*. Bogotá 2002. 47 p.

### Luis Felipe Granada

Profesor Investigador Jornada Completa Universidad Libre de Colombia Cali. Doctorante en Ciencias Técnicas en la CUJAE Ciudad de La Habana Cuba. Máster en Ingeniería y Gestión Ambiental URV España. Ingeniero Mecánico. lfgranada70@hotmail.com

### Ismael Herrera

Dr. En Procesos Químicos e Industriales URV. Investigador de la Unidad de Análisis de Sistemas Energéticos, Departamento de Energía CIEMAT España.

### Alexander Yela Bedoya

Estudiante octavo semestre de Ingeniería Mecánica Universidad del Valle - Cali - Colombia. Diseñador Mecánico. alexanderyel@hotmail.com