

# Medición de micro y nanopartículas en ambientes laborales



**CARLOS SUÁREZ**

JEFE DE DEPARTAMENTO

HIGIENE INDUSTRIAL Y MEDIO AMBIENTE

**VERTEX TECHNICS S.L.**



*VERTEX TECHNICS S.L.*

*[www.vertex.es](http://www.vertex.es)*

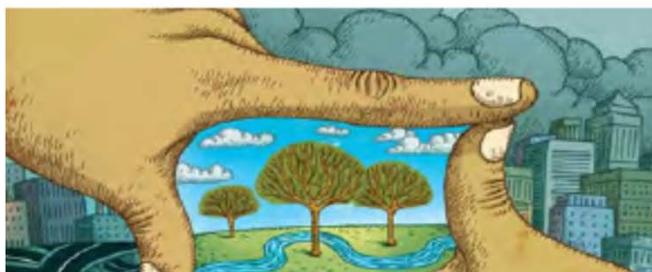


© Miguel Editorial S. A., Bilbao

## Catálogo Higiene Industrial y medio ambiente



*Prevención de riesgos laborales*



*Calidad de aire interior*





Leland Legacy + Sioutas



MiniWras



# Rango de tamaño de partículas

Tipos de Detectores

MiniWras

SMPS+C<sub>(DMA+CPC)</sub>

SMPS+E<sub>(DMA+FCE)</sub>

MiniLas

Materiales

Iones Metal

Sacarosa

Polvo  
Carbón Activo

Amianto

Pigmentos Color

Pelo Humano

Virus

Bacterias

Esporas Fúngicas

Ceniza Diesel

Luz

Tipos:

Iones

Moléculas

Macro Mol.

Micropartículas

Macropartículas

Impurezas

Tamizable

Escala [nm]

1

10

100

1,000

10,000

100,000

[nm]

Escala [μm]

0.001

0.01

0.1

1

10

100

[μm]

# Concentraciones típicas de Nanopartículas

Localización	Concentración [Partículas / cm <sup>3</sup> ]
Aire Interior (sin fumadores):	5,000 – 15,000
Aire Interior (con fumadores o aspiradoras):	15,000 – 80,000
Puesto Trabajo contaminado:	80,000 – 150,000
Gases de un Motor Diesel:	~ 10 <sup>10</sup>

El Rango de Concentración de un CPC Grimm : 0 – 10<sup>7</sup> Partículas / cm<sup>3</sup>

⇒ **Esencialmente no hay límite de detección (para partículas > 5 nm) ya que puede hacerse una dilución**



# Medición de Nanopartículas = Separación + Contaje

## 1. Métodos clásicos

**CONTAJE**

Contador de Partículas Condensadas (CPC)



Electrómetro de Faraday



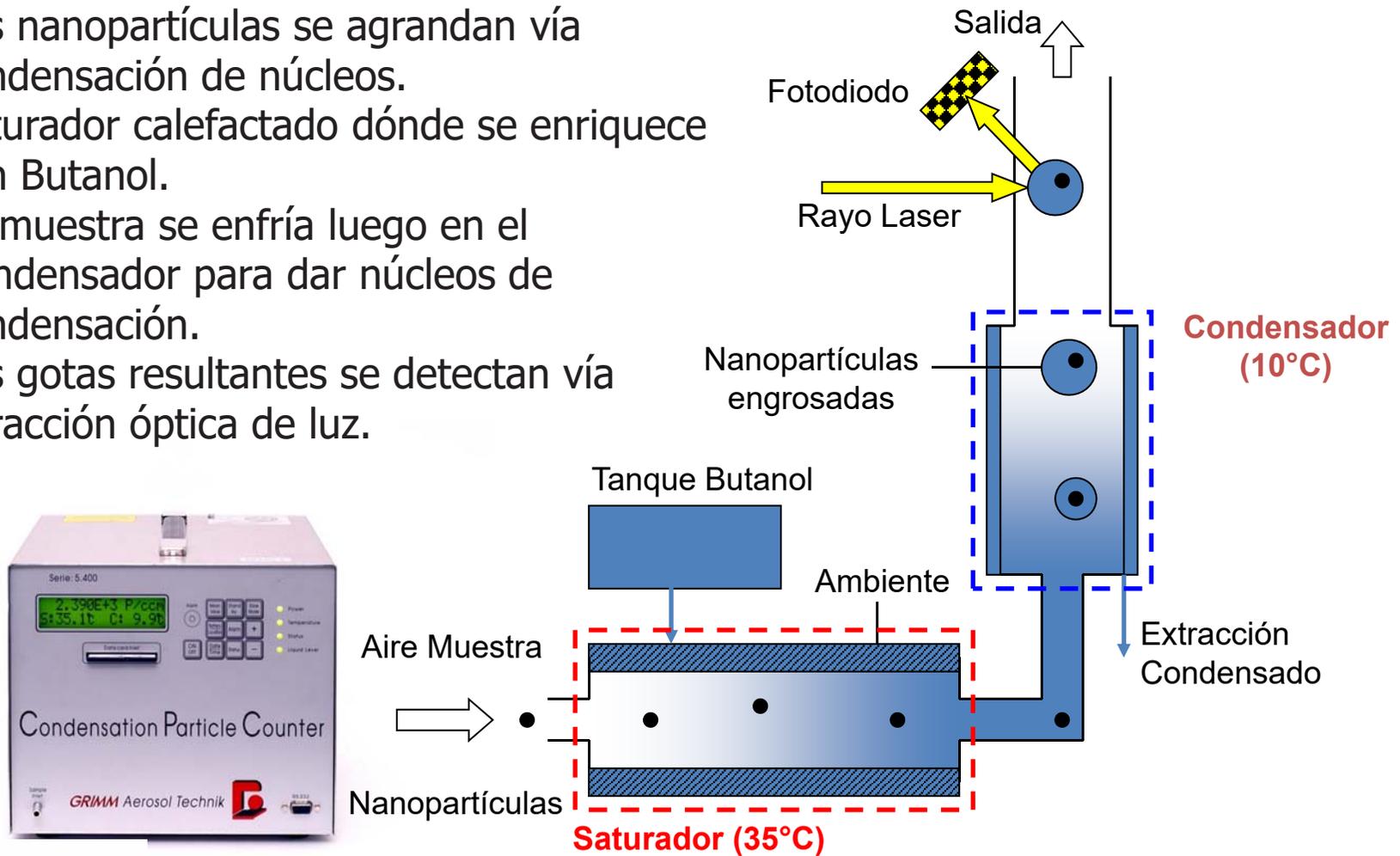
**SEPARACIÓN**

Analizador de Movilidad Diferencial (DMA)

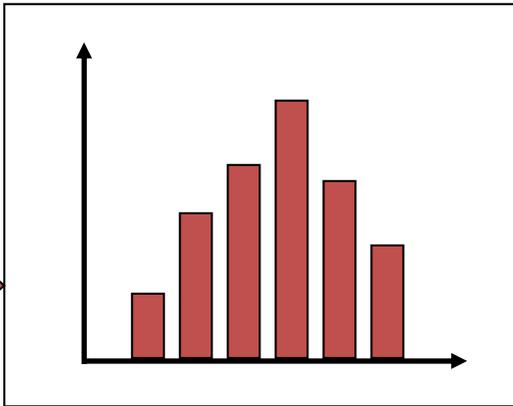
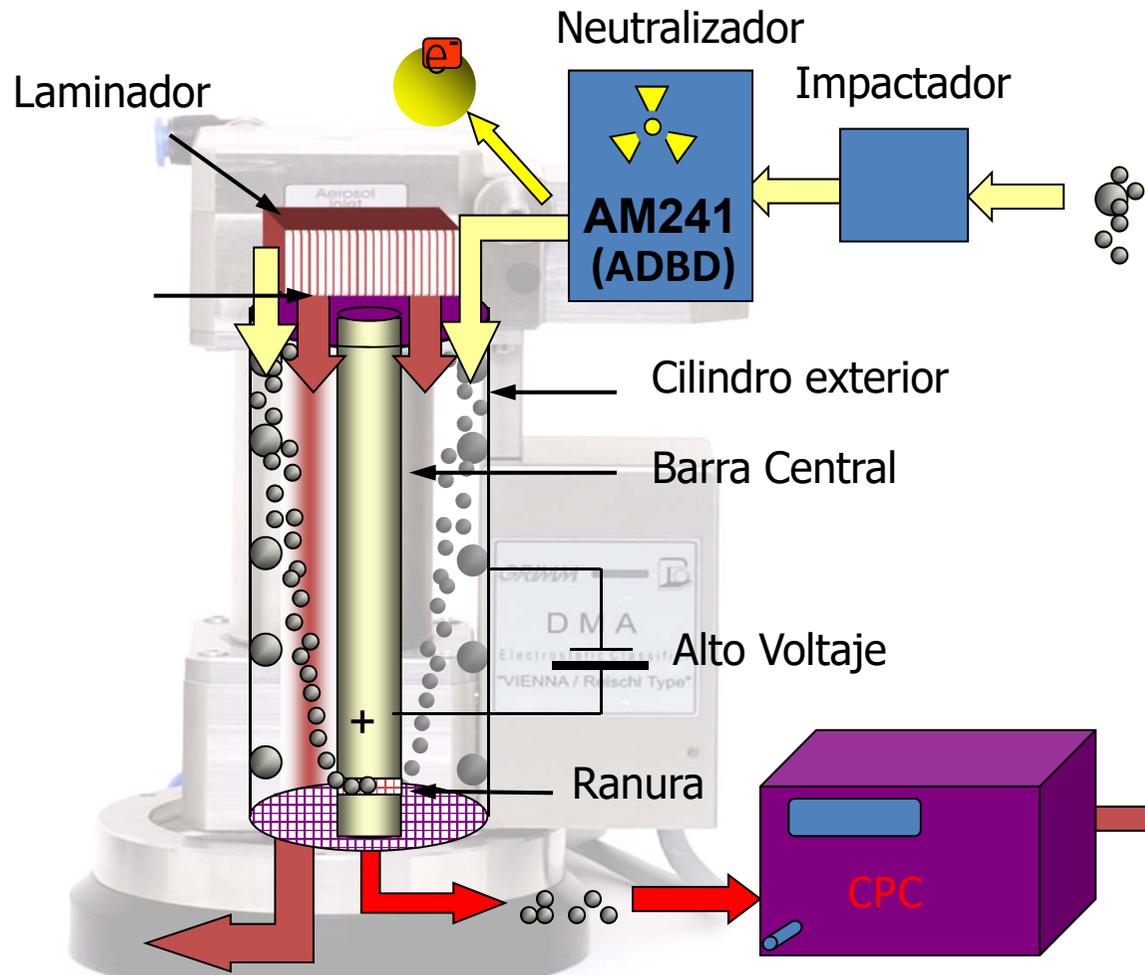


# Contador de Partículas Condensadas

1. Las nanopartículas se agrandan vía condensación de núcleos.
2. Saturador calefactado dónde se enriquece con Butanol.
3. La muestra se enfría luego en el Condensador para dar núcleos de condensación.
4. Las gotas resultantes se detectan vía difracción óptica de luz.



# Separación - DMA



Cambio de Voltaje => Medición distribución tamaño



44 voltajes = 44 tamaños

Cada canal de las mediciones del DMA corresponde a un cierto rango de movilidades



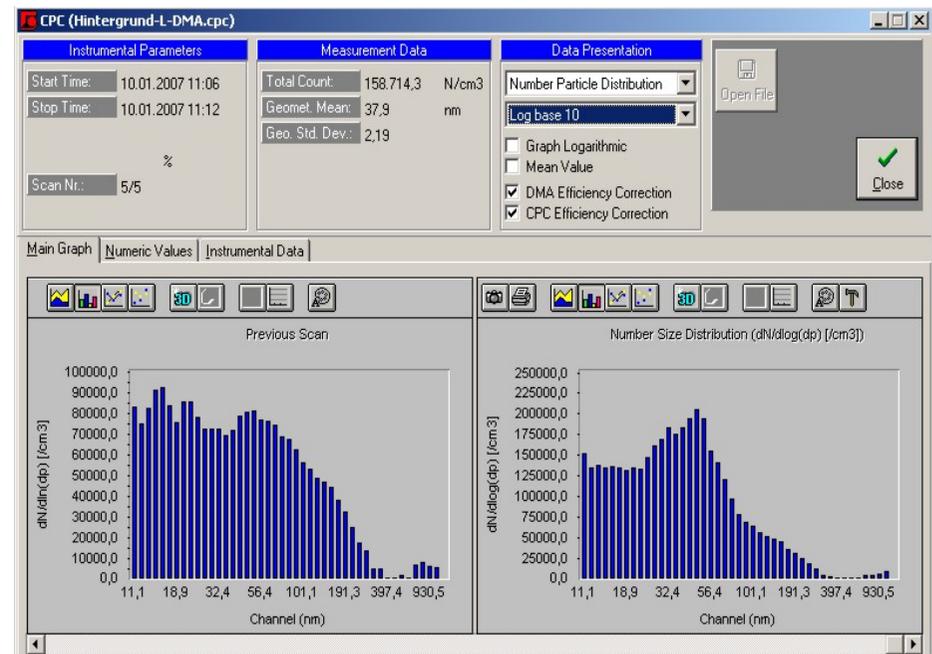
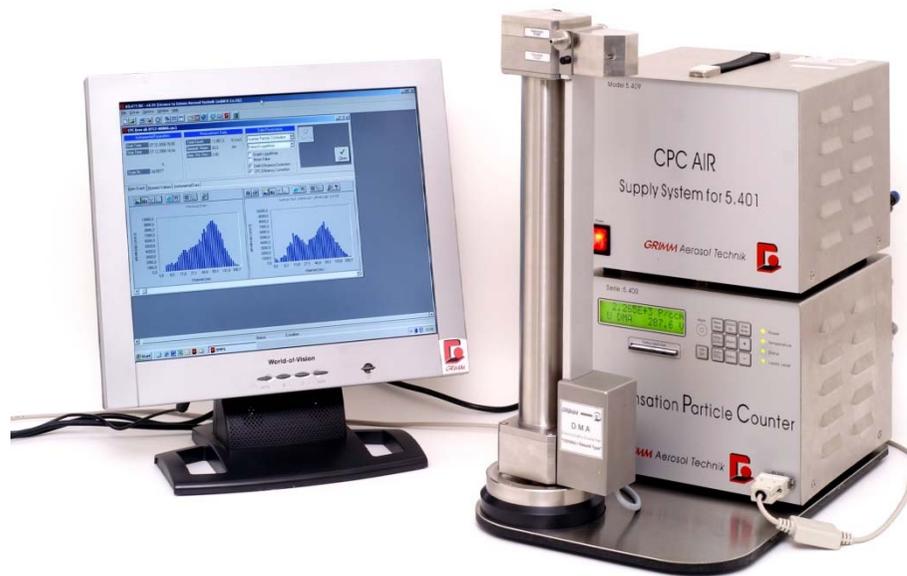
DMA-L	• 10000 V:	1083 nm
	• 5,8V:	11 nm

DMA-M	• 10000 V:	350 nm
	• 5,8 V:	5,5 nm

# Contadores de Nanopartículas

SMPS+C = CPC + DMA + Software

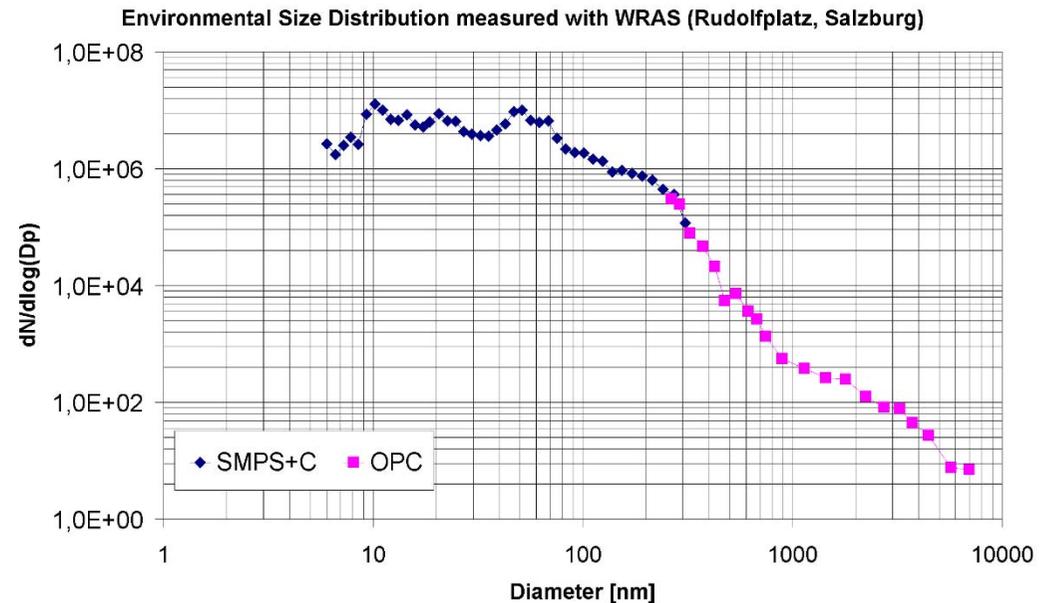
Añadiendo un DMA el usuario puede actualizar el CPC a un Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS+C) de alta resolución que registra distribución de tamaños entre 5 y 1100 nm.



# Sistema completo Micro-Nano

WRAS = SMPS+C + OPC + Software

Añadiendo un contador optico de partículas el sistema se expande a un WRAS – Espectrómetro de Aerosoles de gran rango (Wide Range Aerosol Spectrometer) que monitorizará todas las partículas existentes en aire.



## 2. Mejora de 2015



## Comparativa SMPS vs. MINI-WRAS

### GRIMM SMPS

- ✓ Mide exclusivamente rango nano
- ✓ Método de Referencia para medida de nanopartículas
- ✓ Sistema de muy alta precisión
- ✓ Límite de detección de tamaño muy bajo
- ✓ Muy rápido con FCE
- ✓ Funcionamiento por módulos, U-DMA, CPC, FCE
- ✓ Completamente establecido en el mercado



### GRIMM MINI-WRAS

- ✓ Mide el rango nano y micro de aerosoles
- ✓ Mide fracciones de masa (PM)
- ✓ Más barato
- ✓ Fácil de usar
- ✓ Compacto y portable
- ✓ No necesita elementos externos
- ✓ Sin fuente radioactiva
- ✓ Control remoto (Bluetooth)



## Comparativa WRAS vs. MINI-WRAS

### Grimm Wras



Rango entre 5 – 350 nm se mide con un SMPS+C  
Rango entre 350 – 30000 nm se mide con un OPC

### Grimm Mini-Wras



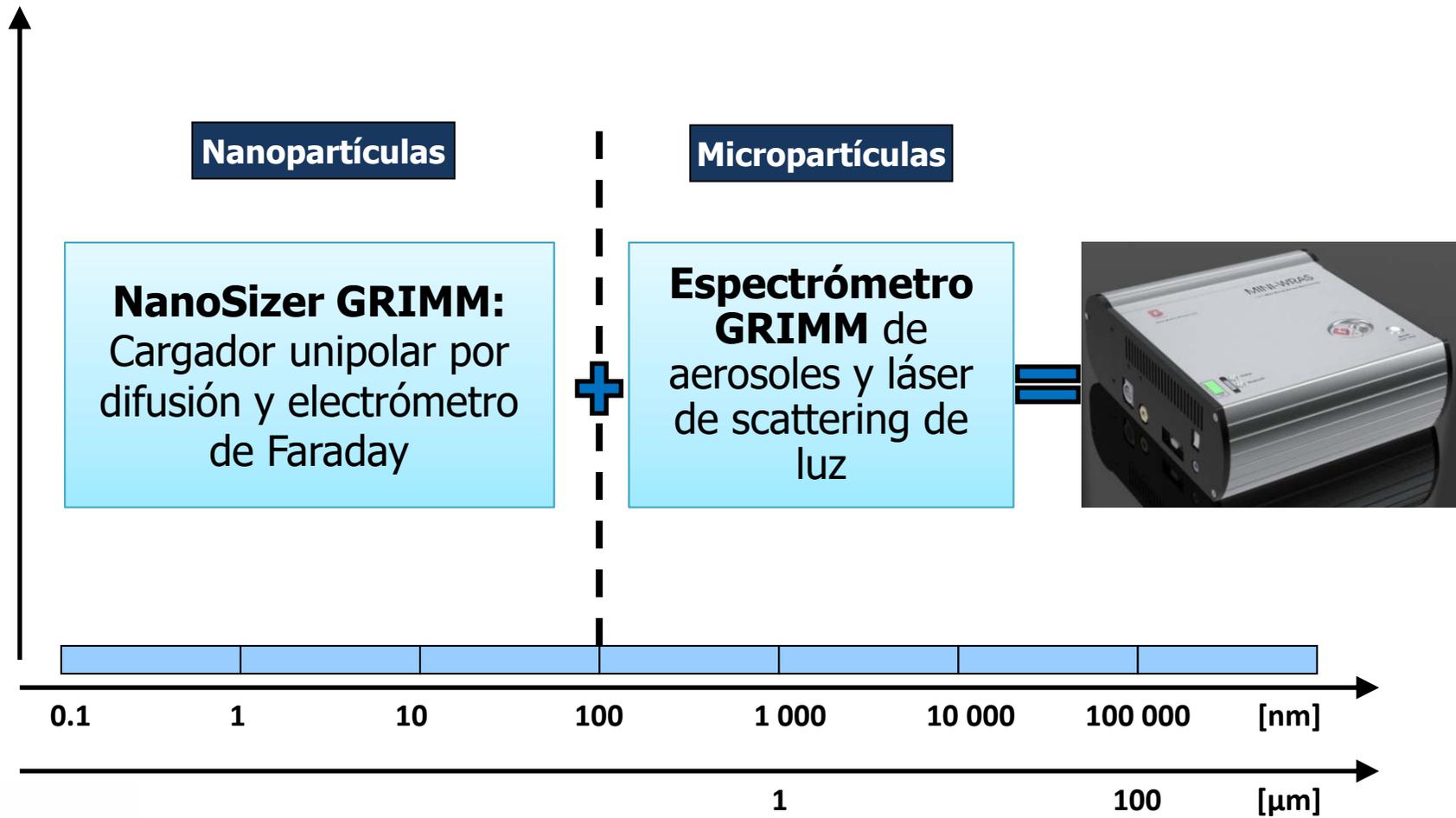
Rango entre 10 nm – 200 nm se mide con un Nanosizer  
Rango entre 200 – 25000 nm se mide con un OPC

## Principales características Mini-WRAS

- ✓ Rango de medida: 10 nm a 25  $\mu$ m
- ✓ Resolución por tamaños: 42 canales de tamaños
- ✓ Resolución por tiempo: 60 segundos para un scan
- ✓ Opera bajo windows (Portátil o tablet, OK)
- ✓ Memoria flash USB para almacenamiento de datos
- ✓ Control remoto mediante bluetooth
- ✓ Duración de la batería > 12 h
- ✓ No tiene fuente radioactiva



# Principio de funcionamiento del Mini-WRAS



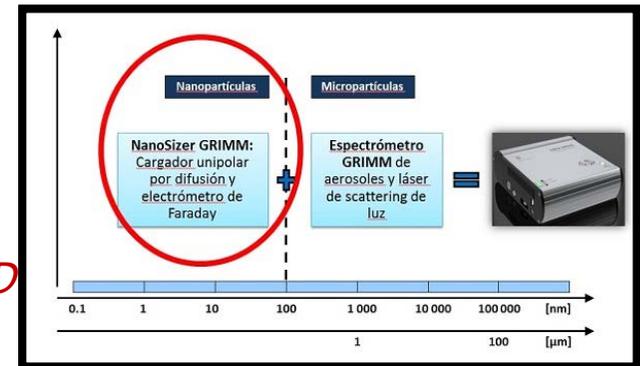
## 1. Nanosizer Grimm

- El NanoSizer mide 10 corrientes diferentes (cada 6 segundos), lo que da como resultado escaneos de 1 minuto.
- El voltaje del electrodo puede variar de 2V a 320 V.
- Con estas 10 corrientes se determinan las concentraciones de partículas para 10 canales o 10 tamaños.
- Al principio de cada medida se hace un "scan cero" para determinar la corriente de offset.
- Mide en un rango de entre 10 nm y 200 nm.

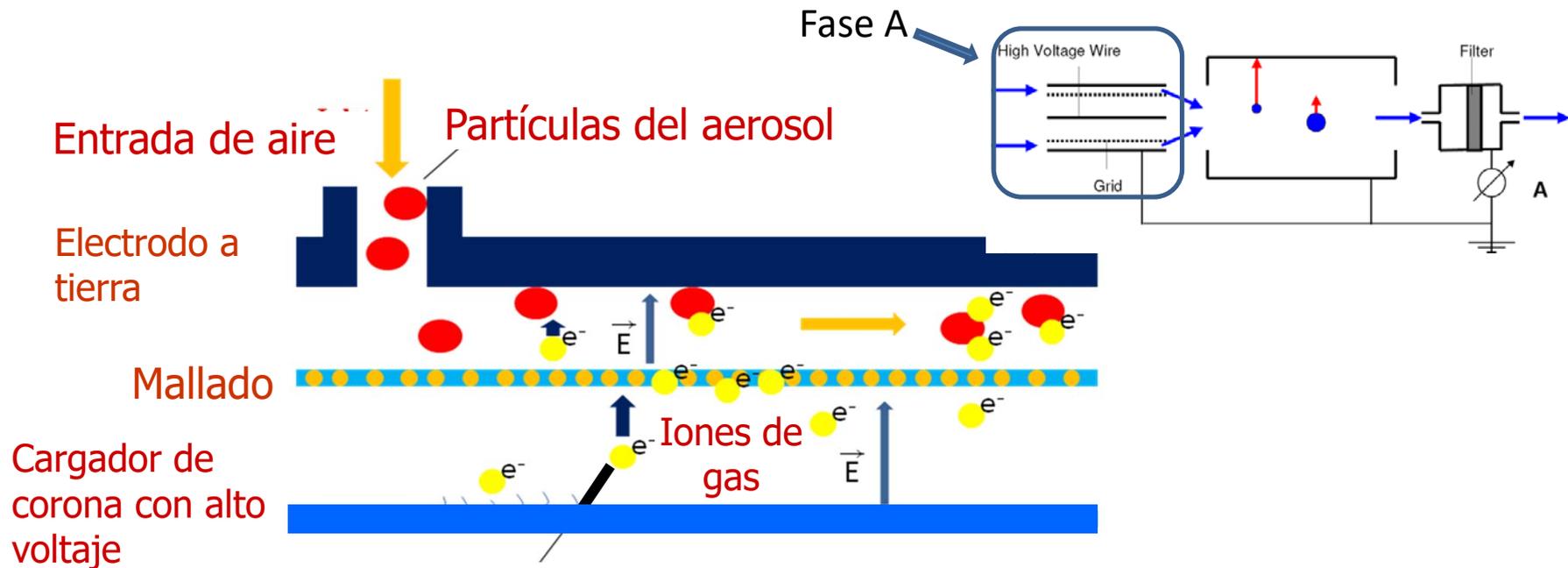
# 1. Nanosizer Grimm

Tiene, básicamente, 3 elementos:

- ✓ *Un difusor de carga unipolar – CARGA DE PARTÍCULAS*
- ✓ *Un electrodo que opera a diferentes voltajes - MOVILIDAD*
- ✓ *Un electrómetro de Faraday - DETECCIÓN*

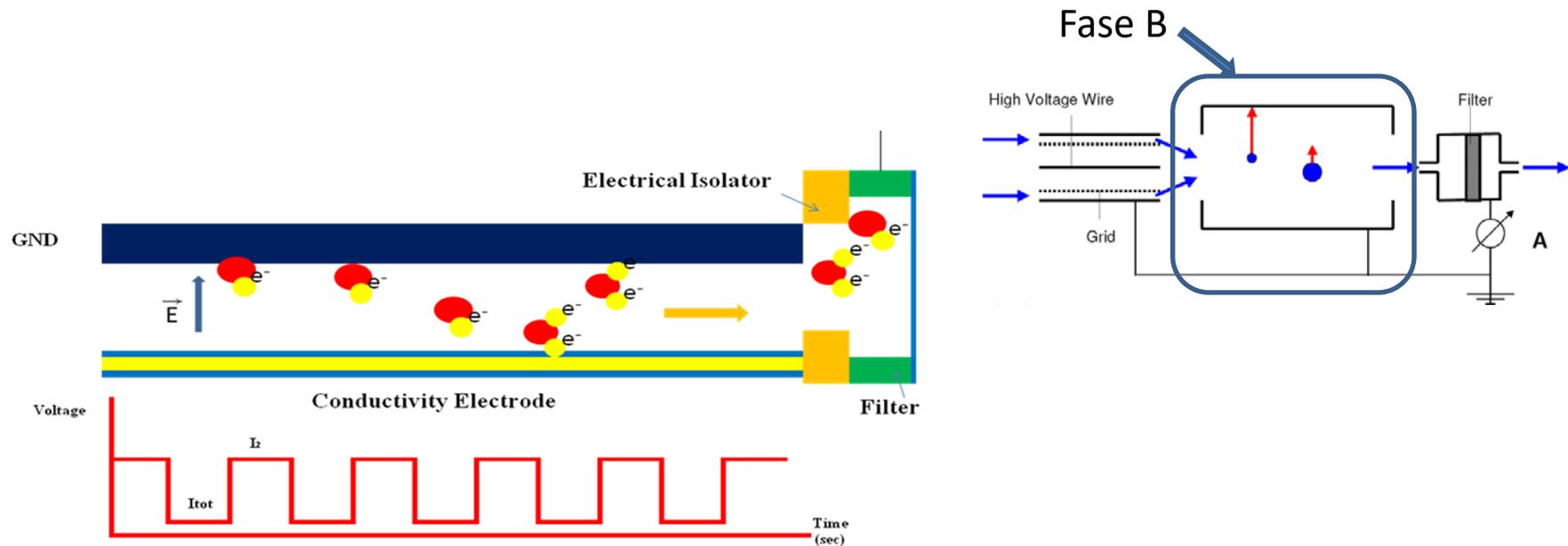


# Nanosizer Grimm. **Fase A.** El cargador unipolar por difusión



Los iones de gas producidos por la corona se aceleran hacia una malla. Una pequeña parte de estos iones traspasan el mallado, y se mueven hacia el electrodo a tierra, donde algunos de ellos cargan las partículas del aerosol.

## Nanosizer Grimm. **Fase B.** El electrodo multiplexado

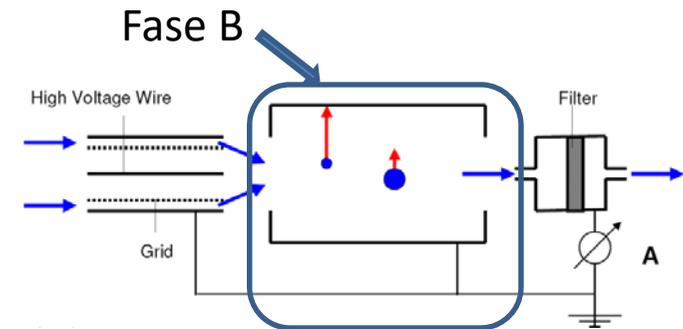


Las partículas cargadas del aerosol entra en una nueva sección, compuesta de:

- Pared externa circular que se encuentra a un potencial eléctrico
- Electrodo concéntrico que opera a diferentes voltajes.

Cuanto mayor es el voltaje, más partículas se eliminan, dependiendo de su movilidad eléctrica.

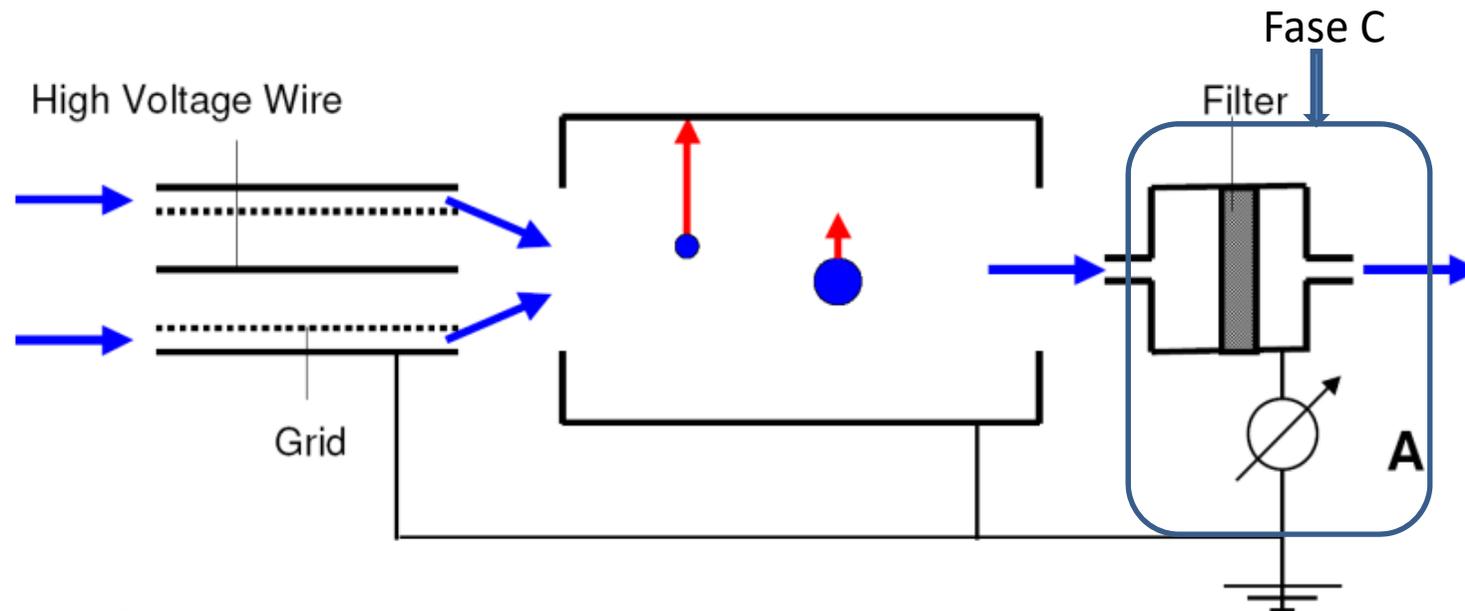
## Nanosizer Grimm. **Fase B.** El electrodo multiplexado



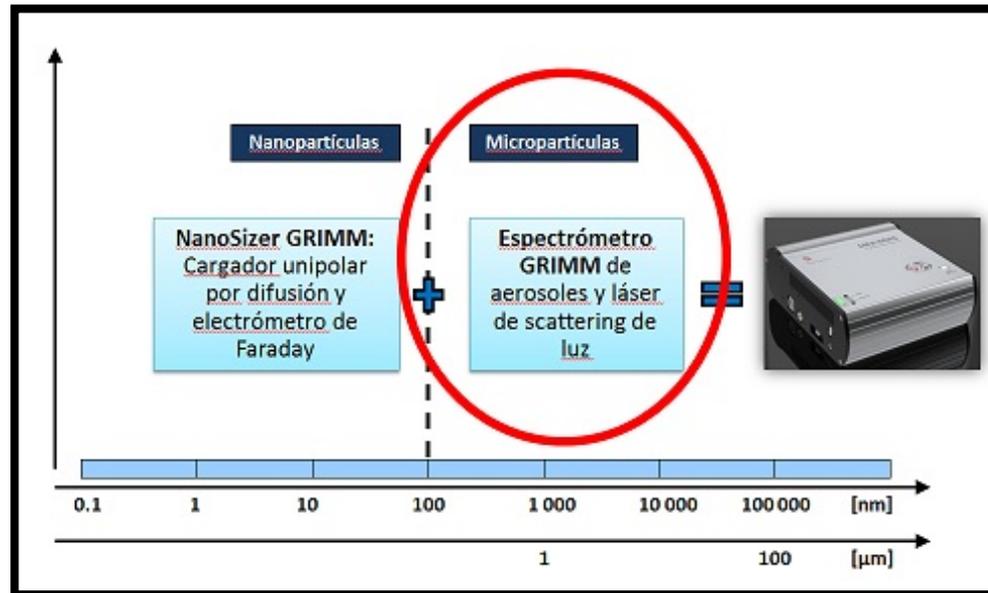
La deposición de las partículas en el electrodo es una función del diámetro de la partícula, la carga de la partícula, el flujo del aerosol, la longitud y diámetros del electrodo, así como de su voltaje. Cambiando el voltaje, se extrae una cierta cantidad de partículas del aerosol. Cuanto mayor sea la movilidad eléctrica de las partículas, mayor es la probabilidad de que se deposite en el electrodo externo. Únicamente las partículas con una movilidad eléctrica menor que cierto límite rebasará el electrodo y su corriente será medida con el electrómetro de Faraday.

## Nanosizer Grimm. **Fase C.** El electrómetro de Faraday

El electrómetro de Faraday detecta la carga depositada por las partículas en el filtro por las partículas del aerosol. Las señales de las corrientes "en crudo" dependen del voltaje aplicado en el electrodo (conductivity electrode).

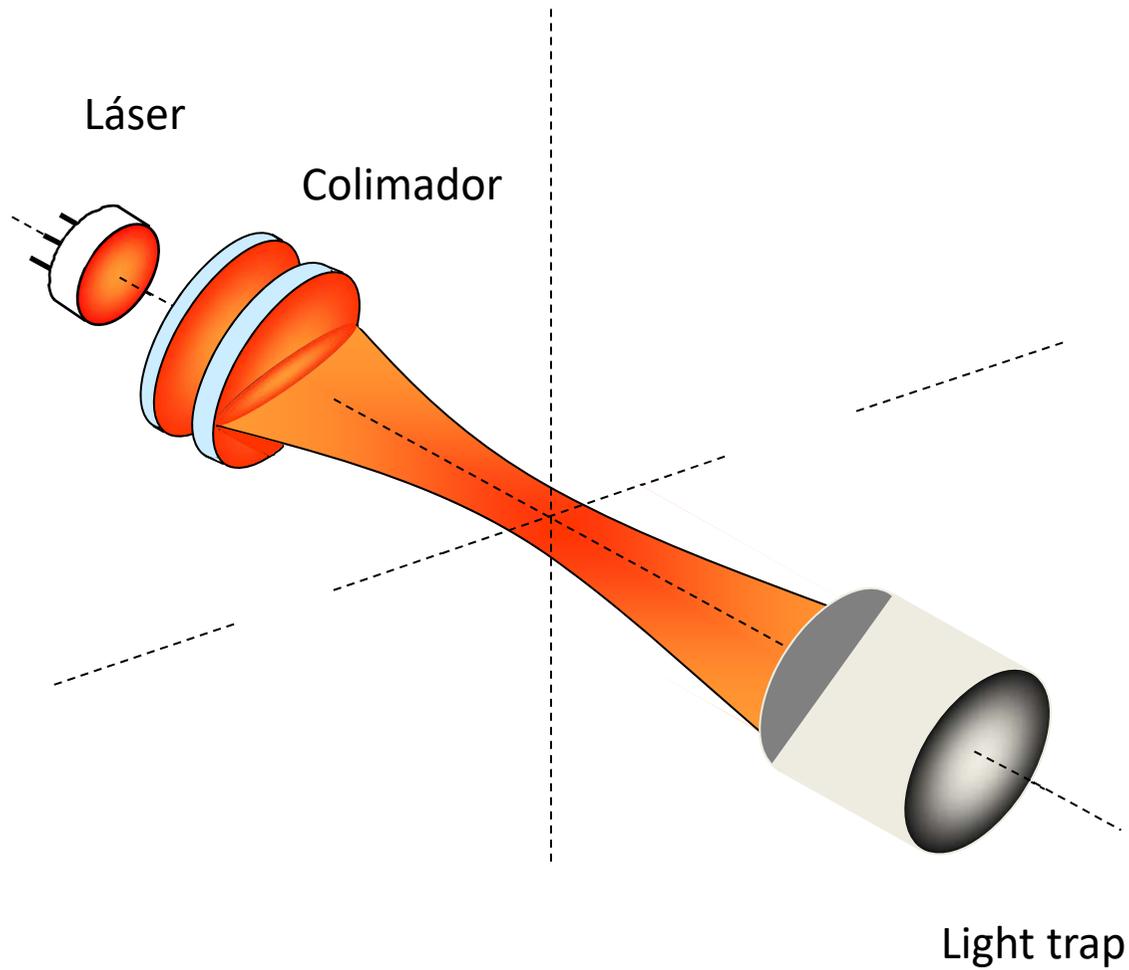


## 2. Espectrómetro de microaerosoles Grimm

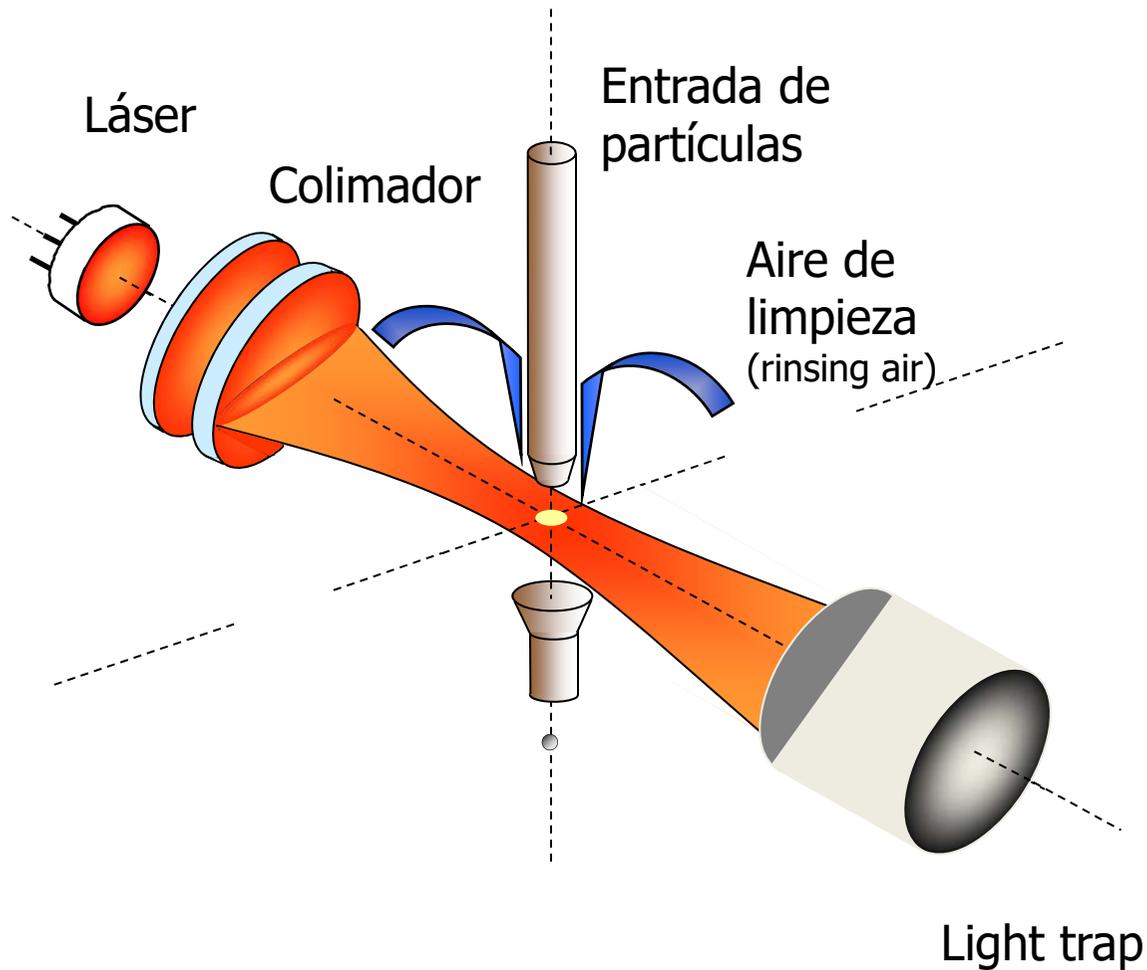


- El contador de partículas óptico funciona en una distribución de tamaños de **200 nm a 25 μm** en 32 canales de tamaño.
- La intensidad de la luz de scattering es proporcional al tamaño de la partícula (se realiza un recuento partícula a partícula).
- Para cada canal se mide el número de partículas. El flujo de aire (0,6 l/min) se controla a través de la presión en un orificio.

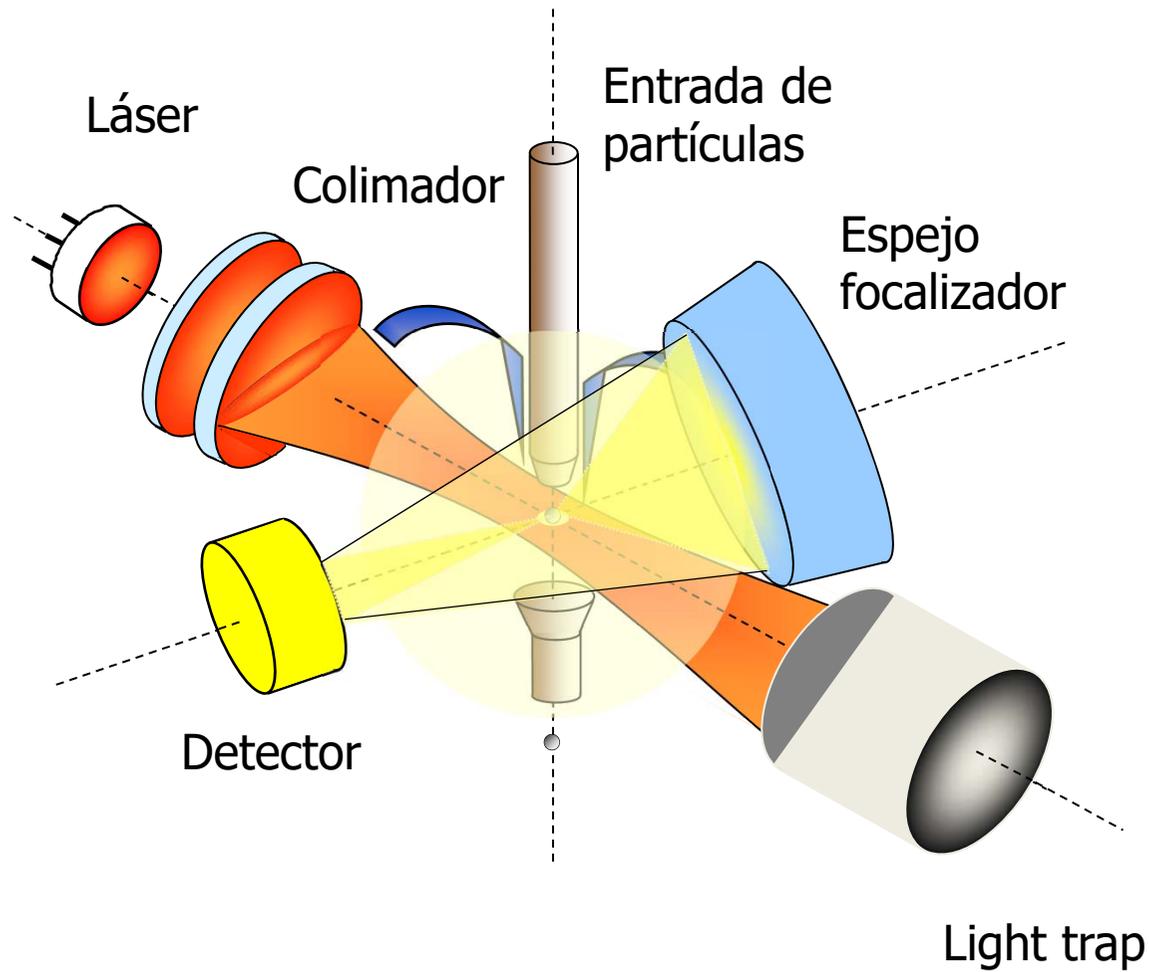
## Principio de funcionamiento del láser del espectrómetro GRIMM.



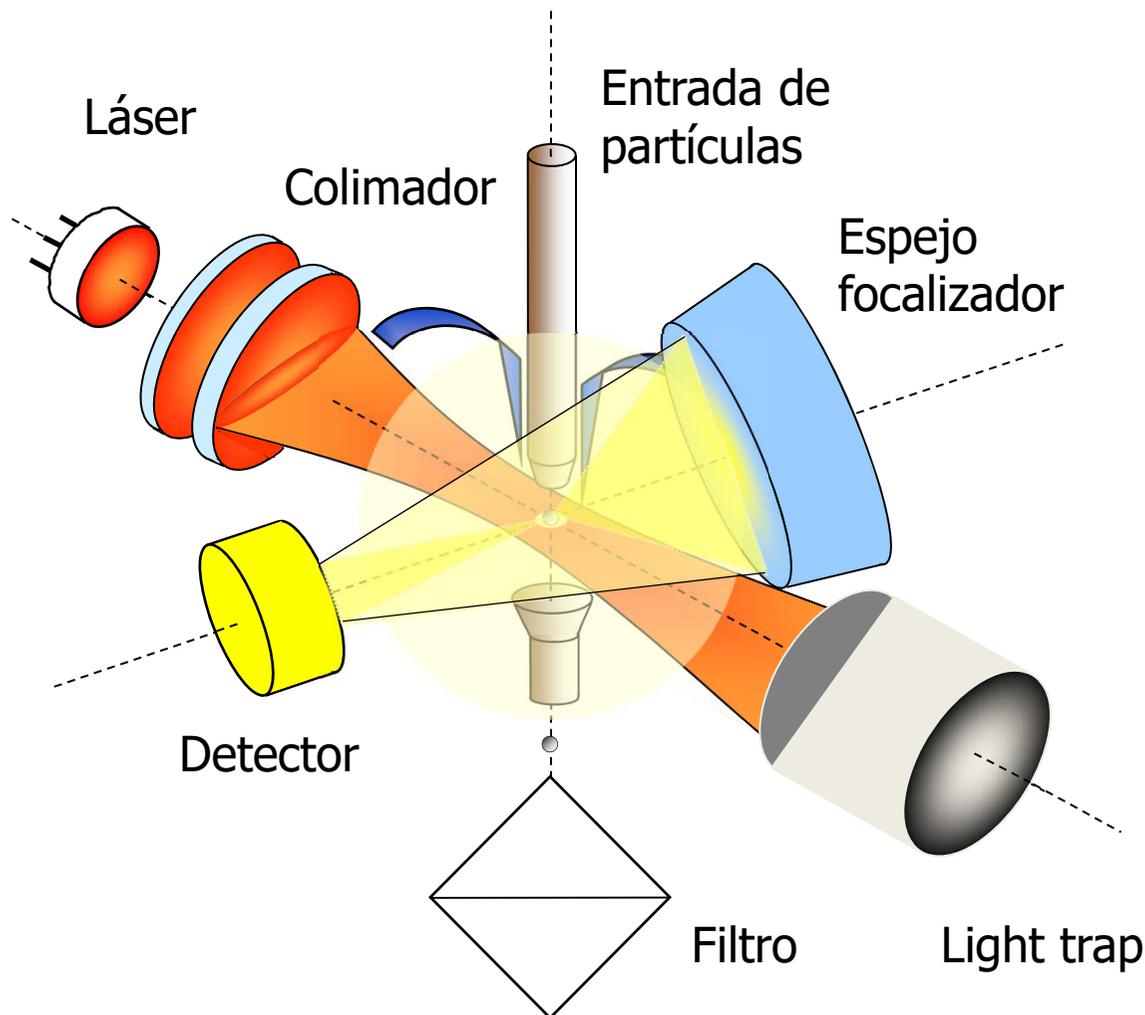
## Principio de funcionamiento del láser del espectrómetro GRIMM



## Principio de funcionamiento del láser del espectrómetro GRIMM



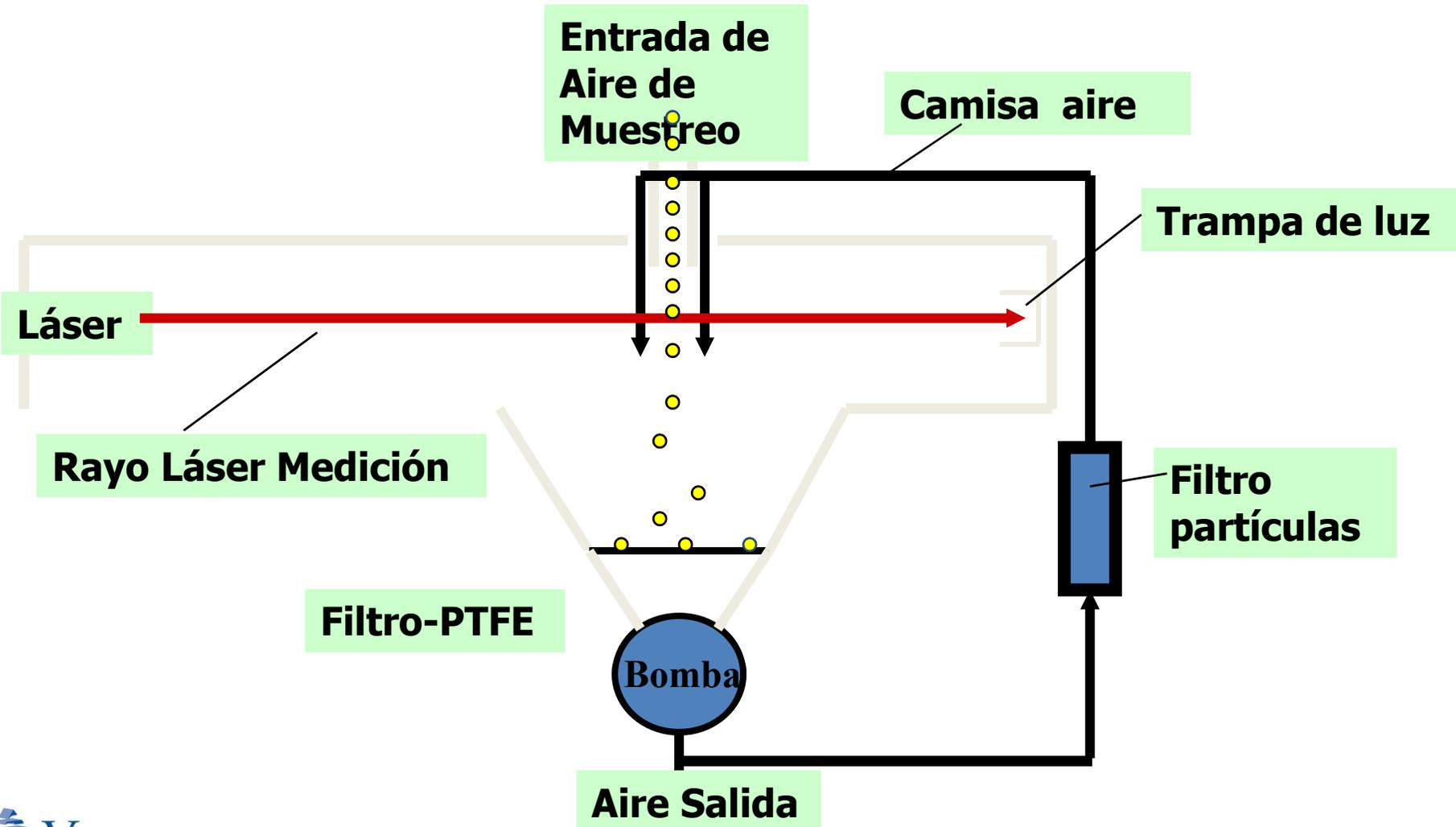
## Principio de funcionamiento del láser del espectrómetro GRIMM



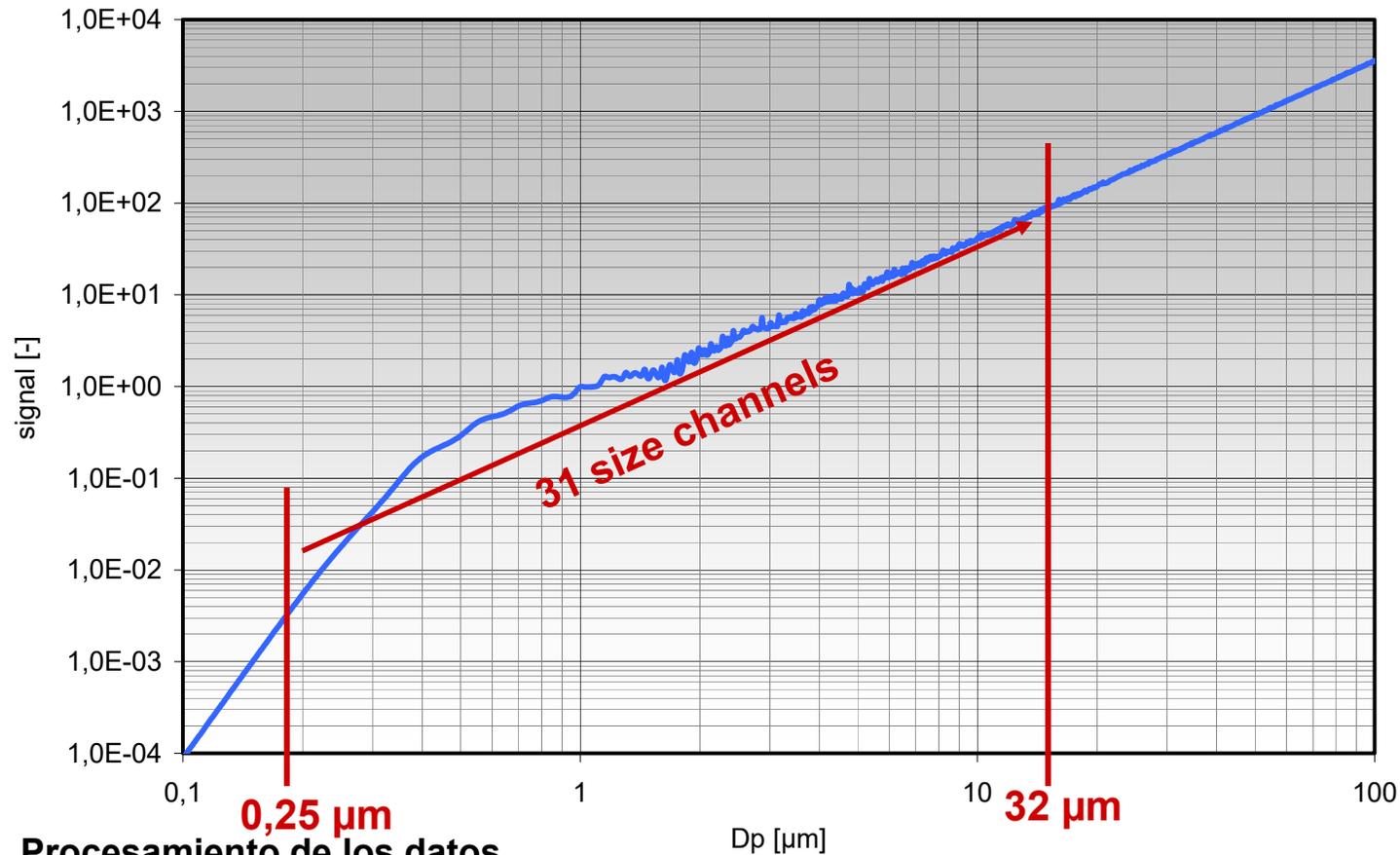
### Célula óptica Grimm "clásica"

- El colimador genera una "cortina" de láser ópticamente homogéneo.
- El "Light trap" se utiliza para evitar el ruido debido al scattering indirecto.
- El "aire de limpieza" y boquilla de outlet fuerzan a la partícula a pasar por el láser, para evitar la pérdida de partículas.
- Un espejo focalizador mejora el límite de detección de tamaño para partículas pequeñas.
- 31 canales de tamaño, resolución temporal de 6 segundos. Valores de PM10, PM2.5, PM1, inhalable, torácico y alveolar.
- Filtro PTFE de 47 mm para validación gravimétrica.

## Principio de funcionamiento del láser del espectrómetro GRIMM



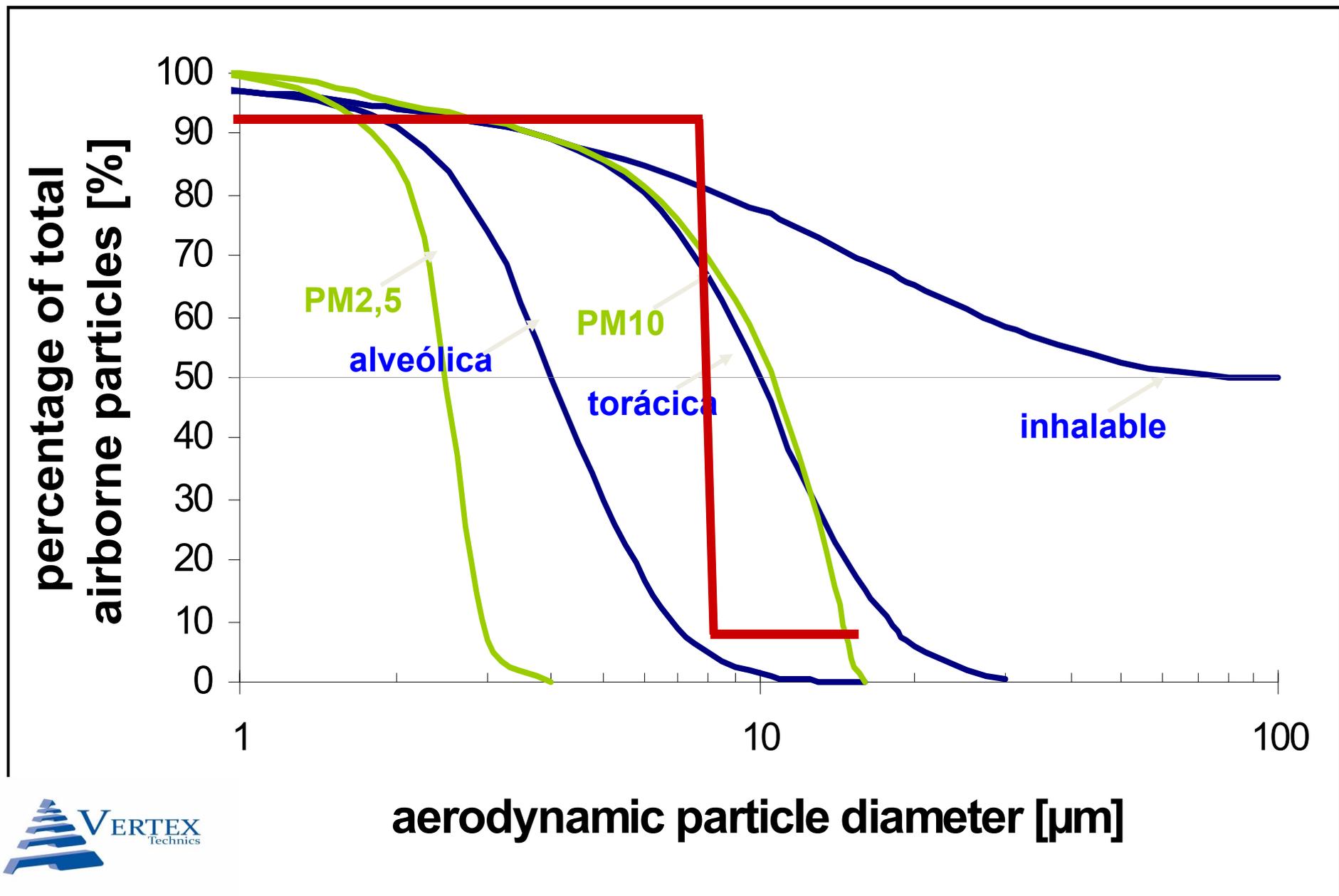
## Clasificación por tamaños del espectrómetro láser GRIMM para aerosoles



### Procesamiento de los datos

- Scattering de luz para cada partícula.
- Cada intensidad de señal se corresponde con un diámetro de partícula.
- Clasificación de partículas para tamaños de entre  $0,25 \mu\text{m}$  y  $32 \mu\text{m}$  en 31 canales de tamaño.

# Normativa: Fracciones de masa interior y exterior





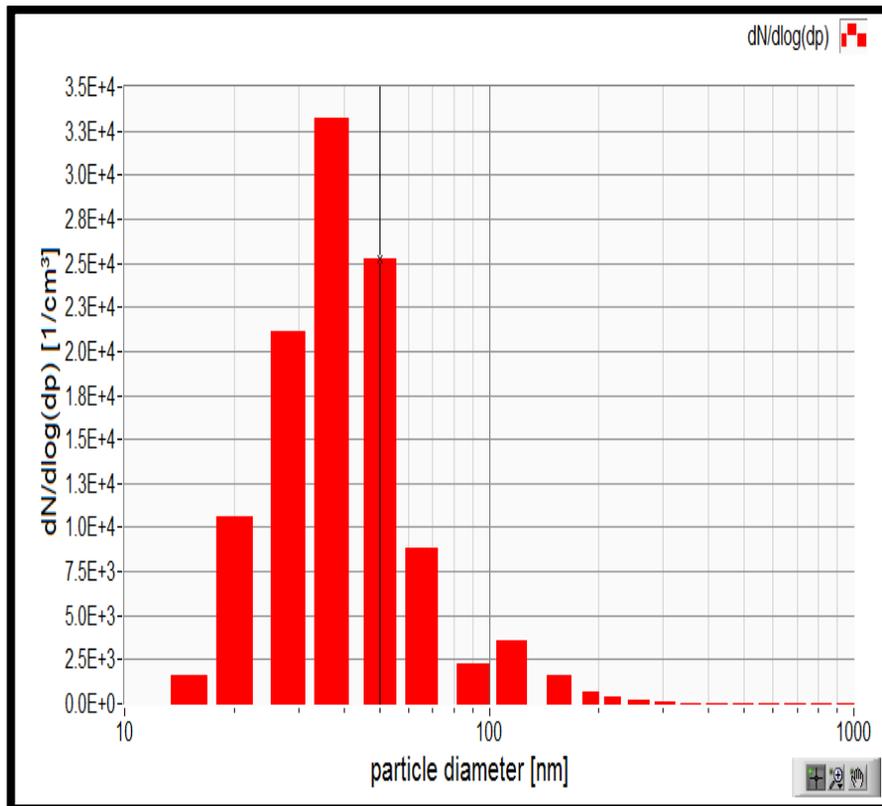
Eficiencia de Recolección de partículas en aire en %  
(Extraído de la EN 481, la EN 12341 y la EPA)

Diámetro aerodinámico $\mu\text{m}$ .	Inhalable (%)	Torácico (%)	Alveólico (%)	PM-10 (%)	PM-2,5 (%)
0,0	100	100	100	100	100
1,0	97,1	97,1	97,1	100	99,5
2,0	94,3	94,3	91,4	94,2	85,5
2,5					48,0
3,0	91,7	91,7	73,9	92,2	6,7
4,0	89,3	89,0	50,0	89,3	0
5,0	87,0	85,4	30,0	85,7	-
6,0	84,9	80,5	16,8	81,2	-
7,0	82,9	74,2	9,0	75,9	-
8,0	80,9	66,6	4,8	69,7	-
9,0	79,1	58,3	2,5	62,8	-
10,0	77,4	50,0	1,3	55,1	-
11,0	75,8	42,1	0,7	46,5	-
12,0	74,3	34,9	0,4	37,1	-
13,0	72,9	28,6	0,2	26,9	-
14,0	71,6	23,2	0,2	15,9	-
15,0	70,3	18,7	0,1	4,1	-
16,0	69,1	15,0	0	0	-
18,0	67,0	9,5	-	-	-
20,0	65,1	5,9	-	-	-
25,0	61,2	1,8	-	-	-
30,0	58,3	0,6	-	-	-

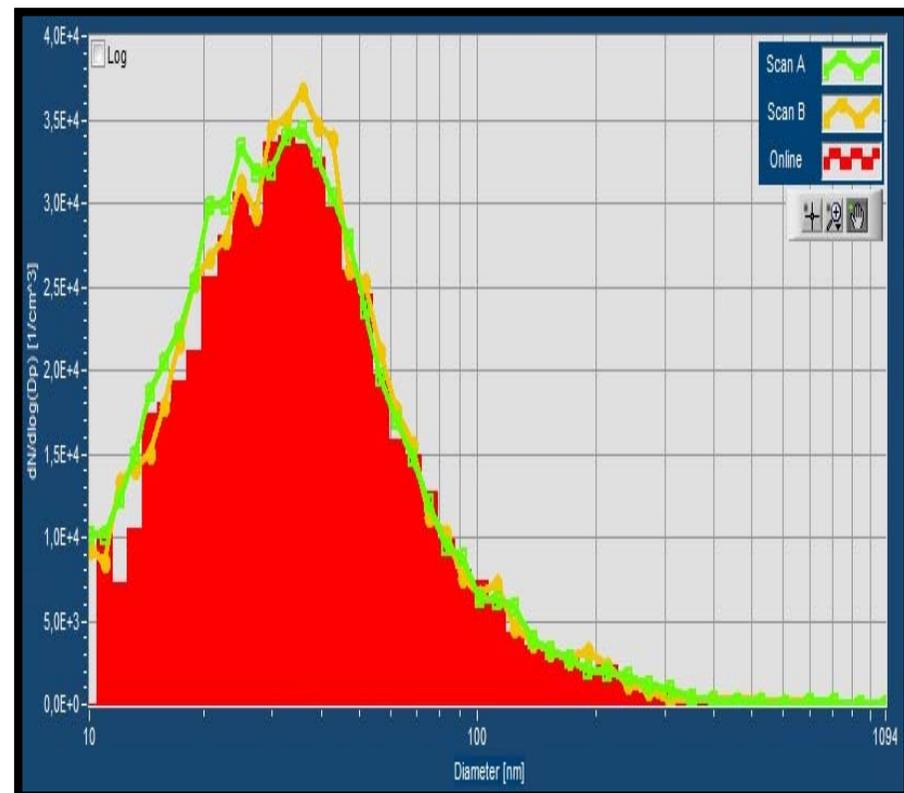
## Calibración del Mini-WRAS. Calibración NanoSizer

El Nanosizer se calibra usando un generador monodisperso de aerosoles (NaCl), y comparándolo con un SMPS

### GRIMM MINI-WRAS

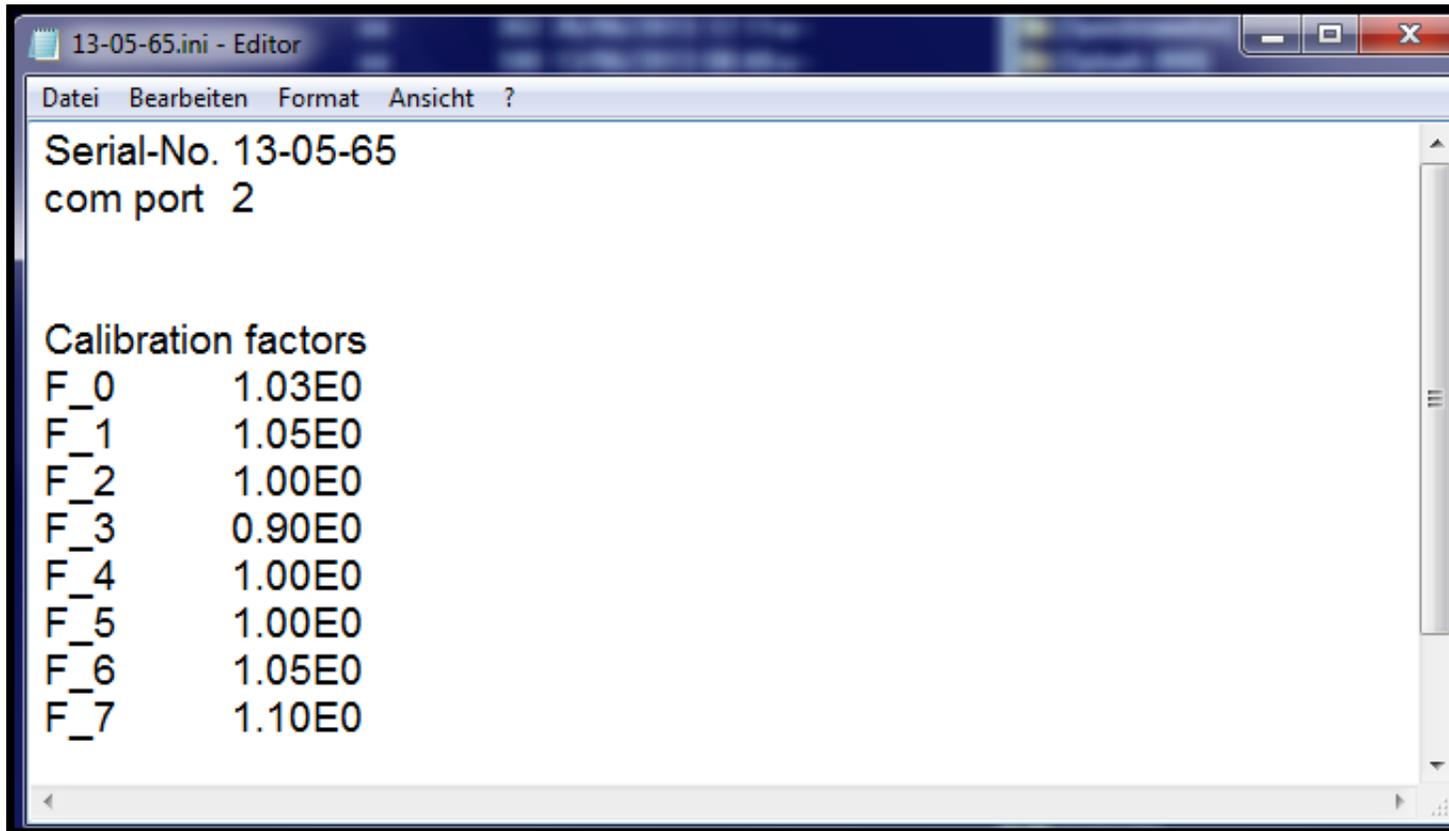


### SMPS (Método de referencia)



## Calibración del MiniWRAS. NanoSizer.

Todos los Mini-WRAS se calibran con un GRIMM SMPS y los factores de calibración se almacenan en un archivo de calibración individual



The screenshot shows a text editor window titled "13-05-65.ini - Editor". The window contains the following text:

```
Datei Bearbeiten Format Ansicht ?  
Serial-No. 13-05-65  
com port 2  
  
Calibration factors  
F_0      1.03E0  
F_1      1.05E0  
F_2      1.00E0  
F_3      0.90E0  
F_4      1.00E0  
F_5      1.00E0  
F_6      1.05E0  
F_7      1.10E0
```

# Muestreo de nanopartículas



# Impactador SIOUTAS



## Impactador Sioutas



### PARA PARTÍCULAS ULTRAFINAS

- Funciona a 9 lpm
- Cut-Points:
  - Etapa A: 2, 5  $\mu\text{m}$
  - Etapa B: 1,0  $\mu\text{m}$
  - Etapa C: 0,5  $\mu\text{m}$
  - Etapa D en filtro final: Partículas por debajo de 0,25  $\mu\text{m}$
- Certificado por EPA-ETV con bomba Leland Legacy



A background image of a sunset over a range of hills. The sun is a bright yellow circle in the center of the sky, which is a gradient of orange and red. The hills in the foreground are dark silhouettes against the bright sky.

[www.vertex.es](http://www.vertex.es)

[carlos.suarez@vertex.es](mailto:carlos.suarez@vertex.es)

***¡Gracias por su atención!***