

# Estudio de Valoración de la Eficacia del Equipo EAGLE 5000 frente al Humo del Tabaco.

Referencia 943/78357

*Elaborado por:*



*Ainhoa Mendivil Martínez*

*Inspector CAI*

*Octubre 2006*

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
1.1.	Objeto del Estudio.....	3
1.1.	Antecedentes .....	4
2.	DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO Y METODOLOGÍA .....	5
2.1.	Planteamiento del estudio.....	5
2.2.	Metodología de ensayo.....	7
2.2.1.	Partículas suspendidas en el aire (tamaño hasta 0,3 µm) .....	7
2.2.2.	Control de humo de tabaco en el ambiente .....	7
2.2.3.	Control del dióxido de carbono .....	8
2.2.4.	Control del monóxido de carbono .....	8
2.2.5.	Otras determinaciones .....	8
3.	RESULTADOS .....	9
3.1.	Partículas suspendidas en el aire (tamaño hasta 0,3 µm).....	9
3.2.	Control de humo de tabaco en el ambiente (Nicotina).....	11
3.3.	Control del dióxido de carbono .....	12
3.4.	Control del monóxido de carbono .....	14
3.5.	Control de la temperatura y humedad relativa .....	16
4.	CONCLUSIONES.....	18
4.1.	Tasa de generación de contaminantes .....	18
4.2.	Tasa de eliminación de contaminantes.....	19
4.3.	Conclusión general .....	21
5.	ANEXOS.....	23
5.1.	Anexo 1: Informe de ensayo MA06-01340 .....	23
5.2.	Anexo 2: Acreditación ENAC de Calidad de Aire Interior .....	24
5.3.	Anexo 3: Certificados de calibración de los equipos .....	25

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Objeto del Estudio

El objeto del presente informe es presentar los resultados obtenidos de la monitorización y los análisis ambientales llevados a cabo en una cámara de ensayo, para valorar eficacia de los equipos EAGLE 5000 de la marca Ecoquest frente al humo de tabaco. El estudio se llevó a cabo el día 26 de septiembre de 2006 en los *Laboratorios Ladeal* localizados en Valencia.



Fig 1. Capacidad extractora anulada

Para la valoración se utilizó una cámara de ensayo compuesta de una campana de aspiración de la marca TELSTAR 2A y modelo BIO-II-A, con una capacidad de 0,48 m<sup>3</sup> (aire estéril clase 10 según Norma EN 12469). Durante los ensayos no se utilizó la capacidad extractora de la campana, que sólo se activó al finalizar cada una de las pruebas para retirar el aire viciado de la cámara.

Dentro de la cámara se introdujo un generador de iones por ondas radio denominado EAGLE 5000, con una capacidad máxima de movimiento de aire de 48 m<sup>3</sup>/hora. La función del ventilador es simplemente crear un movimiento de aire fuera del aparato para que este quede ionizado.

El fabricante declara una tasa de generación de oxígeno activado de 520 mg/hora.

El equipo se elevó sobre una plataforma para situarlo en la zona central.



Fig 2. Equipo EAGLE 5000

Una vez acondicionada la cámara de ensayo se procedió al ensayo de 4 pruebas en las que se utilizaron la concentración de nicotina y de partículas respirables como indicadores de la eficacia de los equipos objeto de estudio frente al humo del tabaco.

### **1.1. Antecedentes**

El humo de tabaco es una mezcla de sustancias que se generan en una corriente principal procedente del punto de ignición del cigarrillo y en una corriente secundaria exhalada por el fumador. Ambas corrientes tienen diferentes características, ya que se producen a diferentes temperaturas y pasan por caminos diferentes, pero están compuestas por mezclas de aerosoles, gases y vapores, que se emiten sobre el espacio.

La contribución de ambas corrientes a la contaminación del ambiente interior es aproximadamente al 50%, pero en cuanto a partículas aproximadamente la corriente exhalada emite solo un 43% debido a la retención producida por el propio fumador.

En el proceso de dilución y enfriado del humo generado, se producen toda una serie de procesos fisicoquímicos generando un conjunto de contaminantes finales que son una mezcla de partículas y un conjunto de gases y vapores orgánicos.

En cuanto a las partículas, el rango de tamaños varía de 0,02 a 2  $\mu\text{m}$  con un valor promedio más frecuente de 0,2  $\mu\text{m}$  (Datos coincidentes en diversos estudios: Klepeis and Nazarov 2002, Chung and Dunn-Rankin, 1996; Ingebretsen and Sears, 1989).

No obstante, por las características aerodinámicas de las partículas se sabe que las más difíciles de retener son las de tamaño aerodinámico 0,3  $\mu\text{m}$  (Tamaño de Partícula con mayor capacidad de penetración MPPS-Most Penetrating Particulate Size), siendo éste tamaño el mejor indicador para valorar la eficacia de retención de los filtros, un filtro con alta eficacia en este tamaño tendrá una eficacia superior en 0,2  $\mu\text{m}$ .

En cuanto a gases y vapores, existe una enorme variedad de sustancias que algunos investigadores (Leaderer y Hammond 1991) han cifrado en más de 4.000 sustancias químicas. Entre las más comunes se pueden citar las siguientes:

Nicotina, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, piridina, aldehídos, ácido nitroso, acroleína, benceno, tolueno, nitrosamina, fenol, amoníaco, etc. La nicotina puede ser clasificada como un compuesto semivolátil en esta mezcla.

En el presente estudio tomaremos los tres primeros contaminantes entre otros como indicadores de referencia.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO Y METODOLOGÍA

En el estudio se trata de valorar la eficacia del equipo EAGLE 5000 frente al humo de trabajo. Para ello se introdujeron en la cámara de ensayo dos cigarrillos rubios encendidos junto con los equipos de muestreo. No había ventilación ni extracción dentro de la cámara.

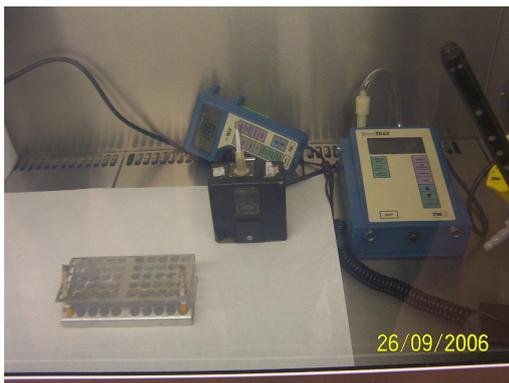


Fig 3. Equipos de monitorización y bomba de aspiración

Se monitorizaron las concentraciones de las partículas de tamaño hasta  $0,3 \mu\text{m}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  y además, se registraron las variaciones de temperatura y humedad producidas durante las pruebas dentro de la cámara de ensayo.

También se tomaron muestras de nicotina para su posterior análisis en el laboratorio.

El humo emanado del cigarro libera la mayor cantidad de gases y cerca de la mitad de todas las partículas que se desprenden. De los componentes presentes en el tabaco, la nicotina es uno de los más sencillos de identificar y, por ello, se utilizaría como indicador cualitativo.

### 2.1. Planteamiento del estudio

Se realizaron cuatro pruebas diferentes según la capacidad de purificación utilizada por el equipo. La capacidad purificadora del equipo se regula según la intensidad con la que genera electrones mediante un regulador de las agujas ionizadoras.

No se experimentó con el equipo funcionando al 100% debido a la alta tasa de renovación de aire que hubiese generado dentro de la cámara de ensayo.

El proceso de ensayo engloba las siguientes actuaciones:

**PRUEBA 1:** Medición de la concentración ambiental de nicotina después de que se hayan consumido dos cigarrillos rubios durante 12 minutos con el equipo funcionando durante la combustión a diferentes capacidades.

P1N1 Equipo al 25% de capacidad purificadora.

P1N2 Equipo al 50% de capacidad purificadora.

P1N3 Equipo al 75% de capacidad purificadora.

**PRUEBA 2:** Medición de la concentración ambiental de nicotina después de que se hayan consumido dos cigarrillos rubios con el equipo parado. Tras ese análisis se coloca el equipo funcionando al 25% de su capacidad purificadora y se mide la concentración de nicotina ambiental cada 5 minutos.

P2N1 A los 12 minutos con el equipo parado.

P2N2 A los 17 minutos con el equipo funcionando.

P2N3 A los 22 minutos con el equipo funcionando.

P2N4 A los 27 minutos con el equipo funcionando.

**PRUEBA 3:** Medición de la concentración ambiental de nicotina después de que se hayan consumido dos cigarrillos rubios con el equipo parado. Tras ese análisis se coloca el equipo funcionando al 50% de su capacidad purificadora y se mide la concentración de nicotina ambiental cada 5 minutos.

P3N1 A los 13 minutos con el equipo parado.

P3N2 A los 18 minutos con el equipo funcionando.

P3N3 A los 23 minutos con el equipo funcionando.

P3N4 A los 28 minutos con el equipo funcionando.

**PRUEBA 4:** Medir la concentración ambiental de nicotina después de que se hayan consumido dos cigarrillos rubios con el equipo parado. Tras ese análisis se coloca el equipo funcionando al 75% de su capacidad purificadora y se mide la concentración de nicotina ambiental cada 5 minutos.

P4N1 Con el equipo parado a los 14 minutos.

P4N2 A los 19 minutos con el equipo funcionando.

P4N3 A los 24 minutos con el equipo funcionando.

P4N4 A los 25 minutos con el equipo funcionando.

Durante todas las pruebas se monitorizaron las concentraciones de CO<sub>2</sub>, CO, partículas de tamaño hasta 0,3 µm, T<sup>a</sup> y humedad relativa.

## **2.2. Metodología de ensayo**

### **2.2.1. Partículas suspendidas en el aire (tamaño hasta 0,3 µm)**

El efecto de las partículas sobre la salud depende directamente de su tamaño, ya que el organismo humano está diseñado para filtrar las partículas mayores y evitar que taponen los pulmones, que en última instancia son los filtros que evitan el paso de las partículas más finas al torrente sanguíneo. El humo exhalado de las partículas del tabaco tienen un diámetro aerodinámico menor que 4 µm, que las que penetran en los pulmones. Estas partículas finas, las conocidas como partículas respirables en suspensión (RSP), son las más importantes desde el punto de vista de la salud, por lo que nuestras medidas de partículas se concentran en esta fracción RSP.

La evaluación del grado de contaminación por partículas respirables en suspensión en el aire se realizó mediante monitorización del pesaje por reflexión de láser con un equipo de la marca TSI modelo Dust-Trak 8520 introducido en la cámara de ensayo registrando las concentraciones en mg/m<sup>3</sup> cada minuto.

### **2.2.2. Control de humo de tabaco en el ambiente**

De los componentes presentes en el tabaco, la nicotina es uno de los más sencillos de identificar y, por ello, se utiliza como indicador. La nicotina es un alcaloide (amina terciaria compuesta por una piridina y un anillo pirrólico con un grupo metilo). Los dos isómeros posibles de la nicotina son la L-nicotina, que es la forma activa y la que se encuentra en el tabaco. La fórmula química de la nicotina es C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>.

Actualmente la mayoría de los cigarrillos en el mercado mundial contienen 0,8 miligramos (mg) o más de nicotina. La nicotina se absorbe por la piel y por la mucosa de la boca y la nariz o se inhala a través de los pulmones. Dependiendo de cómo se ingiere el tabaco, la nicotina puede llegar rápidamente a niveles muy altos en la corriente sanguínea y en el cerebro. Por ejemplo, fumar cigarrillos resulta en una distribución rápida de la nicotina por todo el cuerpo, llegando al cerebro a los 10 segundos de haber sido inhalada. La nicotina del tabaco sin humo también se absorbe a través de las membranas mucosas.



Fig 4. Tubos sorbentes XAD-4, 80/40 mg

El muestreo de los componentes del humo de tabaco ambiental se realizó según el método **NIOSH 2551** con tubos sorbentes XAD-4.

Se tomaron muestras de 1 litro de aire pasados a través de los tubos sorbentes XAD-4 mediante una bomba de aspiración modelo MSA de la marca ESCORT a un caudal de 1 litro por minuto. La técnica analítica es la cromatografía de gases.

### 2.2.3. Control del dióxido de carbono

El dióxido de carbono no es un contaminante grave, es un asfixiante simple, por desplazamiento del oxígeno, pero necesita concentraciones elevadísimas para manifestar sus efectos. Cuando los niveles de dióxido de carbono exceden de 800 a 1.000 ppm en las áreas interiores, muchas personas comienzan a experimentar incomodidad, dolores de cabeza, cansancio y apatía general.

Se midieron los niveles de dióxido de carbono utilizando un detector de absorción de infrarrojo (sin dispersión) de la marca TSI llamado Q-Trak Plus 8554 introducido en la cámara de ensayo que registraba las concentraciones de CO<sub>2</sub> en ppm cada minuto.

### 2.2.4. Control del monóxido de carbono

El CO es un potente asfixiante químico que con bajas concentraciones provoca un fenómeno reversible y, en concentraciones suficientes llega a provocar la muerte.

Se miden los niveles de monóxido de carbono utilizando un detector electroquímico de la marca TSI llamado Q-Trak Plus 8554 introducido en la cámara de ensayo que registraba las concentraciones de CO en ppm cada minuto..

### 2.2.5. Otras determinaciones

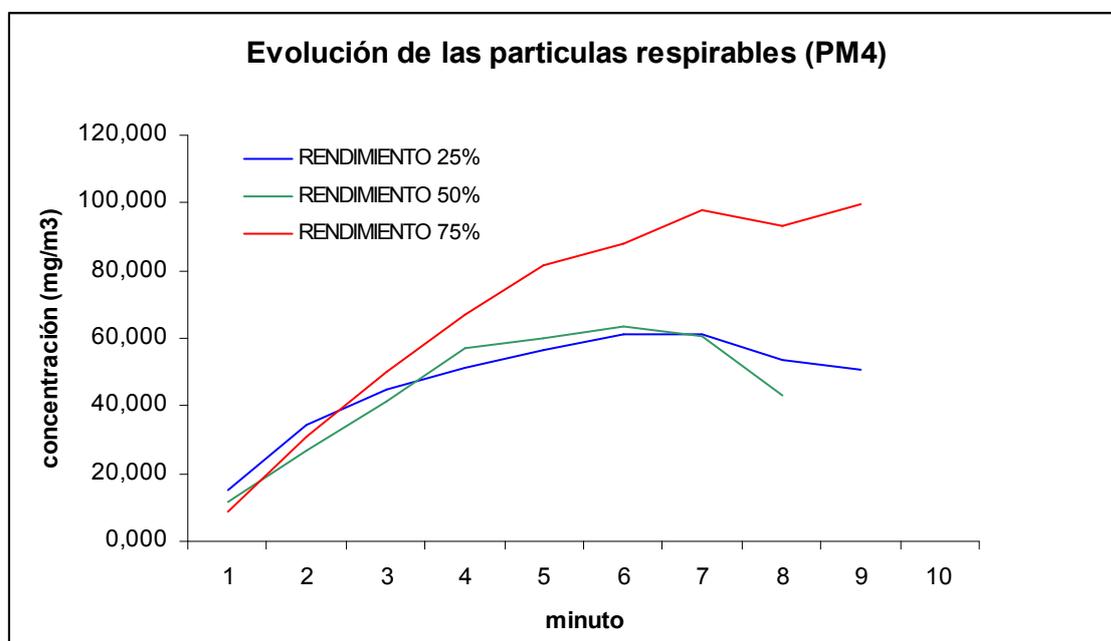
Además de los ensayos mencionados anteriormente se controlaron en tiempo real la temperatura en grados centígrados y el porcentaje de humedad relativa en la cámara de ensayo con un termohigrómetro de la marca TSI llamado Q-Trak Plus 8554 introducido en la cámara de ensayo que registraba las concentraciones de CO en ppm cada minuto.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Partículas suspendidas en el aire (tamaño hasta 0,3 µm)

En la **PRUEBA 1**, se monitorizó la concentración ambiental de partículas suspendidas en el aire (tamaño hasta 0,3 µm) con el equipo funcionando a diferentes capacidades de purificación durante el consumo de 2 cigarrillos rubios por espacio de 10 minutos, obteniéndose una concentración máxima de PM<sub>4</sub> de:

PRUEBA 1 (25% rendimiento)	61,113 mg/m <sup>3</sup> a los 7´.
PRUEBA 1 (50% rendimiento)	63,354 mg/m <sup>3</sup> a los 6´.
PRUEBA 1 (75% rendimiento)	99,589 mg/m <sup>3</sup> a los 9´.



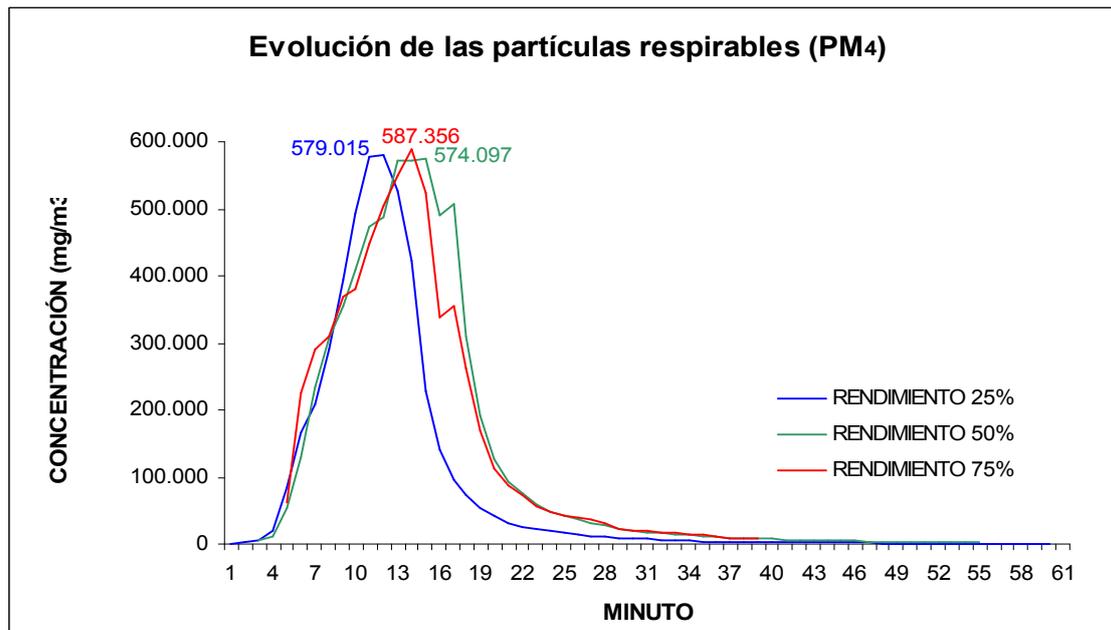
Gráf. 1. Evolución de las partículas respirables en suspensión con el equipo funcionando durante la combustión

A partir de estos máximos, la tasa de concentración de partículas empieza a decrecer.

Durante las **PRUEBAS 2, 3 y 4** se dejaron consumir dos cigarrillos rubios con el sistema purificador apagado y la capacidad extractora de la cámara anulada. La concentración inicial de partículas con diámetro aerodinámico menor de 4 µm era menor a 1 mg/m<sup>3</sup> antes de la combustión de los cigarrillos.

Finalizada la combustión se alcanzaron las siguientes concentraciones máximas de partículas con diámetro aerodinámico menor de 4  $\mu\text{m}$ :

PRUEBA 2	579,015 $\text{mg}/\text{m}^3$ a los 12'.
PRUEBA 3	574,097 $\text{mg}/\text{m}^3$ a los 16'.
PRUEBA 4	587,356 $\text{mg}/\text{m}^3$ a los 13'.



Gráf. 2. Evolución de las partículas respirables en suspensión con el equipo apagado durante la combustión

A partir de ese momento se conecta el purificador de aire a diferentes rendimientos para monitorizar la caída de concentración de partículas PM<sub>4</sub>.

Los resultados obtenidos 5 minutos después de conectado el equipo respecto a la reducción en la concentración de partículas fueron:

PRUEBA 2 (25% rendimiento)	95,015 $\text{mg}/\text{m}^3$ a los 17'.
PRUEBA 3 (50% rendimiento)	125,857 $\text{mg}/\text{m}^3$ a los 21'.
PRUEBA 4 (75% rendimiento)	168,640 $\text{mg}/\text{m}^3$ a los 18'.

Los resultados obtenidos 10 minutos después de conectado el equipo fueron:

PRUEBA 2 (25% rendimiento)	26,123 $\text{mg}/\text{m}^3$ a los 22'.
PRUEBA 3 (50% rendimiento)	31,415 $\text{mg}/\text{m}^3$ a los 26'.
PRUEBA 4 (75% rendimiento)	47,302 $\text{mg}/\text{m}^3$ a los 23'.

Los resultados obtenidos 15 minutos después de conectado el equipo fueron:

PRUEBA 2 (25% rendimiento)	12,092 mg/m <sup>3</sup> a los 27´.
PRUEBA 3 (50% rendimiento)	19,485 mg/m <sup>3</sup> a los 31´.
PRUEBA 4 (75% rendimiento)	23,705 mg/m <sup>3</sup> a los 28´.

### **3.2. Control de humo de tabaco en el ambiente (Nicotina)**

En la **PRUEBA 1**, se midió la concentración ambiental de nicotina con el equipo funcionando a diferentes capacidades durante el consumo de 2 cigarrillos rubios por espacio de 10 minutos.

BIL-8051-P1N1 (25% rendimiento)	1,0 mg/m <sup>3</sup> equipo funcionando.
BIL-8051-P1N2 (50% rendimiento)	1,3 mg/m <sup>3</sup> equipo funcionando.
BIL-8051-P1N3 (75% rendimiento)	1,2 mg/m <sup>3</sup> equipo funcionando.

Durante las **PRUEBAS 2, 3 y 4** se dejaron consumir dos cigarrillos rubios con el sistema purificador apagado y la capacidad extractora de la cámara anulada.

Finalizada la combustión se midió la concentración ambiental de nicotina obteniendo los siguientes resultados de partida:

PRUEBA 2	7,2 mg/m <sup>3</sup> equipo parado a los 12´
PRUEBA 3	6,2 mg/m <sup>3</sup> equipo parado a los 13´
PRUEBA 4	4,8 mg/m <sup>3</sup> equipo parado a los 14´

Los resultados obtenidos 5 minutos después de conectado el equipo respecto a la reducción en la concentración de nicotina fueron:

PRUEBA 2 (25% rendimiento)	<0,1 mg/m <sup>3</sup> equipo funcionando a los 17´
PRUEBA 3 (50% rendimiento)	0,1 mg/m <sup>3</sup> equipo funcionando a los 18´
PRUEBA 4 (75% rendimiento)	<0,1 mg/m <sup>3</sup> equipo funcionando a los 19´

Los resultados obtenidos 10 minutos después de conectado el equipo respecto a la reducción en la concentración de nicotina fueron:

PRUEBA 2 (25% rendimiento)	<0,1 mg/m <sup>3</sup> equipo funcionando a los 22´
PRUEBA 3 (50% rendimiento)	<0,1 mg/m <sup>3</sup> equipo funcionando a los 23´
PRUEBA 4 (75% rendimiento)	<0,1 mg/m <sup>3</sup> equipo funcionando a los 23´

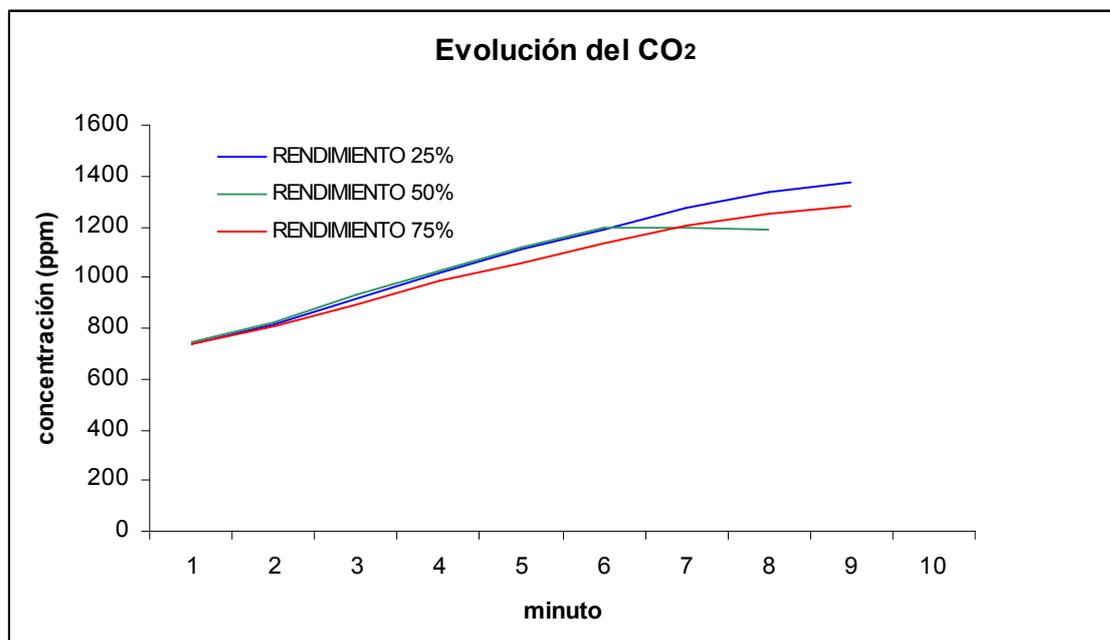
Los resultados obtenidos 15 minutos después de conectado el equipo respecto a la reducción en la concentración de nicotina fueron:

PRUEBA 2 (25% rendimiento)	<0,1 mg/m <sup>3</sup> equipo funcionando a los 27´
PRUEBA 3 (50% rendimiento)	<0,1 mg/m <sup>3</sup> equipo funcionando a los 28´
PRUEBA 4 (75% rendimiento)	<0,1 mg/m <sup>3</sup> equipo funcionando a los 29´

### 3.3. Control del dióxido de carbono

En la **PRUEBA 1**, se monitorizó la concentración ambiental de dióxido de carbono con el equipo funcionando a diferentes capacidades de purificación durante el consumo de 2 cigarrillos rubios por espacio de 10 minutos, obteniéndose una concentración máxima de CO<sub>2</sub> de:

PRUEBA 1 (25% rendimiento)	1.376 ppm a los 9´.
PRUEBA 1 (50% rendimiento)	1.189 ppm a los 8´.
PRUEBA 1 (75% rendimiento)	1.283 ppm a los 9´.



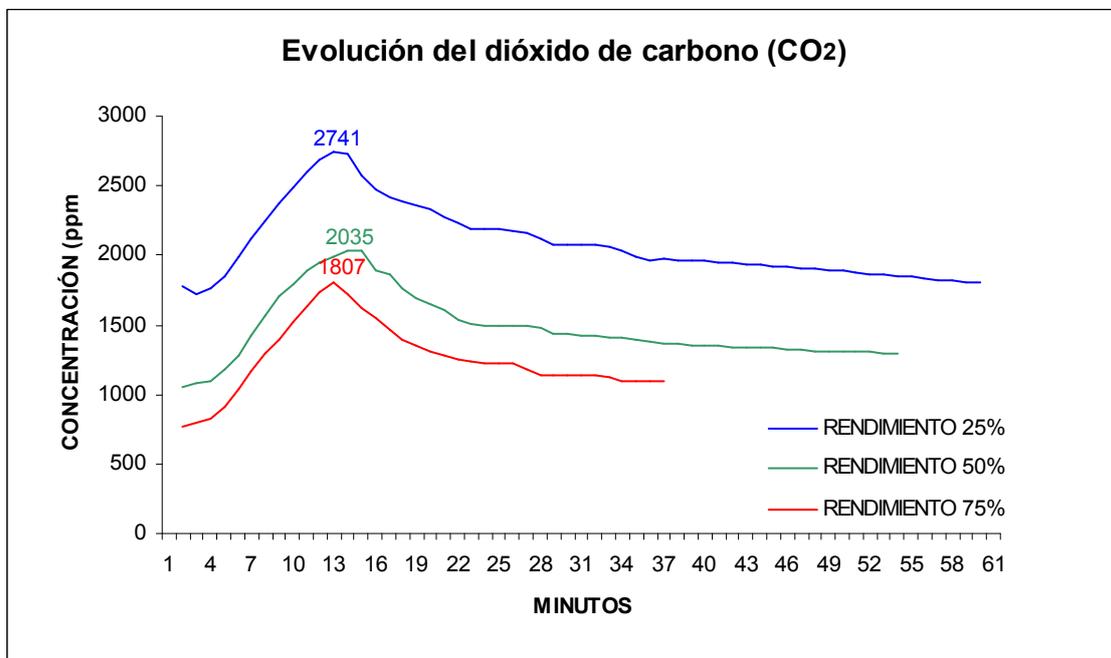
Gráf. 3. Evolución del CO<sub>2</sub> con el equipo funcionando durante la combustión

A partir de estos máximos, la concentración de CO<sub>2</sub> se estabiliza y desciende lentamente.

Durante las **PRUEBAS 2, 3 y 4** se dejaron consumir dos cigarrillos rubios con el sistema purificador apagado y la capacidad extractora de la cámara anulada. La concentración inicial de CO<sub>2</sub> era menor de 1.000 ppm antes de la combustión de los cigarrillos.

Finalizada la combustión se alcanzaron las siguientes concentraciones máximas de dióxido de carbono:

PRUEBA 2	2.741 ppm a los 12'.
PRUEBA 3	2.035 ppm a los 14'.
PRUEBA 4	1.807 ppm a los 12'.



Gráf. 4. Evolución del CO<sub>2</sub> con el equipo apagado durante la combustión

A partir de ese momento se conecta el purificador de aire a diferentes rendimientos para monitorizar la caída de concentración de CO<sub>2</sub>.

Los resultados obtenidos 5 minutos después de conectado el equipo respecto a la reducción en la concentración de CO<sub>2</sub> fueron:

PRUEBA 2 (25% rendimiento)	2 386 ppm a los 17'.
PRUEBA 3 (50% rendimiento)	1 644 ppm a los 19'.
PRUEBA 4 (75% rendimiento)	1.390 ppm a los 17'.

Los resultados obtenidos 10 minutos después de conectado el equipo fueron:

PRUEBA 2 (25% rendimiento)	2.188 ppm a los 22´.
PRUEBA 3 (50% rendimiento)	1.492 ppm a los 26´.
PRUEBA 4 (75% rendimiento)	1.233 ppm a los 22´.

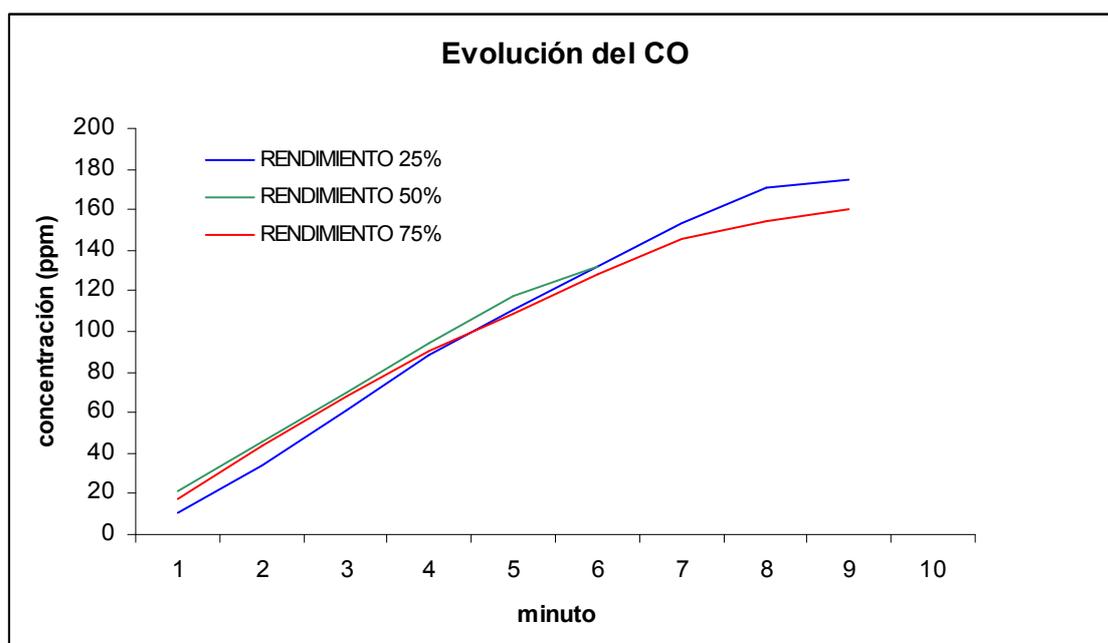
Los resultados obtenidos 15 minutos después de conectado el equipo fueron:

PRUEBA 2 (25% rendimiento)	2.116 ppm a los 27´.
PRUEBA 3 (50% rendimiento)	1.431 ppm a los 31´.
PRUEBA 4 (75% rendimiento)	1.141 ppm a los 27´.

### 3.4. Control del monóxido de carbono

En la **PRUEBA 1**, se monitorizó la concentración ambiental de monóxido de carbono con el equipo funcionando a diferentes capacidades de purificación durante el consumo de 2 cigarrillos rubios por espacio de 10 minutos, obteniéndose una concentración máxima de CO de:

PRUEBA 1 (25% rendimiento)	175 ppm a los 12´.
PRUEBA 1 (50% rendimiento)	121 ppm a los 9´.
PRUEBA 1 (75% rendimiento)	160 ppm a los 12´.



Gráf. 5 Evolución del CO con el equipo funcionando durante la combustión

A partir de estos máximos, la concentración de CO se estabiliza y desciende lentamente.

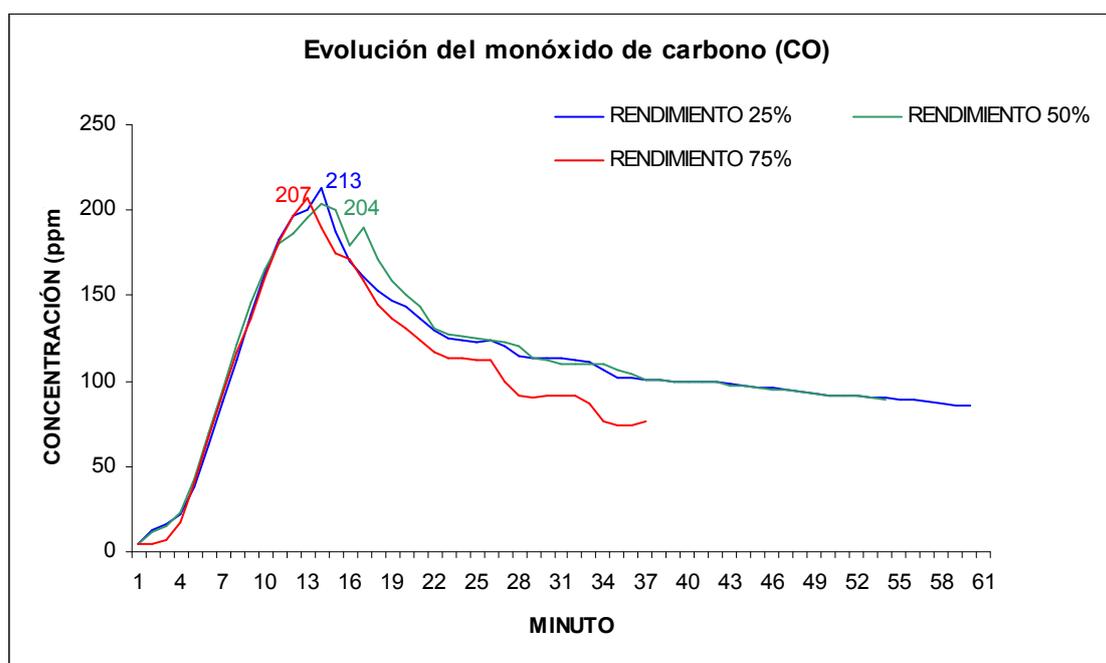
Durante las **PRUEBAS 2, 3 y 4** se dejaron consumir dos cigarrillos rubios con el sistema purificador apagado y la capacidad extractora de la cámara anulada. La concentración inicial de CO era menor de 5 ppm antes de la combustión de los cigarrillos.

Finalizada la combustión se alcanzaron las siguientes concentraciones máximas de monóxido de carbono:

PRUEBA 2 (25% rendimiento) 213 ppm a los 13'.

PRUEBA 3 (50% rendimiento) 204 ppm a los 13'.

PRUEBA 4 (75% rendimiento) 207 ppm a los 12'.



Gráf. 6. Evolución del CO con el equipo apagado durante la combustión

A partir de ese momento se conecta el purificador de aire a diferentes rendimientos para monitorizar la caída de concentración de CO.

Los resultados obtenidos 5 minutos después de conectado el equipo respecto a la reducción en la concentración de CO fueron:

PRUEBA 2 (25% rendimiento)	147 ppm a los 18´.
PRUEBA 3 (50% rendimiento)	158 ppm a los 18´.
PRUEBA 4 (75% rendimiento)	145 ppm a los 17´.

Los resultados obtenidos 10 minutos después de conectado el equipo fueron:

PRUEBA 2 (25% rendimiento)	124 ppm a los 23´.
PRUEBA 3 (50% rendimiento)	126 ppm a los 23´.
PRUEBA 4 (75% rendimiento)	113 ppm a los 22´.

Los resultados obtenidos 15 minutos después de conectado el equipo fueron:

PRUEBA 2 (25% rendimiento)	113 ppm a los 28´.
PRUEBA 3 (50% rendimiento)	114 ppm a los 28´.
PRUEBA 4 (75% rendimiento)	91 ppm a los 27´.

### **3.5. Control de la temperatura y humedad relativa**

En la **PRUEBA 1**, se monitorizó la temperatura y la humedad relativa con el equipo funcionando a diferentes capacidades de purificación durante el consumo de 2 cigarrillos rubios por espacio de 10 minutos, obteniéndose los siguientes resultados para la temperatura durante la combustión:

PRUEBA 1 (25% rendimiento)	26,7 °C +1 °C en 3´y +2 °C en 8´.
PRUEBA 1 (50% rendimiento)	27,6 °C +1 °C en 4´y +2 °C en 10´.
PRUEBA 1 (75% rendimiento)	27,6 °C +1 °C en 3´y +2 °C en 9´.

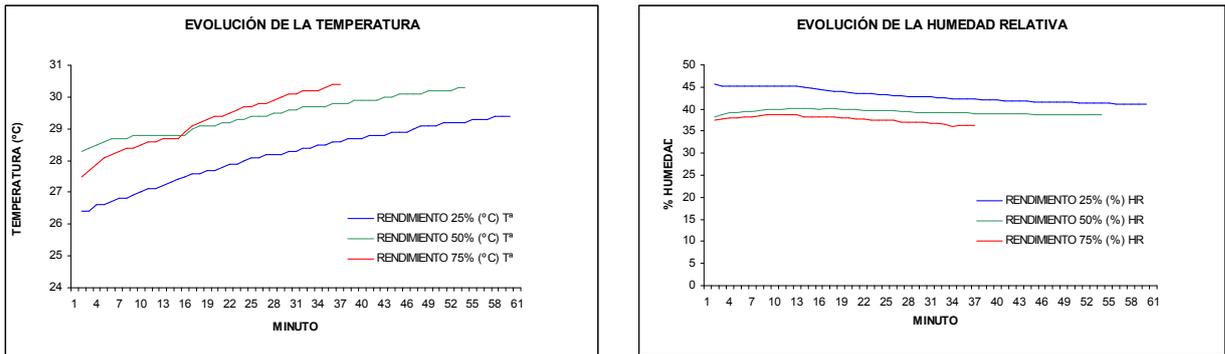
Respecto a la humedad relativa, los resultados fueron los que se muestran a continuación:

PRUEBA 1 (25% rendimiento)	37,7% +10% en 4´y -10% en 10´.
PRUEBA 1 (50% rendimiento)	37,1% +10% en 3´y -10% en 12´.
PRUEBA 1 (75% rendimiento)	37,9% +10% en 4´y -10% en 9´.

Durante las **PRUEBAS 2, 3 y 4** se dejaron consumir dos cigarrillos rubios con el sistema purificador apagado y la capacidad extractora de la cámara anulada.

Finalizada la combustión se alcanzaron las siguientes temperaturas y humedades relativas:

- PRUEBA 2 (25% rendimiento) 27,2 °C y 45% a los 12´.
- PRUEBA 3 (50% rendimiento) 29,0 °C y 40% a los 16´.
- PRUEBA 4 (75% rendimiento) 28,7 °C y 38% a los 13´.



Gráf. 7. Evolución de la temperatura y la humedad relativa con el equipo funcionando durante la combustión

Los resultados obtenidos 5 minutos después de conectado el equipo fueron:

- PRUEBA 2 (25% rendimiento) 27,6 °C y 44% a los 17´.
- PRUEBA 3 (50% rendimiento) 29,2 °C y 40% a los 21´.
- PRUEBA 4 (75% rendimiento) 29,3 °C y 38% a los 18´.

Los resultados obtenidos 10 minutos después de conectado el equipo fueron:

- PRUEBA 2 (25% rendimiento) 27,9 °C y 43% a los 22´.
- PRUEBA 3 (50% rendimiento) 29,4 °C y 39% a los 26´.
- PRUEBA 4 (75% rendimiento) 29,7 °C y 37% a los 23´.

Los resultados obtenidos 15 minutos después de conectado el equipo fueron:

- PRUEBA 2 (25% rendimiento) 28,2 °C y 43% a los 27´.
- PRUEBA 3 (50% rendimiento) 29,7 °C y 39% a los 31´.
- PRUEBA 4 (75% rendimiento) 28,7 °C y 37% a los 28´.

## 4. CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se valora la eficacia del equipo EAGLE 5000 frente al humo del tabaco.

### 4.1. Tasa de generación de contaminantes

Con los resultados de la **PRUEBA 1** podemos comparar las concentraciones de los distintos contaminantes con el equipo funcionando a diferentes intensidades respecto a la capacidad de purificación durante el consumo de 2 cigarrillos rubios, con los resultados de las **PRUEBAS 2, 3 y 4** durante la combustión de los dos cigarrillos rubios con el sistema purificador apagado y la capacidad extractora de la cámara anulada. Los datos se plasman en la siguiente tabla:

	CAPACIDAD DE PURIFICACIÓN	RSP <sub>4</sub> mg/m <sup>3</sup>	NIC. mg/m <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> ppm	CO ppm	T <sup>a</sup> °C	H.R. %
ESTADO INICIAL	0%	< 0,150	< 0,1	< 1.000	< 5	< 24,0	> 37
PRUEBA 1	25%	61,113	1,0	1.376	175	26,7	37,7
	50%	63,354	1,3	1.189	132	27,6	37,1
	75%	99,589	1,2	1.283	160	27,6	37,9
PRUEBAS 2, 3 Y 4	0%	579,015	7,2	2.741	213	27,2	45
	0%	574,097	6,2	2.035	204	29,0	40
	0%	587,356	4,8	1.807	207	28,7	38

Tabla 1. Resumen de los resultados obtenidos con el equipo sin funcionar y funcionando a diferentes intensidades de purificación.

La tabla muestra también las condiciones de ensayo previas a las Pruebas (Estado Inicial). Por debajo de esos valores, se entiende que la calidad del aire interior es aceptable desde el punto de vista de la salubridad.

- Funcionando al 25% de intensidad en la capacidad de purificación del equipo se redujo un 89,5% la concentración de RSP<sub>4</sub>, un 98,6% la concentración de Nicotina, un 49,8% la concentración de CO<sub>2</sub>, y un 17,9% la concentración de CO en las condiciones de ensayo descritas anteriormente.
- Con un 50% de intensidad en la capacidad de purificación del equipo se redujo un 89% la concentración de RSP<sub>4</sub>, un 98,4% la concentración de Nicotina, un 41,6% la concentración de CO<sub>2</sub>, y un 40,7% la concentración de CO.
- Con el 75% de intensidad en la capacidad de purificación del equipo se redujo un 83,1% la concentración de RSP<sub>4</sub>, un 98% la concentración de Nicotina, un 29% la concentración de CO<sub>2</sub>, y un 22,7% la concentración de CO.

- Las condiciones de temperatura y humedad relativa no variaban significativamente, mostrando mayor temperatura y menor humedad relativa en las pruebas realizadas sin intensidad purificadora.

En las condiciones de ensayo el equipo resulto eficaz en la reducción de la tasa de generación de partículas respirables en suspensión y en la reducción de la tasa de generación de nicotina.

Respecto al dióxido y monóxido de carbono, el equipo no llegó a reducir en 2 veces la tasa de generación de ambos contaminantes. Esta situación mejoraría notablemente introduciendo en los ensayos ventilación natural y/o forzada que aumente la concentración de oxígeno ambiental. Esto corregiría también la ligera variabilidad producida en la humedad relativa.

El incremento de la temperatura se contrarrestaría utilizando en los ensayos un sistema de control térmico (climatizador).

#### 4.2. Tasa de eliminación de contaminantes

Con los resultados de las **PRUEBAS 2, 3 y 4** se comparan las tasas de eliminación de los distintos contaminantes una vez conectado el equipo a distintas intensidades en cuanto a la capacidad de purificación tras la combustión de dos cigarrillos rubios.

Los datos obtenidos figuran en la tabla siguiente:

	CAPACIDAD DE PURIFICACIÓN	RSP <sub>4</sub>	NIC.	CO <sub>2</sub>	CO	T <sup>a</sup>	H.R.
		mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm	°C	%
PRUEBAS 2, 3 Y 4	25%	579,015	7,2	2.741	213	27,2	45
	50%	574,097	6,2	2.035	204	29,0	40
	75%	587,356	4,8	1.807	207	28,7	38
5' DESPUÉS	25%	-83,5%	>-98,6%	-13,0%	-31,0%	1,5%	-2,2%
	50%	-78,0%	-98,4%	-19,2%	-22,6%	0,7%	-1,5%
	75%	-71,3%	>-98,0%	-23,1%	-30,0%	2,1%	-0,5%
10' DESPUÉS	25%	-95,5%	>-98,6%	-20,2%	-41,0%	2,6%	-3,8%
	50%	-94,5%	>-98,4%	-26,7%	-38,2%	1,4%	-1,8%
	75%	-91,9%	>-98,0%	-31,8%	-45,4%	3,5%	-3,3%
15' DESPUÉS	25%	-97,9%	>-98,6%	-22,8%	-47,0%	3,7%	-4,9%
	50%	-96,6%	>-98,4%	-29,7%	-41,1%	2,4%	-2,2%
	75%	-96,0%	>-98,0%	-36,9%	-56,0%	4,5%	-3,7%

Tabla 2. Resumen de los resultados obtenidos con el equipo funcionando a diferentes intensidades de purificación a los largo del tiempo.

- Funcionando al 25% de intensidad en la capacidad de purificación del equipo se redujo en más del 83% la concentración de RSP<sub>4</sub> en 5 minutos, más del 95% a los 10 minutos y más el 98% pasados 15 minutos. La concentración de Nicotina presentaba un descenso aún más rápido, ya que a los 5 minutos ya se había eliminado el 98% de la nicotina ambiental. La concentración de CO<sub>2</sub> tuvo tasas de decrecimiento entre el 13 y el 22% y la de CO entre el 30 y el 47% en las condiciones de ensayo descritas anteriormente.
- Con un 50% de intensidad en la capacidad de purificación del equipo, se redujo en más del 78% la concentración de RSP<sub>4</sub> en 5 minutos, más del 94% a los 10 minutos y más el 96% pasados 15 minutos. La concentración de Nicotina descendió más rápido y a los 5 minutos ya se había eliminado el 98,4% de la nicotina ambiental. La concentración de CO<sub>2</sub> tuvo tasas de decrecimiento muy inferiores entre, el 19% a los 5 minutos y más del 22% a partir de los 15 minutos. La concentración de CO disminuyó un 31% a los 5 minutos y un 47% a los 15 minutos en las condiciones de ensayo descritas anteriormente.
- Con el 75% de intensidad en la capacidad de purificación del equipo se redujo en más del 71,3% la concentración de RSP<sub>4</sub> en 5 minutos, más del 92% a los 10 minutos y el 96% pasados 15 minutos. La concentración de Nicotina presentaba un descenso muy rápido, y a los 5 minutos ya se había eliminado el 98% de la nicotina ambiental. La concentración de CO<sub>2</sub> tuvo tasas de decrecimiento entre el 23 y el 37%, y la de CO entre el 30 y el 56% en las condiciones de ensayo descritas anteriormente.

Al igual que con la tasa de generación de contaminantes y en las condiciones de ensayo descritas anteriormente, el EAGLE 5000 se muestra muy eficaz en la eliminación de nicotina y de partículas respirables de diámetro aerodinámico hasta 0,3 µm. Las reducciones de las concentraciones de CO<sub>2</sub> y CO presentaron descensos de menor porcentaje.

Señalar que las pruebas se realizaron con una producción máxima del 75% de rendimiento del equipo. Es de suponer que con producciones de más del 75% se verían incrementados.

### 4.3. Conclusión general

Analizados globalmente todos los ensayos concluimos que:

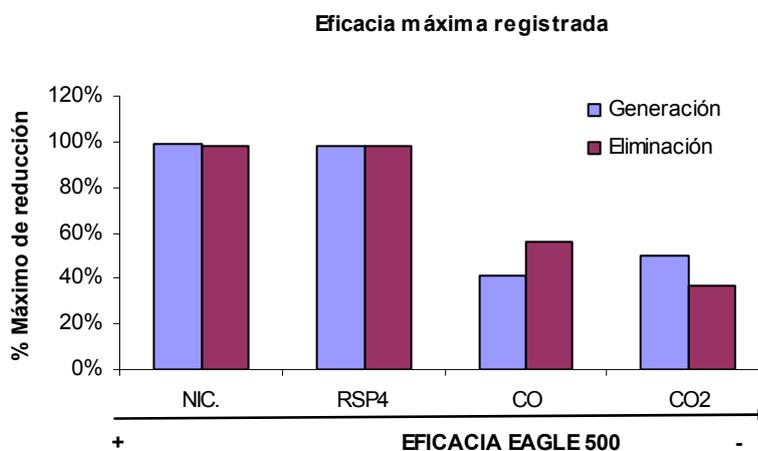
La **tasa de generación de contaminantes** disminuyó durante la combustión utilizando el equipo EAGLE 5000, la reducción de concentración del contaminante variaba en función de la intensidad de la capacidad de purificación del equipo y del tiempo de exposición. Las tasas de reducción máximas registradas durante la generación de contaminantes fueron:

- Nicotina hasta 99% de la concentración.
- Partículas Respirables en Suspensión hasta 98% de la concentración.
- CO<sub>2</sub> hasta 50% de la concentración.
- CO hasta 41% de la concentración.

La **tasa de eliminación** de los contaminantes variaba dependiendo del tiempo de funcionamiento del equipo EAGLE 5000 y de la intensidad de la capacidad de purificación del equipo. Las tasas de reducción máximas registradas durante la eliminación de contaminantes fueron:

- Nicotina hasta un 98% de la concentración.
- Partículas Respirables en Suspensión hasta un 98% de la concentración.
- CO<sub>2</sub> hasta un 37% de la concentración.
- CO hasta un 56% de la concentración.

En la siguiente gráfica se comparan las reducciones máximas en la concentración de los contaminantes evaluados durante la generación y eliminación de los mismos.



Gráf. 8. Eficacia máxima del EAGLE 5000 registrada durante el estudio

**El purificador de aire EAGLE 5000 funcionando hasta un 75% de su capacidad redujo durante los ensayos hasta en un 99% la concentración de nicotina en ambiente y hasta en un 98% la concentración de partículas respirables en suspensión mostrando una alta eficacia en la eliminación de ambos contaminantes procedentes del tabaco.**

**Las reducciones de las concentraciones de CO<sub>2</sub> y CO fueron menores, sin embargo, con un aporte de ventilación natural y/o forzada se podrían conseguir reducciones similares a las anteriores en periodos de tiempo como los empleados en el estudio.**

## 5. ANEXOS

### 5.1. Anexo 1: Informe de ensayo MA06-01340

## 5.2. Anexo 2: Acreditación ENAC de Calidad de Aire Interior

### 5.3. Anexo 3: Certificados de calibración de los equipos