

**MAVDT**

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL



**PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA  
CALIDAD DEL AIRE**

**MANUAL PARA LA ELABORACION DE PLANES DE  
GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE**



LIBERTAD Y ORDEN

MINISTERIO DE AMBIENTE,  
VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL  
República de Colombia

ÁLVARO URIBE VÉLEZ  
Presidente de la República

JUAN LOZANO  
Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo  
Territorial

CLAUDIA MORA  
Viceministra de Ambiente

CESAR BUITRAGO  
Director de Desarrollo Sectorial Sostenible

HELVER REYES  
Interventor Contrato FONADE 2062438

CONSULTOR  
K-2 INGENIERIA



EQUIPO TECNICO

Manuel I. Amaya  
(Gerente-Coordinador de Campo)

Alvaro Martinez  
(Director del Proyecto)

Amilcar Rizzo  
(Ing. Calidad del Aire)

Francisco Boshel  
(Meteorólogo)

Francisco Andrés Leal  
Isabel Cristina Rey  
Johanna Marcela Bastos  
Johnny Jesús Jiménez  
Oscar Mauricio Buitrago  
(Ing. Consultores)

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN  
K2 INGENIERIA.

IMPRESIÓN

ISBN

DISTRIBUCIÓN GRATUITA

Todos los derechos reservados.  
Apartes de los textos pueden reproducirse  
citando la fuente.

Su reproducción total debe ser autorizada por el  
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo  
Territorial

Calle 37 No. 8-40 Bogotá D.C., Colombia  
[www.minambiente.gov.co](http://www.minambiente.gov.co)

DOCUMENTO DESARROLLADO EN EL  
MARCO DEL CONTRATO FONADE 2062438

Préstamo BIRFNo.7335-con el Banco  
Internacional de Reconstrucción y Fomento  
para financiar la implementación del Programa  
de Inversión Para el Desarrollo Sostenible  
IDS

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b><i>INTRODUCCIÓN</i></b> .....	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b><i>DEFINICIONES Y ACRÓNIMOS</i></b> .....	<b>8</b>
2.1.	DEFINICIONES .....	8
2.2.	ACRONIMOS.....	10
<b>3.</b>	<b><i>GENERALIDADES</i></b> .....	<b>12</b>
3.1.	QUIENES DEBEN APLICAR EL PROTOCOLO .....	12
3.2.	PROPÓSITO .....	12
3.3.	MARCO LEGAL.....	13
3.4.	ESTRUCTURA DEL PROTOCOLO.....	17
<b>4.</b>	<b><i>SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE</i></b> .....	<b>18</b>
4.1.	PLANES DE GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	18
4.1.1.	Etapas de un PGCA .....	20
4.2.	PLANES DE GESTION DE CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA .....	21
<b>5.</b>	<b><i>ELEMENTOS DE UN PLAN DE GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE</i></b> .....	<b>22</b>
5.1.	REVISIÓN INICIAL .....	22
5.1.1.	Revisión inicial a nivel institucional.....	22
5.1.2.	Revisión inicial a nivel empresarial o industrial .....	23
5.2.	COMPROMISO INSTITUCIONAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	24
5.3.	PLANEACIÓN .....	24
5.3.1.	Evaluación de la Calidad del Aire.....	25
5.3.2.	Revisión de requisitos Legales.....	25
5.3.3.	Definición de Objetivos y metas .....	29
5.3.4.	Programas de gestión de la calidad del Aire .....	31
5.4.	IMPLEMENTACIÓN .....	32
5.4.1.	Estructura y Responsabilidad.....	32
5.4.2.	Capacitación y competencia .....	34
5.4.3.	Reporte a la comunidad .....	34
5.4.4.	Documentación .....	34
5.4.5.	Control Operacional.....	35
5.4.6.	Planes de emergencia y contingencia.....	35
5.4.6.1.	Planes de contingencia de las Autoridades ambientales:.....	35
5.5.	VERIFICACIÓN Y ACCIÓN CORRECTIVA.....	37
5.5.1.	Seguimiento y medición .....	37
5.5.1.1.	Evaluación de efectos en la calidad del aire .....	37
5.5.1.2.	Evaluación de efectos en la salud.....	37
5.5.2.	No conformidades y acción preventiva y correctiva.....	45




5.5.2.1.	Planes de Reducción de la contaminación.....	46
5.5.3.	Registros .....	46
5.5.4.	Auditoria.....	46
5.6.	REVISIÓN DE LA DIRECCIÓN.....	47
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>48</b>





## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Uso del Protocolo .....	13
Figura 2. Estructura del Protocolo .....	17
Figura 3. Etapas involucradas en el PGCA.....	18
Figura 4. Herramientas de un PGCA .....	19
Figura 5. Niveles de los PGCA en Colombia .....	21
Figura 6. Pilares del Compromiso institucional.....	24
Figura 7. Aspecto-Impacto Ambiental.....	25
Figura 8. Las normas ambientales vigentes se pueden consultar en la página web del MAVDT en el link centro de documentación. <a href="http://www.minambiente.gov.co">http://www.minambiente.gov.co</a> .....	29
Figura 9. Estructura y Responsabilidad nivel administrativo CORPOCESAR .....	33
Figura 10. Estructura y Responsabilidad-Organigrama SDA .....	33
Figura 11. Enfoque metodológico para la evaluación de la mortalidad y morbilidad debida a la contaminación del aire. Elaborado con base en Economic valuation of health impacts due to road traffic related air pollution.....	40
Figura 12. Relación entre exposición a la contaminación del aire y frecuencia de resultados en la salud (Función exposición – respuesta) .....	41
Figura 13. Diagrama de flujo de BenMAP. ....	45





## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio.....	15
Tabla 2. Concentración y tiempo de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia.....	15
Tabla 3. Legislación Colombiana relacionada con la calidad del aire .....	26
Tabla 4. Normas técnicas de calidad en Colombia .....	28
Tabla 5. Algunos tipos de metas, indicadores y herramientas de medición posibles en un PGCA .....	30
Tabla 6. Ejemplos de objetivos y metas.....	30
Tabla 7. Ejemplo de Ficha de programa de gestión de la calidad del aire .....	31
Tabla 8. Estimativos de riesgo para material particulado (PM <sub>10</sub> ). .....	42
Tabla 9. Estimativos de riesgo para ozono (O <sub>3</sub> ).....	44



## 1. INTRODUCCIÓN

El presente MANUAL DE ELABORACION DE PLANES DE GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE que hace parte del PROTOCOLO NACIONAL DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE, incorpora los lineamientos a tener en cuenta para llevar a cabo el diseño y operación de SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA.

Este documento parte de esfuerzos conjuntos del MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) y las AUTORIDADES AMBIENTALES COLOMBIANAS para estandarizar los procedimientos de monitoreo de calidad del aire.

El desarrollo de este protocolo tiene como punto de partida el documento producido durante el año 2005 por el IDEAM, denominado PROTOCOLO PARA LA VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO DEL MODULO AIRE DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL, el cual fue el resultado final de la consultoría No. 023-2004 realizada por el ingeniero Gabriel Herrera Torres y de los trabajos previos de los ingenieros Boris Galvis (contrato de consultoría No. 161-2002) y Eder Pedraza (contrato de consultoría No. 163-2002), el cual contó con la participación del ingeniero Luis R. Barreto, funcionario de la subdirección de Estudios Ambientales (IDEAM) y la interventoría del ingeniero Cesar Buitrago, subdirector de Estudios Ambientales (IDEAM) en esa época.

Partiendo del documento elaborado por el IDEAM, La presente versión del PROTOCOLO ha sido desarrollada por la firma de consultoría K2 INGENIERIA LTDA dentro del marco del contrato FONADE 2062438 y la Interventoría del MAVDT (MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL). La experiencia de la firma consultora K2 INGENIERIA LTDA, conjuntamente con el aporte de expertos y demás consultores convocados, aunado a las experiencias que a nivel nacional y del exterior fueron consideradas en el proyecto, más los resultados de la validación del PROTOCOLO, que en su nueva versión se realizó para ocho sistemas de vigilancia de calidad del aire en Colombia, permiten presentarlo como un documento conveniente y útil para el buen desarrollo de los programas de vigilancia de la calidad del aire en nuestro país.

En el protocolo se recogen también aspectos considerados en las publicaciones: *"Air Monitoring programme design for urban and industrial areas"*, publicación científica No. 33 de la Organización Mundial de la Salud (OMS), The EEA Air Quality Monitoring and Information Network, publicaciones científicas de la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos (USEPA, en ingles), publicaciones científicas de la Agencia Ambiental Europea (EEA en Ingles), otras publicaciones y papers científicos, las experiencias del personal técnico del IDEAM durante las diferentes actividades desarrolladas para la evaluación de la calidad del aire y de K-2 INGENIERIA LTDA y sus consultores en proyectos realizados para entidades públicas y privadas.

Este documento ha sido elaborado pensando en las necesidades y realidades de los países en vías de desarrollo, de modo tal que pueda convertirse en una guía que permita la gestión de la calidad del aire en un marco óptimo, desde el punto de vista económico y técnico.

El protocolo está conformado por tres manuales que guían en el proceso de diseño y operación de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire, con el objetivo principal de lograr mejoramiento continuo en la gestión de la calidad del aire.

## 2. DEFINICIONES Y ACRÓNIMOS

### 2.1. DEFINICIONES

A continuación se hace una recopilación de las definiciones contempladas en la legislación Colombiana y otras tomadas de normas internacionales aplicables al tema del presente protocolo:

**AIRE<sup>1</sup>:** es el fluido que forma la atmósfera de la Tierra, constituido por una mezcla gaseosa cuya composición normal es de por lo menos 20% de oxígeno, 77% de nitrógeno y proporciones variables de gases inertes y vapor de agua en relación volumétrica.

**ATMÓSFERA<sup>3</sup>:** es la capa gaseosa que rodea a la tierra.

**CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA<sup>2</sup>:** es la presencia de sustancias en la atmósfera en altas concentraciones, en un tiempo determinado, como resultado de actividades humanas o procesos naturales, que pueden ocasionar daños a la salud de las personas o al ambiente.

**SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE (SVCA):** es un conjunto de procesos, herramientas e instrumentos que tienen como fin determinar los niveles de inmisión que se dan en un área determinada.

**PLANES DE GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE (PGCA):** conjunto de procesos, procedimientos y normas cuyo propósito es reducir el impacto que ocasionan al ambiente atmosférico y la salud pública, diferentes tipos de fuentes, dentro de un marco de mejoramiento continuo.

**EMISIÓN<sup>2</sup>:** descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, provenientes de una fuente fija o móvil.

**INMISIÓN<sup>3</sup>:** transferencia de contaminantes de la atmósfera a un “receptor”. Se entiende por inmisión a la acción opuesta a la emisión. Aire inmiscible es el aire respirable a nivel de la troposfera.

**FUENTE DE EMISIÓN<sup>2</sup>:** actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire

**NORMA DE EMISION:** es el valor de descarga permisible de sustancias contaminantes, establecido por la Autoridad ambiental competente, con el objeto de cumplir la norma de calidad del aire.

**INVENTARIO DE EMISIONES (IE):** es el resultado de la suma de estimaciones de emisiones atmosféricas de contaminantes previamente definidos en un área geográfica específica y en un intervalo de tiempo determinado.

**ÁREA-FUENTE<sup>3</sup>:** es una determinada zona o región, urbana, suburbana o rural, que por albergar múltiples fuentes de emisión, es considerada como un área especialmente generadora de

<sup>1</sup> Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y saneamiento Básico 2000. Título F Capítulo F.1.2 Definiciones.

<sup>2</sup> IUPAC Compendium of Chemical Terminology. Segunda edición 1997

<sup>3</sup> Decreto 948 de junio 5 de 1995. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).



sustancias contaminantes del aire.

**ESTACION DE PUNTO CRÍTICO:** puntos donde se encuentran posibles concentraciones altas por exposición directa (Hot Spot)

**ESTACION DE CALIDAD DEL AIRE INDICATIVA:** estación de calidad del aire compuesta por equipos que usan métodos que no son de referencia o que siendo métodos de referencia monitorean por tiempos inferiores a un año.

**ESTACION DE CALIDAD DEL AIRE FIJA<sup>4</sup>:** estación que monitorea la calidad del aire ambiente en un punto fijo por un tiempo superior a un año, usando equipos especiales para el monitoreo de un contaminante determinado y con métodos de referencia diseñados para tal fin.

**EMISION FUGITIVA<sup>5</sup>:** es la emisión ocasional de material contaminante hacia la atmósfera.

**FUENTE FIJA<sup>2</sup>:** fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa.

**FUENTE FIJA PUNTUAL<sup>6</sup>:** es la fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas.

**FUENTE FIJA DISPERSA O DIFUSA<sup>7</sup>:** es aquella en que los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión como en el caso de las quemas abiertas controladas en zonas rurales.

**FUENTE FIJA ARTIFICIAL DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE<sup>8</sup>:** es todo proceso u operación realizada por la actividad humana o con su participación susceptible de emitir contaminantes.

**FUENTE MÓVIL<sup>9</sup>:** es la fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.

**CONTROLES AL FINAL DEL PROCESO<sup>10</sup>:** son las tecnologías, métodos o técnicas que se emplean para tratar, antes de ser transmitidas al aire, las emisiones o descargas contaminantes, generadas por un proceso de producción, combustión o extracción, o por cualquier otra actividad capaz de emitir contaminantes al aire, con el fin de mitigar, contrarrestar o anular sus efectos sobre el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana.

**OLOR OFENSIVO<sup>11</sup>:** es el olor, generado por sustancias o actividades industriales, comerciales o de servicio, que produce fastidio, aunque no cause daño a la salud humana.

**SUSTANCIA DE OLOR OFENSIVO<sup>12</sup>:** es aquella que por sus propiedades organolépticas, composición y tiempo de exposición puede causar olores desagradables.

---

<sup>4</sup> Basado en PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL MARCO DE LAS NUEVAS DIRECTIVAS. Grupo de Trabajo de Evaluación preliminar, posterior y modelización de la calidad del aire. Versión final 8 de Mayo de 2000

<sup>5</sup> DECRETO 948 DEL 5 DE JUNIO DE 1995

<sup>6</sup> DECRETO 948 DEL 5 DE JUNIO DE 1995

<sup>7</sup> DECRETO 948 DEL 5 DE JUNIO DE 1995

<sup>8</sup> RESOLUCIÓN NÚMERO 601 04DE ABRIL DE 2006

<sup>9</sup> RESOLUCIÓN NÚMERO 601 04DE ABRIL DE 2006

<sup>10</sup> DECRETO 948 DEL 5 DE JUNIO DE 1995

<sup>11</sup> DECRETO 948 DEL 5 DE JUNIO DE 1995

<sup>12</sup> DECRETO 948 DEL 5 DE JUNIO DE 1995



**PUNTO DE DESCARGA<sup>13</sup>:** es el ducto, chimenea, dispositivo o sitio por donde se emiten los contaminantes a la atmósfera.

**CONTROL DE CALIDAD<sup>14</sup>:** son técnicas operacionales y actividades que garantizan la calidad de un producto o servicio. El control de calidad también puede ser entendido como Control Interno de Calidad y se ejecuta como chequeos incluidos en los procedimientos normales; por ejemplo: calibraciones periódicas, chequeos dobles, muestreos controlados, etc.

**ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD<sup>15</sup>:** todas aquellas acciones planeadas o sistemáticas necesarias para proveer la confianza esperada de un producto o servicio. El aseguramiento de calidad es visto también como Control de calidad externo, es decir aquellas actividades que se hacen más ocasionalmente, usualmente por una persona ajena a la normal rutina de las operaciones; por ejemplo: una inspección del sistema en el sitio, comparaciones entre varios laboratorios y la evaluación periódica de los datos de control interno entre otras actividades.

**MUESTREO<sup>16</sup>:** acción de escoger muestras representativas de la calidad o condiciones medias del aire. Selección de una pequeña parte estadísticamente determinada, utilizada para inferir el valor de una o varias características del conjunto; para el caso de monitoreo de calidad del aire las características a determinar hacen referencia a las concentraciones de los diversos contaminantes.

**ANÁLISIS:** determinación directa de la presencia y/o concentración de contaminantes (gases o material particulado) en la muestra de aire que se hace pasar por el equipo; el análisis puede ser de tipo químico u óptico y permite conocer valores in situ y en tiempo real.

## 2.2. ACRONIMOS

PGCA	Plan de Gestión de la Calidad del Aire
SVCA	Sistema de Vigilancia de la calidad del aire.
SEVCA	Sistema especial de vigilancia de la calidad del aire
SVCAI	Sistema de vigilancia de la calidad del aire industrial
EPE	Estación de propósito especial
IE	Inventario de Emisiones
SISAIRE	Sistema de Información sobre Calidad del Aire.
atm	Unidad de presión, atmósfera. Donde 1 atm ≈ 101.325KPa ≈ 760 mmHg
AC	Aseguramiento de Calidad
cm	Unidad de longitud, centímetro
CC	Control de Calidad
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
EPA	Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (por sus siglas en inglés).
HCT	Hidrocarburos Totales
Hg	Mercurio
H <sub>2</sub> S	Sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico
in	Unidad de longitud, pulgadas


<sup>13</sup> DECRETO 948 DEL 5 DE JUNIO DE 1995

<sup>14</sup> Tomado y traducido de AIR QUALITY HANDBOOK FOR AIR QUALITY MEASUREMENTS SYSTEMS

<sup>15</sup> Tomado y traducido de AIR QUALITY HANDBOOK FOR AIR QUALITY MEASUREMENTS SYSTEMS

<sup>16</sup> Diccionario de la Real Academia Española. <http://www.rae.es>

INVIAS	Instituto nacional de vías
IVA	Impuesto al Valor Agregado
KPa	Unidad de presión, kilo-Pascal. Donde 101.325KPa ≈ 1 atm
l	Unidad de volumen, litros
ml	Unidad de volumen, mililitros
mm	Unidad de longitud, milímetros
mm Hg	Unidad de presión, milímetros de mercurio. Donde 760 mm Hg ≈ 101.325 KPa
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
N <sub>2</sub>	Nitrógeno
NH <sub>4</sub> <sup>+1</sup>	Ión amonio. También puede ser escrito sin el superíndice que indica el valor de su carga eléctrica.
NO	Monóxido de nitrógeno
NO <sub>2</sub>	Dióxido de nitrógeno
N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Trióxido de dinitrógeno
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Tetróxido de dinitrógeno
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Pentóxido de dinitrógeno
NO <sub>x</sub>	Óxido de Nitrógeno
OH <sup>-</sup>	Ión hidroxilo
Pb	Plomo
PCB's	Bifenilos policlorinados
PST	Partículas suspendidas totales
PM	Material particulado
PM <sub>2.5</sub>	Material particulado menor a 2.5 micrómetros
PM <sub>10</sub>	Material particulado menor a 10 micrómetros
ppm	Unidad de concentración, partes por millón
SIG	Sistema de información geográfico
SO <sub>x</sub>	Óxidos de azufre
VOCs	Compuestos orgánicos volátiles
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
IVE	Internacional Vehicle Emission Model
µm	Unidad de longitud, micrómetro



## 3. GENERALIDADES

### 3.1. QUIENES DEBEN APLICAR EL PROTOCOLO

El presente protocolo deberá ser aplicado por las siguientes entidades en el marco de su gestión ambiental, propósito institucional y cumplimiento de regulaciones:

- Autoridades ambientales
- Empresas e industrias que realicen mediciones de calidad del aire
- Firmas consultoras, universidades, entes educativos y laboratorios ambientales que presten servicios de medición de la calidad del aire.

### 3.2. PROPÓSITO

El principal propósito de éste documento es ofrecer a las Autoridades Ambientales responsables de la vigilancia y el control de la calidad del aire, empresas industriales y a entidades de gestión (firmas consultoras) que realicen mediciones de calidad del aire, los lineamientos básicos para llevar a cabo actividades de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire en zonas urbanas y/o industriales del territorio nacional.

El protocolo brinda elementos básicos para la operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire, del tratamiento, análisis, interpretación, presentación y reporte de la información recolectada.

De la misma forma, se busca que los responsables de tales actividades de gestión vayan más allá del monitoreo de la calidad del aire hacia la implementación de un PLAN DE GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE (PGCA) que permita el mejoramiento continuo en sus procesos, tendientes a la disminución del potencial deterioro en la calidad del aire y la salud pública.

El protocolo busca dar respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿Por qué se evalúa la calidad del aire?
- ¿Cómo debe efectuarse la vigilancia de la calidad del Aire?
- ¿Cuándo se debe establecer un sistema de vigilancia?
- ¿Dónde se debe efectuar la vigilancia de la calidad del Aire?
- ¿Quién debe efectuar la evaluación de la calidad del aire?
- ¿Cómo se evalúa la calidad de los datos obtenidos?
- ¿Cómo se reporta la calidad del aire?

Lo anterior con el fin de obtener el mayor beneficio en el conocimiento de la calidad del aire y sus tendencias, con el menor costo económico posible, de acuerdo con las condiciones ambientales del país.

Este documento pretende convertirse en una guía práctica para la gestión de la calidad del aire haciendo énfasis en monitoreo, con todos sus componentes, para la homogenización de toma de datos e interpretación de resultados por parte de Autoridades y particulares de modo que sean insumos del Sistema de Información sobre Calidad del Aire, SISAIRE.

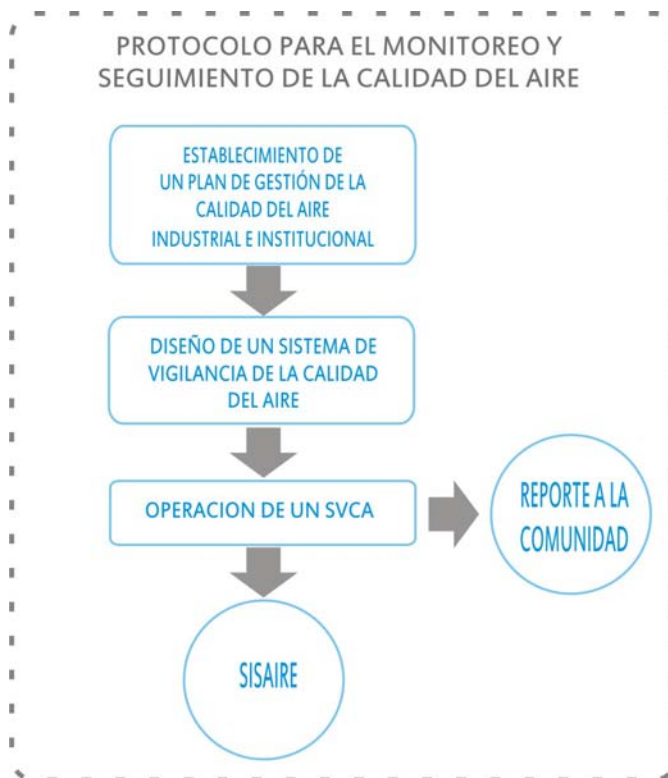


Figura 1. Uso del Protocolo

### 3.3. MARCO LEGAL

Desde el año 1967 se han realizado esfuerzos para controlar la contaminación del aire. En ese año se instalaron las primeras redes de monitoreo de calidad del aire. Sólo hasta 1973, se expidió la Ley 23, cuyo objetivo era “Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional”.

Con esta ley, se le concedieron facultades al gobierno nacional para expedir el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, el cual fue sancionado por el Presidente de la República mediante el Decreto 2811 de 1974. De este decreto, específicamente en el artículo 9, se realizó la propuesta de la norma de calidad del aire.

En 1979 se expide la Ley 09 del mismo año, por la cual se dictan medidas sanitarias para la protección del medio ambiente. Aquí se le otorgan facultades al Ministro de Salud para proferir normas para el control de la contaminación atmosférica, por lo cual en el año 1982, este ministerio expidió el decreto 02 donde se reglamentaba parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y también el Decreto - Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.

En el año de 1995 el Ministerio del Medio Ambiente (creado mediante la Ley 99 de 1993) expidió el Decreto 948, el cual derogó en algunos artículos al Decreto 02 de 1982. El Decreto 948 de 1995

contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.

A partir de ese momento, se expedieron diferentes decretos y resoluciones que modificaron o derogaron el Decreto 948 de 1995. Estos fueron:

- El Decreto 2107 de 1995, que modificó el decreto 948 sobre uso de crudos pesados, quemas abiertas, emisiones vehiculares y actividades contaminantes.
- El Decreto 1224 de 1996 que derogó el artículo 40 del Decreto 948 de 1995, sobre calidad de combustibles.
- El Decreto 1228 de 1997 que modificó del artículo 91 del Decreto 948 de 1995 sobre certificación del cumplimiento de normas de emisión para vehículos automotores.
- El Decreto 1552 del 2000 que modificó el artículo 38 del Decreto 948 de 1995 y el artículo 3 del Decreto 2107 de 1995, sobre emisiones de vehículos diesel.
- El Decreto 979 del 2006 que modifica los artículos 7, 10, 93, 94 y 106 del Decreto 948 de 1995.
- Resolución 619 de 1997 sobre factores que requieren permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas.
- Resolución 601 de 2006 la cual establece la norma de calidad del aire o Nivel de inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. Esta norma deroga parcialmente el Decreto 02 de 1982, y su objetivo es “establecer la norma de calidad del aire o nivel de inmisión, con el propósito de garantizar un ambiente sano y minimizar los riesgos sobre la salud humana que puedan ser causados por la concentración de contaminantes en el aire ambiente.”
- Decreto número 979 del 03 abril 2006 por el cual se modifican los artículos 7, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995. Dicho decreto reglamenta la declaración de los niveles de prevención, alerta y emergencia y las áreas fuente de contaminación.

En la Tabla 1 aparecen los niveles máximos permitidos de calidad del aire para Colombia, establecidos en la Resolución 601 del 2006. Estos valores se calculan con el promedio geométrico para PST y aritmético para los demás contaminantes<sup>17</sup>:

---

<sup>17</sup> Resolución 601 de 2006




Tabla 1. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio

CONTAMINANTE	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
PST	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		300	24 horas
PM10*	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	70	Anual
		150	24 horas
SO <sub>2</sub>	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.031 (80)	Anual
		0.096 (250)	24 horas
		0.287 (750)	3 horas
NO <sub>2</sub>	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.053 (100)	Anual
		0.08 (150)	24 horas
		0.106 (200)	1 hora
O <sub>3</sub>	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.041 (80)	8 horas
		0.061 (120)	1 hora
CO	ppm ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	8.8 (10)	8 horas
		35 (40)	1 hora

Nota:  $\text{mg}/\text{m}^3$  o  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ : a las condiciones de 298.15° K y 101.325 KPa. (25 °C y 760 mm Hg).  
 \* El límite máximo permisible anual de PM10 en el año 2009 será 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y en el año 2011 será 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En la Tabla 2 se indican las concentraciones y los tiempos de exposición bajo los cuales las Autoridades ambientales competentes pueden declarar los estados excepcionales de Prevención, Alerta y Emergencia<sup>17</sup>.

Tabla 2. Concentración y tiempo de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia

CONTAMINANTE	TIEMPO DE EXPOSICIÓN	UNIDADES	PREVENCIÓN	ALERTA	EMERGENCIA
PST	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	375	625	875
PM10	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	300	400	500
SO <sub>2</sub>	24 horas	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.191 (500)	0.382 (1000)	0.612 (1600)
NO <sub>2</sub>	1 hora	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.212 (400)	0.425 (800)	1.064 (2,000)
O <sub>3</sub>	1 hora	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.178 (350)	0.356 (700)	0.509 (1000)
CO	8 horas	ppm ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	14.9 (17)	29.7 (34)	40.2 (46)

Nota:  $\text{mg}/\text{m}^3$  o  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ : a las condiciones de 298.15° K y 101.325 KPa. (25° C y 760 mm Hg)

A continuación se transcribe del Decreto número 979 lo que tiene que ver con la declaratoria de áreas - fuente de contaminación:

**Artículo 108. Clasificación de “Áreas - fuente” de contaminación.**

Las Autoridades ambientales competentes deberán clasificar como áreas - fuente de contaminación, zonas urbanas o rurales del territorio nacional, según la cantidad y características de las emisiones y el grado de concentración de contaminantes en el aire, a partir de mediciones históricas con que cuente la Autoridad ambiental, con el fin de adelantar los programas localizados de reducción de la contaminación atmosférica.

En esta clasificación se establecerán los distintos tipos de áreas, los límites de emisión de contaminantes establecidos para las fuentes fijas y móviles que operen o que contribuyan a la contaminación en cada una de ellas, el rango o índice de reducción de emisiones o descargas establecidos para dichas fuentes y el término o plazo de que éstas disponen para efectuar la respectiva reducción.

Para los efectos de que trata este artículo, las áreas - fuente de contaminación se clasificarán en cuatro (4) clases, a saber:

- *Clase I - Áreas de contaminación alta:* aquellas en que la concentración de contaminantes, dadas las condiciones naturales o de fondo y las de ventilación o dispersión, excede con una frecuencia igual o superior al setenta y cinco por ciento (75%) de los casos, la norma de calidad anual. En estas áreas deberán tomarse medidas de contingencia, se suspenderá el establecimiento de nuevas fuentes de emisión y se adoptarán programas de reducción de la contaminación que podrán extenderse hasta por diez (10) años.
- *Clase II- Áreas de contaminación media:* aquellas en que la concentración de contaminantes, dadas las condiciones naturales o de fondo y las de ventilación y dispersión, excede con una frecuencia superior al cincuenta por ciento (50%) e inferior al setenta y cinco por ciento (75%) de los casos, la norma de calidad anual. En estas áreas deberán tomarse medidas de contingencia se restringirá el establecimiento de nuevas fuentes de emisión y se adoptaran programas de reducción de la contaminación que podrán, extenderse hasta por cinco (5) años.
- *Clase III- Áreas de contaminación moderada:* aquellas en que la concentración de contaminantes, dadas las condiciones naturales o de fondo y las de ventilación y dispersión, excede con una frecuencia superior al veinticinco por ciento (25%) e inferior al cincuenta por ciento (50%) de los casos, la norma de calidad anual. En estas áreas se tomarán medidas dirigidas a controlar los niveles de contaminación y adoptar programas de reducción de la contaminación, que podrán extenderse hasta por tres (3) años.
- *Clase IV- Áreas de contaminación marginal:* aquellas en que la concentración de contaminantes, dadas las condiciones naturales o de fondo y las de ventilación y dispersión, excede con una frecuencia superior al diez por ciento (10%) e inferior al veinticinco por ciento (25%) de los casos, la norma de calidad anual. En estas áreas se tomarán medidas dirigidas a controlar los niveles de contaminación que permitan la disminución de la concentración de contaminantes o que por lo menos las mantengan estables.

Parágrafo Primero: Para la estimación de la frecuencia de las excedencias se utilizarán medias móviles, las cuales se calculan con base en las mediciones diarias.

Parágrafo Segundo: Para la clasificación de que trata el presente artículo, bastará que la frecuencia de excedencias de un solo contaminante, haya llegado a los porcentajes establecidos para cada una de las áreas de contaminación.

En el Anexo 2 del Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire se incluye un ejemplo detallado sobre el procedimiento de cálculo para la determinación de áreas fuente de contaminación.





### 3.4. ESTRUCTURA DEL PROTOCOLO

El protocolo está constituido por tres manuales que presentan los lineamientos para el diseño y operación de SISTEMAS DE VIGILANCIA DE CALIDAD DEL AIRE en el marco de un PLAN DE GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE.



Figura 2. Estructura del Protocolo

**MANUAL DE ELABORACION DE PLANES DE GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE:** Contiene los lineamientos para el diseño de un Plan de Gestión de la Calidad del Aire (PGCA)

**MANUAL DE DISEÑO DE SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE:** Contiene todos los lineamientos y elementos conceptuales para el diseño de un SVCA.

**MANUAL DE OPERACIÓN DE SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE:** Explica la forma como debe operar un SVCA y los procedimientos respectivos.



## 4. SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE

### 4.1. PLANES DE GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE

Un Plan de Gestión de la Calidad del Aire (PGCA) es un conjunto de procesos, procedimientos y normas cuyo propósito es reducir el impacto que ocasionan al ambiente atmosférico y la salud pública, diferentes tipos de fuentes. La aplicación de un PGCA involucra el estudio de la relación fuente-receptor y sus implicaciones en la calidad del aire mediante la utilización de diferentes metodologías y técnicas de investigación.

Es importante destacar que los Planes de Gestión de la Calidad del Aire (PGCA) permiten establecer una mayor comprensión de los procesos productivos e industriales que ocasionan los impactos en mención, así como estimar las consecuencias de éstos en la calidad del aire y tomar las acciones de control más acertadas para minimizarlos.

El siguiente esquema (Figura 3) ilustra las posibles etapas de un Plan de Gestión de la Calidad del Aire.



Figura 3. Etapas involucradas en el PGCA<sup>18</sup>

<sup>18</sup> Tomado de Environmental management systems. An implementation guide for a small and médium-sized organizations. NSF International. Ann Arbor Michigan. Enero de 2001

La Figura 4, ilustra varias herramientas técnicas de apoyo al PGCA, estas se relacionan a continuación:

- Inventario de emisiones.
- Estudio de dispersión de contaminantes y creación de modelos a mesoescala.
- Monitoreo de la calidad del aire.
- Evaluación de los riesgos ambientales para la salud (estudios epidemiológicos).
- Evaluación de daños por contaminación.
- Análisis del costo ambiental de la contaminación atmosférica.
- Determinación de opciones de mitigación y control.
- Evaluación costo-beneficio de opciones de mitigación y control.
- Establecimiento de regulaciones y medidas de control.
- Desarrollo de programa educativo.



Figura 4. Herramientas de un PGCA<sup>19</sup>

Para el desarrollo de un PGCA se han definido tres herramientas básicas, estas son: a) Inventario de emisiones, medición y vigilancia de los contaminantes, b) modelación, y c) las políticas adoptadas, todas estas se integran en un programa de gestión de la siguiente manera:

- La medición y los inventarios de emisiones proveen fundamentos científicos y técnicos para el desarrollo de las políticas y estrategias. la cuantificación del impacto generado en términos de pérdida de calidad del aire y sus efectos en la salud de la población (en comparación con estándares y con información de morbilidad - mortalidad) y hacen posible la cuantificación del

<sup>19</sup> Basado en <http://www.nilu.no>

efecto que producen las medidas adoptadas (evaluación de su impacto) y el costo de su implementación (evaluación económica de su implementación). Sin embargo, estas herramientas utilizadas con el mayor rigor técnico sólo entregan una imagen parcial - útil- de los comportamientos de las variables de contaminación del aire en espacio y tiempo determinados para una ciudad o región.

- La modelación de la calidad del aire permite formular políticas integrales y ajustar las existentes al predecir los efectos de éstas, al poder evaluar escenarios futuros, considerando diferentes alternativas y medidas de control de las emisiones y predecir sus efectos.
- Las políticas estructuradas a partir de los resultados anteriores orientan acciones de control tales como límites de emisión, declaraciones de emergencia, restricciones a usos del suelo o el uso de combustibles, etc.; cuyos efectos son determinados a través de la vigilancia, cerrando así el ciclo del plan o Sistema.

Un PGCA puede ser implementado a varias escalas tanto a nivel micro (a nivel de un usuario o industria) como a nivel local, regional o nacional variando así la forma, dimensión, grado de influencia, implicaciones, y naturaleza de las acciones de control.

#### 4.1.1. ETAPAS DE UN PGCA

Un Sistema de Gestión en la Calidad del Aire PGCA se compone de una serie de etapas<sup>20</sup> que buscan determinar los mecanismos, responsabilidades, medidas y recursos con el propósito de mejorar la calidad del aire. Estas etapas son las siguientes:

- A. REVISIÓN INICIAL
- B. COMPROMISO INSTITUCIONAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE
- C. PLANEACIÓN
  - Evaluación de la Calidad del Aire
  - Revisión de requisitos Legales
  - Definición de Objetivos y metas
  - Programas de gestión de la calidad del Aire
- D. IMPLEMENTACIÓN
  - Estructura y Responsabilidad
  - Capacitación y competencia
  - Reporte a la comunidad
  - Documentación
  - Control Operacional
  - Planes de emergencia y contingencia
- E. VERIFICACIÓN Y ACCIÓN CORRECTIVA
  - Seguimiento y medición
  - No conformidades y acción preventiva y correctiva
  - Registros
  - Auditoria
- F. REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN

<sup>20</sup> Planteado por K-2 INGENEIRIA LTDA. bajo el esquema ISO 14000.



#### 4.2. PLANES DE GESTION DE CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA

En Colombia los PGCA se desarrollarán a varios niveles. El primero, a nivel industrial o empresarial, donde se tienen en cuenta los aspectos e impactos de una actividad económica específica. En un segundo nivel se encuentran los PGCA desarrollados por Autoridades ambientales regionales, donde los aspectos e impactos ambientales están dados por diferentes fuentes a nivel regional, los controles se toman por seguimiento al nivel más bajo y la posible creación de políticas específicas. El nivel nacional engloba las anteriores y su accionar esta dado con la emisión de políticas nacionales.



Figura 5. Niveles de los PGCA en Colombia



## 5. ELEMENTOS DE UN PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

### 5.1. REVISIÓN INICIAL

Aquellas entidades gubernamentales o empresas regidas por el presente protocolo, que no dispongan de un PGCA, deberán adelantar esta etapa. La revisión inicial será liderada por la Autoridad ambiental, cuando se realice a nivel institucional. Para el caso de industrias, esta será realizada por la alta dirección de la empresa y liderada por quien esta delegue. La revisión inicial abarcará los siguientes tópicos:

- Identificación de la legislación aplicable.
- Identificación de aspectos ambientales (1) relacionados con la calidad del aire.
- Revisión general de procedimientos y prácticas existentes sobre control de calidad del aire.
- Evaluación del desempeño comparado con criterios pertinentes, normas externas, regulaciones u otros lineamientos internos, propios de la institución o empresa.
- Evaluación de incidentes ambientales previos relacionados con la calidad del aire.
- Revisión de quejas de la comunidad y puntos de vista de las partes interesadas.
- Revisión de no conformidades, detectadas por las Autoridades ambientales (para el caso de empresas).
- Revisión de la integridad de procedimientos que hacen parte de un PGCA. Es decir cuáles de estos elementos han sido desarrollados o implementados.

Para el desarrollo de esta etapa será útil la información obtenida en estudios previos desarrollados por las Autoridades ambientales o los EIA de las empresas donde se puede obtener información necesaria.

#### CONCEPTOS FUNDAMENTALES:

##### (1) ASPECTOS AMBIENTALES<sup>21</sup>:

Elemento derivado de las actividades productos y servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiental

##### ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS:

Es un aspecto ambiental que tiene o puede tener un impacto ambiental significativo

Para el caso de Autoridades ambientales se revisarán las actividades industriales, naturales o comerciales que tengan influencia relevante sobre el medio ambiente.

#### 5.1.1. Revisión inicial a nivel institucional

Se lleva a cabo por parte de los interesados en el tema de calidad del aire en la jurisdicción de la Autoridad ambiental competente. Este es un elemento común en el diseño de SVCA (Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire) y en el planteamiento de Planes de Gestión de la Calidad del Aire

<sup>21</sup> NTC ISO 140001

En reuniones con instituciones locales, la corporación autónoma regional o la Autoridad ambiental competente respectiva, podrá convocar a un grupo local de trabajo, conformado por representantes de los diferentes actores involucrados y/o afectados por la problemática de la calidad del aire en la ciudad o región, tales como las secretarías de salud, las industrias, las alcaldías, la sociedad civil, grupos ambientales, ONGs, etc.

Éste grupo local de trabajo, asesorado por el comité técnico de la Autoridad ambiental y de ser necesario por el IDEAM, Universidades u otra institución privada o pública de carácter técnico (Consultores públicos o Privados), deberá realizar una revisión preliminar con miras a establecer un PLAN DE GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE que parta de la identificación de los principales problemas relacionados con la calidad del aire en la jurisdicción de la Autoridad ambiental.

Para el desarrollo de esta actividad, la Autoridad ambiental<sup>22</sup> deberá hacer un análisis a partir de los siguientes argumentos:

- Evaluación de la principal problemática de la calidad del aire, al interior de la jurisdicción de la Autoridad ambiental respectiva, realizada a partir de la experiencia de funcionarios de la jurisdicción y consultas de ésta a otras instituciones (de salud, académicas, ONGs, entidades territoriales, etc.).
- Evaluación del dominio del PGCA. Se definirá el área o áreas de monitoreo al interior de la jurisdicción de la Autoridad ambiental y su interés puntual en el campo de gestión de la calidad del aire.
- Estudio de quejas a la Autoridad Ambiental, haciendo una recopilación estadística de las mismas y evaluando su posible origen y ubicación geográfica en la respectiva jurisdicción
- Tamaño de las mayores áreas urbanas de la Jurisdicción. Luego de una evaluación de los principales centros urbanos, se definirá si es necesaria la implementación de un PGCA con base en los siguientes parámetros:
  - No será necesaria la implementación de un PGCA en poblaciones con número de habitantes inferior a 50.000 sin problemáticas ambientales (calidad del aire) específicas.
  - Se debe implementar un PGCA en sitios con problemáticas ambientales especiales (zonas industriales, mineras u otras con fuentes de gran influencia) sin importar su densidad poblacional.

#### 5.1.2. Revisión inicial a nivel empresarial o industrial


Se lleva a cabo por parte de la alta gerencia en compañía de los técnicos ambientales de la empresa y/o asesores externos en caso de ser necesarios.

Entre otros aspectos la revisión inicial permitirá conocer el nivel de los impactos ambientales causados por la organización. La información recopilada servirá de base para el establecimiento de su compromiso institucional para el mejoramiento de la calidad del aire.

Una vez se ha realizado la revisión inicial esta deberá ser documentada. Puede ser complementada con otros aspectos ambientales para hacer parte de la implementación de la norma NTC ISO 14001, siendo totalmente compatible.

---

<sup>22</sup> Resolución 601 de 2006. Artículo 8: Mediciones de Calidad del Aire por las Autoridades Ambientales: Las autoridades ambientales competentes están obligadas a realizar mediciones de calidad del aire en el área de su jurisdicción, de conformidad con lo consagrado en la presente resolución.



## 5.2. COMPROMISO INSTITUCIONAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE

El compromiso institucional será análogo a la política ambiental desarrollada por la empresa o institución. Así mismo, se podrá integrar a políticas previas relacionadas con otros componentes ambientales o recursos naturales.

El compromiso institucional para el mejoramiento de la calidad del aire deberá tener las siguientes características:

- Ser claro y realista, apropiado a la naturaleza, escala e impacto de las actividades que influyan en la calidad del aire.
- Debe incluir un compromiso de mejoramiento continuo orientado a la minimización de riesgos para la salud y el medio ambiente.
- Debe ser divulgado ampliamente.
- Debe ser documentado, implementado, mantenido y comunicado a la comunidad y empleados.
- Tener un compromiso claro de mejoramiento continuo.

La Figura 6 ilustra los pilares principales que sostienen el compromiso institucional para el mejoramiento de la calidad del aire.



Figura 6. Pilares del Compromiso institucional<sup>23</sup>

Aquellas instituciones certificadas con la norma NTC ISO 14001 o en proceso de certificación, no tendrán que desarrollar una política específica de la calidad del aire. En el caso de entidades que posean compromisos institucionales relacionados con otros aspectos ambientales (ej.: Plan Gestión de Residuos), podrán integrar el compromiso institucional para el mejoramiento de la calidad del aire a los existentes.

## 5.3. PLANEACIÓN

Luego del compromiso institucional para el mejoramiento de la calidad del aire, la entidad pública o privada debe desarrollar un plan para cumplirlo.

<sup>23</sup> Adaptado de Environmental management systems. An implementation guide for a small and medium-sized organizations. NSF International. Ann Arbor Michigan. Enero de 2001



Se deben delinear procedimientos para identificar aspectos ambientales relacionados con la calidad del aire. Se debe hacer inspección de las actividades que inciden sobre la calidad del aire para determinar el grado de impacto sobre éste.

### 5.3.1. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

Esta actividad consiste en la identificación de aspectos ambientales que inciden sobre la salud pública y la cuantificación de sus impactos que permitan su mitigación o disminución, en caso de ser negativos.

La evaluación de la calidad del aire se realizará a través de un DIAGNÓSTICO (etapa análoga al diseño de un SVCA) descrito en el Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire del presente protocolo.

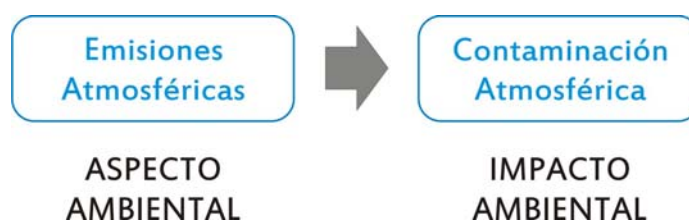


Figura 7. Aspecto-Impacto Ambiental

Esta actividad incluirá como mínimo los siguientes elementos:

- Recolección de Información General
- Inventario preliminar de emisiones
- Campaña de Monitoreo de la Calidad del Aire
- Modelación de la Calidad del Aire

El diagnóstico puede realizarse utilizando el procedimiento descrito en el Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire o a partir de información histórica existente, que presente mejores condiciones de las que se puedan lograr con el diagnóstico.

La evaluación de la calidad del aire deberá complementarse considerando posibles condiciones anormales o de emergencia que pudiesen presentarse. Así mismo debe considerar aspectos futuros, como el desarrollo de algún tipo de industria o actividad, o incremento de la producción en una planta de procesos.

En muchos casos las industrias habrán considerado estos aspectos en su estudio de impacto ambiental, por lo cual sólo será necesario actualizar los datos con información nueva o con los resultados del diagnóstico.

### 5.3.2. REVISIÓN DE REQUISITOS LEGALES

La Autoridad ambiental o usuario (empresa, industria o actividad generadora de emisiones) deberá establecer y mantener un procedimiento para tener acceso a los requisitos legales y/o normas técnicas relacionadas con la calidad del aire que se apliquen directamente dentro del rol que desempeñan en el Sistema Nacional Ambiental (SINA).

Las legislaciones aplicables identificadas deben ser conocidas por las personas o entidades que manejan procesos que puedan producir impactos ambientales atmosféricos.

Actualmente en Colombia las legislaciones y normas técnicas relacionadas con la Calidad del Aire, son las consideradas en el siguiente cuadro:

Tabla 3. Legislación colombiana relacionada con la calidad del aire

TITULO DE LA NORMA	DESCRIPCIÓN
Decreto 02 de 1982	Por el cual se reglamentan parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.
Decreto No. 2206 del 2 de agosto de 1983	Por el cual se sustituye el Capítulo XVI de la vigilancia, el control y las sanciones, del [Decreto No. 02 de 1982] sobre emisiones atmosféricas.
Decreto 775 del 16 de abril de 1990	Por el cual se reglamentan parcialmente los Títulos III, V, VI, VII y XI de la Ley 09 de 1979, sobre uso y manejo de plaguicidas
Ley 99 de 1993	Crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, organiza el Sistema de Información Nacional Ambiental SINA y otras disposiciones
Decreto 948 de 1995	Define las acciones y los mecanismos de que disponen las Autoridades ambientales para mejorar y preservar la calidad del aire, evitar y reducir el deterioro del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana, ocasionados por la emisión de contaminantes químicos y físicos al aire.
Resolución 898 de 1995	Por la cual se regulan los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y caldera de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores
Decreto 2107 del 30 de noviembre de 1995.	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.
Resolución 1619 del 21 de diciembre de 1995	Por la cual se desarrollan parcialmente los artículos 97 y 98 del Decreto 948 de 1995 (modificados por el Decreto 2107 del 30 de noviembre de 1995)
Decreto 2107 de 1995	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995, entre otras disposiciones, cabe resaltar para fuentes móviles la siguiente:  Artículo 38. Emisiones de Vehículos Diesel. Se prohíben las emisiones visibles de contaminantes en vehículos activados por Diesel (ACPM) que presenten una opacidad superior a la establecida en las normas de emisión. La opacidad se verificará mediante mediciones técnicas que permitan su comparación con los estándares vigentes. También hace referencia a la prohibición de este tipo de vehículos con los tubos de escape en posición horizontal, esto último fue derogado por el decreto 1552 de 2000.
	Artículo 92. Evaluación de emisiones de vehículos automotores. El Ministerio del Medio Ambiente establecerá los requisitos técnicos y condiciones que deberán cumplir los centros de diagnóstico oficiales o particulares para efectuar la verificación de emisiones de fuentes móviles. Dichos centros deberán contar con la dotación completa de los aparatos exigidos de medición y diagnóstico ambiental, en correcto estado de funcionamiento, y con personal capacitado para su operación, en la fecha, que mediante resolución, establezca el Ministerio del Medio Ambiente.

Decreto 1552 de 2000	Por el cual se modifica el artículo 38 del Decreto 948 de 1995, modificado por el artículo 30 del Decreto 2107 de 1995. Se exceptúan en este decreto para el cumplimiento de algunos incisos del artículo 30 del Decreto 2107 de 1995, todos los vehículos diesel año modelo 2001 en adelante
Decreto 1228 del 6 de mayo de 1997	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.
Decreto 1228 del 6 de mayo de 1997	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995, que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.
Resolución 528 del 16 de junio de 1997	Por medio de la cual se prohíbe la producción de refrigeradores, congeladores y combinación de refrigerador - congelador, de uso doméstico, que contengan o requieran para su producción u operación Clorofluorocarbonos (CFCs), y se fijan requisitos para la importación de los mismos.
Resolución 619 de 1997	Sobre factores que requieren permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas.
Decreto 1228 de 1997	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995, entre otras disposiciones, cabe resaltar para fuentes móviles la siguiente:  Artículo 91. Certificación del cumplimiento de normas de emisión para vehículos automotores. Para la importación de vehículos automotores CBU (Completed Built Up) y de material CKD (Completed Knock Down) para el ensamble de vehículos el Instituto Colombiano de Comercio Exterior -Incomex-, exigirá a los importadores la presentación del formulario de registro de importación, acompañado del Certificado de Emisiones por Prueba Dinámica el cual deberá contar con el visto bueno del Ministerio del Medio Ambiente. Para obtener el visto bueno respectivo, los importadores allegarán al Ministerio del Medio Ambiente dicho certificado, que deberá acreditar entre otros aspectos, que los vehículos automotores que se importen o ensamblen, cumplen con las normas de emisión por peso vehicular establecidas por este Ministerio. Los requisitos y condiciones del mismo, serán determinados por el Ministerio del Medio Ambiente (ahora MAVDT)".
Resolución 623 de 1998	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 898 de 1995 que regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna. No presenta modificaciones en lo referente a fuentes móviles
Resolución 1208 del 05 de Septiembre de 2003	Normas técnicas y estándares ambientales para la prevención y control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del aire en el perímetro urbano de la ciudad de Bogotá D.C. Esta norma derogó la Resolución 391 del 6 de marzo de 2001.
Resolución 601 de 2006	Establece la norma de calidad del aire o Nivel de inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia, esta deroga parcialmente en el Decreto 02 de 1982, y el objetivo de esta resolución es “establecer la norma de calidad del aire o nivel de inmisión, con el propósito de garantizar un ambiente sano y minimizar los riesgos sobre la salud humana que puedan ser causados por la concentración de contaminantes en el aire ambiente.
Decreto número 979 del 03 abril 2006	Por el cual se modifican los artículos 7, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995. El decreto reglamenta la declaración de los niveles de prevención, alerta y emergencia y las áreas fuente de contaminación

Las principales normas técnicas de calidad del aire expedidas en Colombia se relacionan a continuación:

Tabla 4. Normas técnicas de calidad del aire en Colombia

NTC NUMERO	DESCRIPCION
NTC 4231	CALIDAD DEL AIRE. PROCEDIMIENTO DE MEDICION Y CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS DE FLUJO PARCIAL NECESARIOS PARA EVALUAR LAS EMISIONES DE HUMO GENERADAS POR LAS FUENTES MOVILES ACCIONADAS CON DIESEL. METODO DE ACELERACION LIBRE
NTC 4248	GESTION AMBIENTAL. CALIDAD DEL AIRE. PRESENTACION DE DATOS SOBRE CALIDAD DEL AIRE DEL AMBIENTE EN FORMA ALFANUMERICA.
NTC 4983	CALIDAD DEL AIRE. EVALUACION DE GASES DE ESCAPE DE FUENTES MOVILES A GASOLINA. METODO DE ENSAYO EN MARCHA MINIMA - RALENTI - Y VELOCIDAD CRUCERO Y ESPECIFICACIONES PARA LOS EQUIPOS EMPLEADOS EN ESTA EVALUACION.
NTC 5365	CALIDAD DEL AIRE. EVALUACIÓN DE GASES DE ESCAPE DE MOTOCICLETAS, MOTOCICLOS Y MOTOTRICICLOS ACCIONADOS TANTO CON GASOLINA (CUATRO TIEMPOS) COMO CON MEZCLA GASOLINA ACEITE (DOS TIEMPOS). MÉTODO DE ENSAYO EN MARCHA MÍNIMA (RALENTÍ) Y ESPECIFICACIONES PARA LOS EQUIPOS EMPLEADOS EN ESTA EVALUACIÓN.
NTC 3662	GESTION AMBIENTAL. AIRE. RECOLECCION Y MEDICION DE PARTICULAS DE POLVO SEDIMENTABLE.
NTC 3704	GESTION AMBIENTAL. AIRE AMBIENTE. DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE PARTICULAS SUSPENDIDAS EN EL AIRE AMBIENTE.
NTC 3746	GESTION AMBIENTAL. AIRE AMBIENTE. METODO DE ENSAYO PARA EL MONOXIDO DE CARBONO EN EL AIRE AMBIENTE -MEDICION CONTINUA MEDIANTE ESPECTROMETRIA INFRARROJA NO DISPERSIVA-.
NTC 4059	GESTION AMBIENTAL. AIRE. DETERMINACION TEORICA DE LAS EMISIONES DE SO2 PARA UNIDADES OPERADAS CON GAS COMBUSTIBLE LIQUIDO O CARBON
NTC-ISO 10313	GESTION AMBIENTAL. AIRE AMBIENTE. DETERMINACION DE LA CONCENTRACION MASICA DE OZONO. METODO DE LA QUIMIOLUMINISCENCIA
NTC-ISO 6767	GESTION AMBIENTAL. AIRE AMBIENTE. DETERMINACION DE LA CONCENTRACION MASICA DE DIOXIDO DE AZUFRE. METODO DE TETRACLOROMERCURATO -TCM- / PARARROSANILINA.
NTC-ISO 6768	GESTION AMBIENTAL. AIRE. AMBIENTE. DETERMINACION DE LA CONCENTRACION MASICA DE DIOXIDO DE NITROGENO. METODO MODIFICADO DE GRIESS-SALTZAMAN
NTC-ISO 7934	GESTION AMBIENTAL. AIRE. EMISIONES DE FUENTES ESTACIONARIAS. DETERMINACION DE LA CONCENTRACION MASICA DE DIOXIDO DE AZUFRE. METODO DE PEROXIDO DE HIDROGENO/PERCLORATO DE BARIO/THORINA
NTC-ISO 9096	GESTION AMBIENTAL. AIRE. EMISION DE FUENTES FIJAS. DETERMINACION DE LA CONCENTRACION Y TASA DE FLUJO MASICO DE MATERIAL PARTICULADO DENTRO DE DUCTOS DE CONDUCCION DE GAS. METODO GRAVIMETRICO MANUAL

Algunas fuentes de información donde se pueden consultar las legislaciones y normas técnicas existentes son:

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM
- Corporaciones Ambientales Urbanas y Regionales
- Ministerio de Salud
- Ministerio de Relaciones Exteriores
- Alcaldías
- Gobernaciones

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC)
- Corporaciones Regionales
- Areas Metropolitanas



Figura 8. Las normas ambientales vigentes se pueden consultar en la página web del MAVDT en el link centro de documentación. <http://www.minambiente.gov.co>

### 5.3.3. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y METAS

Un objetivo ambiental es una meta general que surge del compromiso institucional que una entidad establece para sí misma. Los requerimientos de desempeño detallados y cuantificados serán las metas. Cada objetivo tendrá sus respectivas metas específicas que garantizarán el cumplimiento del mismo.

El establecimiento de objetivos y metas debe ser consistente con el compromiso institucional para prevenir la contaminación atmosférica y mejorar la calidad del aire ambiente.

Cada objetivo debe venir acompañado de metas con fechas e indicadores de cumplimiento, de lo cual se deduce que cada meta deberá poseer una herramienta que permita la medición. Se debe hacer énfasis en desarrollar indicadores específicos y apropiados a las metas planteadas.

La Tabla 5 muestra algunos tipos de metas, indicadores y herramientas de medición posibles en un PGCA.

Tabla 5. Algunos tipos de metas, indicadores y herramientas de medición posibles en un PGCA

TIPO DE META	INDICADORES	HERRAMIENTA DE MEDICION
Disminución de emisiones	Ton de contaminante emitido/año	Inventario de emisiones
Disminución de niveles de impacto	Nivel de impacto ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Índice Nacional de Calidad del Aire	Sistema de Vigilancia de la calidad del aire

La Tabla 6 muestra ejemplos de posibles objetivos y metas en un PGCA.

Tabla 6. Ejemplos de objetivos y metas

<p><b>OBJETIVO 001:</b> IMPLEMENTAR UN PLAN DE GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE.</p> <p><b>Metas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar el Plan de Gestión de Calidad del Aire antes de Diciembre de 2008</li> <li>• Implementar el PGCA antes de Abril del 2008</li> </ul>
<p><b>OBJETIVO 003:</b> DISMINUIR LAS EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO EN UN 10% DURANTE EL PERIODO 2008-2010.</p> <p><b>Metas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar a funcionarios de la Corporación en control de partículas antes de junio de 2008</li> <li>• Desarrollar un programa de reducción en conjunto con los principales generadores de emisiones de partículas en el área de la Corporación donde se dejen compromisos concretos de reducción de emisiones antes agosto de 2008</li> </ul>

Existen objetivos y metas en los que sólo se verifica el cumplimiento como el objetivo 1 en la Tabla 6 y otros donde se puede revisar el avance como el objetivo 3.

Se puede verificar si los objetivos y metas han sido bien definidos con el siguiente balance de logros<sup>24</sup>:

- ¿Los objetivos y metas son alcanzables?
- ¿Se han tenido en cuenta los requisitos legales?
- ¿Se han considerado los aspectos ambientales significativos relacionados con la calidad del aire?

<sup>24</sup> Tomado y adaptado de GUIA DE IMPLEMENTACION DE LA NORMA NTC ISO 14001. ICONTEC. 1997

- ¿Ha considerado puntos de vista de las partes interesadas?
- ¿Son consistentes con el compromiso institucional?

Los objetivos y metas planteadas deberán estar encaminados como mínimo al cumplimiento de la legislación existente en calidad del aire.

#### 5.3.4. PROGRAMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

Los programas de gestión de la calidad del aire proporcionan el marco necesario para alcanzar el compromiso institucional para garantizar el cumplimiento sostenido de la legislación y permitir el mejoramiento continuo.

Los programas constan de pasos específicos, actividades, recursos y responsabilidades requeridos para que la entidad alcance los objetivos ambientales relacionados con la calidad del aire.

En algunas industrias, muchos de los programas de calidad del aire estarán previamente definidos en su plan de manejo ambiental, por lo cual se deberá revisar si deben ser actualizados con los objetivos y metas planteados. La Tabla 7 muestra un ejemplo de una ficha para redacción del programa de gestión de la calidad del aire que pudiera ser desarrollado.

Tabla 7. Ejemplo de Ficha de programa de gestión de la calidad del aire<sup>25</sup>

<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>OBJETIVO N°:</b>
<b>OBJETIVO AMBIENTAL:</b>		
<b>METAS RELACIONADAS:</b>		
<b>ASPECTOS AMBIENTALES DE CALIDAD DEL AIRE RELACIONADOS:</b>		
<b>DEPARTAMENTO DE LA EMPRESA/ TERRITORIAL DE LA CAR:</b>		
<b>FECHA DE CUMPLIMIENTO:</b>		
<b>PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL: (Plan de Acción)</b>		
<i>¿Cómo será Cumplido este Objetivo? (adjunte hojas si es necesario):</i>		
<i>¿Qué controles operacionales pueden apoyar el logro de este objetivo?</i>		
<i>¿Cómo se realizará el seguimiento de este objetivo?:</i>		

<sup>25</sup> Basado en Environmental management systems. An implementation guide for small and medium-sized organizations. NSF International. Ann Arbor Michigan. Enero de 2001

¿Qué recursos serán asignados al cumplimiento de este objetivo?

#### 5.4. IMPLEMENTACIÓN

La implementación de un Plan de Gestión de la Calidad del Aire (PGCA) materializa las técnicas para integrarlo en las actividades misionales de una Autoridad ambiental o en las operaciones de una empresa.

##### 5.4.1. ESTRUCTURA Y RESPONSABILIDAD

Involucrar a los funcionarios de una Autoridad ambiental o empleados de una empresa en el PGCA garantizará su éxito. Los elementos más importantes son: el compromiso y el apoyo por parte de la dirección, los mandos medios y los funcionarios a cargo de procesos relacionados con la calidad del aire.

El PGCA deberá contar con un representante visible, pero la responsabilidad y el compromiso con la calidad del aire deberán iniciarse en los más altos niveles de la organización.

La Autoridad ambiental deberá definir y documentar funciones, responsabilidades y niveles de autoridad sobre el medio ambiente, específicamente sobre la calidad del aire<sup>26</sup>.

En el caso de Autoridades ambientales, la estructura y responsabilidad se deberán definir teniendo en cuenta varios niveles. Un nivel será la estructura donde se relacionan las instituciones que tienen que ver con la calidad del aire (alcaldías, gobernaciones, ONGs, etc); y otra, la operacional donde se definen funciones y responsabilidades del personal específico relacionado directamente con la ejecución del PGCA. La Figura 9 muestra un ejemplo del primer caso. La Figura 10 ilustra el segundo caso.

<sup>26</sup> Adaptado de NTC ISO14001



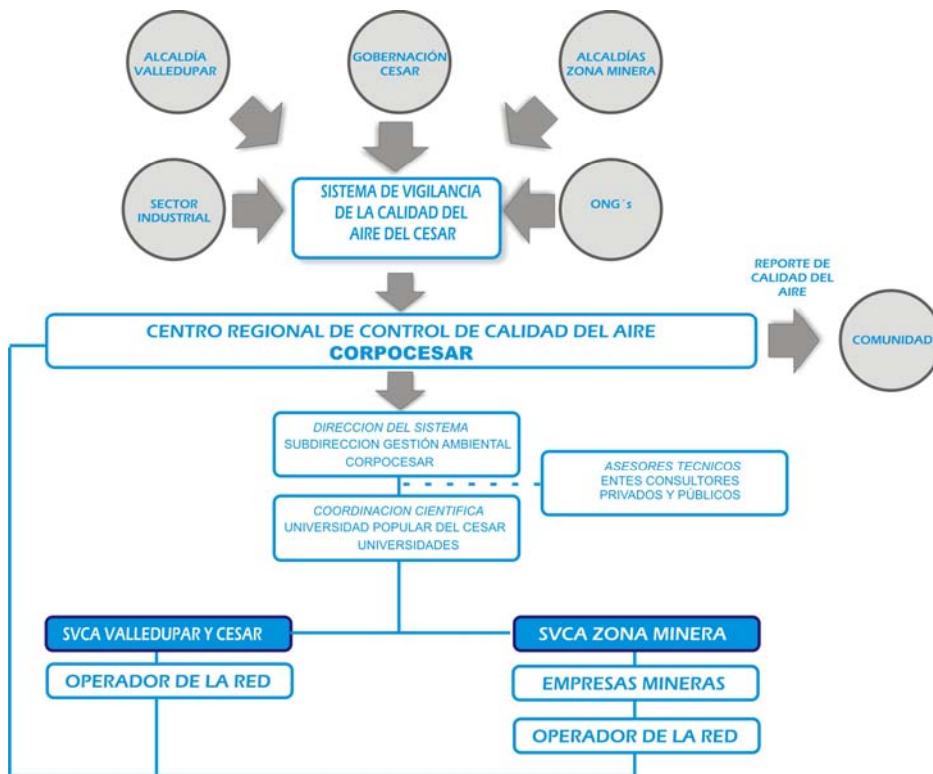


Figura 9. Estructura y Responsabilidad nivel administrativo CORPOCESAR<sup>27</sup>

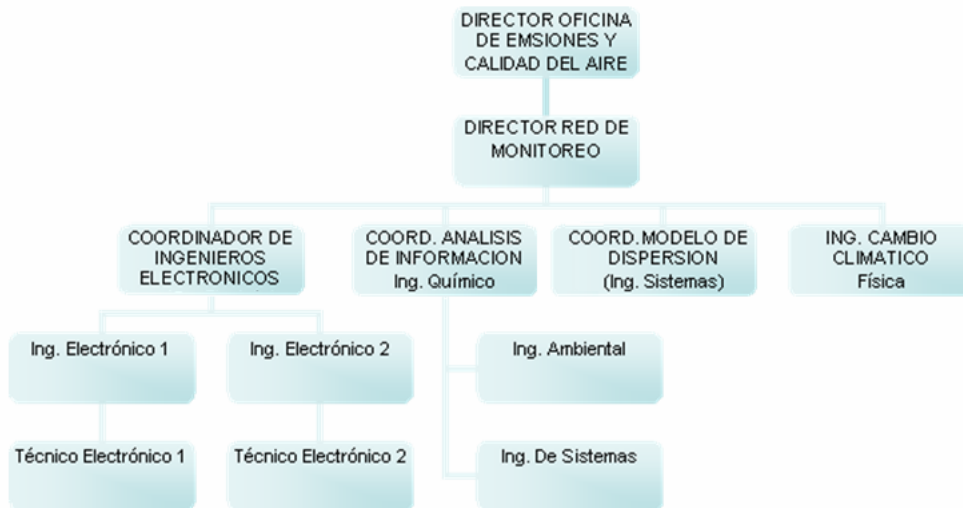


Figura 10. Estructura y Responsabilidad-Organigrama SDA

<sup>27</sup> Tomado del informe final ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ZONAS URBANAS Y MINERAS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR. FASE 1 DIAGNÓSTICO Y DISEÑO DE REDES DE MONITOREO, celebrado entre CORPOCESAR y la firma K-2 INGENIERIA (en representación del SMHI- Swedish Meteorological and Hydrological Institute).

#### 5.4.2. CAPACITACIÓN Y COMPETENCIA

Los funcionarios, usuarios, entes interesados de una Autoridad ambiental o empleados de una industria o actividad generadora de emisiones, deben recibir capacitación en sus diferentes niveles relacionados con el PGCA.

Las capacitaciones mínimas que deberán recibir los funcionarios de una Autoridad ambiental son las siguientes:

- Fundamentos de calidad del Aire.
- Sistemas de control de emisiones aplicables a la jurisdicción de la CAR (Corporación Autónoma Regional).
- Meteorología aplicada a la calidad del aire.
- Inventarios de emisiones.
- Modelación de calidad del aire.
- Sistemas de vigilancia de la calidad del aire.
- Planes de gestión de la calidad del aire.

Las capacitaciones mínimas que deberán recibir los usuarios y empleados de una industria generadora de emisiones, son las siguientes:

- Fundamentos de calidad del Aire.
- Sistemas de control de emisiones aplicables al proceso de la industria respectiva.
- Meteorología aplicada a la calidad del aire.
- Estudio de impacto ambiental componente aire de la empresa.
- Fundamentos de Modelación de calidad del aire.
- Sistemas de vigilancia de la calidad del aire previstos en el PMA.


#### 5.4.3. REPORTE A LA COMUNIDAD

La entidad deberá tener procedimientos claros de comunicación con la comunidad, empleados, entes reguladores u otras entidades públicas interesadas en los aspectos e impactos importantes dentro del dominio del PGCA. Esta comunicación se dará a través de diversos medios de comunicación tales como:

- Página Web de la entidad.
- Presentaciones periódicas sobre retos y avances en la gestión de la calidad del aire.
- Presentaciones a empleados.
- Participación en seminarios y eventos.
- Desarrollo de boletines especiales.
- Elaboración registro de reclamos relacionados con la calidad del aire.

#### 5.4.4. DOCUMENTACIÓN

La entidad debe crear medios efectivos para la documentación actualizada del PGCA. El medio de documentación podrá ser impreso o digital dependiendo de la naturaleza y políticas de la institución sobre el particular.



La entidad deberá implementar un Manual de Gestión de la Calidad del Aire donde se describan de manera general los elementos básicos del PGCA y su interrelación. Si la empresa posee un Manual de Gestión Ambiental que siga la norma ISO14001 no deberá desarrollar otro documento. De la misma forma el manual podrá ser integrado a otros manuales que la entidad posea de otros componentes ambientales.

En general deben tenerse y mantenerse tres tipos de documentos:

- Manual de Gestión de Calidad del Aire.
- Manual de Procedimientos.
- Instructivos, formatos y otros documentos.

#### 5.4.5. CONTROL OPERACIONAL

La entidad deberá identificar las operaciones y/o actividades que estén asociadas con los aspectos ambientales significativos (relacionados con la calidad aire).

Una Autoridad ambiental identificará las actividades que producen emisiones en el área de su jurisdicción y encaminará sus objetivos misionales al control de esas fuentes, garantizando el cumplimiento de la legislación. Para ello deberá establecer procedimientos claros que garanticen la efectividad de sus medidas y el seguimiento de las mismas.

Para un usuario determinado, la industria u otra actividad generadora de emisiones, el control operacional se centrará en el planteamiento de procedimientos internos que garanticen el cumplimiento de sus objetivos y metas de gestión de la calidad del aire.

#### 5.4.6. PLANES DE EMERGENCIA Y CONTINGENCIA

En caso de surgir una emergencia ambiental relacionada con la calidad del aire, una respuesta organizada y competente ayudará a minimizar los daños en la salud y en el medio ambiente.

Tanto las Autoridades ambientales como los usuarios deberán documentar las técnicas de mitigación de emisiones más efectivas para sus operaciones o fuentes emisoras y deberán elaborar su respectivo plan de emergencias.

##### 5.4.6.1. *Planes de contingencia de las Autoridades ambientales:*

El Decreto 979 de 2006 establece los siguientes aspectos en relación con los planes de contingencia por contaminación atmosférica<sup>28</sup>:

*Los planes de contingencia por contaminación atmosférica, son el conjunto de estrategias, acciones y procedimientos preestablecidos para controlar y atender los episodios por emisiones atmosféricas que puedan eventualmente presentarse en el área de influencia de actividades generadoras de contaminación atmosférica, para cuyo diseño han sido considerados todos los sucesos y fuentes susceptibles de contribuir a la aparición de tales eventos contingentes.*

*Las Corporaciones Autónomas Regionales, las de Desarrollo Sostenible y las Autoridades*

---


<sup>28</sup> Tomado literalmente del Decreto 979 de 2006



*ambientales a que se refiere el artículo 66 de la Ley 99 de 1993, y el artículo 13 de la Ley 768 de 2002, tendrán a su cargo la elaboración e implementación de los planes de contingencia dentro de las áreas de su jurisdicción, y en especial en zonas de contaminación crítica, para hacer frente a eventuales episodios de contaminación, los cuales deberán contar con la participación, colaboración y consulta de las Autoridades territoriales, las Autoridades de tránsito y transporte, de salud y del sector empresarial.*

*Así mismo, podrán las Autoridades ambientales imponer a los agentes emisores responsables de fuentes fijas, la obligación de tener planes de contingencia adecuados a la naturaleza de la respectiva actividad y exigir de éstos la comprobación de eficacia de sus sistemas de atención y respuesta, mediante verificaciones periódicas.*

*El plan de contingencia deberá contener como mínimo las siguientes medidas:*

- *Alertar a la población de las posibilidades de exposición a través de un medio masivo delimitando la zona afectada, los grupos de alto riesgo y las medidas de protección pertinentes.*
  - *Establecer un programa de educación y un plan de acción para los centros educativos y demás entidades que realicen actividades deportivas, cívicas u otras al aire libre, de tal forma que estén preparados para reaccionar ante una situación de alarma.*
  - *Elaborar un inventario para identificar y clasificar los tipos de fuentes fijas y móviles con aportes importantes de emisiones a la atmósfera, y que en un momento dado pueden llegar a generar episodios de emergencia, de tal manera que las restricciones se apliquen de manera efectiva en el momento de poner en acción el plan de contingencia.*
  - *Para las áreas-fuentes de contaminación clasificadas como alta, media y moderada, las Autoridades ambientales competentes utilizarán los inventarios para establecer sus límites de emisión, los índices de reducción, las restricciones a nuevos establecimientos de emisión, de tal manera que tengan la información necesaria para elaborar los planes de reducción de la contaminación, con el fin de prevenir en lo posible futuros episodios de emergencia.*
  - *Concertar con las Autoridades de Tránsito y Transporte las posibles acciones que se pueden llevar a cabo en el control de vehículos y tránsito por algunas vías, cuando se emita un nivel de prevención, alerta o emergencia.*
  - *Reforzar los programas de limpieza y/o humedecimiento de calles, en las zonas en que se han registrado situaciones de alarma.*
  - *Coordinar con el Ministerio de Protección Social y con las Secretarías de Salud los planes de vigilancia epidemiológica, según los niveles de alarma que se establezcan para ello.*
  - *Alertar a las unidades médicas de primer, segundo y tercer nivel de las zonas afectadas para que se preste atención prioritaria a los grupos de alto riesgo.*
- 

## 5.5. VERIFICACIÓN Y ACCIÓN CORRECTIVA

### 5.5.1. SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN

#### 5.5.1.1. *Evaluación de efectos en la calidad del aire*

Como parte de sus objetivos misionales o de sus requerimientos legales, una Autoridad ambiental o un usuario determinado (EIA, PMA) deberán implementar un Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire -SVCA- que le permita evaluar el cumplimiento de sus objetivos y metas. El desarrollo de ese SVCA deberá estar acorde con el presente protocolo (Manuales 2 y 3).

El SVCA deberá incluir procedimientos de aseguramiento y control de la calidad, incluidos dentro del Manual de Operación del presente protocolo, para que garantice la confiabilidad en las mediciones.

#### 5.5.1.2. *Evaluación de efectos en la salud*

Los estudios de evaluación de impactos en la salud proveen información cuantitativa y cualitativa sobre cómo determinada política, programa o proyecto puede afectar la salud de la población, lo cual es de utilidad para el trazado de políticas y para la toma de decisiones. Con respecto a las consecuencias en la salud de los niveles de contaminación del aire, este tipo de estudios se dirige a predecir el mejoramiento en la salud que podría esperarse a través de reducciones en la contaminación del aire, por esta razón son llamados también Análisis de Beneficios en la Salud Humana.

Para analizar cuantitativamente el impacto en la salud de la contaminación del aire en el ambiente exterior de una ciudad específica o región, es necesario tener información sobre concentraciones de calidad del aire y grado de exposición, los grupos de población expuesta, la incidencia de fondo de mortalidad y morbilidad y las funciones de concentración-respuesta.

La escogencia de cuáles criterios de valoración en la salud incluir en la evaluación, puede estar determinada por la fuerza de los estudios disponibles, la accesibilidad a la información de salud, y la importancia del impacto desde una perspectiva económica y de salud. La mayoría de análisis hechos hasta la fecha<sup>29</sup> indican que los efectos en la mortalidad, particularmente aquellos que se relacionan con la exposición a largo plazo a los contaminantes del aire, tienden a dominar los efectos económicos estimados.

Existen varios beneficios de conducir estudios de evaluación de impactos en la salud. En primer lugar, pueden asociarse cuantitativamente criterios de valoración en la salud adversos a un contaminante dado y puede determinarse la magnitud de los efectos en la salud asociados con cambios en la contaminación del aire. En segundo lugar, la información puede usarse de un modo útil hacia proveer mejoras costo-efectivas en la salud pública.

Los estimativos cuantitativos de los impactos de cambios en la contaminación del aire, aún si se hacen con gran incertidumbre, hacen que las consecuencias de políticas propuestas, tales como el establecimiento de estrategias de control, sean más explícitas y comprensibles para el público. Si se añade valoración económica a los impactos en la salud, los beneficios económicos pueden determinarse para estrategias alternativas de reducción de la contaminación del aire.

---

<sup>29</sup> Air Quality Guidelines, WHO, 2005.



Los estudios epidemiológicos existentes proveen evidencia de asociaciones entre concentraciones de calidad del aire y diversos criterios de valoración en la salud, incluyendo mortalidad prematura, admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias y cardiovasculares, ingresos de urgencias, ataques de asma, bronquitis aguda, síntomas respiratorios, ausencias laborales y restricciones en las actividades. De este modo, los estudios de Evaluación de impactos en la salud humana al extrapolar las observaciones de estos estudios a poblaciones o situaciones no cubiertas por los estudios, pueden dar estimativos del cambio estimado en el número de casos de mortalidad prematura, admisiones hospitalarias, etc., que pueden esperarse de un cambio específico en la contaminación del aire.

Para una ciudad determinada o región, la evaluación cuantitativa de los impactos en la salud debidos a la contaminación del aire en el ambiente exterior se basa en cuatro componentes:

- (a) Evaluación de las concentraciones y exposición en una situación previa y posterior
- (b) El tamaño y composición de los grupos de población expuestos a los niveles dados de contaminación del aire
- (c) La incidencia de fondo de la mortalidad y morbilidad en la región
- (d) Las funciones concentración - respuesta (valoración cuantitativa del impacto en la salud por unidad de carga contaminante).

#### METODOLOGÍA PROPUESTA PARA VALORACIÓN DE IMPACTOS EN LA SALUD

Una metodología para valorar los impactos en la salud debido a la contaminación del aire en una región o ciudad a partir de mapas generados con base en mallas de receptores generados con modelos de dispersión de contaminantes y haciendo uso de Sistemas de Información Geográfica - SIG- se describe a continuación y se esquematiza en la Figura 11.

Evaluación de la exposición al contaminante dado. Se determinan escenarios a modelar: al menos dos escenarios deberían incluirse, uno con las condiciones presentes y otro con las condiciones futuras de las fuentes de emisión de interés, generándose isopletas de igual concentración con base en una malla de receptores de un modelo de dispersión de contaminantes. Otra posibilidad es tomar un escenario suprimiendo cierto tipo de fuentes de emisión bajo la suposición de una estrategia de control específica para totalizar el impacto total de ese tipo de fuentes en la calidad del aire.

Se subdivide la región en categorías de exposición a diferentes niveles de contaminación mediante superposición de los mapas de concentración del contaminante con mapas de distribución de la población en la región o ciudad. Algunas veces las funciones Concentración - Respuesta son específicas para ciertos subgrupos de población (ej., ancianos, asmáticos, niños), por lo tanto los datos demográficos base divididos en subgrupos pueden ser de utilidad. La entidad encargada en Colombia de recolectar la información relativa a la población es actualmente el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE.

Evaluar la función exposición-respuesta entre contaminación del aire e impactos en la salud: Debe mostrarse hasta qué punto los niveles de contaminación del aire afectan los índices prevalentes de morbilidad y mortalidad para la población. Esta evaluación puede hacerse basándose en literatura epidemiológica ambiental a nivel mundial actualizada que involucre resultados de estudios de cohorte y estudios de series de tiempo.

No es necesario que cada región o ciudad tenga un estudio epidemiológico propio para lograr una evaluación del impacto en la salud. Debe tenerse en cuenta que el riesgo de desviaciones



aleatorias de las condiciones reales es mucho mayor en estudios particulares, lo cual también significa que la magnitud de la incertidumbre estadística (intervalo de confianza) es también mayor<sup>30</sup>.

Evaluar el impacto en la salud de las fuentes de emisión en consideración y llevarlo a términos monetarios. Usando datos epidemiológicos que tengan en cuenta la relación entre contaminación del aire y morbilidad y muertes prematuras, se determina el número de casos de morbilidad y/o mortalidad prematura que pueden atribuirse a la contaminación del aire. La diferencia entre los resultados calculados para los escenarios considerados correspondería al total de casos de morbilidad y mortalidad prematura debidos a un aumento en las emisiones para las fuentes evaluadas. Por último se pueden hallar costos asociados con el incremento en los casos de morbilidad y mortalidad multiplicando el número de casos con los costos estimados respectivos (factores de voluntad de pagar para reducción de los diferentes riesgos en la salud)<sup>31</sup>.

---

<sup>30</sup> Consideration of health aspects in environmental impact assessment for roads. Karin Aleniss.

<sup>31</sup> Basado en Economic valuation of health impacts due to road-traffic related air pollution. H. Sommer, N. Künzli, R. Seethaler, et al.

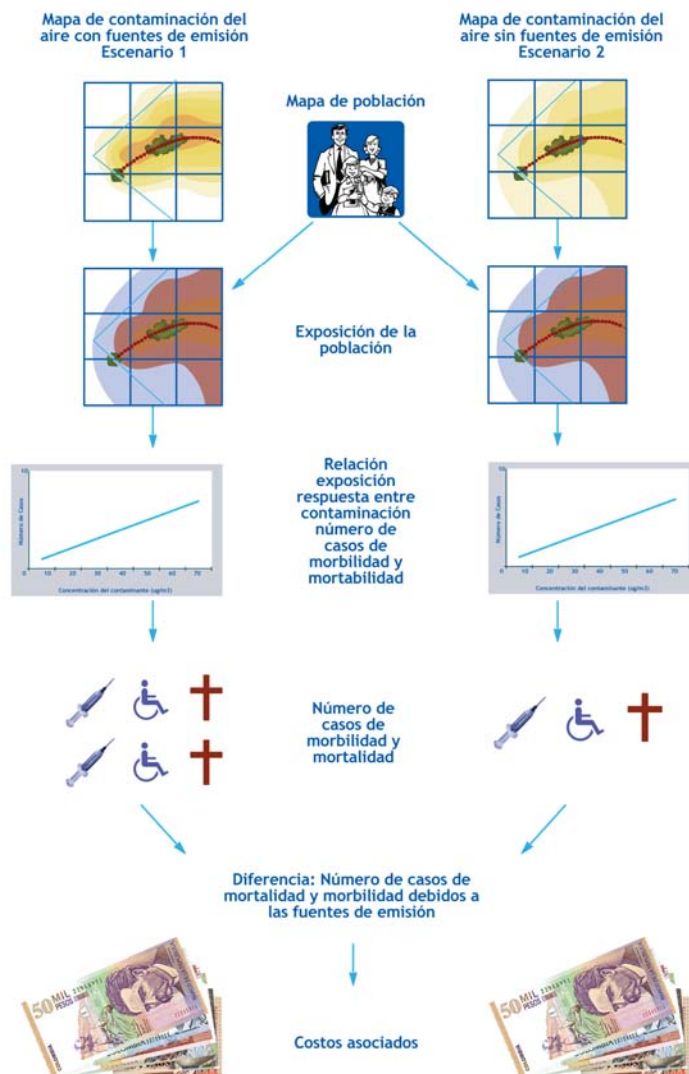


Figura 11. Enfoque metodológico para la evaluación de la mortalidad y morbilidad debida a la contaminación del aire. Elaborado con base en Economic valuation of health impacts due to road traffic related air pollution

#### Consideraciones adicionales

Durante toda la valoración los impactos pueden estimarse como un rango en vez de un valor fijo con el fin de expresar de mejor manera la incertidumbre. En todo caso debe incluirse al menos una descripción cuantitativa de la incertidumbre debido a las suposiciones hechas y las limitaciones de los datos disponibles.

Puesto que diferentes indicadores de exposición (ej.  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PST}$ , etc.) generalmente tienen altas correlaciones, no es exacto establecer el impacto en la salud mediante una valoración contaminante por contaminante pues esto conllevaría a una sobreestimación del impacto en la salud. Por lo tanto se debería escoger un indicador clave que refleje la mezcla compleja de la contaminación del aire. Muchas Evaluaciones de Impactos en la Salud en ciudades en el mundo han utilizado al Material Particulado como el marcador de contaminación, puesto que la exposición a



este contaminante es generalizada en centros urbanos.

Se deben considerar criterios de valoración en la salud en los que haya evidencia epidemiológica de estar asociados con la calidad del aire y que sean diferentes unos de otros para evitar sobreestimar los costos en la salud.

Para cada criterio de valoración en la salud se debe tener una curva de función Exposición - Respuesta (Concentración - Respuesta) independiente (valoración cuantitativa del impacto en la salud por unidad de carga contaminante) y unas frecuencias del criterio de valoración en la salud de acuerdo a las cargas del contaminante en los escenarios evaluados (ver Figura 12). La decisión de qué estudios relativos a funciones Concentración-Respuesta usar dependerá de la aplicación de meta-análisis y juicio de expertos. Algunas evaluaciones han combinado diferentes estudios disponibles ponderando cada estudio con el inverso del error estándar o usando otras técnicas, mientras que otros han usado juicios más subjetivos para enfocarse en estudios considerados de mayor calidad.

Los estudios epidemiológicos estiman típicamente el riesgo relativo (es decir el porcentaje de cambio en los efectos en la salud por unidad de contaminación), es de importancia conocer la incidencia subyacente de los efectos en la salud que se están estimando (ej. tasas de mortalidad y morbilidad).

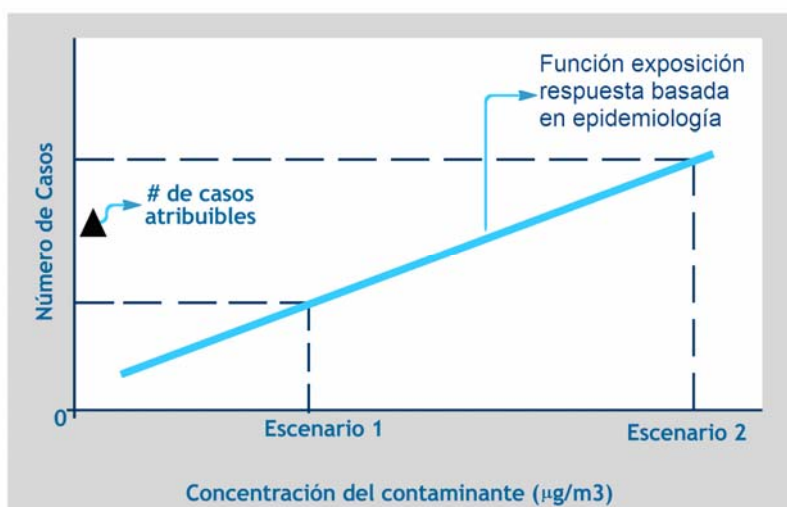


Figura 12. Relación entre exposición a la contaminación del aire y frecuencia de resultados en la salud (Función exposición - respuesta)

A continuación se presentan en detalle algunas curvas de exposición - respuesta para algunos contaminantes de acuerdo a guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Estos valores deben ser consultados a futuro en guías más recientes de la OMS o en otros estudios epidemiológicos.

#### Partículas y mortalidad diaria

Un estudio de meta-análisis de estudios europeos realizado por la OMS<sup>32</sup> estimó que el cambio en mortalidad diaria asociado con un cambio en un día de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración de PM10 es

<sup>32</sup> Anderson HR et al. Meta-analysis of time-series studies and panel studies of particulate matter (PM) and ozone (O3). Report of a WHO task group. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2004 (<http://www.euro.who.int/document/e82792.pdf>, accessed 27 September 2006).

de aproximadamente 0.6%, con un intervalo de confianza del 95% entre 0.4 y 0.8%. Las estimaciones de efectos reportados han sido similares sin importar si las ciudades son de países desarrollados o en vías de desarrollo. Algunos estudios realizados en América Latina reportan para el total de la población un cambio en la mortalidad diaria por un cambio en 10 µg/m<sup>3</sup> en la concentración de PM10 (con intervalos de confianza del 95%) de: 1.83% (0.9 - 2.7) para Ciudad de México<sup>33</sup> y 1.1% (0.9 - 1.4) para Santiago de Chile<sup>34</sup>.

Algunas de las relaciones cuantitativas mejor documentadas entre concentraciones de material particulado y la ocurrencia de efectos adversos en la salud se muestran en la tabla siguiente. Estos coeficientes pueden usarse, junto con información de monitoreos de concentraciones de material particulado, para estimar la carga de enfermedad atribuible a material particulado y el impacto potencial de varios escenarios de control<sup>35</sup>. El uso de estas relaciones de riesgo para un entorno particular está sujeto a la incertidumbre relacionada con su generalización.

Existen varias explicaciones para la diferencia entre el estimado en mortalidad entre el estudio europeo (OMS) y el estimado americano (NMMAPS), el cual está basado en las 90 ciudades americanas más grandes sin selección adicional; estas incluyen diferencias en el enfoque analítico y en otros aspectos de la metodología, como también la posibilidad de una diferencia en el efecto verdadero del material particulado que surge de características diferentes o patrones de exposición en los dos continentes.

Los estimados de efecto para causas cardiovasculares y respiratorias son mayores que para mortalidad por todas las causas. Esto es consistente con la hipótesis que las personas con enfermedad pulmonar y cardíaca crónica tienen mayor riesgo con la exposición al material particulado<sup>7</sup>.

Tabla 8. Estimativos de riesgo para material particulado (PM<sub>10</sub>).

CRITERIO DE VALORACIÓN	FUENTE	REFERENCIA	ESTIMACIÓN	I.C. 95%
Mortalidad diaria (todas las causas)	Meta análisis OMS	OMS	0.6% / 10µg/m <sup>3</sup>	0.4 - 0.8
Mortalidad diaria (respiratoria)	Meta análisis OMS	OMS	1.3% / 10µg/ m <sup>3</sup>	0.5 - 2.09
Mortalidad diaria (cardiovascular)	Meta análisis OMS	OMS	0.9% / 10µg/ m <sup>3</sup>	0.5 -1.3
Mortalidad diaria (todas las causas)	NMMAPS revisada	Health Institute Effects	0.21% / 10µg/ m <sup>3</sup>	0.09 - 0.33
Mortalidad diaria (cardiovascular)	NMMAPS revisada	Health Institute Effects	0.31% / 10µg/ m <sup>3</sup>	0.13 - 0.49
Mortalidad a largo plazo (todas las causas)	ACS CPS II 1979-1983	Pope et al.	4% / 10µg/ m <sup>3</sup>	1 - 8
Mortalidad a largo plazo (cardiopulmonar)	ACS CPS II 1979-1983	Pope et al.	6% / 10µg/ m <sup>3</sup>	2 - 10

Fuente: WHO, Air Quality Guidelines, 2005

OMS: Organización Mundial de la Salud

NMMAPS: National Morbidity, Mortality and Air Pollution Study (Estudio Nacional de Morbilidad, Mortalidad y Contaminación del Aire)

ACS CPS II: American Cancer Society's Cancer Prevention Study II (Estudio de Prevención del Cáncer de la Sociedad Americana del Cáncer)

<sup>33</sup> Castillejos M et al. Airborne coarse particles and mortality. Inhalation Toxicology, 2000, 12(Suppl. 1):67-72.

<sup>34</sup> Ostro BD et al. Air pollution and mortality: results from a study in Santiago, Chile. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 1996, 6:97-114.

<sup>35</sup> WHO air quality guidelines 2005.

Si la concentración de partículas se expresa como la fracción fina o  $PM_{2.5}$ , el incremento en la mortalidad total está dado como 1.5% por  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y para partículas de sulfatos como 6% por cada  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de incremento en la concentración. Puesto que las relaciones asumidas para valores diarios de  $PM_{10}$  están basados en resultados con concentraciones dentro de 20 a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la OMS establece que las relaciones no pueden asumirse como válidas fuera de este rango. Se considera que las curvas dosis - respuesta son generalmente lineales desde concentraciones bajas hasta  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$ , valor por encima del cual tienden a ser más planas.

#### Partículas y hospitalización

De acuerdo a la OMS (WHO, 2000), el número diario promedio de hospitalizados por enfermedades respiratorias incrementa en 0.8% por cada  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de incremento de partículas medidas como  $PM_{10}$ , en 5% si la concentración se expresa como  $PM_{2.5}$ , y en 6% para partículas de sulfato por cada  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de incremento en la concentración.

En el software AirQ de la OMS para estimar impactos en la salud de contaminantes del aire, se asume que el número de aquellos hospitalizados por enfermedades cardiacas incrementa en 0.9% por  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de incremento en la concentración de  $PM_{10}$ , pero esta relación no es sostenida en igual forma para hospitalización por enfermedades respiratorias.

#### Partículas y medicación / síntomas de vías respiratorias

La incidencia de tos, quejas en asmáticos y el uso de broncodilatadores se asume que incrementa en un 3 a 5% por cada  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de incremento en la concentración diaria de  $PM_{10}$ .

#### Partículas y función pulmonar

De acuerdo a las guías de calidad del aire de la OMS (2000) puede asumirse que la función pulmonar expresada como PEF (tasa Pico de Flujo Espiratorio en l/m) disminuye linealmente en un promedio de 0.13% por  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de incremento en la concentración diaria de  $PM_{10}$ , el cual es pequeño y no parecería ser problemático.

#### Dióxido de Nitrógeno y mortalidad diaria

En el software AirQ de la OMS para estimar impactos en la salud de contaminantes del aire, la mortalidad diaria se asume que se incrementa en un 0.3% por cada  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de incremento en la concentración diaria de dióxido de nitrógeno.

#### Dióxido de Nitrógeno y hospitalización

El programa de cálculo AirQ de la OMS para estimar impactos en la salud de contaminantes del aire asume que las diferentes categorías de hospitalización por quejas respiratorias se incrementan entre 0.2 a 0.58% por cada  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de incremento en la concentración diaria de dióxido de nitrógeno. Los estudios fueron realizados principalmente en ciudades con concentraciones medias de dióxido de nitrógeno de 45 a  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; la forma de la curva dosis - respuesta no está particularmente bien documentada.

#### Ozono y mortalidad diaria

La tabla siguiente ilustra los efectos (incrementos) en mortalidad diaria debidos a incrementos de 10% en la concentración de Ozono.



Tabla 9. Estimativos de riesgo para ozono (O<sub>3</sub>)

CRITERIO DE VALORACIÓN	EDAD	ESTIMACIÓN	I.C. 95%
Mortalidad diaria (todas las causas)	Todas las edades	0.3% / 10µg/m <sup>3</sup>	0.1 a 0.4
Mortalidad diaria (respiratoria)	Todas las edades	0.0% / 10µg/m <sup>3</sup>	-0.4 a 0.5
Mortalidad diaria (cardiovascular)	Todas las edades	0.4% / 10µg/m <sup>3</sup>	0.3 a 0.5

Fuente: WHO Air Quality Guidelines, 2005 (basado en Anderson et al.)

Una guía metodológica adicional para estimar los efectos en la salud de la contaminación del aire es dada por Ostro<sup>36</sup> como parte del proyecto “Environmental Burden of Disease” de la Organización Mundial de la Salud, El Clean Air Act Compliance Council de la US EPA (un panel de revisión científico independiente de la US EPA)<sup>37</sup>, El US National Research Council<sup>38</sup>, la Organización Mundial de la Salud<sup>39</sup>, y de Europa, Externe<sup>40</sup> y Sanderson y Hurley<sup>41</sup>.

#### Software utilizado a nivel global para valoración de impactos en la salud

Existe software estadístico disponible para calcular la valoración de impactos en la salud como BenMAP de la US EPA y AirQ 2.2.3 de la Oficina Regional de la OMS para Europa, los cuales están disponibles en internet.

BenMAP internacional (Environmental Benefits Mapping and Analysis Program) es un programa basado en SIG que estima los beneficios en la salud asociados con cambios en la calidad del aire y el valor económico de estos beneficios. Este modelo está basado en el modelo BenMap de la US EPA, usado para aplicaciones domésticas, probado como una herramienta notable de ayuda a los tomadores de decisiones para entender las implicaciones en la salud y económicas de las políticas posibles de control de la contaminación del aire. BenMAP internacional ha sido diseñado como un marco de modelación altamente flexible que permite a los analistas usar sus propios datos y modelar los impactos en la salud en una variedad de escalas espaciales que van de las urbanas/regionales a las nacionales.

El modelo de computador determina análisis de beneficios en la salud como función de los cambios en la calidad del aire. El modelo estima los cambios en la incidencia de efectos adversos en la salud, como también el valor económico estimado del cambio en la incidencia de efectos adversos en la salud, y también reporta resultados de calidad del aire y de exposición de la población. BenMAP no tiene capacidad de modelación, y por lo tanto depende de entradas de modelación y

<sup>36</sup> Ostro BD. Outdoor air pollution: assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Geneva, World Health Organization, 2004 (Environmental Burden of Disease Series, No. 5).

<sup>37</sup> Advisory on plans for health effects analysis in the analytical plan for EPA’s second prospective analysis - benefits and costs of the Clean Air Act, 1990-2020. Advisory by the Health Effects Subcommittee of the Advisory Council for Clean Air Compliance Analysis. Washington, DC, US Environmental Protection Agency, 2004 (EPA-SAB-COUNCIL-ADV-04-002) ([http://www.epa.gov/science1/pdf/council\\_adv\\_04002.pdf](http://www.epa.gov/science1/pdf/council_adv_04002.pdf), accessed 27 September 2006).

<sup>38</sup> National Research Council. Estimating the public health benefits of proposed air pollution regulations. Washington, DC, National Academy Press, 2002.

<sup>39</sup> Quantification of the health effects of exposure to air pollution. Report of a WHO Working Group, Bilthoven, Netherlands, 20-22 November 2000. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2001 (document EUR/01/5026342) [www.euro.who.int/document/e74256.pdf](http://www.euro.who.int/document/e74256.pdf), accessed 27 September 2006).

<sup>40</sup> Holland MR, Forster D, eds. Externalities of energy, ExterneE Project, Report Number 7, methodology: update 1998. Brussels, European Commission, 1999.

<sup>41</sup> Sanderson E, Hurley F, eds. Air pollution and the risks to human health -health impact assessment. AIRNET, 2005 ([http://airnet.iras.uu.nl/products/pdf/airnet\\_wg4\\_hia\\_report.pdf](http://airnet.iras.uu.nl/products/pdf/airnet_wg4_hia_report.pdf), accessed 30 October 2006).

monitoreos. Sus usos se resumen a continuación:

- Generación de mapas de exposición de la población a la contaminación ambiental.
- Comparar los beneficios asociados con programas regulatorios.
- Estimar los efectos en la salud y los costos de las concentraciones existentes de calidad del aire.
- Estimar los beneficios en la salud de estándares de calidad del aire alternativos.
- Realizar análisis de sensibilidad de funciones de valoración o de salud, o de otras entradas.
- Análisis de tipo hipotético.

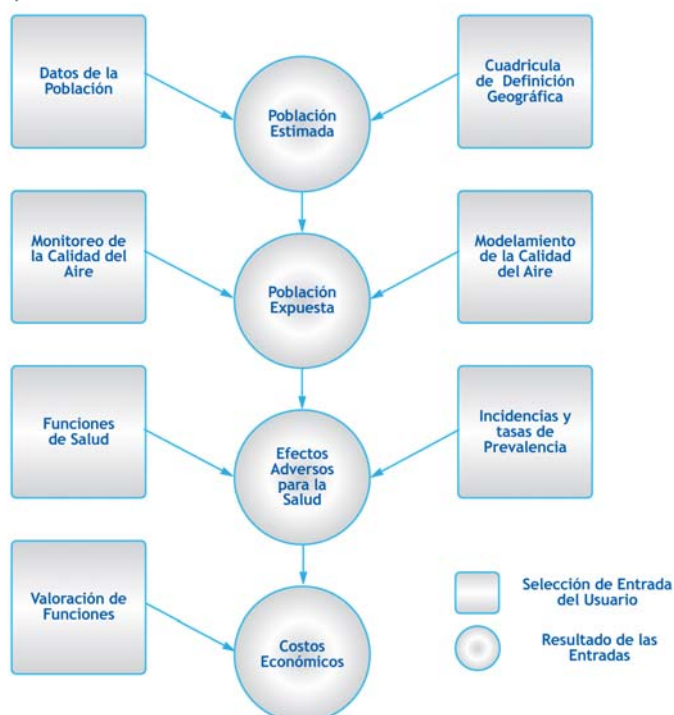


Figura 13. Diagrama de flujo de BenMAP.

*Tomado de BenMAP User's manual.*

Más documentación sobre este software puede encontrarse en la página: <http://www.epa.gov/air/benmap/>

#### 5.5.2. NO CONFORMIDADES Y ACCIÓN PREVENTIVA Y CORRECTIVA

El PGCA requiere que las Autoridades ambientales o usuarios establezcan y mantengan procedimientos para la investigación, manejo de desviaciones al PGCA (No conformidades) sin perjuicio de los posibles incumplimientos a las normativas asociadas.

Estos procedimientos permitirán retroalimentar el PGCA y que este sea corregido en caso de existir alguna necesidad. Una no conformidad incluye todo aquello que no satisfaga los requerimientos

especificados en el PGCA. Estos procedimientos como mínimo incluirán<sup>42</sup>:

- Identificación de la causa de no conformidad a través de un análisis a fondo de las causas y otros métodos.
- Identificación de opciones para acción correctiva y preventiva, incluyendo la adición o modificación de procedimientos y otros controles.
- Capacitación del personal.
- Puesta en práctica de un plan de acción para la acción correctiva selecta.

#### 5.5.2.1. *Planes de Reducción de la contaminación*

En caso de presentarse una “no conformidad”, relacionada con la presencia de un área - fuente moderada<sup>43</sup>, media o alta se deberá establecer un plan de reducción de la contaminación. El plan contendrá los siguientes elementos:

1. Justificación
2. Objetivos
3. Programación
4. Beneficios esperados
5. Cronograma
6. Presupuesto
7. Roles y responsabilidades

#### 5.5.3. REGISTROS

Los registros mínimos que deberán llevarse son<sup>44</sup>:

- Reportes de Incidentes
- Reportes de quejas
- Información de procesos
- Registros de no conformidades y acciones preventivas y correctivas
- Procedimientos de preparación y respuesta a emergencias
- Registros de revisión por la dirección
- Registros de entrenamiento
- Registros de mediciones realizadas
- Informes de Inventarios de emisiones
- Informes del SVCA
- Información relativa a legislaciones ambientales aplicables

#### 5.5.4. AUDITORIA


Las entidades y usuarios deberán poner en marcha un sistema de auditorías que previamente debe ser diseñado, documentado y puesto en práctica. Esta auditoría deberá determinar si el PGCA esta

---

42 Tomado de GUIA ISO 14000. Las Nuevas Normas Internacionales para la Administración Ambiental. Joseph Cascio, Gayle Woodside, Philip Mitchell. Mc Graw Hill. Mejico 1997

43 Decreto 979 de 2006

44 Adaptado de GUIA ISO 14000. Las Nuevas Normas Internacionales para la Administración Ambiental. Joseph Cascio, Gayle Woodside, Philip Mitchell. Mc Graw Hill. Mejico 1997



en marcha, si es mantenido y si es el insumo para la revisión de la dirección. Los procedimientos del programa de auditorías deberán incluir:

- Frecuencia de la auditoría (mínimo 1 anual)
- Metodología
- Responsabilidades
- Forma de presentación de resultados

#### 5.6. REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN

En esta etapa se revisan los resultados y proyecciones del PGCA. Esta consistirá en un informe, producto de una reunión entre los responsables directos de la calidad del aire en la institución y la alta dirección, con los resultados de las auditorías realizadas con fines de evaluar el cumplimiento del PGCA y la proyección del mismo.

Para la realización de la reunión debe tenerse actualizada la siguiente información:

- Revisión de resultados de cumplimiento de objetivos y metas.
- Cambios en el entorno social, económico, político que puedan influir en el compromiso institucional y sus objetivos y metas.
- Legislación nueva o modificada.
- Cambios aplicables a las tecnologías relacionadas o en tipos de industria que puedan incidir en el PGCA
- Incidentes relacionados con la calidad del aire, no conformidades y acciones preventivas
- Ejecución de presupuesto destinado al PGCA.

El informe final, producto de la reunión, llamado REVISIÓN DE DESEMPEÑO DE LA DIRECCIÓN o INFORME ANUAL DE DESEMPEÑO DE LA CALIDAD DEL AIRE, debe tener una conclusión clara sobre el estado del PGCA y el enfoque del mismo para el próximo período, así como el presupuesto destinado para la ejecución del mismo plan.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Sistemas de Administración Ambiental. Especificaciones con Guía para Uso. Bogotá. Icontec. 1996, 22 p. (NTC ISO 14001).

GUIA DE IMPLEMENTACION DE LA NORMA NTC ISO 14001. ICONTEC. 1997

GUIA ISO 14000. Las nuevas normas internacionales para la administración ambiental. Joseph Cascio, Gayle Woodside, Philip Mitchell. Mexico:Mc Graw Hill. 1997

Environmental management systems. An implementation guide for a small and medium-sized organizations. NSF International. Ann Arbor Michigan. Enero de 2001

GESTION AMBIENTAL DE RESIDUOS PELIGROSOS EN COLOMBIA. Manual de procedimientos. 2002. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

ALENIS, K. Consideration of health aspects in environmental impact assessments for roads.

Sommer H, Künzli N, Seethaler R, et al. Economic valuation of health impacts due to road traffic-related air pollution.

Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Resumen de evaluación de los riesgos. WHO, 2005.

Air Quality Guidelines, global update. WHO, 2005.

Air Quality Guidelines, global update. WHO, 2000.

Health effects of transport related air pollution. WHO, 2005.

BenMAP, Environmental Benefits Mapping and Analysis Program. EPA, 2005.

WOODSIDE, G y AURRICHIO, P. Auditoría de Sistemas de Gestión Medioambiental. Introducción a La Norma ISO 14001. España. McGraw Hill. 2001.

CASCIO, J; WOODSIDE, G y MITCHELL, P. Guía ISO 14000. Las nuevas normas internacionales para la administración ambiental. México. McGraw Hill. 1997.