

# Comprobación de la calidad del aire con el contador de partículas Fluke 983

## Nota de aplicación

### Introducción

Durante los últimos años, la calidad del aire se ha convertido en un tema muy debatido, sobre todo en lo que respecta a la salud pública. La Agencia de protección medioambiental de los EE.UU. (EPA) calcula que pasamos aproximadamente un 90% de nuestro tiempo en espacios cerrados, y otros estudios indican que el aire interior en algunos emplazamientos comerciales llega a estar hasta cinco veces más contaminado que el aire exterior.

Las partículas del aire proceden de diversas fuentes: desde pelo de animal, polen de plantas y bacterias en suspensión hasta fibra de vidrio, amianto y partículas de combustión. Los seres humanos, sin tan siquiera moverse, desprenden hasta 500.000 partículas ( $0,3 \mu\text{m}$ ) por minuto. Cuando realizan alguna actividad, este nivel puede alcanzar hasta 45.000.000 partículas por minuto. La humedad y la temperatura desempeñan un papel significativo en la tasa de generación de estos contaminantes. Para identificar y solucionar correctamente problemas de calidad del aire, los técnicos necesitan una herramienta que no sólo lea el nivel de concentración de partículas, sino que también aporte información sobre el entorno que genera el crecimiento de elementos contaminantes.

### La importancia del recuento de partículas

Cada ubicación tiene diferentes niveles de concentración de partículas aceptables, supeditadas sobre todo a cuestiones de salud y confort (por ejemplo, casas, oficinas, cabinas de pintura) o contaminación (por ejemplo, hospitales, fábricas de alimentos y bebidas, salas esterilizadas). Unos niveles excesivos pueden producir afecciones de tipo médico, como el síndrome del edificio enfermo, menor



productividad, contaminación del producto o todos los efectos anteriores juntos. El mantenimiento de unos niveles de calidad del aire aceptables no sólo puede reducir los costes relacionados con el tiempo de inactividad, sino que también reduce o elimina los gastos asociados a costosas reparaciones futuras. El primer paso para establecer un programa de mantenimiento de calidad del aire es determinar si existe algún problema o no.

### Estudio de la calidad del aire

Un estudio de la calidad del aire es el primer paso que hay que llevar a cabo

en un programa de mantenimiento continuo o en respuesta a quejas potencialmente relacionadas con la calidad del aire. En cualquier caso, la metodología es similar:

1. Realice un sondeo a personal de confianza de las instalaciones. ¿Quién ha presentado quejas y cuáles son los síntomas? Las personas que han presentado quejas, ¿se encuentran localizadas en un punto concreto o dispersas por toda la instalación? El objetivo es medir el nivel de toxicidad demostrado por reacciones alérgicas o irritación.
2. Investigue el historial del edificio. ¿Cuándo fue construido o remodelado el edificio?

¿Se ha producido algún caso de deterioro excesivo? ¿Cómo se realizaron las reparaciones? ¿Cuáles son las rutinas de mantenimiento de las instalaciones? Por ejemplo, las goteras del techo o tuberías se pueden haber reparado, pero puede que no se hayan solucionado las humedades generadas.

3. Realice una inspección física. Los técnicos deben conocer sus entornos de prueba considerando el origen de las partículas perjudiciales. Dentro de una ubicación concreta, es necesario tener en cuenta las áreas con ventilación, hornos, productos de limpieza, así como áreas con pintura fresca o moqueta, sobre todo si se encuentran en zonas donde se hayan presentado quejas. ¿Existen olores o fuentes de partículas visibles (por ejemplo, moho)?

4. Tome medidas de la calidad del aire. Al realizar un estudio completo de calidad del aire, es necesario tomar también medidas de temperatura, humedad, CO y CO2 para identificar problemas relacionados con una ventilación inadecuada o contaminada que puedan crear un problema con las partículas. Por ejemplo, las lecturas de temperatura y humedad desempeñan un papel clave en la identificación de moho y bacterias. Un lugar con alta humedad relativa y altas concentraciones de partículas superiores a 3 µm puede indicar la presencia de esporas de moho, lo cual deberá ser solucionado una vez identificado.

El procedimiento más eficaz para evaluar la calidad del aire en interior es obtener varias lecturas del aire exterior como valor de referencia, anotando dónde se tomaron en relación con las instalaciones. Al menos una de dichas lecturas debe proceder de un lugar cercano a la toma de aire fresco del edificio. No obstante, anote el lugar de la toma de entrada de aire para garantizar que no se desvían las lecturas de referencia a causa de fuentes contaminantes, por ejemplo, ubicaciones cerca de un muelle de carga. Entonces, se calcula un "objetivo" de partículas de aire en interior modificando las lecturas de referencia con la eficacia del filtrado en interior. Las partículas tienden a difuminarse con gran rapidez en el aire circundante, convirtiendo la

identificación del origen en una tarea complicada. Un método muy utilizado consiste en tomar varias lecturas en el interior, empezando primero por la zona de la queja y trasladándose después hacia fuera. A medida que se recopilan los datos, tome nota de cualquier incremento inusual de la cantidad y tamaño de las partículas. Utilizando los sensores de temperatura y humedad integrados del Fluke 983, compare las lecturas con los parámetros aceptados (UNE-EN ISO 7730) de temperatura y humedad relativa.

Compare las lecturas de partículas con la medida de referencia exterior para obtener una idea de la intensidad relativa de la concentración de partículas, e identifique puntos críticos y vías que puedan llevar al origen de las partículas. Continúe siguiendo la vía que presente mayores concentraciones hasta identificar el origen. Una vez identificado y solucionado el origen, se vuelve a evaluar el área para garantizar que la medida correctora ha solucionado el problema.

Para llevar a cabo dicho estudio, suelen utilizarse multitud de herramientas; sin embargo, el Fluke 983 incluye tanto sensores de temperatura como de humedad en un único dispositivo con visualización simultánea de partículas en seis canales. Equipado con esta herramienta, el técnico puede realizar un estudio básico de calidad del aire y tomar las acciones correspondientes para solucionar el problema.

### Interpretación de los datos

Una correcta interpretación de los datos requiere el conocimiento del área de prueba. ¿Se trata de un área residencial o comercial? ¿Está el lugar expuesto a humo de tabaco o animales? ¿Existe alguna obra o trabajo de construcción en el lugar o en las inmediaciones? Una evaluación correcta del entorno puede ayudar a reducir la lista de partículas problemáticas. Los límites de concentración varían ampliamente en función del tamaño y tipo de instalación, entre otras variables. Sin embargo, con una evaluación de alto nivel se puede tener una idea de si existe un problema o no.

Las siguientes lecturas de aire exterior proporcionan al técnico un punto de referencia:

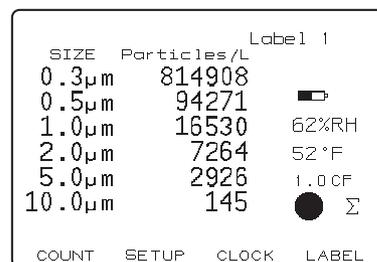


Figura A.

**Situación 1:** los niveles de partículas mostrados en la Figura B proceden de una residencia nueva (menos de 5 años) y no indican concentraciones fuera de lo normal. En una zona residencial, los niveles de partículas son a veces superiores a las lecturas en exteriores, debido a la existencia de más fuentes potenciales de partículas (por ejemplo, pelos de animales domésticos), zona de menor difusión y normalmente métodos de filtración menos sofisticados.

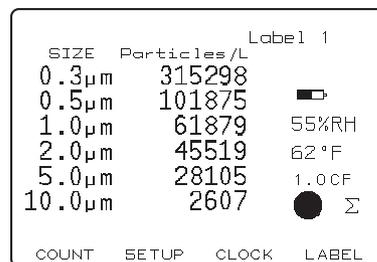


Figura B.

**Situación 2:** los niveles de partículas de la Figura C representan un espacio de trabajo de oficina normal y no indican ninguna concentración fuera de lo normal. En un entorno comercial, los niveles de partículas deben ser significativamente menores que las lecturas de exteriores, debido a su mejor filtración y dilución con el aire exterior.

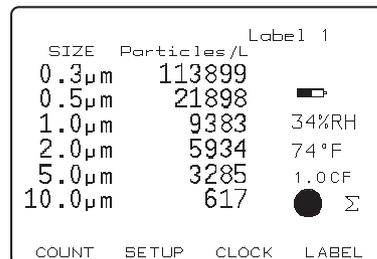


Figura C.

**Situación 3:** los niveles de partículas de la Figura D proceden de una antigua zona residencial con moho visible. Las lecturas son significativamente superiores y es necesario tomar las medidas adecuadas para eliminar el moho y eliminar la raíz del problema.

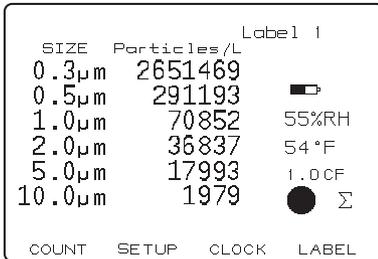


Figura D.

### A Salas limpias

Las "salas limpias" son un lugar excelente de aplicación para el recuento de partículas. A modo de ilustración, pongamos el Fluke 983 a prueba en la evaluación de una sala limpia ISO Clase 5 (conforme a ISO 14644-1:1999). Para reunir los requisitos de una sala limpia Clase 5, los niveles no pueden exceder los límites de la clase en cada tamaño de partícula establecido en la tabla siguiente:

Clasificación ISO	Límites de partícula por clase					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1,0 µm	5,0 µm
	m³	m³	m³	m³	m³	m³
1	10	2				
2	100	24	10	4		
3	1000	237	102	35	8	
4	10000	2370	1020	352	83	
5	100000	23700	10200	3520	832	29
6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
7				352000	83200	2930
8				3520000	832000	29300
9				35200000	8320000	293000

Nuestra prueba se centra en la concentración de partículas de 0,3 µm en la sala. Se han tomado varias muestras de 2 litros de seis lugares diferentes del interior de la sala limpia, con los resultados siguientes:

Lugar (L)	Concentraciones (C <sub>i</sub> )						Concentración media (AC <sub>i</sub> )
	1	2	3	4	5	6	
A	750	560	655	730			674
B	1575	1250	750	950	1100	1300	1154
C	1300	850	980	1125	1350	975	1097
D	1150	775	450	825	845	1000	841
E	825	855	730	940	695	925	828
F	1700	1585	1135	900	1725	1210	1376

**Situación 4:** si el origen de las partículas de la Situación 3 no es visible, utilice tablas de tamaño de partículas (como las de la Figura E) para identificar posibles orígenes. Consiga una muestra de las partículas y envíela a un laboratorio para su análisis.

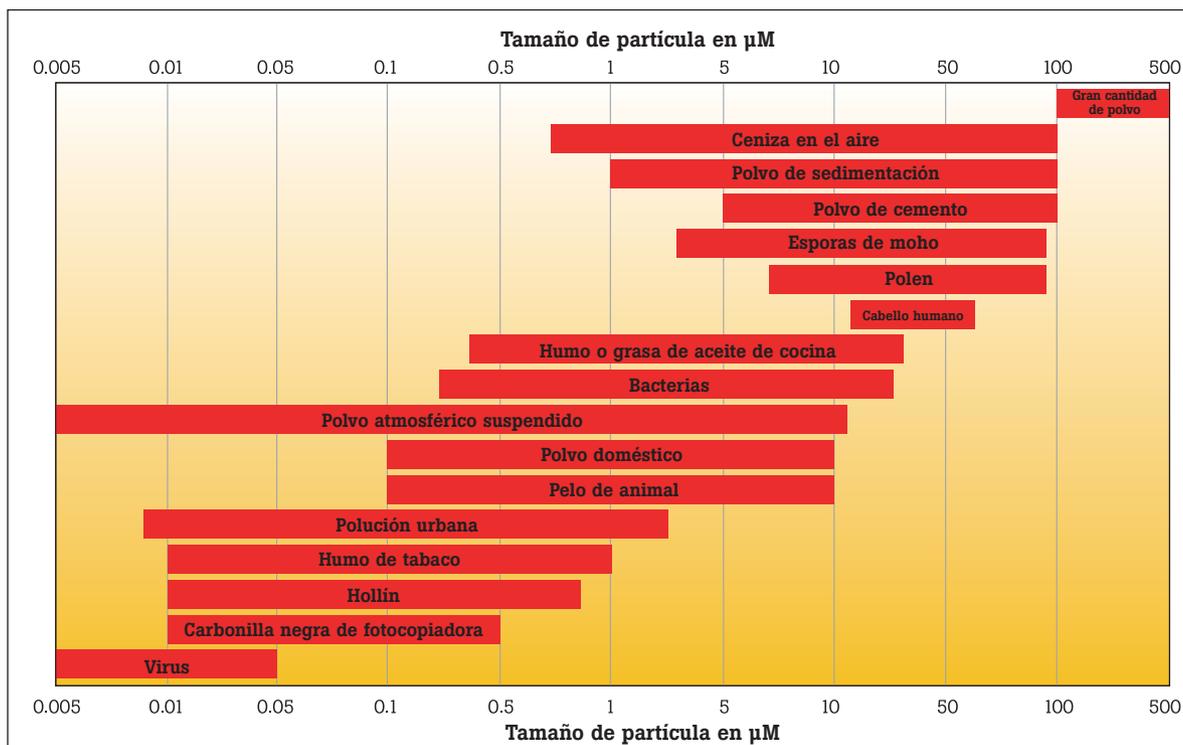


Figure E.

## Descripción general de las funciones del contador de partículas

El uso de un contador de partículas es relativamente sencillo; sin embargo, conocer a fondo las funciones que caracterizan a los contadores a veces puede suponer todo un reto. Los términos siguientes suelen utilizarse para describir la precisión, eficacia y otros atributos del contador de partículas óptico (OPC).

**Modo de recuento:** el modo de recuento define el modo en que el contador de partículas presenta los datos al usuario. Concentración y Totalizador son dos modos de recuento normales, y el Fluke 983 añade también un modo de Alarma acústica. El modo Concentración toma una muestra de un pequeño volumen de aire y, a continuación, calcula el valor según el ajuste de volumen (cm<sup>3</sup> o pie<sup>3</sup>) del contador. El modo Totalizador permite al usuario visualizar el recuento real de partículas conforme se acumulan hasta el final de la muestra. El modo Alarma acústica es útil para buscar áreas con niveles de partículas que excedan parámetros predefinidos. Una vez que se exceden los niveles, el contador lo notifica al usuario mediante una alarma acústica.

**Contador cero:** es una medida de la precisión del contador de partículas y debe tomarse antes de utilizarlo y, después, periódicamente o cuando se sospeche de la existencia de un error. El filtro del contador cero se conecta al contador de partículas conforme a las instrucciones del fabricante y, después, el contador se pone en funcionamiento durante 15 minutos. El contador no debe detectar más de una partícula superior a 0,3 µm en un periodo de cinco minutos.

**Pérdida de detección lineal:** la pérdida de detección lineal se produce cuando dos partículas cruzan el haz de luz del contador al mismo tiempo, creando un único impulso y dando como resultado un único recuento de partículas. Este tipo de error se produce con más frecuencia a medida que la concentración de partículas aumenta en la muestra. Conforme a FED-STD-209E, la pérdida de detección lineal debe ser inferior al 10%.

**Eficacia del recuento:** la probabilidad de que el contador detecte y cuente una partícula que pasa a través del volumen de muestra. La eficacia del recuento es una función de tamaño hasta un límite de sensibilidad mínima, por encima del cual se detectan y cuentan todas las partículas. Una eficacia de recuento del 50% en el límite más sensible suele considerarse óptima, y facilita comparaciones coherentes entre recuentos de contadores de partículas ópticos y aquellos de instrumentos de mayor resolución.

**Sensibilidad:** la capacidad de un dispositivo de detectar tamaños de partícula pequeños con cierta eficacia de recuento. El Fluke 983 detecta 0,3 µm con una eficacia de recuento del 50%.

**Resolución:** la capacidad de un dispositivo de detectar diferencias en tamaños de partículas. La resolución del sensor se ve afectada por la uniformidad de la iluminación en el volumen de muestra, variaciones de la tasa de flujo y la calidad relativa del sistema óptico. Un sensor mal alineado o un diodo láser que no funcione correctamente contribuirán a una resolución deficiente.

**Calibración:** un conjunto de operaciones o acciones realizadas para establecer la relación entre los valores medidos obtenidos a través de un dispositivo y los valores de los parámetros correspondientes definidos en una norma. El Fluke 983 se ha calibrado utilizando látex de poliestireno, ampliamente utilizado debido a su tamaño uniforme y a sus propiedades de refracción de la luz.

**Trazable NIST:** la trazabilidad es una característica de una medida o estándar y está relacionada con referencias establecidas, que suelen ser normas nacionales o internacionales. Las esferas de látex de poliestireno utilizadas en el proceso de calibración del Fluke 983 pueden trazarse conforme a las normas del NIST (Instituto estadounidense de normas y tecnología).

Las lecturas individuales se ajustan a los límites para la sala limpia; sin embargo, podemos seguir los pasos siguientes para determinar la validez estadística de las lecturas:

**Paso 1:** Calcular la concentración media de partículas

$$M = (AC_1 + AC_2 + AC_3 + AC_4 + AC_5 + AC_6) / L$$

$$995 = (674 + 1154 + 1097 + 841 + 828 + 1376) / 6$$

**Paso 2:** Calcular la desviación estándar (SD) de los promedios

$$SD = (\sqrt{(AC_1 - M)^2 + \dots + (AC_6 - M)^2}) / (L - 1)$$

$$116 = (\sqrt{(674 - 995)^2 + (1154 - 995)^2 + (1097 - 995)^2 + (841 - 995)^2 + (828 - 995)^2 + (1376 - 995)^2}) / (6 - 1)$$

**Paso 3:** Calcular el error estándar (SE) de la media de los promedios

$$SE = SD / (\sqrt{L})$$

$$47.36 = 116 / (\sqrt{6})$$

**Paso 4:** Establecer el límite máximo de confianza (UCL)

Lugares	Factor del límite máximo para una confianza del 95%								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9+
95% UCL	6,31	2,92	2,35	2,13	2,02	1,94	1,9	1,86	NA

$$UCL = M + (UCL \text{ Factor} * SE)$$

$$1,087 = 995 + (1,94 * 47,36)$$

El recuento medio resultante para todos los lugares se ajusta a los requisitos de una sala limpia de Clase 5. El Fluke 983 proporciona datos sobre partículas en 6 canales en una sola visualización, lo que permite al técnico ver todas las lecturas simultáneamente. Aunque el ejercicio de la sala limpia se centraba en partículas de 0,3 µm, el instrumento avisaría inmediatamente al técnico de anomalías en concentraciones de partículas de otro tamaño.

## Recuento de partículas en perspectiva

La clave para un estudio satisfactorio de la calidad del aire es tener en cuenta el entorno de manera global. El lugar, el historial del edificio, las quejas y los factores cuantificables como la temperatura y la humedad, pueden desempeñar un papel esencial en el hallazgo de problemas de calidad del aire.

Al utilizar un contador de partículas, tenga en cuenta que el origen de una partícula puede ser sólo un síntoma de un problema aún mayor. Puede que simplemente la solución en el origen no resuelva problemas fundamentales de filtración o ventilación deficientes o una excesiva humedad. Si no se comprueban, estas condiciones harán que los mismos síntomas, o peores, vuelvan a producirse con toda probabilidad. El Fluke 983 es una herramienta potente, compacta y fácil de usar que ayuda a los técnicos a identificar problemas de concentración de partículas e ir directamente a la raíz del problema.

**Fluke. Manteniendo su mundo en marcha.**

**Fluke Ibérica, S.L.**

Polígono Industrial de Alcobendas  
C/Aragoneses, 9 post  
28108 Alcobendas  
Madrid  
Tel.: 914140100  
Fax: 914140101  
E-mail: info.es@fluke.com

**Web: www.fluke.es**