

258

EVALUACION DE EMISIONES Y CALIDAD DEL AIRE EN EL AEROPUERTO ELDORADO DE LA CIUDAD DE SANTAFE DE BOGOTA D.C.

MEDICIONES DE CAMPO

INDICE

	PAG.
1. INTRODUCCION	3
2. OBJETIVOS	3
3. CONTAMINANTES EVALUADOS Y METODOLOGIA DE MEDICION Y ANALISIS	3
3.1 METODO PARA EVALUAR PARTICULAS EN SUSPENSION	5
3.1.1 Principio	5
3.1.2 Aparatos	5
3.1.3 Procedimiento de Muestreo	6
3.1.4 Cálculos	6
3.1.5. Calibración de los Medidores de Alto Volumen	7
3.2 METODO PARA EVALUAR DIOXIDO DE AZUFRE	8
3.2.1 Principio	8
3.2.2 Aparatos	8
3.2.3 Procedimientos de Muestreo	9
3.2.4 Cálculos	10
3.3 METODO PARA ANALISIS DE DIOXIDO DE NITROGENO	10
3.3.1 Principio del Método	10
3.3.2 Rango y Sensibilidad	11
3.3.3 Interferencias	11
3.3.4 Precisión	11
3.3.5 Aparatos	11
3.3.6 Procedimiento	12
3.3.7 Cálculos	13
3.3.8 Efectos del Almacenamiento	13
3.4 METODO PARA LA EVALUACION DEL MONOXIDO DE CARBONO	14
3-4.1 Principio del Método	14
3.4.2 Aparato	14
3.4.3 Procedimiento	14
3.4.4 Cálculos	14
3.5 METODO PARA LA EVALUACION DE HIDROCARBUROS	15
3.5.1 Principio del Método	15
3.5.2 Aparato	15
3.5.3 Procedimiento	15

3.5.4	Presentación de resultados	15
4	ANALISIS DE RESULTADOS Y COMPARACION CON NORMAS	16
4.1	PARTICULAS	16
4.2	OXIDOS DE NITROGENO	16
4.3	OXIDOS DE AZUFRE	17
4.4	MONOXIDO DE CARBONO	17
4.5	HIDROCARBUROS	18
5	INVENTARIO DE EMISORES Y EMISIONES	20
6	COMPARACION DE LOS RESULTADOS CON LAS NORMAS DEL DECRETO 02 DE 1982, O NORMAS INTERNACIONALES	21
6.1	DEFINICION DE NORMAS	21
6.1.1	Calculos de las Normas Locales para Partículas y Dioxido de Azufre	21
6.1.2	Normas de Calidad para Oxidos de Nitrogeno	22
6.1.3	Normas de Calidad para Monoxido de Carbono	22
6.1.4	Normas de Calidad para Hidrocarburos	22
6.2	COMPARACION DE LOS RESULTADOS DEL MUESTREO CON LAS NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE	22
6.2.1	Particulas	22
6.2.2	Oxidos de Nitrogeno	22
6.2.3	Dioxido de Azufre	23
6.2.4	Monoxido de Carbono	23
6.2.5	Hidrocarburos	23
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
	ANEXOS	
1	Plano de Localización de Puntos de Muestreo	
2	Cuadros de Resultados	

209

EVALUACION DE EMISIONES Y CALIDAD DEL AIRE EN EL AEROPUERTO EL DORADO DE LA CIUDAD DE SANTA FE DE BOGOTA D.C.

1 INTRODUCCION

El presente estudio se refiere a la evaluación de las emisiones generadas por las operaciones aéreas que se llevan a cabo en el Aeropuerto El Dorado de la ciudad de Santafé de Bogotá y al estudio de la calidad del aire en los alrededores del mismo, en cumplimiento de las exigencias del Ministerio del Medio Ambiente, según términos de referencia fijados a la Aeronáutica Civil.

Inicialmente, se presentan los objetivos del estudio, en los cuales se contemplan las actividades desarrolladas en cumplimiento de los mencionados términos de referencia.

A continuación, se efectúa una breve descripción de las operaciones aéreas que se llevaron a cabo durante la semana del monitoreo de la calidad del aire y se presentan los estimativos de las emisiones de contaminantes durante las mismas. Más adelante se incluye el estudio de la calidad del aire desarrollado en el Aeropuerto El Dorado y finalmente se realiza la comparación de las normas legales vigentes con los resultados obtenidos.

2 OBJETIVOS

- Conocer el estado actual de la calidad del aire en el Aeropuerto El Dorado, en cuanto a las Partículas en Suspensión, Dióxido de Azufre, Oxidos de Nitrógeno, Monóxido de Carbono e Hidrocarburos.
- Disponer de un inventario de emisores y emisiones de contaminantes del aire en el Aeropuerto El Dorado
- Comparar los resultados del monitoreo con las normas de calidad del aire que se han establecido en el país.

3 CONTAMINANTES EVALUADOS Y METODOLOGIA DE MEDICION Y ANALISIS

La calidad del aire fué evaluada mediante un monitoreo comprendido entre los días 25 de Noviembre y 6 de Diciembre de 1994. Se analizaron los siguientes contaminantes:

- Partículas

- Dióxido de azufre
- Oxidos de Nitrógeno
- Monóxido de Carbono
- Hidrocarburos

Las estaciones de monitoreo se instalaron en dos sitios, uno sobre la terraza de las instalaciones de bomberos en el Aeropuerto y el otro, a unos diez metros de la caseta de entrada de la Industria de Alimentos de Avianca, en la Cra 95 con Calle 60.

El número de muestras y la frecuencia del muestreo se indica en el siguiente cuadro:

CONTAMINANTE	SITIOS DE MUESTREO	No. MUESTRAS POR SITIO
PARTICULAS	- BOMBEROS	7
	- INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE AVIANCA	7
DIOXIDO DE AZUFRE	- BOMBEROS	7
	- INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE AVIANCA	7
OXIDOS DE NITROGENO	- BOMBEROS	7
	- INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE AVIANCA	7
MONOXIDO DE CARBONO	- BOMBEROS	63
	- INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE AVIANCA	63
	- PLATAFORMA MUELLE NACIONAL	63
	- PLATAFORMA MUELLE INTERNACIONAL	63
	- ZONA DE PARQUEO	63
HIDROCARBUROS	- BOMBEROS	7
	- INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE AVIANCA	7

Las metodologías utilizadas para la realización de los muestreos fueron:

Partículas:	Gravimetría de Alto Volumen.
Monóxido de Carbono:	Electroquímico
Oxido de Nitrógeno:	Colorimétrico de Saltzman

Dióxido de Azufre:
Hidrocarburos:

Colorimétrico con Pararosanilina
Cromatografía de Gases

260

3.1 METODO PARA EVALUAR PARTICULAS EN SUSPENSION

3.1.1 Principio

Este método está basado en la medición de la cantidad de partículas en suspensión presentes en el aire ambiente, que pasan a través de un filtro durante un periodo de muestreo de 24 horas continuas. La tasa de flujo y la geometría del dispositivo para la toma de muestras, favorecen la colección de partículas pequeñas. Los filtros que se usan tienen especificaciones que permiten un mínimo de retención de partículas menores a 0.3 micras y que tienen una velocidad entre 150 y 225 cm/s.

El filtro es pesado antes y después de la toma de las muestras, para determinar la ganancia neta de peso. El volumen total de aire muestreado es determinado a través de un medidor de flujo y el tiempo de muestreo.

La concentración de partículas totales en suspensión en el aire ambiente, se calcula por la división de la masa de partículas colectadas entre el volumen de aire muestreado, corregido a condiciones estándar y expresado en mg/m^3 .

3.1.2 Aparatos

- Filtro

El tamaño del filtro es de $20.3 \pm 0.2 \times 25.4 \pm 0.2$ cm (8" x 11"). Area nominal expuesta 400.5 cm^2 . El material de fabricación de estos filtros, generalmente es fibra de vidrio, pero pueden ser utilizados otro tipo de materiales relativamente inertes y no higroscópicos.

La eficiencia de colección debe ser del 99% para partículas cuyo diametro sea superior a 0.3 micras. La caída de presión no debe ser superior a 43 mm de Hg a una tasa de flujo de $1.5 \text{ m}^3/\text{min}$. a través del área de exposición. El pH debe estar entre 6 y 10.

- Muestreador (Medidor de Alto Volumen)

El Medidor de Alto Volumen, está compuesto por una caseta de aluminio anodizado de 40 cm. x 40 cm. x 105 cm. Igualmente, está provisto de un motor succionador, el cual es capaz de operar en forma continua en periodos de 24 horas. Un portafiltro, el cual permanece en posición horizontal al menos un metro por encima del suelo, soportado por una superficie de la caseta de aluminio, de tal forma que el aire muestreado sale libremente por la parte inferior.

La caseta tiene una cubierta que protege el filtro de posibles lluvias y otras contingencias meteorológicas.

El área de entrada del aire para el muestreo está dimensionada para proveer una velocidad de captura entre 20 y 35 cm/s. a la tasa de flujo de operación recomendada (de 20 a 60 pies³/min.).

- **Medidor de Flujo**

El Medidor de Flujo, puede estar o no incorporado al Medidor de Alto Volumen. En el caso del presente estudio, se utilizó como medidor de flujo un rotámetro con la posibilidad de medir entre 10 y 70 pies³/min.

3.1.3 Procedimiento de Muestreo

Se abre la caseta del Medidor de Alto Volumen, levantando la tapa superior. Se instala un filtro, previamente numerado y pesado, en el portafiltros, tomando las precauciones medidas para evitar daños en el filtro. Se coloca sobre el filtro el dispositivo que lo asegura sobre el portafiltro y se ajusta girando las cuatro mariposas, quedando el filtro completamente asegurado. Se cierra la tapa de la caseta y se enciende el Medidor.

Transcurridos unos cinco minutos, se toma la lectura del flujo con el rotámetro y se anota como lectura inicial. Igualmente, se anotan la hora, localización, fecha y otros datos como condiciones meteorológicas en ese momento. Transcurridas las 24 horas, se toma nuevamente la lectura del rotámetro y se anota al igual que los otros datos ya referidos. Posteriormente, se apaga el aparato se levanta la tapa superior y se retira el filtro, el cual es llevado cuidadosamente al laboratorio para su pesaje.

3.1.4 Cálculos

Los gastos reales, se calculan con base en las calibraciones que incluyen el correspondiente factor de corrección.

El volumen muestreado se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$V = \frac{(Q_i + Q_f) * t}{2 * 35.315}$$

Donde:

Q_i = Caudal inicial, c.f.m.

Q_f = Caudal final, c.f.m.

V = Volumen de aire muestreado en m³, y

t = Tiempo de muestreo, en minutos.

La concentración de partículas en suspensión se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$C = \frac{(P_f - P_i) \times 10^6}{V}$$

Donde:

C = Concentración de partículas, en mg/m³

P_f = Peso final del filtro, en gramos

P_i = Peso inicial del filtro, en gramos

V = Volumen de aire muestreado, en m³.

3.1.5 Calibración de los Medidores de Alto Volumen

El día 24 de Noviembre de 1994, se calibraron los equipos medidores de Alto Volumen.

Los resultados de dicha calibración, fueron los siguientes:

- **Medidor de Bomberos:**

PLATO No.	LECTURA ROTAMETRO	LECTURA MANOMETRO	Q Std. (GRAFICO)
18	58	7.4	60
13	52	6.4	56
10	46	5.6	51
7	35	3.8	46
5	30	1.8	33

La ecuación de la calibración de los medidores es del tipo:

$$Y = A + B (X)$$

Para este caso la ecuación resultante fué:

$$Y = 5.77 + 1.019 (x)$$

- **Equipo Industria de Alimentos de Avianca:**

PLATO No.	LECTURA ROTAMETRO	LECTURA MANOMETRO	Q Std. (GRAFICO)
18	60	7.5	56
13	54	6.2	49
10	47	5.3	40
7	33	3.5	32
5	26	1.4	27

Para este caso la ecuación resultante fué:

$$Y = 4.51 + 0.8247 (x)$$

3.2 METODO PARA EVALUAR DIOXIDO DE AZUFRE

3.2.1 Principio

Este método se basa en la absorción de SO₂ del aire en una solución de tetracoloromercurato de potasio (TCM). Se forma un complejo de diclorosulfitomercurato que resiste la oxidación del oxígeno del aire. El complejo se hace reaccionar con p-rosanilina y formaldehído para formar el ácido metilsulfónico de p-rosanilina de color rojo púrpura intenso, que se determina por medio de un colorímetro o un espectrofotómetro; la intensidad del color producido está relacionada con la concentración de SO₂.

El método es esencialmente específico para SO₂, pues no está sujeto a interferencias de otros gases o sólidos ácidos o básicos tales como SO₃, H₂SO₄, NH₃ o CaO; el análisis debe, sin embargo, realizarse dentro de una semana después de la recolección de la muestra. Se pueden medir concentraciones de SO₂ desde 25 a 1000 mg/m³; concentraciones menores de 25 mg/m³ se pueden medir muestreando mayores volúmenes de aire.

El compuesto una vez formado es estable a los oxidantes fuertes. El líquido es tratado primero con una solución de ácido sulfámico para destruir el anión nitrito formado del nitrógeno presente en el aire ambiente y luego con unas soluciones de formaldehído y pararrossanilina, la cual contiene ácido fosfórico para controlar el pH.

3.2.2 Aparatos

- **Equipo de Absorción (Analizador de gases)**

Para la toma de muestras de 24 horas se utilizó el sistema que aparece en la foto 1. Este sistema tiene los siguientes componentes:

* **Tubos de absorción:**

Tubos de polipropileno, de 162 de longitud por 32 mm de diámetro, equipados con tapones del mismo material.

* **Dispensadores:**

Un tubo de vidrio de aproximadamente 8 mm. de diámetro exterior, 6 mm. de diámetro interior y 152 mm. de longitud con una contracción en el extremo de 0.3 a 0.8 mm. de diámetro externo. El tubo se coloca de tal manera que quede un espacio libre entre 3 y 5 mm. desde el fondo del tubo de absorción.

* **Bomba de Aire**

Una bomba capaz de mantener una diferencia de presión de al menos 0.7 atm. a través del dispositivo de control de flujo.

* **Dispositivo de Control de Flujo**

Cualquier dispositivo capaz de mantener el flujo corriente a través de la solución de muestreo, es aceptable. En este caso se usaron orificios críticos con capacidad de 0.207 litros/minuto.

* **Filtros**

Estos filtros se usan como retenedores apropiados para remover partículas de la corriente de aire y proteger el dispositivo de control de flujo. En este caso se utilizó un filtro de membrana porosa.

- **Espectrofotómetro**

Para medir la absorbancia a 548 nm (1 nm = 1 milimicra), con un anchura efectiva de banda espectral de menos de 15 nm., se empleó un espectrofotómetro.

- **Termómetro**

Para determinar la temperatura de la muestra, se utilizó un termómetro capaz de medir entre 0 y 100 grados Centígrados.

3.2.3 Procedimiento de Muestreo

Este método se usa generalmente para muestreos de 24 horas. Para llenar las necesidades específicas se pueden seleccionar diferentes combinaciones de velocidad y tiempo de muestreo. Los volúmenes de la muestra se deben ajustar, de tal manera que la relación entre la absorbancia y

la concentración, permanezca lineal. Todos los dispositivos de medición de flujo de aire y de control se deben calibrar contra un sistema estándar de medición de flujo. Correcciones del volumen de aire a condiciones estándar (760 mm. y 0°C) pueden ser necesarias si se encuentran temperaturas y presiones extremas. Si la muestra se almacena más de un día antes del análisis, conservarla en un refrigerador a 5°C o menos.

Muestreo para 24 Horas. Colocar 50 ml. de TCM en un absorbedor grande y recolectar la muestra a 0.2 l/min, con un tren de muestreo similar al mostrado en la Fig. 2. Proteger de la luz del sol directa durante la recolección y almacenamiento. Determinar el volumen total de aire multiplicando la velocidad de flujo de aire por el tiempo en minutos, registrar esto y también la presión y temperatura atmosférica.

3.2.4 Cálculos

Convertir el volumen de aire muestreado al volumen a condiciones de referencia de 0°C y 760 mm Hg.

La concentración de Dióxido de Azufre se calcula según la siguiente ecuación:

$$\text{SO}_2 \text{ (mg/ml)} = \frac{(A - B) N K}{V}$$

Donde:

- A = Número de mililitros para el blanco,
- B = Número de mililitros para la muestra,
- N = Normalidad de la solución de Tiosulfato,
- K = Peso del microequivalente de SO₂, 32.000
- V = Volumen de muestra tomada.

3.3 METODO PARA ANALISIS DE DIOXIDO DE NITROGENO

3.3.1 Principio del Método

- El Dióxido de Nitrógeno es absorbido del aire por una solución acuosa de trietanolamina, el análisis posterior es realizado usando un reactivo que forme un compuesto azocolorante. El color producido por el reactivo es medido en un espectrofotómetro a 540 mm.

3.3.2 Rango y Sensibilidad

- El rango de la concentración en el aire para lo cual este método es usado con confianza está entre 10 a 1000 mg/m³ (0.005 a 0.50 ppm), tomando como base un período de muestre de 24 horas.
- La sensibilidad del método depende del reactivo de GRIESS SALTZMAN. Para celda de trayectoria óptica de un (1) cm. y 0.1 unidades de absorbancia es equivalente a 0.14 mg/ml. de NO₂ en la solución de absorción.

3.3.3 Interferencias

- El Dióxido de Azufre en concentraciones hasta de 2000 mg/m³ (0.7 ppm) no interfiere si el Peróxido de Hidrógeno es añadido después del muestreo y antes del desarrollo del color.
- El Ozono no causa interferencias en los rangos de concentración atmosféricos (hasta de 1000 mg/m³). El Oxido Nítrico en concentraciones hasta de 800 mg/m³ (0.6 ppm) como promedio de 24 horas no causa interferencia.
- Los Nitritos orgánicos y Nitratos de Peroxiacilo (PAN) los cuales pueden estar presentes en el aire, podrían causar una interferencia positiva. Sin embargo, por considerarse que estas concentraciones son muy bajas no se tienen en cuenta.

3.3.4 Precisión

- La precisión del método en terreno expresado como la desviación estándar es de ± 12 mg/m³ (± 0.006 ppm) en un muestreo de 24 horas, para una media de 81 mg/m³ (0.043 ppm) comparado con un analizador colorimétrico continuo.
- La eficiencia de la absorción es del 95 al 99% en los burbujeadores plásticos con 50 ml. de solución absorbente.

3.3.5 Aparatos

- Absorbedor (Analizador de Gases)

La muestra es absorbida en un tubo de polipropileno de 163 x 32 mm. de diámetro interno ajustado a una tapa de polipropileno con dos (2) aberturas. El tubo que dispersa el gas con una porosidad entre 60 a 100 micras, es usado en conjunto con el tubo. En la foto 1 se puede observar el sistema de recolección.

- Equipo para Medición de Aire

Para controlar el flujo se utilizaron orificios críticos calibrados.

En cada caso una presión mínima diferencial de 500 mm. de Hg a través de aguja es requerida. Un filtro de membrana debe ser colocado en frente de la aguja hipodérmica para prevenir que las gotas de agua se adhieran a la aguja causando alteración en el flujo del gas.

- **Líneas de Muestreo**

Las líneas de muestreo están construídas de teflón, vidrio o acero inoxidable.

- **Bomba de Aire**

Una bomba de vacío capaz de muestrear aire a través de absorbedor a la tasa requerida de 0.4 l/min. por 24 horas.

La bomba está equipada con una válvula de aguja para controlar que la tasa de muestreo sea exacta.

Al usar un orificio crítico como sistema de control de flujo, la bomba debe ser capaz de mantener un vacío mínimo de 500 mm. de Hg. a través del orificio a la tasa requerida de 0.4 l/min.

- **Espectrofotómetro**

El instrumento usado es capaz de medir la absorbancia de una solución a 540 nm. Una celda de trayectoria óptica de un (1) cm. es la más adecuada.

3.3.6 Procedimiento

- **Muestreo**

Se adicionan 50 mililitros de la solución absorbente en el burbujeador.

Se conecta el burbujeador al tren de muestreo y se enciende la bomba. Se ajusta la tasa de flujo entre 150 y 200 ml./min., para tal efecto en este caso, se usa un orificio crítico. Al utilizar un orificio crítico, se debe verificar que la tasa de flujo permanezca igual durante las 24 horas. Generalmente, los orificios críticos vienen calibrados de fábrica.

Si la muestra está bien tapada puede ser almacenada por un período de tres (3) semanas antes de análisis sin pérdidas.

264

3.3.7 Cálculos

- El volumen de aire muestreado es corregido a 25°C y 760 mm. de Hg. La desviación normal de estas condiciones adiciona solamente pequeñas correcciones.
- La estandarización por la solución de Nitrato requiere el uso de un factor empírico que relaciona los microgramos de NO₂ (gas) con los microgramos Ión Nitrito. El factor de conversión en este método es 0.90 esto es, el 90% de NO₂ en la muestra de aire es eventualmente convertido a Ion Nitrito, el cual reacciona con el color producido por el reactivo azo-colorante. Este factor ha sido incorporado en la solución stock de Nitrito.
- El cómputo de la concentración promedio de NO₂ en el aire, en un período de muestreo de 24 horas se efectúa como sigue:

Se leen los mg de NO₂ directamente del gráfico.

$$C = \frac{\text{mg NO}_2 \times 10^3 \times \text{mg NO}_2/\text{m}^3}{r \times t \times k}$$

$$P = \frac{\text{mg NO}_2 \times 0.532 \times c \times 0.532 \text{ ppm.}}{r \times t \times k \times 10^3}$$

Donde :

- c : Concentración en mg NO₂/m³
- P : Concentración n ppm de NO₂ (ults/l)
- r : Tasa de muestreo en l/min
- t : tiempo de muestreo en minutos.
- k : Factor de dilución (0.2) si un quinto de la muestra es analizado.
- 0.532 : Ults NO₂/mg de NO₂ a 25°C y 760 mm. de Hg.
- 10³ : Factor de Conversión de l/m³.

3.3.8 Efectos del Almacenamiento

Después del muestreo, la solución absorbente puede ser almacenada hasta tres (3) semanas sin pérdidas, si se mantiene tapada en la oscuridad. Sin embargo, después de que se produzca el color por los reactivos adicionados, la muestra debe ser analizada en pocas horas. La absorbancia de la solución coloreada decrece cerca del 4% por día.

3.4 METODO PARA EVALUACION DE MONOXIDO DE CARBONO

3.4.1 Principio del Método

- El método electroquímico del ECOLYZER utiliza la absorción integrada de energía infrarroja sobre la mayoría del espectro del CO, con el fin de dar una determinación cuantitativa de la concentración de ese compuesto en una mezcla de gases. La técnica se realiza determinando la diferencia en absorción de energía sobre todas las longitudes de onda pasadas por el sistema óptico entre una muestra de gas que contiene CO y una muestra de referencia sellada consistente en un gas infrarrojo transparente. Se asume que esta diferencia en absorción de energía es directamente proporcional a la concentración del monóxido de carbono presente en la muestra de gas.

3.4.2 Aparato

- Analizador ECOLYZER:

3.4.3 Procedimiento

- Los procedimientos de operación específicos son suministrados por los fabricantes de los analizadores disponibles comercialmente.
- El primer paso es conectarlo a la fuente de energía o verificar el estado de la batería recargable, encender y permitir su calentamiento antes de iniciar la operación real usando gases estándar o de muestra.

El tiempo de estabilización varía entre 2 a 5 minutos.

- La iniciación típica u operación de arranque son el ajuste del cero eléctrico y ajuste inicial del cero y medida (span).
- Chequeo de la tasa de flujo de muestra. La tasa mínima se debe ajustar a las indicaciones del fabricante.
- Colocación del botón de control en la posición de encendido.

3.4.4 Cálculos

Con el equipo utilizado no se requieren calculos adicionales a la conversión de PPM a mg/m³.

3.5 METODO PARA EVALUACION DE HIDROCARBUROS

3.5.1 Principio del Método

- El método para analizar el contenido de Hidrocarburos en el aire utiliza la cromatografía de gases.

3.5.2 Aparato

- Se utiliza una columna de vidrio que contiene carbón activado, a través de la cual se hace pasar el aire ambiente. La succión se efectúa mediante una bomba de vacío con una potencia de 1/10 HP. El flujo se mide mediante un orificio calibrado a 0.5 l/min.

3.5.3 Procedimiento

- El primer paso es ensamblar el sistema de colección de la muestra, luego se conecta la bomba de vacío a la fuente de energía.
- Se debe verificar que la tasa de flujo de muestreo sea el establecido (0.5 l/min.). Para tal efecto debe instalarse un manómetro a la bomba de vacío con el propósito de medir la presión y garantizar que dicha presión supera los 15 psi.
- Una vez revisado el montaje del sistema debe encenderse la bomba de vacío y dejar transcurrir una hora de muestreo con lo cual se han hecho pasar 30 litros de aire ambiente.
- Una vez ha transcurrido el tiempo señalado, se apaga la bomba de vacío y se lleva la columna de carbón activado al laboratorio para su respectivo análisis.

3.5.4 Presentación de resultados

El Laboratorio presenta los resultados de los cromatogramas en microgramos/m³.

4 ANALISIS DE RESULTADOS Y COMPARACION CON NORMAS

4.1 PARTICULAS

- Sitio No. 1 - TERRAZA DE BOMBEROS

En este sitio la mayor concentración ocurrió el día 24 de Noviembre de 1994, con un valor de 198.15 mg/m³ que equivale al 64% de la norma para 24 horas. El segundo valor más elevado se presentó el 29 de Noviembre con un valor de 131.63 mg/m³, que equivale al 42.7% de la norma mencionada.

El valor más bajo fue de 84.62 mg/m³, que se presentó el día 28 de Noviembre; este valor corresponde al 27.5% de la norma.

El número de muestras tomadas (7), no es suficiente para efectuar una comparación con la norma promedio anual; sin embargo el promedio de 123.45 muestra que de mantenerse esa tendencia en los valores, el promedio anual puede sobrepasar la norma anual.

En el Cuadro No. 1, se muestran los resultados obtenidos en este sitio.

- Sitio No. 2 - INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE AVIANCA

Los resultados de las muestras recolectadas en la Industria de Alimentos de Avianca, se presentan en el Cuadro No. 2. En este sitio la concentración más elevada ocurrió el día 2 de Diciembre de 1994, con un valor de 138.66 mg/m³ que equivale al 45% de la norma para 24 horas.

El segundo valor más alto fue de 130.54 mg/m³, que representa el 42.4% de la norma mencionada. Los demás valores oscilan entre 79.68 y 128.14 mg/m³, siendo éste el sitio que presenta las concentraciones más bajas de los 2 puntos en los cuales se instalaron los medidores de alto volumen.

4.2 OXIDOS DE NITROGENO

- Sitio 1 - BOMBEROS

En el Cuadro No. 3, se ilustran los resultados de las evaluaciones de Oxidos de Nitrógeno, realizadas en este sitio, en el cual la concentración más elevada fue de 331.94 mg/m³, ocurrida el día 24 de Noviembre. El segundo valor más alto fue el día 1 de Diciembre con 221.77 mg/m³ y el tercero fue de 217.33 mg/m³, el 2 de Diciembre. El valor más bajo fue de 128.89 mg/m³.

266

- Sitio No. 2 - INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE AVIANCA

Los resultados de las evaluaciones de Oxidos de Nitrógeno en este sitio, se ilustran el Cuadro No. 4. La máxima concentración encontrada fue de 225.24 mg/m³, el segundo valor más alto fue de 190.93 mg/m³ y el tercero fue de 184.31 mg/m³. La concentración más baja fue de 48.46 mg/m³.

4.3 OXIDOS DE AZUFRE

Este contaminante fue evaluado igualmente en la terraza de los bomberos y en la Industria de Alimentos de Avianca.

En ninguno de los dos (2) sitios se detectaron concentraciones significativas de Dióxido de Azufre, como se puede observar en los Cuadros Nos. 5 y 6.

4.4 MONOXIDO DE CARBONO

El Monóxido de Carbono se tomó en cinco (5) sitios, ubicados en la Terraza de los Bomberos, Muelle Nacional, Muelle Internacional, Zona de Parqueaderos y en la Industria de Alimentos de Avianca. En cada sitio se tomaron 9 muestras diarias, en las horas consideradas pico.

Los resultados se presentan en los Cuadros Nos. 7 al 11

Las concentraciones más elevadas se presentan en el muelle Nacional y en la zona de Parqueaderos; en los demás sitios las concentraciones no revisten alguna significación:

- TERRAZA DE BOMBEROS

En este sitio, la concentración más elevada se presentó a las 13:30 del día 04 de Diciembre, con un valor de 6.6 mg/m³, como se aprecia en el Cuadro 7. El segundo valor más alto se presentó a las 13:30 del día 29 de Noviembre y a las 8:10 am del día 02 de Diciembre, con un valor de 5.28 mg/m³. El valor más bajo, se presentó con una frecuencia de once veces con un valor < de 0.88 mg/m³.

El promedio para una hora en este lugar es de 2.27 mg/m³.

- MUELLE NACIONAL

En este sitio las concentraciones fueron un poco más altas que en el sitio anterior. La concentración más elevada se presentó a las 8:23 a.m. del día 3 de Diciembre, con un valor de 15.64 mg/m³. El segundo valor más alto se presentó a las 8:15 am del mismo día con un valor de 10.56 mg/m³. (Ver Cuadro 8)

En este sitio se presentó durante nueve ocasiones valores bajos menores de 0.88 mg/m^3 .

El promedio de las concentraciones horarias en este sitio fue de 3.0 mg/m^3 .

- MUELLE INTERNACIONAL

Las concentraciones en el muelle internacional son más bajas que las que se presentan en el muelle nacional. En este sitio la más elevada ocurre el 2 de Diciembre a las 14:28, a las 8:30 a.m. y a las 12:45 del 3 de Diciembre y a las 8:20 a.m. del día 4 de Diciembre, con un valor de 3.52 mg/m^3 . (Ver cuadro 9)

Durante diez ocasiones las concentraciones en este sitio han resultado menores de 0.88 mg/m^3 .

El promedio horario fue de 1.57 mg/m^3 .

- ZONA DE PARQUEADERO

En este sitio, la concentración más alta ocurrió el día 1 de Diciembre a las 17:34, con un valor de 10.56 mg/m^3 . El segundo valor mas alto fue de 9.68 mg/m^3 y el más bajo, $< 1 \text{ mg/m}^3$ se presentó solo una vez. Los resultados se pueden apreciar en el Cuadro 10.

El promedio horario es de 4.94 mg/m^3 .

- INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE AVIANCA

En este sitio, la concentración más alta ocurrió el día 4 de Diciembre a las 17:40 y a las 17:50, con un valor de 3.52 mg/m^3 . El segundo valor mas alto fue de 2.64 mg/m^3 y el más bajo, $< 1 \text{ mg/m}^3$ se presentó en 15 ocasiones, como se observa en el Cuadro 11.

El promedio horario es de 1.41 mg/m^3 .

4.5 HIDROCARBUROS

Se tomaron 14 muestras en dos sitios, siete en la Terraza de Bomberos y siete en la Industria de Alimentos de Avianca.

En el Cuadro No. 12, se presentan los resultados correspondientes al monitoreo de Hidrocarburos en la Terraza de Bomberos. En este sitio prácticamente no se presentan valores de concentraciones importantes de Hidrocarburos, se observa únicamente una concentración de Tolueno de $9.17 \text{ microgramos/m}^3$, el día 10 de Diciembre para la hora 1 pm a 2 pm. El segundo valor fue para el Benceno con $1.44 \text{ microgramos/m}^3$, para el día 4 de Diciembre entre la 1 pm. y

las 2 pm. La tercera muestra más elevada fue de 1.25 microgramos/m³ para Tolueno, el día 6 de Diciembre entre 1 y 2 pm.; los demás valores no son significativos o no detectables.

Se efectuaron análisis de otros hidrocarburos como C5, C6, CC6, CC:6, nC7, nC8 y nC9, encontrándose valores muy bajos o no detectables como se puede observar en el Cuadro 12.

En la Industria de Alimentos de Avianca, los valores son un poco más bajos ya que la máxima concentración corresponde al Tolueno, con un valor de 1.93 microgramos/m³, concentración que se presentó el día 10. de Diciembre, entre 11:30 am y 12:30 pm.

Se presentaron dos concentraciones de 1.10 microgramos/m³ para el CC:6, durante los días 5 y 6 de Diciembre.

Las demás concentraciones no representan valores significativos, como se observa en el Cuadro 13.

5 INVENTARIO DE EMISORES Y EMISIONES

Con el propósito de conocer el origen de los contaminantes presentes en el Aeropuerto El Dorado, específicamente los correspondientes a las operaciones aéreas, se solicitó información a la Aeronáutica Civil sobre las operaciones que se llevaron a cabo durante los días del muestreo; así como el tipo de aeronave, con el objeto de elaborar un inventario de los emisores y sus emisiones.

El procedimiento que se ha utilizado para la determinación de las emisiones de contaminantes que se originan en el Aeropuerto El Dorado, por las operaciones de carreteo y decolaje, las cuales representan los mayores volúmenes de emisiones, se basa en la utilización de los mecanismos de estimación de las descargas de contaminantes como son los factores de emisión.

Las descargas estimadas de contaminantes que se originan en una aeronave, como el Monóxido de Carbono, los Hidrocarburos, los Oxidos de Nitrógeno y las Partículas, se encuentran descritas en el documento denominado "**Compilation of Air Pollutant Emission Factors**" (AP-42), Internal Combustion Engine Sources preparado por Charles Masser para la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). En dicho documento se señalan los factores para los diferentes tipos de aviones y para las diferentes operaciones tales como decolaje y carreteo.

Los datos sobre los factores de emisión, han sido recopilados a través de numerosos evaluaciones, estudios de balance de materiales, estimativos de ingeniería, etc., por personal responsable de elaborar los inventarios de emisiones en los Estados Unidos.

En los Cuadros 14 y 15 se presentan los Factores de Emisión para el Carreteo y el Decolaje de los diferentes tipos de aeronaves que operaron el día 28 de Noviembre considerado como crítico por ser este día el que presentó un mayor número de operaciones.

En los Cuadros 16 y 17, se presentan las emisiones estimadas de los cuatro contaminantes más importantes dentro de las operaciones aéreas, como son los Oxidos de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Hidrocarburos y las Partículas.

Se puede observar que durante el carreteo predominan las emisiones de Monóxido de Carbono y los Hidrocarburos sobre los Oxidos de Nitrógeno y las Partículas.

En el decolaje la situación es bastante diferente ya que en esa operación los Oxidos de Nitrógeno son los más importantes, superando en más de 10 veces a los demás contaminantes.

Se puede apreciar que las emisiones de Monóxido de Carbono e Hidrocarburos son mayores durante el carreteo que en el decolaje, mientras que los Oxidos de Nitrógeno son bastante más elevados durante el decolaje.

6 COMPARACION DE LOS RESULTADOS CON LAS NORMAS DEL DECRETO 02 DE 1982, O NORMAS INTERNACIONALES

6.1 DEFINICION DE NORMAS

6.1.1 CALCULOS DE LAS NORMAS LOCALES PARA PARTICULAS Y DIOXIDO DE AZUFRE.

Para efectos de calcular las concentraciones de contaminantes en el aire de acuerdo a lo establecido en el Decreto 02 de 1982, es necesario conocer los valores de las normas de concentración locales anuales y diarias.

La Norma Local Anual (NLA) se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$NLA = CR \times \frac{PbLocal}{760} \times \frac{298}{273 + ^\circ C}$$

Donde:

- NLA = Norma Local Promedio Anual
- CR = Norma en condiciones de referencia
- Pb Local = Presión barométrica local = 562 mm de Hg
- °C = Temperatura promedio ambiente = 13°C.

La Norma Local Promedio anual para la zona en la cual se encuentra ubicado el Aeropuerto El Dorado es de 77 mg/m³.

La Norma Local para la Concentración Máxima en 24 Horas, se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$NLA = CR \times \frac{PbLocal}{760} \times \frac{298}{273 + ^\circ C}$$

Donde:

NLD = Norma Local para la Concentración Máxima en 24 horas.

CR = Norma en condiciones de referencia

Pb Local= Presión barométrica local = 562 mm de Hg

°C = Temperatura promedio ambiente: 13°C.

La Norma Local para la Concentración máxima en 24 horas para la ciudad de Santafé de Bogotá es de **308 mg/m³**.

6.1.2 NORMAS DE CALIDAD PARA OXIDOS DE NITROGENO

La norma de Oxidos de Nitrógeno aplicable en la capital del país es de **78 mg/m³**, como promedio anual.

6.1.3 NORMAS DE CALIDAD PARA MONOXIDO DE CARBONO

La norma de calidad para este contaminante, aplicable para la ciudad de Santafé de Bogotá es **11.7 mg/m³**, como valor promedio para 8 horas y **39 mg/m³**, como valor máximo para 1 hora.

6.1.4 NORMAS DE CALIDAD PARA HIDROCARBUROS

En Colombia no se han fijado aún Normas de Calidad para este contaminante. Se hace la comparación de los resultados con la norma de HC en los Estados Unidos.

6.2 COMPARACION DE LOS RESULTADOS DEL MUESTREO CON LAS NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

6.2.1 PARTICULAS

Como se pudo observar en los Cuadros Nos. 1 y 2, los niveles de partículas no alcanzan a superar la Norma para 24 horas, el valor más elevado en los dos sitios tan solo alcanza el 64% de la norma de calidad del aire para 24 horas, definida en el Decreto 02 de 1982.

No puede efectuarse una comparación con la norma promedio anual debido a que el número de muestras no es suficiente para calcular el promedio geométrico durante ese período, sin embargo puede afirmarse que de mantenerse la tendencia observada durante el monitoreo, la norma promedio anual puede ser superada.

6.2.2 OXIDOS DE NITROGENO

El Decreto 02 de 1982 no definió norma para 24 horas para este contaminante. Para la comparación se ha tomado como base normas internacionales como las del Japón (60 ppb, 123

mg/m³). De las muestras tomadas en Bomberos, todas superan este valor, como se puede observar en el Cuadro 3.

En la Industria de Alimentos de Avianca, el 57% de las muestras superan el valor fijado como norma en el Japón. Ver Cuadro 4.

Para este contaminante se aplica la misma observación que para partículas respecto a la norma promedio anual.

6.2.3 DIOXIDO DE AZUFRE

Como se observa en los Cuadros 5 y 6, los niveles de Dióxido de Azufre no fueron detectables.

6.2.4 MONOXIDO DE CARBONO

Ninguna de las muestras tomadas en los diferentes sitios, supera las normas para una hora para este contaminante. El valor más alto tan solo alcanzó el 41% de dicha norma, como se pudo observar en el Cuadro No. 8.

6.2.5 HIDROCARBUROS

En nuestro país no se han fijado normas para este contaminante. Sin embargo, los valores encontrados están por debajo de la norma para 24 horas dada por los EEUU (160 microgramos/m³).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En la actualidad, el Aeropuerto no se constituye en fuente significativa de contaminación del aire.
2. El contaminante de mayor importancia son los Oxidos de Nitrógeno, como se observa en el monitoreo y en las estimaciones del Inventario de Emisiones
3. Las concentraciones de Monóxido de Carbono son mayores en el Muelle Nacional que en los demás sitios. Para reducir tales emisiones se recomienda reducir el período de encendido de las turbinas y la iniciación del carreteo; ya que en varias ocasiones se observaron aeronaves con las turbinas funcionando pero por tráfico aéreo deben permanecer en el muelle por períodos prolongados.
4. Se recomienda efectuar un monitoreo más prolongado y con un número mayor de estaciones, ya que una semana no es suficiente para conocer la verdadera dimension de la contaminación en un sitio tan complejo como el Aeropuerto El Dorado.

ANEXO 1

**PLANO DE LOCALIZACION DE PUNTOS DE
MUESTREO**

ANEXO 2
CUADROS DE RESULTADOS

CUADRO No. 1
EVALUACION DE CALIDAD DEL AIRE
CONCENTRACION DE PARTICULAS EN SUSPENSION
(Ug/m3)

AEROPUERTO EL DORADO

SITIO 1: TERRAZA BOMBOS

MUESTRA No.	FECHA		HORA		TIEMPO MUESTRE (min)	LECTURA ROTAMETRO		CAUDAL REAL EQUACION (pic3/min)	VOLUMEN MUESTRE (m ³)	PESO FILTRO (Gr.)		PESO MAT. RECOLEC. (Gr.)	CONCENT. PART. (Ug/m ³)
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL			INICIAL	FINAL		
1	24 NOV 94	25 NOV 94	14:00	14:00	1440	55	52	53,5	2794,36	2,7465	3,3002	0,5537	198,15
2	25 NOV 94	26 NOV 94	14:00	14:20	1460	54	51	52,5	2786,30	2,7453	3,1118	0,3665	131,54
3	26 NOV 94	27 NOV 94	13:00	13:30	1470	54	51	52,5	2801,24	2,7376	3,0857	0,3481	124,18
4	27 NOV 94	28 NOV 94	13:30	14:00	1470	56	53	54,5	2888,83	2,7471	3,0985	0,3514	121,64
5	28 NOV 94	29 NOV 94	14:00	15:00	1500	55	50	52,5	2854,04	2,7419	2,9834	0,2415	84,62
6	29 NOV 94	30 NOV 94	15:00	13:30	1350	55	53	54,0	2658,99	2,7501	3,1001	0,3500	131,63
7	30 NOV 94	01 DIC 94	13:30	13:15	1425	52	50	51,0	2664,80	2,7398	3,0027	0,2629	98,66

CUADRO No. 2
EVALUACION DE CALIDAD DEL AIRE
CONCENTRACION DE PARTICULAS EN SUSPENSION
(Ug/m³)

AEROPUERTO EL DORADO

SITIO 2: INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE AVIANCA

MUESTRA No.	FECHA		HORA		TIEMPO MUESTRE (min)	LECTURA ROTAMETRO		CAUDAL REAL EGUACION (pie ³ /min)	VOLUMEN MUESTRE (m ³)	PESO FILTRO (Gr.)		PESO MAT REGOLEC (Gr.)	CONCENT. PART. (Ug/m ³)	
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL			PROMEDI	INICIAL			FINAL
1	28 NOV.94	29 NOV.94	12:30	13:00	1470	56	52	54,0	49,04	2041,52	2,7438	3,0054	0,2616	128,14
2	29 NOV.94	30 NOV.94	13:20	14:30	1510	54	50	52,0	47,39	2026,55	2,7402	2,9063	0,1661	81,96
3	30 NOV.94	01.DIC.94	14:35	13:50	1395	55	53	54,0	49,04	1937,36	2,7436	2,9965	0,2529	130,54
4	01.DIC.94	02.DIC.94	13:55	14:00	1445	56	54	55,0	49,87	2040,55	2,7369	2,9784	0,2415	118,35
5	02.DIC.94	03.DIC.94	14:00	13:00	1380	54	50	52,0	47,39	1852,08	2,7411	2,9979	0,2568	138,66
6	03.DIC.94	04.DIC.94	13:00	13:30	1470	55	52	53,5	48,63	2024,36	2,7398	2,9496	0,2098	103,64
7	04.DIC.94	05.DIC.94	13:00	13:20	1460	57	50	53,5	48,63	2010,59	2,7425	2,9027	0,1602	79,68

CUADRO No. 3
EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE - AEROPUERTO EL DORADO
CONCENTRACION DE OXIDOS DE NITROGENO
(Ug/m3)

SITIO No. 1 - TERRAZA BOMBEROS

MUESTRA No.	FECHA		TIEMPO MUESTREO (min)	FLUJO (l/min)	VOLUMEN COLECTADO (m3)	VOLUMEN MUESTRA (ml)	CONCENTRACION NOx (Ug/ml)	CONCENTRACION NOx (Ug/m3)
	INICIAL	FINAL						
1	24 NOV 94	25 NOV 94	1440	0.250	0.360	50	2.39	331.94
2	29 NOV 94	30 NOV 94	1350	0.250	0.338	50	0.87	128.89
3	30 NOV 94	01 DIC 94	1425	0.250	0.356	50	1.22	171.23
4	01 DIC 94	02 DIC 94	1470	0.250	0.368	50	1.63	221.77
5	02 DIC 94	03 DIC 94	1500	0.250	0.375	50	1.63	217.33
6	03 DIC 94	04 DIC 94	1350	0.250	0.338	50	1.09	161.48
7	04 DIC 94	05 DIC 94	1425	0.250	0.356	50	N.D.	N.D.

CUADRO No. 4
EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE - AEROPUERTO EL DORADO
CONCENTRACION DE OXIDOS DE NITROGENO
(Ug/m3)

SITIO No. 2 - INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE AVIANCA

MUESTRA No.	FECHA		TIEMPO MUESTREO (min)	FLUJO (l/min)	VOLUMEN COLECTADO (m3)	VOLUMEN MUESTR. (ml)	CONCENTRACION NOx (Ug/ml)		CONCENTRACION NOx (Ug/m3)	
	INICIAL	FINAL								
1	28.NOV.94	29.NOV.94	1470	0,212	0,312	50		1,19		190,93
2	29.NOV.94	30.NOV.94	1510	0,212	0,320	50		1,18		184,31
3	30.NOV.94	01.DIC.94	1395	0,212	0,296	50		0,41		69,32
4	01.DIC.94	02.DIC.94	1445	0,212	0,306	50		1,38		225,24
5	02.DIC.94	03.DIC.94	1380	0,212	0,293	50		0,88		150,40
6	03.DIC.94	04.DIC.94	1470	0,212	0,312	50		0,41		65,78
7	04.DIC.94	05.DIC.94	1460	0,212	0,310	50		0,30		48,46

CUADRO No. 5
EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE - AEROPUERTO EL DORADO
CONCENTRACION DE DIOXIDO DE AZUFRE
(Ug/m3)

SITIO No. 1 - TERRAZA DE BOMBEROS

MUESTRA No.	FECHA		TIEMPO MUESTREO (min)	FLUJO (l/min)	VOLUMEN COLECTADO (m ³)	VOLUMEN MUESTR. (ml)	CONCENTRACION SO ₂ (Ug/m ³)	CONCENTRACION SO ₂ (Ug/m ³)
	INICIAL	FINAL						
1	24.NOV.94	25.NOV.94	1440	0.250	0.360	50	N.D.	N.D.
2	29.NOV.94	30.NOV.94	1350	0.250	0.338	50	N.D.	N.D.
3	30.NOV.94	01.DIC.94	1425	0.250	0.356	50	N.D.	N.D.
4	01.DIC.94	02.DIC.94	1470	0.250	0.368	50	N.D.	N.D.
5	02.DIC.94	03.DIC.94	1500	0.250	0.375	50	N.D.	N.D.
6	03.DIC.94	04.DIC.94	1350	0.250	0.338	50	N.D.	N.D.
7	04.DIC.94	05.DIC.94	1425	0.250	0.356	50	N.D.	N.D.

CUADRO No. 6
EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE - AEROPUERTO EL DORADO
CONCENTRACION DE DIOXIDO DE AZUFRE
(Ug/m3)

SITIO No. 2 - INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE AVIANCA

MUESTRA No.	FECHA		TIEMPO MUESTREO (min)	FLUJO (l/min)	VOLUMEN COLECTADO (m3)	VOLUMEN MUESTR. (ml)	CONCENTRACION SO2 (Ug/ml)	CONCENTRACION SO2 (Ug/m3)
	INICIAL	FINAL						
1	28.NOV.94	29.NOV.94	1470	0,212	0,312	50	N.D.	N.D.
2	29.NOV.94	30.NOV.94	1510	0,212	0,320	50	N.D.	N.D.
3	30.NOV.94	01.DIC.94	1395	0,212	0,296	50	N.D.	N.D.
4	01.DIC.94	02.DIC.94	1445	0,212	0,306	50	N.D.	N.D.
5	02.DIC.94	03.DIC.94	1380	0,212	0,293	50	N.D.	N.D.
6	03.DIC.94	04.DIC.94	1470	0,212	0,312	50	N.D.	N.D.
7	04.DIC.94	05.DIC.94	1460	0,212	0,310	50	N.D.	N.D.

CUADRO No. 7

EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE
CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO
(Ug/M3)

AEROPUERTO EL DORADO

SITIO 1: TERRAZA DE BOMBEROS

MUESTRA	DIAS	HORA	LECTURA	CONCENTRACION
No.			PPM	ug/M3
1	27 NOV.94	08:10	3	2,64
2		08:15	<1	<1
3		08:20	<1	<1
4		12:30	2	1,76
5		12:35	2	1,76
6		12:40	3	2,64
7		15:30	<1	<1
8		15:35	5	4,4
9		15:40	3	2,64
10	29 NOV.94	09:10	4	3,52
11		09:15	<1	<1
12		09:20	<1	<1
13		13:30	6	5,28
14		13:35	3	2,64
15		13:40	4	3,52
16		16:50	4	3,52
17		16:52	<1	<1
18		16:58	2	1,76
19	30 NOV.94	09:11	2	1,76
20		08:16	2	1,76
21		09:21	<1	<1
22		13:40	<1	<1
23		13:45	3	2,64
24		13:52	3	2,64
25		15:30	2	1,76
26		15:35	<1	<1
27		15:40	3	2,64
28	01 DIC.94	10:16	2	1,76
29		10:21	3	2,64
30		10:26	<1	<1
31		14:20	3	2,64
32		14:25	2	1,76

SITIO 1: TERRAZA DE BOMBEROS

MUESTRA	DIAS	HORA	LECTURA	CONCENTRACION
No.			ppm	ug/M3
33		14:32	3	2,64
34		17:10	2	1,76
35		17:12	2	1,76
36		17:18	1	0,88
37	02 DIC.94	08:05	2	1,76
38		08:10	6	5,28
39		08:12	5	4,4
40		13:40	8	7,04
41		13:43	2	1,76
42		13:46	<1	<1
43		17:20	3	2,64
44		17:25	2	1,76
45		17:28	5	4,4
46	03 DIC.94	07:50	2	1,76
47		07:55	8	7,04
48		08:00	3	2,64
49		12:56	2	1,76
50		13:02	2	1,76
51		13:08	1	0,88
52		18:00	4	3,52
53		18:05	4	3,52
54		18:10	5	4,4
55	04 DIC.94	08:35	3	2,64
56		08:40	4	3,52
57		08:45	1	0,88
58		13:25	1	0,88
59		13:30	7	6,16
60		13:35	4	3,52
61		16:25	5	4,4
62		16:30	2	1,76
63		16:35	2	1,76
64				

276

CUADRO No. 8

EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE
CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO
(Ug/M3)

AEROPUERTO EL DORADO

SITIO 2: MUELLE NACIONAL

MUESTRA No.	DIA	HORA	LECTURA PPM	CONCENTRACION mg/M3
1	27 NOV. 94	10:00	2	1,76
2		10:05	3	2,64
3		10:10	<1	<1
4		13:05	6	5,28
5		13:10	8	7,04
6		13:15	2	1,76
7		16:00	1	0,88
8		16:04	<1	<1
9		16:10	6	5,28
10	29 NOV. 94	09:40	8	7,04
11		09:45	3	2,64
12		09:50	1	0,88
13		14:00	2	1,76
14		14:10	10	8,8
15		14:15	3	2,64
16		17:20	5	4,4
17		17:25	3	2,64
18		17:30	<1	<1
19	30 NOV. 94	09:41	1	0,88
20		09:45	3	2,64
21		09:48	2	1,76
22		12:05	1	0,88
23		12:10	1	0,88
24		12:13	4	3,52
25		16:05	2	1,76
26		16:08	5	4,4
27		16:12	<1	<1
28	01 DIC. 94	09:50	<1	<1
29		06:53	2	1,76
30		06:56	8	7,04
31		13:40	2	1,76
32		13:45	3	2,64

SITIO 2: MUELLE NACIONAL

MUESTRA No.	DIA	HORA	LECTURA ppm	CONCENTRACION mg/M3
33		13:48	2	1,76
34		16:50	<1	<1
35		16:53	<1	<1
36		16:57	2	1,76
37	02 DIC 94	06:25	5	4,4
38		06:28	3	2,64
39		06:32	2	1,76
40		13:20	6	5,28
41		13:23	1	0,88
42		13:27	4	3,52
43		16:50	<1	<1
44		16:55	1	0,88
45		16:59	1	0,88
46	03 DIC 94	06:15	12	10,56
47		06:18	10	8,8
48		06:23	18	15,84
49		12:30	6	5,28
50		12:34	3	2,64
51		12:37	6	5,28
52		17:45	5	4,4
53		17:48	5	4,4
54		17:51	2	1,76
55	04 DIC. 94	06:03	5	4,4
56		06:06	2	1,76
57		06:10	4	3,52
58		12:55	<1	<1
59		12:56	3	2,64
60		13:03	2	1,76
61		15:57	2	1,76
62		16:00	4	3,52
63		16:03	2	1,76
64				

CUADRO No. 9

EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE
CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO
(Ug/M3)

AEROPUERTO EL DORADO

SITIO 3: MUELLE INTERNACIONAL

MUESTRA No.	DIA	HORA	LECTURA ppm	CONCENTRACION ug/M3
1	27.NOV.84	10:15	<1	<1
2		10:20	<1	<1
3		10:24	<1	<1
4		13:23	2	1,76
5		13:27	1	0,88
6		13:31	3	2,64
7		16:14	<1	<1
8		16:18	<1	<1
9		16:23	1	0,88
10	29.NOV.84	09:56	2	1,76
11		10:00	3	2,64
12		10:05	2	1,76
13		14:22	3	2,64
14		14:26	2	1,76
15		14:30	<1	<1
16		17:40	2	1,76
17		17:45	2	1,76
18		17:48	1	0,88
19	30.NOV.84	09:54	1	0,88
20		09:57	2	1,76
21		10:02	2	1,76
22		12:20	<1	<1
23		12:25	<1	<1
24		12:28	3	2,64
25		16:18	2	1,76
26		16:23	2	1,76
27		16:28	1	0,88
28	01.DIC.84	10:00	2	1,76
29		10:03	2	1,76
30		10:05	1	0,88
31		13:55	1	0,88
32		14:00	1	0,88

SITIO 3: MUELLE INTERNACIONAL

MUESTRA No.	DIA	HORA	LECTURA ppm	CONCENTRACION ug/M3
33		14:05	<1	<1
34		16:35	1	0,88
35		16:40	<1	<1
36		16:43	1	0,88
37	02.DIC.84	06:40	2	1,76
38		06:43	3	2,64
39		06:47	3	2,64
40		14:10	3	2,64
41		14:14	2	1,76
42		14:18	4	3,52
43		17:03	2	1,76
44		17:05	1	0,88
45		17:08	2	1,76
46	03.DIC.84	06:30	4	3,52
47		06:35	5	4,4
48		06:38	3	2,64
49		12:40	3	2,64
50		12:43	2	1,76
51		12:45	4	3,52
52		17:30	3	2,64
53		17:33	1	0,88
54		17:35	1	0,88
55	04.DIC.84	06:15	2	1,76
56		06:20	4	3,52
57		06:23	1	0,88
58		13:10	1	0,88
59		13:13	2	1,76
60		13:15	2	1,76
61		16:07	3	2,64
62		16:10	2	1,76
63		16:12	1	0,88
64				

CUADRO No. 10

277

EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE
 CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO
 (Ug/M3)

AEROPUERTO EL DORADO

SITIO 4: ZONA DE PARQUEO

MUESTRA No.	DIA	HORA	LECTURA PPM	CONCENTRACION mg/M3
1	29.NOV.94	10:20	4	3.52
2		10:24	5	4.4
3		10:28	4	3.52
4		14:45	7	6.16
5		14:50	8	7.04
6		14:53	7	6.16
7		18:05	9	7.82
8		18:08	8	7.04
9		18:13	7	6.16
10	30.NOV.94	10:20	8	5.28
11		10:24	3	2.64
12		10:27	3	2.64
13		12:40	8	7.04
14		12:43	8	7.04
15		12:48	10	8.8
16		18:41	11	9.88
17		18:45	10	8.8
18		18:48	7	6.16
19	01.DIC.94	10:40	6	5.28
20		10:43	3	2.64
21		10:45	2	1.76
22		14:38	2	1.76
23		14:32	7	6.16
24		14:46	8	5.28
25		17:30	10	8.8
26		17:34	12	10.56
27		17:37	10	8.8
28	02.DIC.94	08:00	6	5.28
29		08:05	4	3.52
30		08:10	4	3.52
31		14:30	3	2.64
32		14:35	2	1.76

SITIO 4: ZONA DE PARQUEO

MUESTRA No.	DIA	HORA	LECTURA ppm	CONCENTRACION mg/M3
33		14:40	3	2.64
34		17:38	5	4.4
35		17:43	5	4.4
36		17:47	3	2.64
37	03.DIC.94	08:52	8	7.04
38		08:56	4	3.52
39		08:00	6	5.28
40		13:15	5	4.4
41		13:20	3	2.64
42		13:25	3	2.64
43		18:25	3	2.64
44		18:27	5	4.4
45		18:30	7	6.16
46	04.DIC.94	08:55	4	3.52
47		08:58	4	3.52
48		09:03	6	5.28
49		13:52	<1	<1
50		13:55	1	0.88
51		13:58	1	0.88
52		17:00	4	3.52
53		17:05	3	2.64
54		17:10	4	3.52
55	05.DIC.94	08:00	6	5.28
56		08:05	6	5.28
57		08:08	5	4.4
58		12:15	3	2.64
59		12:20	2	1.76
60		12:23	4	3.52
61		15:20	2	1.76
62		15:25	3	2.64
63		16:30	5	4.4
64				

CUADRO No. 11

EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE
CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO
(Ug/M3)

AEROPUERTO EL DORADO

SITIO 5: INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE AVIANCA

MUESTRA No.	DA	HORA	LECTURA PPM	CONCENTRACION mg/M3
1	27.NOV.94	08:10	1	0,88
2		08:15	<1	<1
3		08:18	1	0,88
4		11:15	<1	<1
5		11:18	<1	<1
6		11:22	1	0,88
7		17:15	2	1,76
8		17:20	1	0,88
9		17:24	2	1,76
10	29.NOV.94	08:15	<1	<1
11		08:19	<1	<1
12		08:24	2	1,76
13		12:15	2	1,76
14		12:20	1	0,88
15		12:25	1	0,88
16		16:00	1	0,88
17		18:05	2	1,76
18		18:08	<1	<1
19	30.NOV.94	08:10	<1	<1
20		08:15	1	0,88
21		08:18	3	2,64
22		11:25	1	0,88
23		11:28	1	0,88
24		11:31	<1	<1
25		18:05	<1	<1
26		18:08	2	1,76
27		18:11	2	1,76
28	01.DIC.94	09:00	3	2,64
29		09:05	2	1,76
30		09:08	2	1,76
31		12:20	1	0,88
32		12:25	<1	<1

SITIO 5: INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE AVIANCA

MUESTRA No.	DA	HORA	LECTURA ppm	CONCENTRACION mg/M3
33		12:32	3	2,64
34		15:50	2	1,76
35		15:53	<1	<1
36		15:57	<1	<1
37	02.DIC.94	09:30	1	0,88
38		09:35	<1	<1
39		09:38	<1	<1
40		12:30	1	0,88
41		12:33	2	1,76
42		12:36	2	1,76
43		18:15	2	1,76
44		18:20	3	2,64
45		18:23	3	2,64
46	03.DIC.94	09:25	2	1,76
47		09:26	2	1,76
48		09:34	1	0,88
49		13:50	<1	<1
50		13:55	1	0,88
51		13:58	2	1,76
52		18:50	2	1,76
53		18:53	1	0,88
54		18:56	<1	<1
55	04.DIC.94	07:30	3	2,64
56		07:33	2	1,76
57		07:37	3	2,64
58		12:00	2	1,76
59		12:05	3	2,64
60		12:08	3	2,64
61		17:40	4	3,52
62		17:45	3	2,64
63		17:50	4	3,52
64				

CUADRO No. 12
CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS
(mg/m³)

SITIO: TERRAZA BOMBEROS

COMPUESTO	CONCENTRACION mg/m ³								
	MUESTRA #1	MUESTRA #2	MUESTRA #3	MUESTRA #4	MUESTRA #5	MUESTRA #6	MUESTRA #7	BLANCO	
BENCENO	N.D.	N.D.	0.05	0.03	1.44	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TOLUENO	N.D.	9.17	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.25	N.D.	N.D.
XILENO	N.D.	N.D.	N.D.	0.27	0.27	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
C5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
C6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
CC6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
CC:6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
nC7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
nC8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
nC9	N.D.	N.D.	0.09	N.D.	0.17	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

2700

CUADRO No. 13
CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS
(mg/m³)

SITIO: INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE AVIANCA

COMPUESTO	CONCENTRACION mg/m ³						
	MUESTRA #1	MUESTRA #2	MUESTRA #3	MUESTRA #4	MUESTRA #5	MUESTRA #6	MUESTRA #7
BENCENO	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.53	N.D.	N.D.
TOLUENO	N.D.	1.93	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.95
XILENO	0.26	0.80	0.34	0.09	0.27	0.53	0.09
C5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
C6	N.D.	0.60	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
CC6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
CC:6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.10	1.10
HC7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
HC8	N.D.	0.20	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.20
HC9	N.D.	0.43	0.09	0.09	0.26	N.D.	0.43

CUADRO No. 14

INVENTARIO DE EMISORES Y EMISIONES
AEROPUERTO EL DORADO

FACTORES DE EMISION PARA CARRETEO

DIA CRITICO: NOVIEMBRE 28/94

TIPO DE AERONAVE	TOTAL VUELOS DIA	FACTOR DE EMISION (Kg/hr)			
		MONOXIDO DE CARBONO	HIDROCARBUROS	OXIDOS DE NITROGENO	PARTICULAS
ATR42	42	46.3	12.4	2.75	1.0
B707	9	49.4	44.7	0.65	0.20
727-100	77	49.4	44.7	0.65	0.20
727-200	10	49.4	44.7	0.65	0.20
737	2	49.4	44.7	0.65	0.20
747	8	23.5	7.0	1.63	0.02
757	12	49.4	44.7	0.65	0.20
767	6	28.9	12.4	0.71	0.59
DC6	7	3.96	3.35	0.56	0.73
DC8	16	46.3	12.4	2.75	1.0
DC9	67	46.3	12.4	2.75	1.0
FOKKER 27	19	6.94	2.93	0.98	0.73
FOKKER 28	6	6.94	2.93	0.98	0.73
FOKKER 50	47	6.94	2.93	0.98	0.73
RJ100	15	23.5	7.0	1.63	0.02
HERCULES C130	10	6.94	2.93	0.98	0.73
MD80	48	6.94	2.93	0.98	0.73
MD83	28	6.94	2.93	0.98	0.73
PA31	10	3.96	3.35	0.56	0.73
PA32	9	3.96	3.35	0.56	0.73
DH6	26	28.5	29.4	1.23	0.54
DH8	34	28.5	29.4	1.23	0.54
DC3	12	3.41	0.10	N.A.	N.A.

279

CUADRO No. 15

INVENTARIO DE EMISORES Y EMISIONES
AEROPUERTO EL DORADO

FACTORES DE EMISION PARA DECOLAJE

DIA CRITICO: NOVIEMBRE 28/94

TIPO DE AVION	TOTAL VUELOS DIA	FACTOR DE EMISION (Kg/hr)			
		MONOXIDO DE CARBONO	HIDROCARBUROS	OXIDOS DE NITROGENO	PARTICULAS
ATR42	42	3.76	1.34	327.0	1.70
B707	9	5.60	2.11	67.10	3.70
727-100	77	5.60	2.11	67.10	3.70
727-200	10	5.60	2.11	67.10	3.70
737	2	5.60	2.11	67.10	3.70
747	8	3.04	0.59	245.00	0.24
757	12	5.60	2.11	67.10	3.70
767	6	13.20	0.25	50.30	6.80
DC6	7	1.71	0.20	12.70	1.70
DC8	16	3.76	1.34	327.0	1.70
DC9	67	3.76	1.34	327.0	1.70
FOKKER 27	19	0.98	0.20	12.70	1.70
FOKKER 28	6	0.98	0.20	12.70	1.70
FOKKER 50	47	0.98	0.20	12.70	1.70
RJ100	15	3.04	0.59	245.0	0.24
HERCULES C130	10	0.98	0.20	12.70	1.70
MD80	48	0.98	0.20	12.70	1.70
MD83	28	0.98	0.20	12.70	1.70
PA31	10	1.71	0.20	12.70	1.70
PA32	9	1.71	0.20	12.70	1.70
DH6	26	8.53	0.31	107.0	9.50
DH8	34	8.53	0.31	107.0	9.50
DC3	12	24.80	0.33	0.17	N.A.

280

CUADRO No.16

INVENTARIO DE EMISORES Y EMISIONES
AEROPUERTO EL DORADO

EMISIONES PARA EL CARRETEO

DIA CRITICO: NOVIEMBRE 28/94

TIPO DE AERONAVE	TOTAL VUELOS/DIA	EMISIONES (Kg/hr)			
		CO	HC	NOx	PARTICULAS
ATR42	42	1944,6	520,8	115,5	42,0
B707	9	444,6	402,3	5,9	1,8
727-100	77	3803,8	3441,9	50,1	15,4
727-200	10	494,0	447,0	6,5	2,0
737	2	98,8	89,4	1,3	0,4
747	8	188,0	56,0	13,0	0,2
757	12	592,8	536,4	7,8	2,4
767	6	173,4	74,4	4,3	3,5
DC6	7	27,7	23,5	3,9	5,1
DC8	16	740,8	198,4	44,0	16,0
DC9	67	3102,1	830,8	184,3	67,0
FOKKER 27	19	131,9	55,7	18,6	13,9
FOKKER 28	6	41,6	17,6	5,9	4,4
FOKKER 50	47	326,2	137,7	46,1	34,3
RJ100	15	352,5	105,0	24,5	0,3
HERCULES C130	10	69,4	29,3	9,8	7,3
MD80	48	333,1	140,6	47,0	35,0
MD83	28	194,3	82,0	27,4	20,4
PA31	10	39,6	33,5	5,6	7,3
PA32	9	35,6	30,2	5,0	6,6
DH6	26	741,0	764,4	32,0	14,0
DH8	34	969,0	999,6	41,8	18,4
DC3	12	40,9	1,2	N.A.	N.A.

CUADRO No.17

INVENTARIO DE EMISORES Y EMISIONES
AEROPUERTO EL DORADO

EMISIONES PARA EL DECOLAJE

DIA CRITICO: NOVIEMBRE 28/94

TIPO DE AERONAVE	TOTAL VUELOS/DIA	EMISIONES (Kg/hr)			
		CO	HC	NOx	PARTICULAS
ATR42	42	157,9	56,3	13734,0	71,4
B707	9	50,4	19,0	603,9	33,3
727-100	77	431,2	162,5	5166,7	284,9
727-200	10	56,0	21,1	671,0	37,0
737	2	11,2	4,2	134,2	7,4
747	8	24,3	4,7	1960,0	1,9
757	12	67,2	25,3	805,2	44,4
767	6	79,2	1,5	301,8	40,8
DC6	7	12,0	1,4	88,9	11,9
DC8	16	60,2	21,4	5232,0	27,2
DC9	67	251,9	89,8	21909,0	113,9
FOKKER 27	19	18,6	3,8	241,3	32,3
FOKKER 28	6	5,9	1,2	76,2	10,2
FOKKER 50	47	46,1	9,4	596,9	79,9
RJ100	15	45,6	8,9	3675,0	3,6
HERCULES C130	10	9,8	2,0	127,0	17,0
MD80	48	47,0	9,6	609,6	81,6
MD83	28	27,4	5,6	355,6	47,6
PA31	10	17,1	2,0	127,0	17,0
PA32	9	15,4	1,8	114,3	15,3
DH6	26	221,8	8,1	2782,0	247,0
DH8	34	290,0	10,5	3638,0	323,0
DC3	12	297,6	4,0	2,0	N.A.