

# Aethalometer AE33: Instalación y mantenimiento

Nota Técnica SMN 2021-114

**Giselle L. Marincovich<sup>1</sup>, Lino Condori<sup>1</sup> y Germán Perez Fogwill<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, Servicio Meteorológico Nacional, Argentina*

Diciembre 2021

### *Información sobre Copyright*

*Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.*

*La información aquí presentada puede ser reproducida a condición que la fuente sea adecuadamente citada.*

## Resumen

El aethalometer AE33 es un nuevo instrumento dentro de las mediciones in situ del Servicio Meteorológico Nacional. El mismo obtiene directamente las concentraciones del black carbon en diferentes longitudes de onda y a su vez, permite obtener el coeficiente de absorción de los aerosoles. Su robustez, su fácil instalación y bajo costo de mantenimiento hace que sea uno de los instrumentos más confiables para este tipo de mediciones a nivel internacional. En este trabajo se presenta el procedimiento de instalación, una breve descripción de los datos aportados, y el mantenimiento requerido para mantener su calidad de medición.

## Abstract

The aethalometer AE33 is a new instrument within the in situ measurements of the National Meteorological Service. It directly obtains the concentrations of black carbon at different wavelengths and, at the same time, allows obtaining the absorption coefficient of aerosols. Its robustness, easy installation and low maintenance cost makes it one of the most reliable instruments for this type of measurements at international level. This paper presents the installation procedure, a brief description of the data provided, and the maintenance required to maintain its measurement quality.

**Palabras clave:** Aethalometer, carbono negro, mediciones in situ

## Citar como:

Marincovich, G. L.; Condori L.; Perez Fogwill G., 2021: Aethalometer AE33: Instalación y mantenimiento. Nota Técnica SMN 2021-114.

## 1. AETHALOMETER AE33

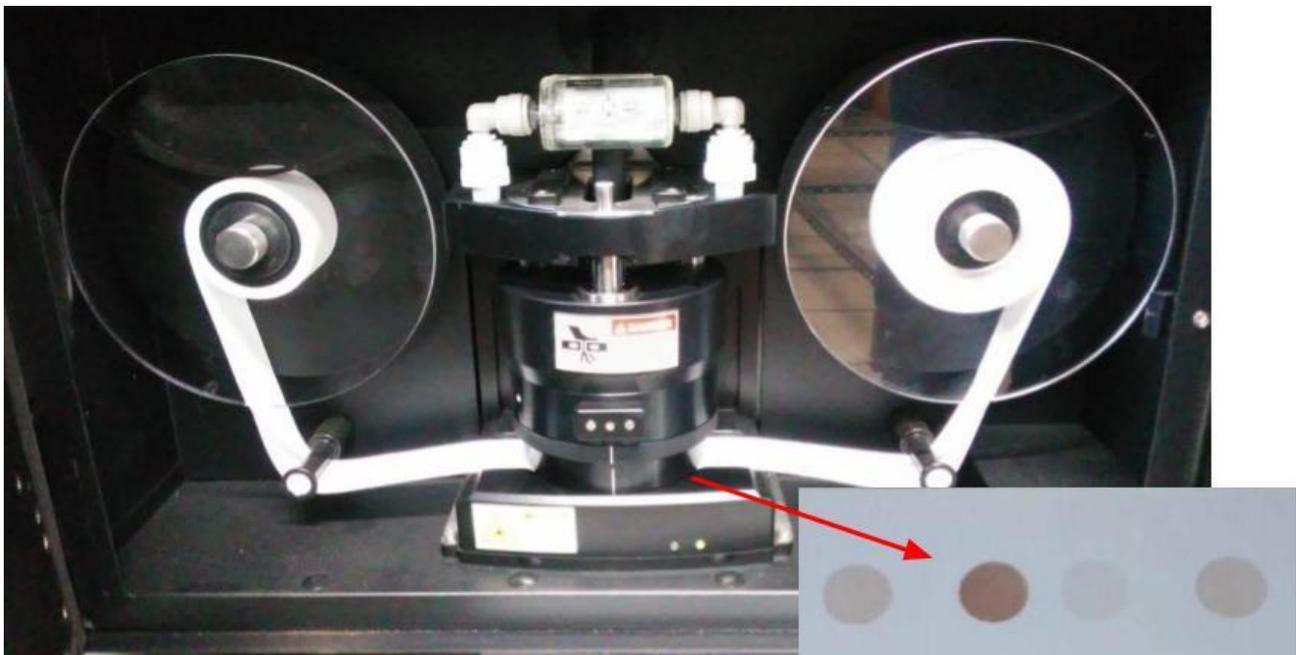
El aethalometer AE33, fabricado por Magee Scientific, Aerosol d.o.o., determina la concentración de carbono negro (BC, black carbon por su siglas en inglés) en diferentes longitudes de onda abarcando el rango desde el ultravioleta cercano hasta el infrarrojo (370, 470, 520, 590, 660, 880 y 950 nm). El BC es un aerosol que se encuentra suspendido en la atmósfera y junto a otros materiales carbonosos, son la mayor componente de material particulado (en general de tamaño menor a los 2.5 micrómetros) (Drinovec y otros, 2015). Su formación se da a partir de la combustión incompleta de combustibles fósiles y actividades industriales. Es un buen absorbedor de radiación electromagnética en el rango visible por lo que el dato obtenido en el canal 6 (880 nm) es definido como el dato estándar para el reporte de las concentraciones de carbono negro. Tiene un tiempo de vida de días a semanas y se puede depositar en diferentes superficies a través de la precipitación o por deposición seca, aunque hay una gran dependencia con el tamaño y la composición del mismo. Como su tiempo de vida es relativamente corto se lo considera un contaminante regional, ya que cuanto más cerca de la fuente, mayor será la concentración. Además, el BC es un componente importante de las partículas finas de la atmósfera, contribuye de forma significativa al forzante climático por parte de los aerosoles (Pöschl, 2005; Bond y otros., 2013; Boucher y otros, 2013) y es un importante contaminante atmosférico, asociado a resultados indeseables para la salud (Janssen y otros., 2011; WHO, 2012). Su influencia en múltiples factores como el balance radiativo, el clima, la salud, la visibilidad muestra la importancia de medir, estudiar y analizar las concentraciones de BC.



**Figura 1:** Foto del aethalometer AE33 instalado en la estación de Vigilancia Atmosférica Global (VAG) en Ushuaia.

El funcionamiento básico del instrumento se da a partir del ingreso de la muestra de aire desde el exterior al equipo. Esa muestra de aire, que se recoge continuamente, se deposita en la cinta de filtro permitiendo analizarlo a partir de la medición de la transmisión de la luz en un filtro cargado que contiene la muestra, comparando con la transmisión de la parte de la cinta utilizada como referencia (Figura 2). Su tecnología

Dual Spot™ permite obtener la muestra en dos puntos de la cinta de filtro, utilizando esta técnica para corregir el efecto de carga en el filtro en tiempo real. Ambos puntos derivan sus muestras desde el mismo flujo de aire de entrada. Los dos resultados se combinan matemáticamente para eliminar no linealidades y proporcionar la absorción de las partículas de luz compensadas y la concentración de carbono negro. De esta manera, se descartan las subestimaciones con respecto a otros aerosoles presentes en la muestra que tienen la capacidad de modificar la energía en la misma longitud de onda. Cada spot permite obtener un valor de atenuación que se incrementa a medida que avanza el tiempo, una vez alcanzado el máximo o pasadas 24 hs, la cinta avanza. A su vez, en cada spot se obtiene el valor de BC para cada longitud de onda (o canal), el sistema obtiene a partir de la combinación de estos valores la concentración compensada de BC en cada longitud de onda. Luego, a través de diferentes cálculos matemáticos se puede obtener el coeficiente de absorción de los aerosoles en cada longitud de onda.



**Figura 2:** Foto de lo que observa al abrir la puerta delantera. Se observa el circuito de la cinta (lado izquierdo sin usar, lado derecho usado) y además, un ejemplo de cómo se depositan las partículas en la cinta, en ambos spot.

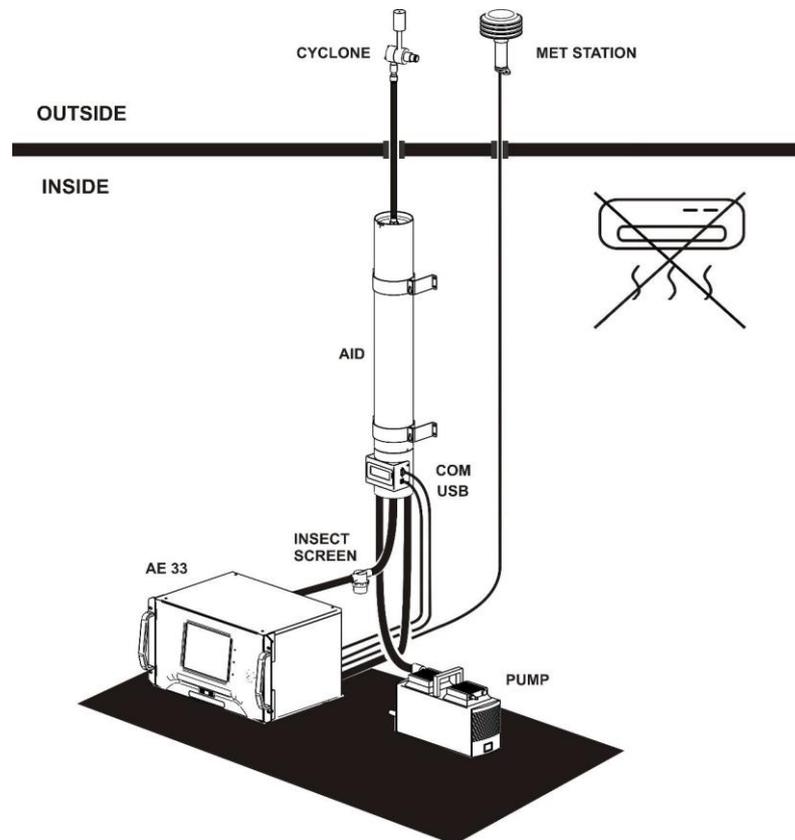
Este trabajo ha sido diseñado y confeccionado con el objetivo de ser una guía para la utilización y mantenimiento del instrumento AETHALOMETER AE33. Los lineamientos y procedimientos aquí descritos son dirigidos a observadores, operadores y jefes de estación quienes tienen que cumplir y hacer cumplir las medidas de seguridad y procedimientos a fin de una correcta y segura utilización de los instrumentos. En las siguientes secciones se hace hincapié en el proceso de instalación, la descarga y lectura de datos, y el mantenimiento del instrumento.

## 2. INSTALACIÓN

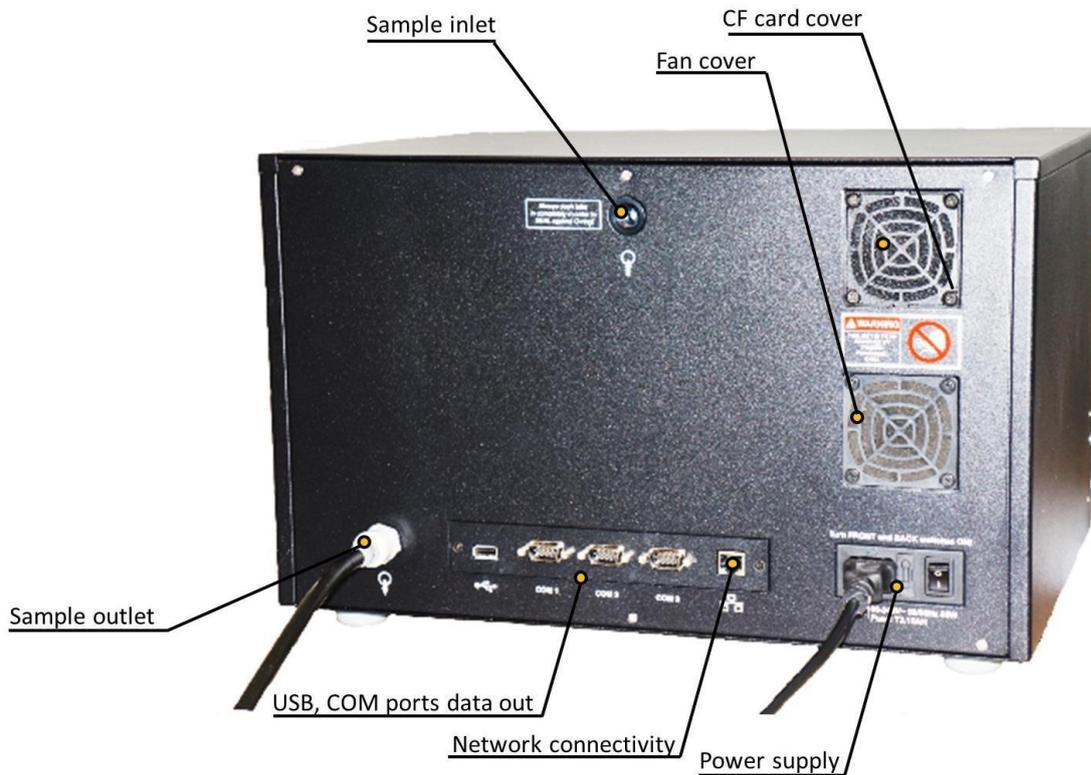
### 2.1 Procedimiento

El instrumento puede ser instalado en un circuito básico con un inlet, un secador y una trampa para insectos. El inlet se encuentra en el exterior y cumple la función de filtrar el tamaño del material particulado (PM, por sus siglas en inglés). Dependiendo de sus características puede filtrar el material particulado de tamaño menor a  $1 \mu m$  (PM1), menor a  $2.5 \mu m$  (PM2.5) y/o a  $10 \mu m$  (PM10) a un valor de flujo determinado. La muestra ingresa al laboratorio a través de una manguera antiestática, pasa por la trampa de insectos y el sistema de secado para luego ingresar al instrumento. El secador es esencial para que la muestra tenga una humedad relativa menor al 40%, de esta manera el crecimiento higroscópico en las partículas es limitado y generalmente causa menos del 10% de cambio de diámetro en comparación con las condiciones secas, impidiendo que cambien sus propiedades. Dependiendo de las características del lugar de la instalación, se requiere una bomba extra para obtener el flujo recomendado (generalmente cuando la estación se encuentra a una altura por encima de los 3000 m). Además se pueden agregar tres dispositivos externos como estaciones meteorológicas automáticas, nephelometer, sensores de CO2, entre otros. La conexión para el ingreso de la muestra es en la parte superior y para la salida se utiliza una manguera conectada en el outlet con salida al laboratorio.

Observación: Como se muestra en la Fig. 3, es necesario tener mucho cuidado al encender un aire acondicionado en la sala porque puede dañar al instrumento y alterar las mediciones.



**Figura 3:** Esquema de instalación interna y externa con los accesorios básicos y elementos extras asociados al aethalometer AE33. Tomada de McGee Scientific (2018).



**Figura 4:** Foto de la parte trasera del instrumento, donde se destacan las diferentes partes. Tomada de McGee Scientific (2018).

Una vez instalado el circuito, se debe proceder al encendido del instrumento. Conecte el instrumento a la alimentación de la corriente alterna y enciéndalo. Hay dos tipos de interruptores: uno en el panel trasero (power supply, Figura 4) y otro en la parte delantera (en la pantalla delantera acceder a OPERATION → GENERAL, botón STOP). Una vez encendido, el instrumento realizará procedimientos de prueba de iniciación electrónicos, ópticos y de flujo de aire. Todos los sistemas eléctricos se muestran en la pantalla delantera y los resultados se indican con casillas de verificación verdes para cada paso (Figura 1). El instrumento iniciará automáticamente las mediciones después de que terminen las pruebas de inicialización.

Para corroborar que las conexiones entre las diferentes partes no tengan pérdidas, dentro del laboratorio se debe generar una acción para producir aerosoles (encender una vela, entre otros) por al menos 30 minutos. Si existe una pérdida, el instrumento automáticamente va a mostrar una gran variación en los valores de su pantalla principal por lo que se deben verificar cada uno de los enlaces entre las partes del sistema hasta lograr sellarlo. Se repite la prueba hasta que los valores en el instrumento no se alteren por lo generado en el laboratorio.

## 2.2 Visualización de los datos en la pantalla

La pantalla principal del instrumento (HOME, Figura 1) muestra algunos datos que permiten conocer el funcionamiento y mediciones básicas del instrumento: las concentraciones de BC en 880 nm, las concentraciones de BC en 950nm producto de la quema de biomasa o el porcentaje de BC creado por la quema de biomasa, el reporte del flujo, el tiempo base de medición, la cantidad de cinta restante y el estado general del sistema.

En el caso del estado general del sistema (STATUS) se puede conocer el estado general a partir del color y el número indicado.



Operación normal



Advertencia: el instrumento todavía está realizando las mediciones, pero hay/hubo un problema, que se debe revisar.



Instrumento detenido Se necesita una respuesta inmediata.

Status	Descripción
0	Midiendo correctamente
1	Avance de cinta (tape advance)
2	Cálculo de atenuación cero
3	Instrumento apagado
4	Flujo fuera de rango
8	Flujo fuera de rango, chequear historial
12	Flujo fuera de rango, valores extremos
128	Queda poca cinta (menos de 30 pulsos)
256	Cambio de cinta (menos de 5 pulsos)
384	Error cinta
1024	Prueba de estabilidad (c/6 meses)
2048	Prueba de aire limpio (c/1 mes)
16384	Prueba de aire limpio no aceptable
3072	Cambio de cinta de filtro
4096	Test procedimiento ND(c/1 año)
6144	Pérdida de flujo (c/6 meses)
/	Verificación de flujo (c/6 meses)

Observación: Los valores de STATUS pueden ser una de las opciones de la tabla o la combinación de las mismas. Ejemplo: un valor de flujo fuera de rango (=4) y un avance de cinta (=1) → Status=5.

Además, de la pantalla delantera se puede obtener más información sobre el funcionamiento y la configuración del instrumento cuando se selecciona la sección OPERATION. Está tiene 4 subsecciones:

- GENERAL: contiene información básica y permite controlar los procesos de mantenimiento, así como también cuando se quiere frenar las mediciones, etc. Flow rep std. debe estar en NIST (0°C Y 101325 Pa) y debe estar seleccionada TA ATNmax.
- ADVANCE: contiene toda la información del estado en cada parte del instrumento, configuración de cálculos de diferentes parámetros, información de software y firmware actual, así como también la opción para realizar las acciones de mantenimiento de calibración del flujo, cambio de cinta, entre otros.
- LOG: muestra los últimos informes de operaciones del estado, los cambios de parámetros, las descargas de datos y las operaciones del instrumento.
- MANUAL: muestra los comandos básicos que pueden operar directamente los diferentes elementos de hardware.

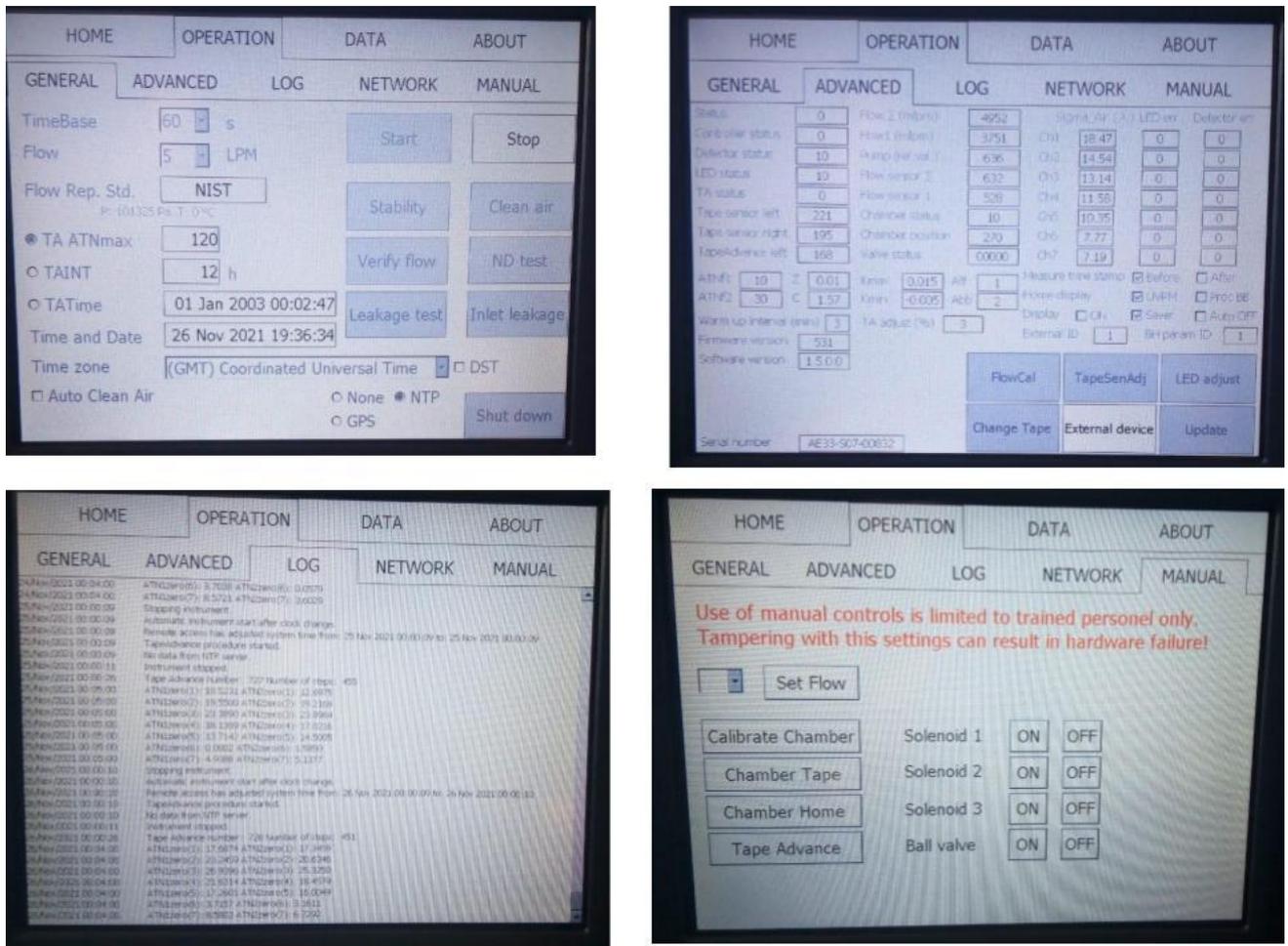


Figura 4: Foto de las diferentes pestañas de visualización del instrumento instalado en la estación VAG-Ushuaia.

### 2.3 Descarga y estructura de los datos

Los datos son minutales y se descargan a través de un script en python con el siguiente formato:

- Date( yyyy /MM/ dd ); Time( hh:mm:ss ); Timebase ;
- RefCh1; Sen1Ch1; Sen2Ch1; RefCh2; Sen1Ch2; Sen2Ch2; RefCh3; Sen1Ch3;
- Sen2Ch3; RefCh4; Sen1Ch4; Sen2Ch4; RefCh5; Sen1Ch5; Sen2Ch5; RefCh6;
- Sen1Ch6; Sen2Ch6; RefCh7; Sen1Ch7; Sen2Ch7
- Flow1; Flow2; FlowC ; Pressure (Pa); T(°C); BCbb;
- ContTemp ; SupplyTemp ; Status; ContStatus ; DetectStatus ; LedStatus ;
- ValveStatus ; LedTemp
- BC11; BC12; BC1; BC21; BC22; BC2; BC31; BC32; BC3; BC41; BC42; BC4; BC51;
- BC52; BC5; BC61; BC62; BC6 ; BC71; BC72; BC7;
- K1; K2; K3; K4; K5; K6; K7;
- TapeAdvCount; External devices (en caso de tener elementos extras)

Los datos de:

- RefChX, Sen1ChX y Sen2ChX corresponden a los valores de la señal del sensor luego de que la fuente de luz pase por los distintos sectores de la cinta de filtro en el canal X.
- Reportes de flujo: Flow1 y FlowC son medidos por el instrumento, Flow2, obtenido de la diferencia de los dos anteriores.
- Presión y temperatura, valores fijos a través de la selección de preferencia en el menú, que sirve para obtener el reporte del flujo volumétrico.
- BCbb valor de las concentraciones de BC producto de la quema de biomasa (brown carbon) en 950 nm o el porcentaje de BC creado por la quema de biomasa.
- ContTemp ; SupplyTemp: temperaturas del tablero de control, de suministro de alimentación y de la lámpara.
- Status: estado general del instrumento.
- ContStatus, DetectStatus, LedStatus; ValveStatus; LedStatus: estado de cada una de las partes del instrumento.
- BC1X, BC2X, BCX: concentraciones de BC en cada dual spot y de la compensación, en cada longitud de onda X.
- KX: parámetro de compensación para cada longitud de onda X.
- TapeAdvCount: valor de la cinta restante.

### 3. MANTENIMIENTO

El personal que operará este instrumento debe conocer cada procedimiento necesario para el mantenimiento y a su vez, verificar cada día el funcionamiento del mismo, la conexión a la computadora y la correcta descarga de los datos. Para obtener datos confiables y que cumplan los requisitos internacionales asociados a estas mediciones se requiere obtener un control de calidad exclusivo tanto del instrumento como de los datos. Para ello se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Pruebas y calibraciones internas. Esto se da por parte de la empresa o producto de intercomparaciones con un instrumento patrón.
- Mantener actualizado el software y el hardware a la última versión disponible.
- Cambio de cinta de filtro cuando el instrumento lo requiera.
- Limpieza frecuente de los elementos del sistema: inlet, trampa de insectos, tuberías, secador y demás elementos extras.
- Testeo mensual de fugas del instrumento.
- Testeo de fugas en la entrada.
- Verificación mensual del flujo.
- Testeo de estabilidad, cada seis meses.
- Testeo de procedimiento de aire claro, cada seis meses.
- Calibración del flujo, cuando la prueba de verificación de flujo lo indique.

Los pasos para realizar los procedimientos de testeo, verificación y calibración requeridos para el correcto funcionamiento del instrumento son descritos en su manual. Además, la empresa fabricante cuenta con una sección donde algunos de los procedimientos son explicados a través de videos (<https://mageesci.com/mproducts/magee-scientific-aethalometer/> → sección videos).

## 4. REFERENCIAS

Bond, T. C., Doherty, S. J., Fahey, D. W., Forster, P. M., Berntsen, T., DeAngelo, B., y coautores, 2013: Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. *Journal of geophysical research: Atmospheres*, 118 (11), 5380-5552.

Boucher, O., D. Randall, P. Artaxo, C. Bretherton, G. Feingold, P. Forster, V.-M. Kerminen, Y. Kondo, H. Liao, U. Lohmann, P. Rasch, S.K. Satheesh, S. Sherwood, B. Stevens and X.Y. Zhang, 2013: Clouds and Aerosols. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Drinovec, L., Močnik, G., Zotter, P., Prévôt, A. S. H., Ruckstuhl, C., Coz, E., Rupakheti, M., Sciare, J., Müller, T., Wiedensohler, A., and Hansen, A. D. A., 2015: The "dual-spot" Aethalometer: an improved measurement of aerosol black carbon with real-time loading compensation, *Atmos. Meas. Tech.*, 8, 1965–1979, <https://doi.org/10.5194/amt-8-1965-2015>.

Janssen, N. A., Hoek, G., Simic-Lawson, M., Fischer, P., Van Bree, L., Ten Brink, y coautores, 2011: Black carbon as an additional indicator of the adverse health effects of airborne particles compared with PM10 and PM2.5. *Environmental health perspectives*, 119 (12), 1691-1699.

McGee Scientific, 2018: Aethalometer® Model AE33 user Manual. Version 1.56. August 2018, 153 p.

Pöschl, U., 2005: Atmospheric aerosols: composition, transformation, climate and health effects. *Angewandte Chemie International Edition*, 44 (46), 7520-7540.

WHO, 2012: Health effects of black carbon. World Health Organization/Europe.

## Instrucciones para publicar Notas Técnicas

En el SMN existieron y existen una importante cantidad de publicaciones periódicas dedicadas a informar a usuarios distintos aspectos de las actividades del servicio, en general asociados con observaciones o pronósticos meteorológicos.

Existe no obstante abundante material escrito de carácter técnico que no tiene un vehículo de comunicación adecuado ya que no se acomoda a las publicaciones arriba mencionadas ni es apropiado para revistas científicas. Este material, sin embargo, es fundamental para plasmar las actividades y desarrollos de la institución y que esta dé cuenta de su producción técnica. Es importante que las actividades de la institución puedan ser comprendidas con solo acercarse a sus diferentes publicaciones y la longitud de los documentos no debe ser un limitante.

Los interesados en transformar sus trabajos en Notas Técnicas pueden comunicarse con Ramón de Elía ([rdelia@smn.gov.ar](mailto:rdelia@smn.gov.ar)), Luciano Vidal ([lvidal@smn.gov.ar](mailto:lvidal@smn.gov.ar)) o Martin Rugna ([mrugna@smn.gov.ar](mailto:mrugna@smn.gov.ar)) de la Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, para obtener la plantilla WORD que sirve de modelo para la escritura de la Nota Técnica. Una vez armado el documento deben enviarlo en formato PDF a los correos antes mencionados. Antes del envío final los autores deben informarse del número de serie que le corresponde a su trabajo e incluirlo en la portada.

La versión digital de la Nota Técnica quedará publicada en el Repositorio Digital del Servicio Meteorológico Nacional. Cualquier consulta o duda al respecto, comunicarse con Melisa Acevedo ([macevedo@smn.gov.ar](mailto:macevedo@smn.gov.ar)).