

Sistema de muestreo de aire para medición de aerosoles: procedimiento de limpieza

Nota Técnica SMN 2023-147

**Marincovich, G. L.¹ ; Quarin, F. J.¹ ; Asmi, E. M.²; Boyer, M.³; Bras-
seur, Z.³ y Rios, D.¹.**

¹ *Dirección de Productos de Modelación Ambiental y de Sensores Remotos, Servicio Meteorológico Nacional, Argentina*

² *Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland;*

³ *Institute for Atmospheric and Earth System Research/Physics, Faculty of Science, University of Helsinki, Helsinki, Finland*

Agosto 2023

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

Este documento fue desarrollado con el fin de poder describir el procedimiento de limpieza y mantenimiento de los tomadores de muestras y del divisor de flujo, que se encuentran involucrados en las estaciones de monitoreo de aerosoles atmosféricos, principalmente asociadas al programa de Vigilancia Atmosférica Global (VAG) de la Organización Meteorológica Mundial. Un correcto mantenimiento del circuito completo que realiza la muestra hasta que llega al instrumento, es el primer paso para asegurar que la muestra sea representativa del entorno en el instante de medición.

Abstract

This document has been developed to describe the cleaning and upkeep procedure for the sample intake system and flow splitter used in atmospheric aerosol monitoring stations, primarily associated with the Global Atmospheric Watch (GAW) program of the World Meteorological Organization. Proper maintenance of the entire circuit through which the sample travels until it reaches the instrument is the first step in ensuring that the sample is representative of the environment at the time of measurement.

Palabras clave: aerosoles atmosféricos, muestra, aire, inlet, limpieza, VAG.

Citar como:

Marincovich, G. L., F. J. Quarin, E. M. Asmi, M. Boyer, Z. Brasseur y D. Rios, 2023: Sistema de muestreo de aire para medición de aerosoles: procedimiento de limpieza. Nota Técnica SMN 2023-147.

1. INTRODUCCIÓN

Las mediciones de parámetros de aerosoles atmosféricos en estaciones que pertenecen al programa de Vigilancia Atmosférica Global de la Organización Mundial de Meteorología (VAG-OMM) siguen lineamientos establecidos por los expertos en el área, con el fin de comparar los distintos sitios a nivel global, con diferentes características ((WMO-GAW, 2003)).

Una de las partes establecidas dentro de esas recomendaciones está asociada a la toma de muestras de aire desde el exterior, llamado muestreador de aire o inlet. El mismo se encuentra instalado en el exterior del laboratorio de medición, generalmente en el techo o lateral del mismo. Su forma y tipo puede diferir dependiendo del sitio de medición y de las variables a estudiar. Se utiliza un cobertor/sombrero para evitar los efectos de la lluvia y/o la nieve, y un enrejado o tela mosquitera para evitar que ingresen objetos que puedan obstruir el movimiento del aire dentro del inlet, como aves, hojas e insectos, etc.

Las características de inlet dependen del diseño del fabricante. Por ejemplo, existen entradas de muestra para filtrar material particulado (PM, por sus siglas en inglés) menor a 1 micrómetro con un flujo de dos litros por minuto $PM_1 @2\text{lpm}$. Otros para $PM_{10} @16.7\text{ lpm}$ o $@38\text{ lpm}$, entre otros. La selección del tipo de inlet depende de lo que uno desea medir, cuántos instrumentos serán conectados y del flujo requerido por cada uno de ellos. La recomendación por parte del grupo de expertos dentro del programa VAG-OMM es PM_{10} (WMO-GAW, 2003).

Es importante determinar el flujo total requerido por todos los instrumentos conectados en el sistema. Esto se debe a que el inlet tiene un flujo establecido de fábrica para optimizar el tamaño de corte de las partículas: si la suma del flujo de toma de aire de todos los instrumentos conectados es menor al valor del flujo establecido según el tipo de inlet, es necesario conectar una bomba extra. Sumar la bomba en el sistema tiene como fin regular el valor del flujo, asegurando la eficiencia del filtro. Esto permite garantizar un correcto corte en el tamaño de las partículas considerando las características de fabricación.

Entre el inlet y los instrumentos se encuentran algunos elementos extra que cumplen distintas funciones. En caso que se tenga mas de un instrumento conectado a un inlet, se utiliza un flow splitter o divisor de flujo de aire. Este elemento distribuye una misma muestra de aire por los distintos instrumentos. Las conexiones entre los diferentes elementos (inlet, divisor de flujo, instrumentos, etc) se realiza a través de caños o mangueras antiestáticas. La selección del diámetro de las mangueras y/o caños en el circuito es importante ya que debe asegurarse que el flujo sea laminar. Es decir, el tamaño de los tubos no debe ser muy pequeño, ya que eso genera un aumento en el número de Reynolds y que el flujo se torne turbulento.

2. TOMADORES DE MUESTRA. DESCRIPCIÓN

Los tomadores de muestra que son utilizados en las estaciones del Servicio Meteorológico Nacional tienen un filtro de tamaño de material particulado de 10 micrómetros a un flujo de 16.7 lpm (excepto en la estación Marambio que es de 38 lpm). Esto significa que la muestra de aire solo contiene partículas con tamaño igual o menor a 10 micrómetros, siempre y cuando el flujo sea el establecido por fábrica. Cumplen reglamentación EPA, y por sus características el agua, los desechos, los insectos y las partículas grandes quedan atrapados en la entrada, mientras que el muestreador recoge las partículas de menos de 10 micrones.

Los tomadores de muestra deben ubicarse en el techo del sitio de medición o en su defecto a 90° conectados con

una manguera que permita llevar el aire hacia los instrumentos ubicados en el interior. La altura ideal recomendada es por encima de los 2 metros sobre el techo, dependiendo de las características y/o de los distintos obstáculos del entorno.

A continuación (Fig.1) se ejemplifica a modo esquemático las principales características de un inlet utilizado para el estudio de aerosoles:

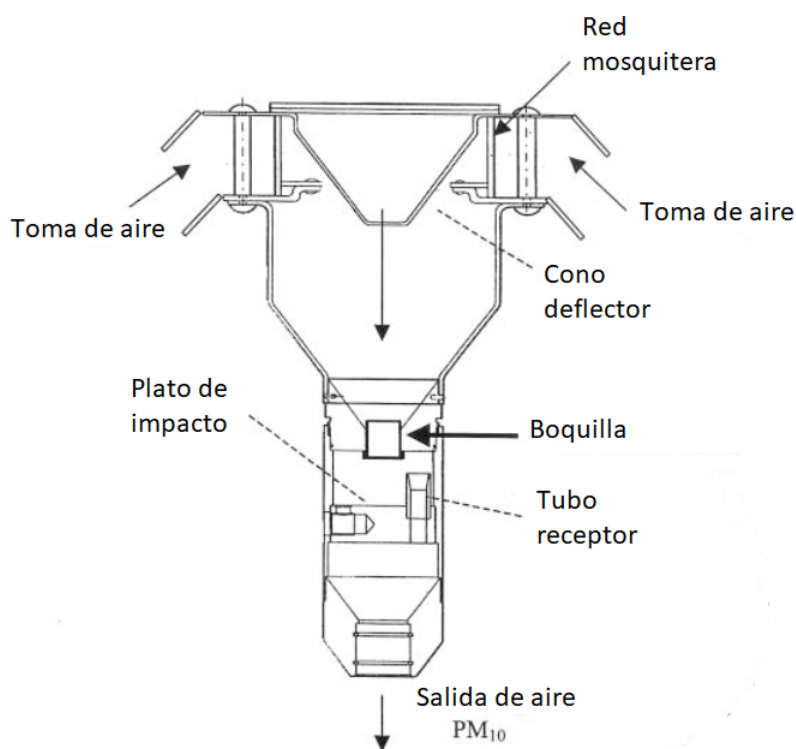


Figura 1: Esquema del inlet

En la Fig.2 se muestra una foto del inlet ubicado en la estación Marambio: el mismo se encuentra sobre el techo del laboratorio donde se encuentran instalados los instrumentos.



Figura 2: Foto del inlet de Marambio

A continuación se hace una descripción de las partes que lo componen y de la función que cumplen.

2.1. Trampa de agua

En el lateral del inlet se encuentra la trampa de agua (Fig.2). Este elemento tiene la función de almacenar el agua evitando que ingrese en el sistema, disminuyendo la posibilidad de dañar los instrumentos. Ese agua puede ser producto del ingreso de precipitación o nieve en el sitio de medición. Para un correcto mantenimiento es necesario revisar la trampa de agua cada semana.

2.2. Parte externa

La forma de la parte externa del inlet (Fig.3) cumple la función de tomar aire de manera omnidireccional, permitiendo que la muestra sea representativa del entorno de medición. Consta de dos platos con solapas o persianas, uno superior y otro inferior con cierta distancia entre si. Además, permite deflectar el aire e impedir el ingreso directo de lluvia o nieve.



Figura 3: Inlet, vista externa

2.3. Parte interior

La forma de la estructura interior y exterior del inlet permite que se filtre todo el material que no se desea analizar. En la Fig.4 se muestra con mayor detalle la parte interior del inlet. Sostenido en la persiana superior, se encuentra un cono que permite deflectar el viento (Fig.4a). Entre las persianas se encuentra una malla de acero inoxidable (tejido) que impide el paso de material de mayor tamaño que pueda obstruir el interior del inlet, por ejemplo, hojas, insectos, etc. En la Fig.4b se muestra la vista inferior de la segunda persiana y a continuación de ésta se encuentra el tubo principal, el cual en su interior posee un diseño particularmente dispuesto (Fig. 4c) para que en las muestras que ingresan sean filtradas las partículas mas grandes, como es el caso del polvo o la sal.

La forma de la estructura interior y exterior del inlet permite que se filtre todo el material que no se desea analizar. Entre las persianas mencionadas en la sección anterior se encuentra una malla de acero inoxidable (tejido) que impide el paso de material de mayor tamaño que pueda obstruir el interior del inlet, por ejemplo, hojas, insectos, etc. En la Fig.4 se muestra con mayor detalle la parte interior del inlet. En la persiana superior, se encuentra el cono que permite deflectar el viento (Fig. 4a). El aire una vez pasa entre las persianas ingresa al interior del inlet, pasa por el orificio que se muestra en la Fig.4b (vista inferior de la segunda persiana) para luego ingresar al tubo principal (Fig. 4c). El diseño de su interior está particularmente dispuesto para que en las muestras que ingresan sean las mas pequeñas, filtrando aquellas como el polvo o la sal.



Figura 4: Partes del inlet

2.4. Calentador

En algunas estaciones, especialmente aquellas que se encuentran instaladas en sitios con climas extremos, como lo son zonas polares y/o montañas, se requiere de un calentador alrededor del cuerpo principal del inlet. El calentador consta de una resistencia calentadora que puede ser tanto en forma de cable calefactor como de cinta

calefactora eléctrica, rodeando el caño-tubo de entrada, desde el lado externo. En virtud de controlar la temperatura del mismo y para prolongar su vida útil es deseable adosarle un termostato, que permite seleccionar la temperatura. El mismo se encuentra situado en el interior del laboratorio. Esto permite que la muestra se caliente a medida que se desplaza por el inlet favoreciendo la pérdida de vapor de agua, y de esta manera poder controlar la humedad relativa. Los métodos basados en filtros producen resultados erráticos cuando cambia la humedad, particularmente a alta humedad relativa (Arnott y otros (2003)). Es deseable que la misma se mantenga por debajo de 50 %. La temperatura seleccionada juega un rol importante ya que si bien debe calentar para que no se acumule nieve, también se debe evitar la volatilización de las partículas, en especial aquellas que son sensibles a la temperatura como los compuestos orgánicos volátiles.

Las recomendaciones establecidas por el grupo de expertos mencionado anteriormente, expresan la preferencia de secar la muestra de aire con distintos métodos según las características de la estación donde se emplazan los instrumentos (Wiedensohler y otros (2013)). En aquellos casos donde no se requiera secador, pero la estación sea caracterizada con un clima extremo, principalmente con nieve, el calentador es importante para evitar la acumulación de hielo en el inlet.

3. DIVISOR DE FLUJO

El divisor de flujo se encuentra en el interior del sitio de medición. Su función es la de dividir la muestra de aire en cada uno de los instrumentos a los que está conectado. Dependiendo del tipo puede tener 2 o mas bocas. En la Fig. 5, se observa una foto del que se encuentra en la estación Marambio, el cual posee 5 bocas.



Figura 5: Divisor de flujo

4. PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA

Esta sección permite describir el procedimiento de limpieza de las partes mencionadas anteriormente basado en la experiencia en la estación Marambio.

Cualquier modificación o alteración en alguna de esas componentes puede generar que este procedimiento no se pueda realizar en su totalidad o que sea necesario realizar el mantenimiento en otro elemento. Le recomendamos que lea esta sección completa y que ante cualquier duda, antes de proceder a realizarlo, consulte con los autores.

Es deseable que al realizar cualquier tipo de actividad de mantenimiento relativo a las conexiones, instrumentos, mangueras, tubos y materiales que alteren la medición, esto sea detallado en el archivo de log correspondiente tanto al instrumento como al laboratorio donde se encuentre emplazado.

4.1. Materiales necesarios

- Cepillo para limpieza interior de tubos
- Destornillador tipos plano y phillips
- Esponja
- Agua
- Alcohol isopropílico
- Aire comprimido (o compresor de aire)
- Cinta de aluminio
- Bolsa y/o recipiente
- Papel

Observación: Todos los materiales utilizados deben ser suaves y no metálicos. De esta manera se evitan marcas, rayaduras, entre otros factores, que pueden afectar en los diferentes elementos que se someterán a la limpieza.

4.2. Preparación

Antes de comenzar con este procedimiento es importante desconectar los instrumentos del sistema de entrada. Para ello es necesario apagar los equipos, desconectar las mangueras que se encuentran conectándolos al flow splitter (o similares) y tapar su entrada con el fin de evitar cualquier tipo de contaminación. Es fundamental observar el interior de las mangueras y determinar la cantidad de polvo que tienen. En caso de que se observe una gran cantidad, proceder a cambiarlas por unas nuevas; sino limpiar con aire comprimido para eliminar cualquier tipo de partículas. Evitar lavar las mangueras con agua o cualquier solución.

4.3. Desarmado de inlet

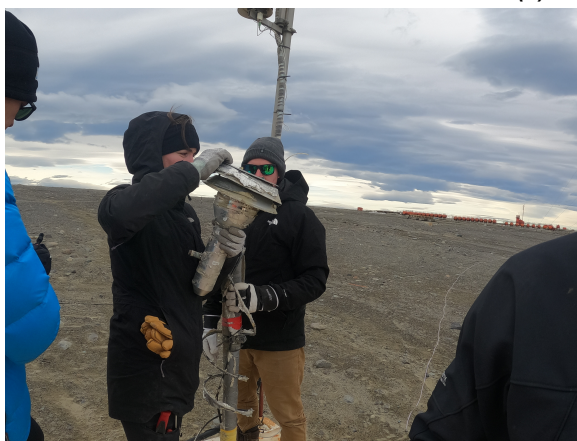
- Aflojar los tensores que sostienen el inlet al soporte o techo.
- Sacar los tornillos que sostienen la tapa superior del inlet (Fig.6a).
- Quitar el cable calentador que se encuentra alrededor del inlet. Tener precaución con el mismo para no dañarlo. En general, el cable calentador se encuentra cubierto por cinta de aluminio. Es posible que, para trabajar con mas comodidad, sea necesario quitar la trampa de agua del sistema. (Fig.6b)
- Separar el inlet del tubo que une el exterior con el interior del laboratorio (Fig.6c)



(a) Quitar tapa superior



(b) Quitar cable calentador



(c) Separar inlet del tubo

Figura 6: Desarmado del inlet, exterior

4.4. Limpieza del inlet

Luego de quitar los platillos superiores, debe quitarse la rejilla mosquitera, separando la parte inferior en dos. Se realiza la limpieza de cada parte, primero con abundante agua con esponja y/o cepillo para quitar la suciedad adherida a la sección interna. Posteriormente, limpiarlo de la misma forma con alcohol isopropílico para quitar impurezas. Finalmente, secar con aire comprimido.

4.5. Limpieza de tubos

Además del inlet es necesario limpiar el tubo que conecta la parte exterior con la interior. El procedimiento es similar al enunciado anteriormente: en primer lugar introducir algún cepillo que permita la limpieza en toda la extensión del tubo y luego, limpiar con isopropílico para quitar impurezas. Es importante tener cuidado en esta parte: para garantizar que la suciedad no se distribuya en el interior del laboratorio hay que colocar algún plástico cobertor o una bolsa por debajo del flow splitter al momento de limpiar con el cepillo (Fig. 7b). De la misma forma, un recipiente para el caso de ingreso de líquido (Fig.7a).



(a) Recipiente para evitar ingreso de liquido

(b) Bolsa para evitar ingreso de polvo

Figura 7: Limpieza tubo y flow splitter

4.6. Ensamble

Una vez que cada parte esté limpia y seca, se debe rearmar todo nuevamente. Se ensamblan las partes del inlet, se lo conecta nuevamente al caño exterior y se ajustan los tornillos superiores. Luego se coloca el cable calentador alrededor, se pega la cinta de aluminio y se estiran los tensores. En último lugar deben conectarse las mangueras a los respectivos instrumentos.

4.7. Frecuencia de limpieza

Dependiendo de las condiciones de la estación de medición, se recomienda que este mantenimiento se realice con cierta periodicidad. En el caso de estaciones influenciadas por polvo o sal marina se recomienda que sea cada seis meses, teniendo especial cuidado en los meses donde estos eventos son más frecuentes. En Marambio, se recomienda una limpieza cada 6 meses.

REFERENCIAS

Arnott, W., y coautores, 2003: Photoacoustic and filter-based ambient aerosol light absorption measurements: Instrument comparisons and the role of relative humidity. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **108 (D1)**, AAC–15.

Wiedensohler, A., W. Birmili, J.-P. Putaud, y J. Ogren, 2013: Recommendations for aerosol sampling. *Aerosol Science*, 45–59.

WMO-GAW, 2003: *WMO/GAW Aerosol Measurement Procedures, Guidelines and Recommendations*. WMO- No. 1177; GAW Report- No. 227, WMO.

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 (rde-lia@smn.gov.ar), Luciano Vidal (lvidal@smn.gov.ar) o Martín Rugna (mrugna@smn.gov.ar) de la Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, para obtener la plantilla WORD o los archivos Tex que sirven 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).