

Proceso de envío de Datos de los Espectrofotómetro Dobson SMN Argentina al Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación Ultravioleta (WOUDC/GAW/WMO).

Nota Técnica SMN 2024-188

Gerardo Carbajal Benitez¹ y Héctor Raúl Estévez Pérez²

¹ *Servicio Meteorológico Nacional, Estación GAW-Ushuaia, Argentina*

² *Red Solarimétrica Mexicana, Instituto de Geofísica, UNAM, México.*

Diciembre 2024



Ministerio de Defensa
Argentina

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

Los datos obtenidos de los Espectrofotómetros Dobson cumplen con los estándares de aseguramiento de calidad (QA) Los cuales se calibran de manera interna con los test de lámpara estándar y mercurio, además de calibraciones absolutas, es decir a través de un patrón global, resguardado en NCAR/NOAA Boulder Colorado - #D60. La operación sigue los manuales y guías establecida por el grupo de expertos (GAW/SAG ozono). Los datos son procesados con el software O3Dobson de Stanek, excepto el de Buenos Aires que al ser semiautomático, éste utiliza el software japonés WINDOBSON que, en esencia cumple con los estándares para el cálculo del espesor de la capa de ozono. Los datos de ozono total obtenidos, son comparados con datos del Satélite AURA que tiene un instrumento para medir ozono total, Ozone Mapper Instrument Suite (OMI- TOMS-based algorithms). En un ejemplo para noviembre del 2024, previo al envío de los archivos al Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación Ultravioleta (WOUDC), se revisó y se encontró un error en los datos de Ushuaia, el cual se verifico y se corrigió. Se establece un límite de tolerancia, con el cual, datos por arriba del 5% entre el Dobson y OMI, se revisan los datos, pero no se eliminan debido a que el Dobson se considera un instrumento de medición absoluta, en esta parte se cumple con el control de calidad de los datos (QC). La preparación de los datos de ozono total, se preparan según las guías del WOUDC donde establecen su conformación con el metadato y la estructura del archivo *.CSV. Finalmente, dicho archivo que cumple con lo establecido, es enviado a través de un Protocolo de Envío de Archivos-FTP donde es revisado por el sistema del Centro Mundial de Datos y se establece su aceptación o retorno para su modificación. Entonces, el objetivo de esta nota técnica es asegurar el control de calidad de los datos (QC) y el envío de los mismos al WOUDC cumpliendo con los compromisos adquiridos en la red de medición de ozono GAW/WMO.

Abstract

The data collected from the Dobson Spectrophotometers adhere to established quality assurance (QA) standards. These instruments undergo internal calibration using standard lamps and mercury tests, in addition to absolute calibrations based on a global standard maintained at NCAR/NOAA in Boulder, Colorado (#D60). The operation follows the manuals and guidelines provided by the group of experts (GAW/SAG ozone). The data is processed using the O3Dobson software developed by Stanek, except for the data from Buenos Aires, which is processed semi-automatically using the Japanese software WINDOBSON. This software employs similar algorithms to the O3Dobson. To ensure accuracy, the total ozone data obtained is compared with data from the AURA Satellite, specifically its Ozone Monitoring Instrument (OMI). For example, in November 2024, before the files were submitted to the World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Center (WOUDC), an error was identified in the Ushuaia data, which was subsequently validated and corrected. A tolerance limit is established for the comparison between the Dobson and OMI data; any discrepancies greater than 5% prompt a review of the data, although they are not eliminated because the Dobson is regarded as an absolute measuring instrument. This process ensures that data quality control (QC) standards are met. The preparation of total ozone data adheres to WOUDC guidelines, which outline the necessary metadata and structure of the CSV file. Once the file meets these requirements, it is submitted through a File Submission Protocol (FTP) for review by the World Data Center system, which determines whether the file is accepted or returned for modifications. The objective of this technical note is to reinforce data quality control (QC) and ensure successful submission to WOUDC, in line with commitments made within the GAW/WMO ozone measurement network.

Key Word: Comparison, Dobson, OMI, Ozone, WOUDC.

Citar como:

Carbajal Benítez G. y Estévez Pérez H., 2024. Datos de Ozono Total en el Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación Ultravioleta (WOUDC/GAW). Nota Técnica SMN 2024-188.



1. INTRODUCCIÓN

La primera campaña de medición sistemática del ozono fue durante el año 1925 en Oxford, donde el primer espectrógrafo fue construido. Estas observaciones exhibieron una correlación negativa con la presión de superficie y rápidamente despertó el interés en desarrollar una red de estaciones para conocer las variaciones espaciales del ozono (Dobson, 1926). Durante los años 1926 y 1927 se realizaron observaciones a lo largo de Europa, que demostraron las limitaciones del espectrógrafo utilizado (Féry, 1910): estos dispositivos debían cargarse con una placa fotosensible que luego era cuidadosamente guardada y enviada a Oxford, donde se la analizaba para deducir el espesor equivalente de ozono. Los datos estaban disponibles semanas luego de la medición. Además, el aparato funcionaba con un prisma interno que enfocaba la luz ambiente que ingresaba al recinto de la placa, lo cual introducía ruido en las mediciones. Este aparato tampoco permitía medir en días nublados, ni en latitudes extremas, dado que necesita enfocar directamente al sol con un bajo ángulo cenital. Fue así que comenzó a desarrollarse el espectrofotómetro de celda fotoeléctrica. Este dispositivo podía informar instantáneamente el valor de ozono, medir simultáneamente en varias longitudes de onda, permitiendo así su uso en días nublados, y con el tiempo se desarrolló una técnica que permite utilizarlo para medir perfiles verticales de ozono, basada en el efecto Umkehr (Dobson, 1931).

Desde ese momento, la red de medición de ozono se fue expandiendo a todo el mundo, con la idea de constituir el Sistema Global de Observación de Ozono (Global Ozone Observing System, GO₃OS). Luego de la primera campaña europea quedó claro que era necesario conocer la distribución en el hemisferio sur, y se enviaron aparatos a distintos puntos del planeta. La necesidad de una calibración periódica del instrumento y de un mantenimiento cotidiano para garantizar la homogeneidad de todas las observaciones, dio lugar a un intenso trabajo de desarrollo de protocolo. Fue durante el año geofísico internacional -1957- que estos lineamientos tomaron forma en el primer Observer's Handbook (Manual de Observación), junto con las tablas que incluían los valores de las constantes pertinentes (Dobson, 1957a, 1957b).

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) (WMO, 1980) convocó a una reunión de expertos para evaluar el GO₃OS, durante la cual se señalaron las fuentes de error de las distintas componentes de la red (observaciones de tierra, ozonosondas, satélites) y se dieron lineamientos de cómo responder ante tales problemáticas. Es en esta reunión que se institucionaliza la idea de un instrumento patrón para la red global, y se adopta finalmente el Dobson 83, que funcionó como patrón de la red de Estados Unidos desde 1962 (Kohmyr, 1989); junto a un conjunto de patrones secundarios regionales, frente a los cuales todos los instrumentos deben ser contrastados periódicamente -cada 4 o 5 años según recomendación de la OMM- y corregidas sus diferencias; se establece también la obligación de informar la metadata asociada a las observaciones de ozono, entre las cuales se mencionan los testeos rutinarios del Dobson frente a lámparas de mercurio y su historial de calibraciones. Se llama la atención además sobre las pocas estaciones activas de la red y la necesidad de incluir nuevos observatorios en puntos estratégicos del globo. En un documento posterior (WMO, 1982) se publicaron los resultados del análisis cuantitativo del estado de la red y se demostró que los problemas en la calibración y el mal uso de los espectrofotómetros hacían imposible la elaboración de conclusiones respecto del comportamiento climatológico del ozono, advirtiéndose que sin embargo ya se habían hecho estudios con esos datos, sin prestar atención a estos inconvenientes. En este documento se dan por primera vez ideas de cómo corregir en retrospectiva las series que presentan saltos o derivas significativas en sus parámetros estadísticos, mencionando entre ellas el uso de la información de calibraciones y testeos pasados. Se aclara, sin embargo, que al momento no existe un protocolo definido de cómo "reevaluar" las series de ozono.

La necesidad de contar con datos de calidad, de observaciones pasadas para utilizar como línea de base, en las proyecciones de recuperación del ozono global, dio lugar a un taller internacional dedicado a responder preguntas fundamentales acerca de la posibilidad de reevaluar los registros de otras estaciones de la GO₃OS (WMO, 1991).

Los resultados principales del taller fueron resumidos en el Handbook For Dobson Ozone Data Reevaluación (WMO, 1993), un manual que permite a todas las instituciones adheridas a la GO₃OS, mejorar sustancialmente la calidad de sus registros pasados de una manera consistente y que preserve la homogeneidad de toda la base de datos. Es de notar que este procedimiento puede ser aplicado sólo a aquellas estaciones que siguen el protocolo establecido durante el Año Geofísico Internacional -IGY, 1957- (Dobson, 1957a) y cuyos instrumentos son calibrados con respecto a un patrón internacional, primario o secundario. Desde entonces, muchas estaciones han reevaluado sus registros (Vogler, 2006, 2007; Kohler, 1997; Svendby, 2002, entre otros) siguiendo las directivas del manual de reevaluación de datos (WMO, 1993). Sin embargo, la red Dobson continuó exhibiendo inconsistencias hasta el presente. Según muestra Fioletov et al. (2008), en un estudio de comparación de la red global con datos satelitales, aproximadamente el 25% de las estaciones mostraron apartamientos significativos con respecto a las observaciones satelitales.

El objetivo de este trabajo es mostrar el proceso de revisión, preparación y envío de datos al centro Mundial de Ozono y Radiación ultravioleta (WOUDC) de ozono total que, se generan con los Espectrofotómetros Dobson y ozonosondas en la red de medición de la capa de ozono en el SMN.

2. DATOS

La Argentina a través del Servicio Meteorológico Nacional, es parte de la red de la Global Atmospheric Watch/World Meteorologica Organization (WMO/GAW) y la cual mide la capa de ozono (Ozono Total) con 5 Espectrofotómetros Dobson y lanzamientos de globo sondas con Celdas de Concentración Electrolítica (ozonosondeos), ver la Tabla I.

Tabla I: Estaciones y observatorios del SMN que miden ozono total de rad WMO/GAW.

Estación/Observatorio	Latitud	Longitud	Altura (m)	Espectrofotómetro Dobson	Ozonondeos
La Quiaca	-22° 10' S	65° 59' O	3459	#097	X
Buenos Aires	-34° 35' S	58° 22' O	25	#070	X
Comodoro Rivadavia	-45° 52' S	67° 30' O	46	#133	X
GAW-Ushuaia	-54° 48' S	68° 18' O	18	#131	✓
Antártica Marambio	-64° 14'S	56° 38' O	198	#099	X

Los datos que se usan como referencia son del Satélite AURA que tiene un instrumento para medir ozono total, Ozone Mapper Instrument (OMI- TOMS-based algorithms). Estos datos se encuentran disponibles en el GODDARD SPACE FLIGHT Center de la NASA y puntualmente para cada una de las estaciones a solicitud en: <https://avdc.gsfc.nasa.gov/pub/data/satellite/Aura/OMI/V03/L2OVP/OMTO3/> . Estos son datos que se generan cada vez que el satélite pasa por el punto de medición de ozono total (en inglés, OverPass).

3. METODOLOGÍA

3.1 El Espectrofotómetro Dobson

El Espectrofotómetro Dobson es el instrumento más utilizado para medir la cantidad de ozono en la atmósfera. Este dispositivo fue inventado por G.M.B. Dobson en la década de 1920 y ha sido fundamental para monitorear los cambios en la capa de ozono a nivel global.

Desde 1958 este instrumento (Figura 1) ha sido desarrollado para formar una red a nivel mundial. El instrumento mide el valor de la columna total de ozono con una precisión del 1% para elevaciones solares mayores a 15°. Mide la cantidad total de ozono en una columna vertical de la atmósfera, desde la superficie terrestre hasta el límite superior de la atmósfera. Esto se realiza observando la radiación ultravioleta (UV) que llega desde el Sol, que recibe dos haces de luz, en ciertas longitudes de onda. El Dobson mide la intensidad de la radiación en dos longitudes de onda diferentes:

- Una longitud de onda altamente absorbida por el ozono.
- Otra longitud de onda menos absorbida.

Una observación es una combinación de mediciones de la diferencia de intensidad de los pares de longitudes de onda seleccionados, diseñados para analizar las cantidades de ozono atmosférico. A, C y D son los pares de longitud de onda utilizados en observaciones normales.

Una sola observación no es tan confiable como dos o más observaciones. Las observaciones realizadas solo una vez al día no son útiles, ya que varias observaciones durante el día dan conocimiento sobre los cambios diarios del ozono total y la estabilidad de la atmósfera (por ejemplo, la cantidad de aerosoles). Algunos tipos de observación (Sol directo) se analizan utilizando la física conocida de la medición, pero con otros (Cenitales) el análisis se basa en estadísticas formadas a partir de la comparación del Sol directo (DS) con las Observaciones Cenitales (ZB o ZC) hechas "cerca" en tiempo. Los resultados del ozono de las observaciones AD y CD generalmente no están de acuerdo. Este es un problema basado en el conocimiento de los coeficientes de absorción de ozono y la aplicación de esos valores determinados por el laboratorio a la atmósfera real. Para usar el instrumento en el rango completo posible de μ (la masa óptica de aire de la capa de ozono), las mediciones de AD se realizan a μ bajo; Las mediciones de CD se realizan en μ alto y en un rango μ en el medio, ambos se realizan. En este rango medio de μ , las observaciones AD y CD deben tomarse en pares para que la diferencia pueda entenderse y usarse en el análisis de datos.

Las observaciones de longitud de onda de doble par AD en el sol directo con placa de cuarzo molido en la ventana de entrada (observaciones AD-DSGQP) se definen como las más confiables y más utilizadas. Sin embargo, se pueden hacer una variedad de otros tipos de observaciones de rutina, enumeradas en la Tabla II, con el instrumento Dobson. Los tipos de observaciones que se realizarán en cualquier momento dependen de las condiciones del cielo, el ángulo solar zenit (SZA), del sol y las características del instrumento. Por ejemplo, las observaciones fundamentales de AD-DSGQP solo se pueden hacer cuando el sol no está oculto por las nubes y cuando está bastante alto en el cielo (μ es menor que 3.0 o SZA es menor que aproximadamente 70°). Cuando la elevación del sol es mayor de 80° (SZA <10° o μ <1.015), el director solar del instrumento queda inutilizable y no se pueden realizar observaciones AD-DSGQP.

Tabla II: Coeficientes de absorción efectiva de ozono y de dispersión atmosférica, adoptados para pares de longitudes de onda seleccionados en enero de 1992 (escala de Bass-Paur) [Komhyr et al., 1993].

Par	Longitud de Onda (nm)	Coeficiente de absorción de ozono α (atm-cm)-1	Coeficiente de absorción atmosférico β (atm)-1
A	λ_1 305,5	1,915	0,489
	λ_2 325,4	0,109	0,375
C	λ_1 311,5	0,873	0,450
	λ_2 332,4	0,040	0,341
D	λ_1 311,5	0,384	0,414
	λ_2 332,4	0,017	0,310

En general, las observaciones del tipo DSGQP no deben hacerse con μ alto, puesto que cuando el sol está bajo (alto SZA) el brillo del cielo en las cercanías del sol pueden ser comparables al brillo del disco para cortas longitudes de onda. Puesto que la luz del cielo tiene una composición espectral diferente de la luz del sol, las lecturas del espectrofotómetro pueden ser afectadas en forma adversa. (También, para las longitudes de onda del par A, los errores debidos a la luz difusa dentro del instrumento ocurren con μ alto). Las limitaciones en las lecturas del disco para las observaciones del tipo DSGQP pueden ser determinadas tomando una serie de observaciones cuando el sol sale o se pone, calculando las cantidades de ozono total y graficándolas con respecto a N. En algún valor de N que no debe ser sobrepasado durante las medidas de rutina, las cantidades de ozono comenzarán aparentemente a disminuir. Por otro lado, las observaciones del tipo de imagen focal (FI) no deben ser hechas con un sol muy bajo puesto que se presentan errores debido a la difusión de la luz dentro del instrumento. Con μ alto, la intensidad de la longitud de onda corta es extremadamente pequeña comparada a la de la longitud de onda larga de cada longitud de onda del instrumento Dobson y puede ser comparable a la intensidad de luz falsa difundida por las superficies ópticas del instrumento. Finalmente, el tipo de observaciones ZB (Zenith Blue) y ZC (Zenith Cloud) no deben ser hechas cuando el sol está bajo en el cielo puesto que los resultados no son confiables. Las observaciones se realizan con luz solar o luz dispersada:

- Durante el día, mide la radiación UV del Sol, a cielo abierto, sin nubes (Sol directo o Direct Sun)
- En condiciones nubladas o nocturnas, mide la luz dispersada por la atmósfera (luz celeste) Estas son mediciones cenitales (ZC).

La cantidad de ozono se expresa en Unidades Dobson [UD], donde se define como una capa de ozono que sería de 0.01 milímetros de espesor a presión y temperatura estándar (0 °C y 1 atmósfera).

Algunas limitantes con el Dobson son: 1) Requiere condiciones específicas: Para mediciones óptimas, necesita cielos despejados y buena visibilidad del Sol. 2) Instrumento manual: Aunque es preciso, su operación es más laboriosa en comparación con métodos modernos automatizados, incluso puede aumentar su incertidumbre.

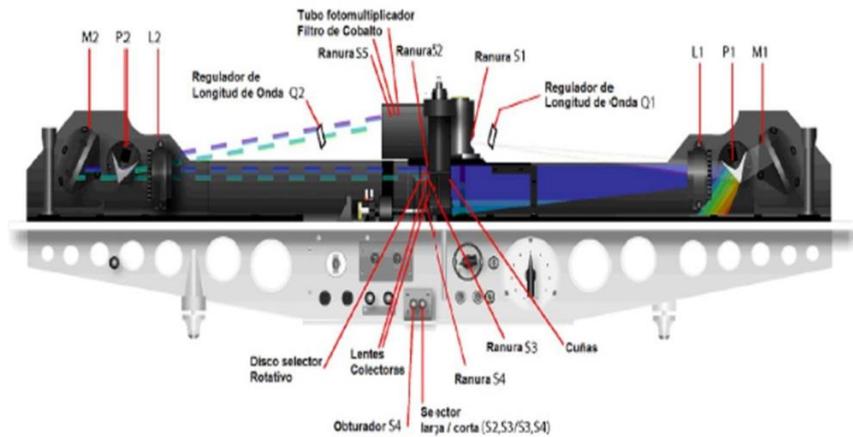


Fig. 1: Esquema del Espectrofotómetro Dobson y sus componentes principales; parte óptica y electrónica.

3.2 Medición de Ozono Total con el satélite AURA/OMI.

El satélite Aura/OMI es una misión de la NASA que fue lanzada en julio de 2004 y ha sido diseñada para estudiar el ozono total, la calidad del aire y el clima de la Tierra. El satélite lleva cuatro instrumentos, incluido el Ozone Mapping and Profiler Suite (OMI), que es un espectrómetro ultravioleta-visible que observa el nadir. Instrumento OMI mide la radiación solar retrodispersada de la superficie y la atmósfera de la Tierra en múltiples bandas (270-500 nm). Sus características principales incluyen:

- ✓ Alta resolución espacial de 13 km x 24 km en el nadir y 28 x 150 km en el extremo del ángulo de visión
- ✓ Amplia franja: 2600 km, lo que permite una cobertura global cada día.
- ✓ Capacidad de imágenes hiperespectrales.
- ✓ Medición de componentes clave de la calidad del aire: NO₂, SO₂, BrO, HCHO y aerosoles
- ✓ Capacidad para distinguir entre tipos de aerosoles y medir la capacidad de absorción de aerosoles.

El satélite Aura/OMI tiene como objetivo:

- ❖ Monitorear la recuperación de la capa de ozono en respuesta a la eliminación gradual de las sustancias que la agotan.
- ❖ Estudiar la química y la dinámica de la estratosfera y la troposfera.
- ❖ Brindar cobertura global de la distribución atmosférica del ozono, el dióxido de nitrógeno y los aerosoles.
- ❖ Apoyar la investigación sobre el cambio climático, la calidad del aire y los patrones meteorológicos.

3.3 Procesamiento de datos.

Los datos que se adquieren del Espectrofotómetro Dobson (La Quiaca, Comodoro Rivadavia, Ushuaia y Marambio) son a través de un amperímetro en unidades voltaje [V] y estos se codifican a unidades Dobson [UD], a través del software Dobson Spectrophotometer Data Processing (O3Dobson) V. 8.0, autor: Martin

Stanek, República Checa (Figura 2), actualizado el 17 de enero del 2024 y que se puede obtener, así como un documento de su descripción en: <http://www.o3soft.eu/>.

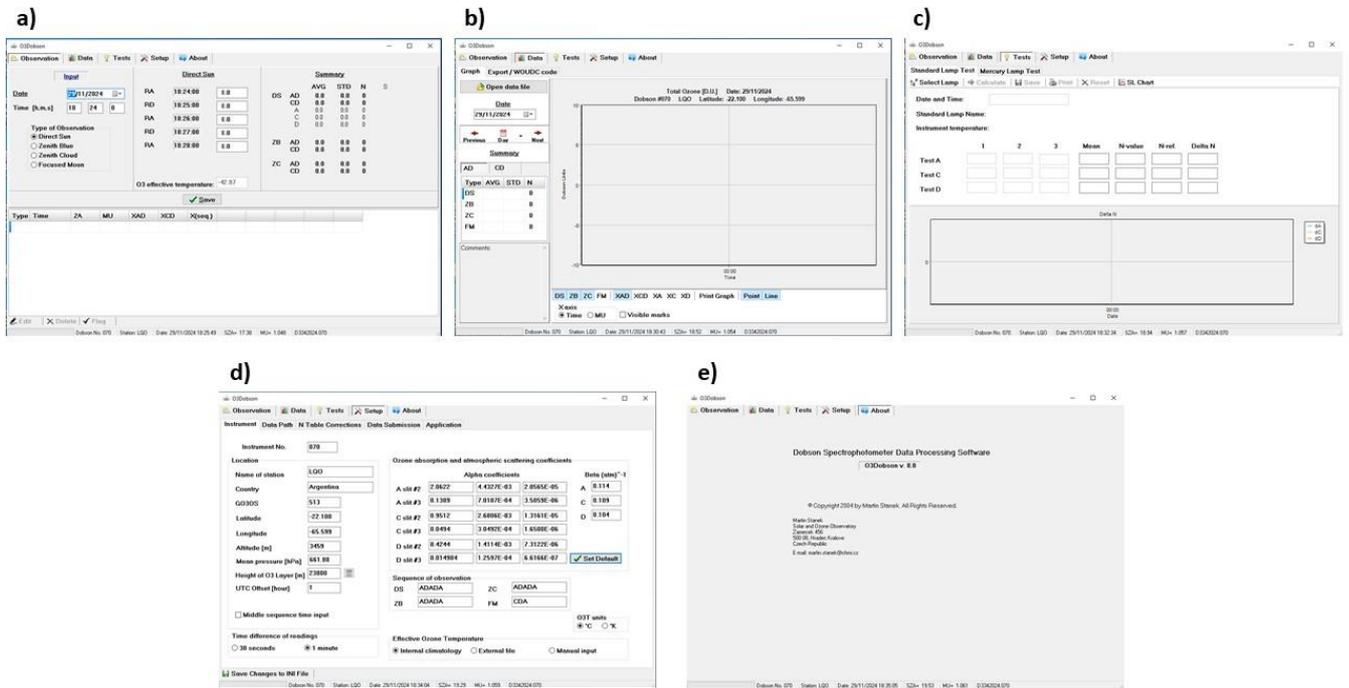


Fig. 2: Software O3Dobson para el procesamiento de datos de ozono total en La Quiaca, Comodoro Rivadavia, Ushuaia y Marambio.

De la Figura 2 vamos a resumir de manera muy general cómo se codifica el dato con el software O3Dobson e inclusive se ejemplifica con el Observatorio La Quiaca.

- a) Se introduce cada una de los pares de longitud de onda, así como el tipo de medición (DS, ZC, EB, etc.).
- b) Principalmente se da seguimiento a los datos del día, a través de un gráfico, así como el promedio y la desviación estándar. Es en esta ventana donde se pueden obtener los datos ya preparados con el formato pedido por el Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación Ultravioleta (WOUDC).
- c) Se introduce los resultados (archivos) generados durante las pruebas (Test) con las lámparas estándar y de mercurio, que son las calibraciones internas del instrumento.
- d) Se establece la configuración de los datos para cada una de las estaciones de medición (# de instrumento, nombre de estación GAW, País, estación GO₃OS, latitud, longitud, altura, presión media de la estación, la altura aproximada de la capa de ozono y la diferencia horaria local y UTC). También contiene los coeficientes de absorción de ozono y atmosféricos, además de las tablas corregidas por la calibración absoluta, corrección N Table (dNA, dNC, dND). La ruta de salida del archivo que se genera en el día. Y finalmente, se ingresa el metadatos para cada uno de los datos generados y guardados.
- e) Se observan los datos y derechos del autor.

El Dobson de Buenos Aires no usa el software O3Dobson, usa el WINDOBSON (Versión 2006) de Mr. Koji Miyaguawua de la Agencia Japonesa de Meteorología (JMA), debido a que el instrumento funciona de modo semiautomático y en esencia el software cumple el mismo algoritmo que el O3Dobson para medir la capa de ozono (Figura 3): <https://ds.data.jma.go.jp/gmd/wcc/dobson/windobson.html>.

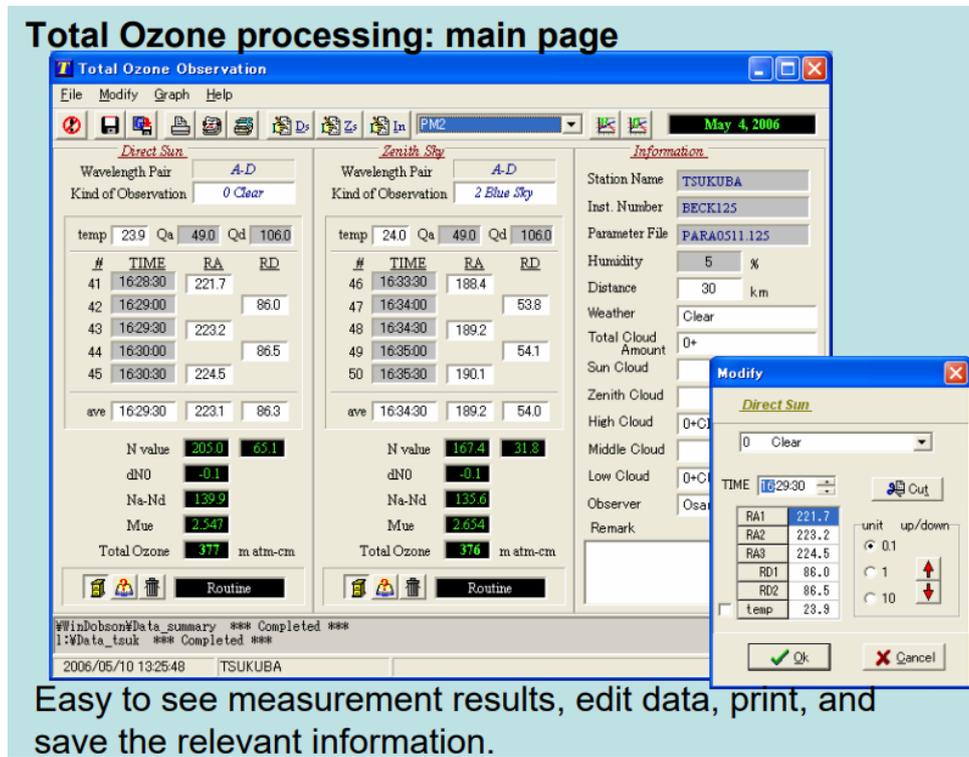


Fig. 3: Software WINDOBSON para el procesamiento de datos de ozono total en Buenos Aires.

3.4 Trazabilidad de los datos del Dobson

Sánchez (2021) muestra de manera más detallada la obtención, metodología y camino de los datos, incluido parte de la calibración interna y absoluta, donde la última Intercomparación se realizó en el año 2019 en el Observatorio Central Buenos Aires-Villa Ortuzar, sede del Centro Regional de Calibración Dobson (RDCC-RIII) (WMO, 2019) y 11 instrumentos de Latinoamérica fueron calibrados, a través de una comparación y corrección respecto al patrón global #D60 a resguardo de NCAR/NOAA en Boulder, Colorado, EEUU.

3.5 Comparación y análisis de los datos.

El análisis y validación de los resultados del Espectrofotómetro Dobson, no es posible hacerlo, debido a que es una medición absoluta y es junto con el Espectrofotómetro Brewer los más precisos para medir ozono total. Se realiza un análisis cualitativo de la tendencia de ozono con el Aura/OMI debido a que hay una gran variedad de bibliografía en todo el mundo y en diversas áreas geográficas (Ssenyonga et al., 2020; Podrascanin et al., 2017; Bealis et al., 2017; Bian, et al., 2012). Pero específicamente en la Argentina ha sido Orte, (2021) quien ha publicado y encontrado que con los espectrofotómetros Dobson, Brewer y SAOS, una correlación promedio 0.99, y un promedio de sobrestimación del 4% con respecto a los instrumentos Dobson.

En este sentido, a manera de ejemplo, comparamos los resultados del Dobson con el Aura/OMI para el mes de noviembre 2024 y los resultados se pueden observar en la Figura 4. La única figura donde puede haber mayor discordancia es en La Quiaca, después las demás estaciones siguen la misma tendencia. En la figura de Ushuaia, se observó un error de tipo humano que, en lugar de ingresar el día 6 de noviembre 384 UD se había ingresado 248, este tipo de error es muy común, por tal motivo es importante graficar este tipo de figuras.

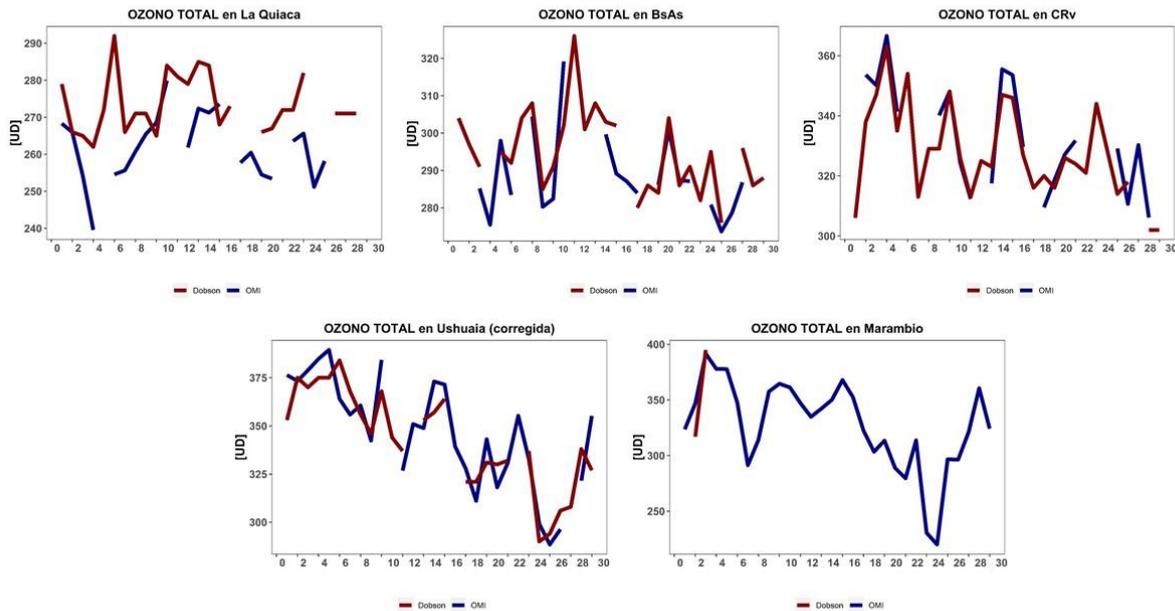


Fig. 4: Comparativo ente los dos sistemas de medición. La Quiaca, Buenos Aires (BsAs), Comodoro Rivadavia (CRv), Ushuaia y Marambio.

Al realizar un análisis de dispersión en la Figura 5, donde se presentan gráficos de dispersión a un nivel de 0.95 de confianza, podemos confirmar que La Quiaca es donde se presenta mayor dispersión, esta situación la analizamos más adelante con indicadores de correlación y diferencias entre ambos sistemas de medición. Otras estaciones, presentan puntualmente, algún dato disperso, tal es el caso de Buenos Aires y Comodoro Rivadavia.

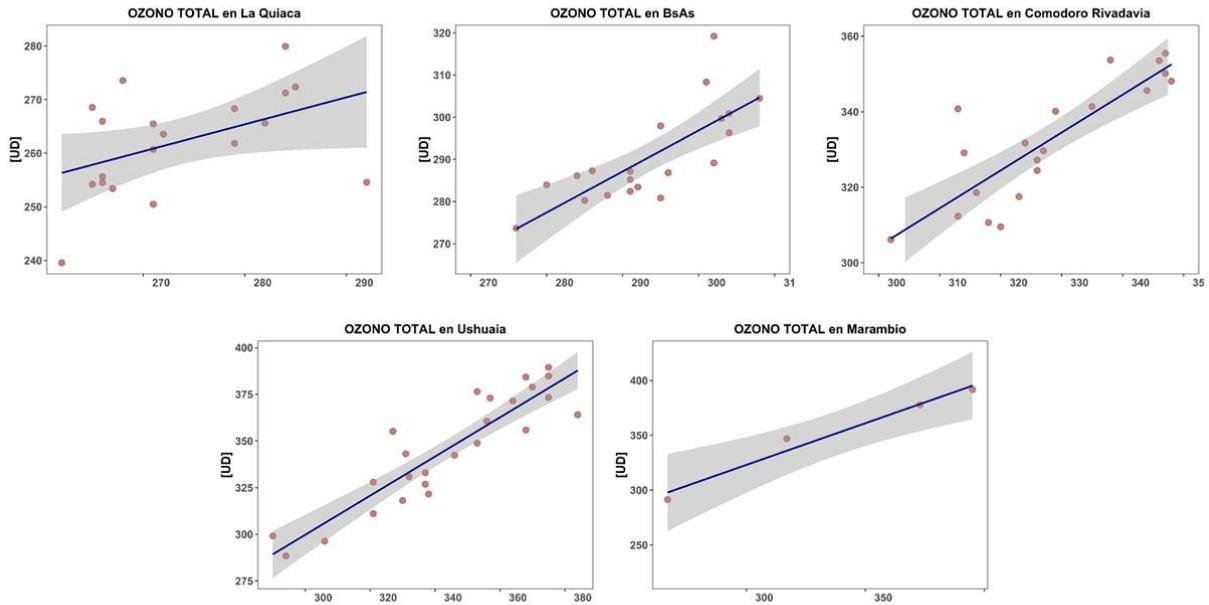


Fig. 5: Comparativo entre los dos sistemas de medición, tanto los Espectrofotómetros Dobson y el AURA/OMI.

Haciendo uso del cálculo para estimar el porcentaje tolerancia o desvío experimental para cada día, usamos la ecuación (Vale y Córdoba, 2015):

$$\%E = \frac{1}{N} \sum_i^{Dias\ mes} \frac{(Dobson_i - OMI_i)}{Dobson_i} \quad (Ec1)$$

Los resultados se muestran en la Figura 6 que contiene gráficos de barras para cada punto de medición para el mes de noviembre del 2024. El porcentaje de tolerancia para una desviación experimental entre dos mediciones, para este caso el Dobson y OMI, va a depender de algunos factores, como la precisión de ambos instrumentos, la naturaleza de la medición y la tolerancia aceptable para el proceso o aplicación específica. Se considera que una tolerancia de 5% equivalente aproximadamente a 14 UD está dentro de lo permitido, recordando que solo evaluamos cualitativamente y subjetivamente los datos del Dobson.

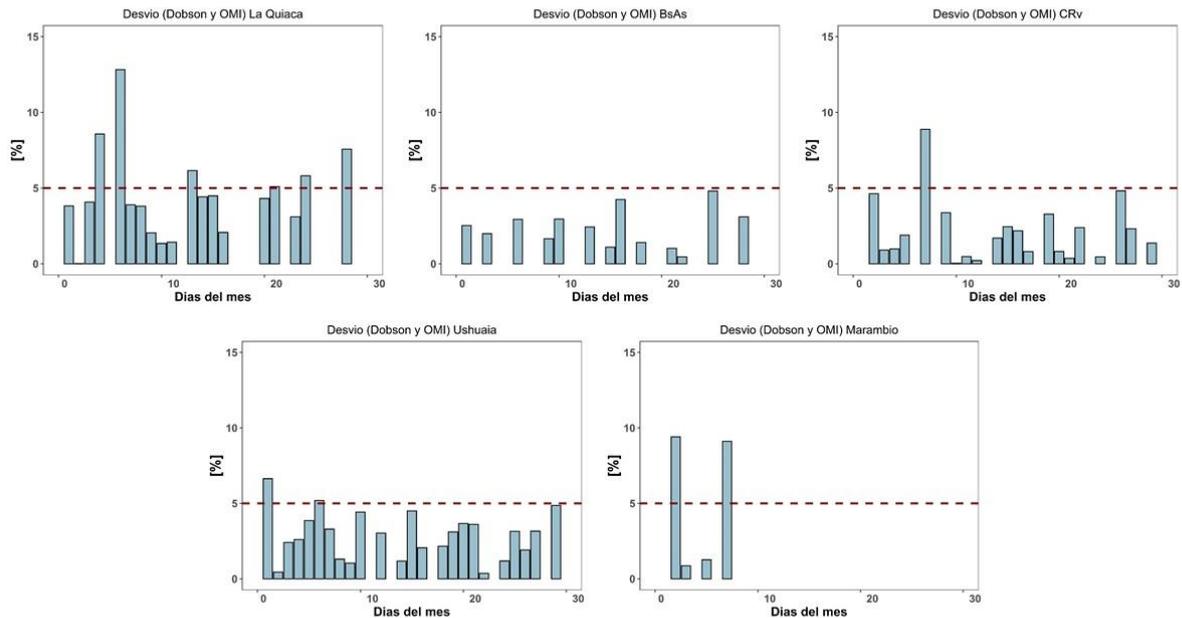


Fig. 6: Desvío experimental en porcentaje, donde se estima que debajo de 5% es aceptable por cada día.

4. RESULTADOS

Los resultados se envían al Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación Solar (WOUDC) que es designado y financiado por la GAW/WMO. Su ubicación se encuentra en Toronto Canadá, dentro del Ministerio de Ambiente y Cambio Climático (Figura 7).

<https://woudc.org/home.php>

Un espacio en el Protocolo de Envío de Archivos-FTP es asignado al SMN Argentina para enviar datos de ozono total, ozonsondas y radiación ultravioleta, con los diversos instrumentos:

Servidor: ftp.woudc.org
 Usuario: SMNA
 Contraseña: *****

Los datos son enviados por mes con formato *.CSV, después de ser analizados dentro de los 5 días del mes vencido. Estos datos son acompañados por sus respectivos metadatos, siguiendo los formatos ya establecidos, según la guía del usuario, previamente actualizada, la cual se puede acceder al link:

<https://guide.woudc.org/en/>.

Este documento describe los procedimientos para la presentación de datos e información sobre el formato, la estructura y el contenido de los archivos de datos de ozono total y radiación ultravioleta para el WOUDC. Esta guía está destinada a ser utilizada tanto por los originadores de datos (para la presentación de datos) como por los usuarios o clientes (información sobre la lectura de archivos de datos). La versión actual de esta guía es una combinación de dos documentos separados: uno para la presentación de datos relacionados con el ozono total y otro para la presentación de datos relacionados con la radiación ultravioleta. Esta guía los unifica para proporcionar una documentación más clara y coherente.

El sitio web del WOUDC se utiliza para actualizar la información y funciona como un "tablón de anuncios" virtual. A medida que se desarrolle más esta guía, utilice el sitio web para recuperar la información.



Fig. 7: Portal de datos del WOUDC/GAW/WMO administrado por el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático en Canadá.

5. CONCLUSIONES

Actualmente, se cumple con el compromiso internacional adquirido de la red de medición de ozono GAW/WMO, a través del envío de datos al WOUDC. Los datos cumplen con las pautas establecidas por parte del grupo de expertos, asegurando la calidad en la obtención de los datos (QA), así como el control de la calidad de los mismos (QC).

Los datos son enviados conforme a la guía de formato establecido por WOUDC/GAW y publicados en su portal, una vez revisados y aprobados por su sistema (Figura 8).

En un futuro se planea una nueva campaña de calibración de los Espectrofotómetros Dobson de Latinoamérica para el año 2026, para continuar con el cumplimiento de la trazabilidad y garantizar el QA de los datos, así como el envío de éstos al WOUDC, antes de los primeros 5 posteriores al vencimiento del mes, para continuar posesionando a la Argentina como un país que cumple sus compromisos científicos en el mundo.

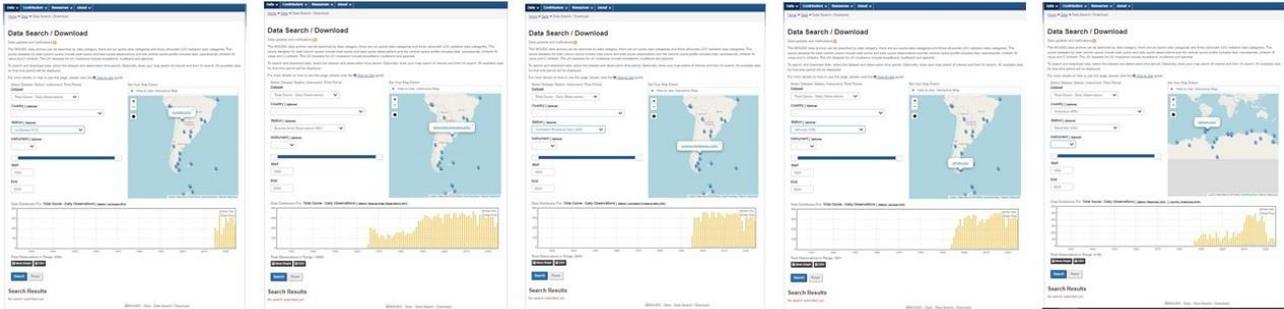


Fig. 8: Portal del WUOUDC/GAW/WMO con los datos actualizados a octubre 2024, previo al envío de noviembre del mismo año.

6. REFERENCIAS

Balis D., Kroon M., Koukouli M. E., Brinksma E. J., Labow G., Veefkind J. P., and McPeters R. D. 2007: Validation of Ozone Monitoring Instrument total ozone column measurements using Brewer and Dobson spectrophotometer groundbased observations. *Journal of geophysical research*, vol. 112, D24S46, doi:10.1029/2007JD008796.

Bian Lingen, Lin Zhong, Zhang Dongqi, Zheng Xiangdong, Lu Longhua. 2012: Validation of total ozone data between satellite and ground-based measurements at Zhongshan and Syowa stations in Antarctica. *Advances in Polar Science*. 23(4): 196-203 <https://doi.org/10.3724/SP.J.1085.2012.00196>.

Dobson, G. M. B., Harrison, D. N. 1926: Measurements of the amount of ozone in the earth's atmosphere and its relation to other geophysical conditions *Proc. Roy. Soc. London*. A110, 660, <https://doi.org/10.1098/rspa.1926.0040>.

Dobson, G. M. B., 1931: A photoelectric spectrophotometer for measuring the amount of atmospheric ozone *Proc. Phys. Soc.* 43, 324, <https://doi.org/10.1088/0959-5309/43/3/308>.

Dobson, G. M. B., 1957a: Observers' handbook for the ozone spectrophotometer, in *Annals of the International Geophysical Year*, V, Part 1, 46-89, Pergamon Press.

Dobson, G. M. B., 1957b: Adjustment and calibration of the ozone spectrophotometer, *ibid.* V, Part I, 90-113, Pergamon Press.

Dobson, G. M. B., and C. W. B. Normand, 1962: Determination of the constants etc. used in the calculation of the amount of ozone from spectrophotometer measurements and of the accuracy of the results, *ibid.*, XVI, Part II, 161-191, Pergamon Press.

Féry, Ch., 1910: Spectrophotomètre à absorption, *J. Phys. Theor. Appl.* 9, 819-822 <https://doi.org/10.1051/jphysap:019100090081901>.

Fioletov, Vitali, Labow, G., Evans, Robert, Hare, E. W., Köhler, Ulf, McElroy, C. T., Miyagawa, Koji, Redondas, Alberto, Savastiouk, Vladimir, Shalamayanski, A. M., Staehelin, Johannes, Vanicek, K., Weber, Mark, 2008: Performance of ground-based total ozone network assessed using satellite data, *J. Geophys. Res.* 113. <https://doi.org/10.1029/2008JD009809>.

Svendby, T. M., and A. Dahlback, 2002: Twenty years of revised Dobson total ozone measurements in Oslo, Norway, *J. Geophys. Res.*, 107(D19), 4369, <https://doi.org/10.1029/2002JD002260>.

- Köhler U., 1997: Re-evaluation of Hohenpeissenberg Ozone Records, In: Varotsos C. (eds) Atmospheric Ozone Dynamics. NATO ASI Series (Series I: Global Environmental Change), vol 53. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-60797-4_15.
- Komhyr, W.D., R.D. Grass and R.K. Leonard, 1989: Dobson Spectrophotometer 83: A Standard for Total Ozone Measurements, 1962-1987, *Journal for the Geophysical*.
- Komhyr, W.D., C.L. Mateer and R.D. Hudson, 1993: Effective Bass-Paur 1985 Ozone Absorption Coefficients for Use With Dobson Ozone Spectrophotometers, *J. Geophys. Res.*, D11, 98, 20451-20465.
- Orte, P.F., Luccini, E., Wolfram, E., Nollas, F., Pallotta, J., D'Elia, R., Carbajal, G., Mbatha, N., Hlongwane, N. 2020: Comparison of OMI-DOAS total ozone column with ground-based measurements in Argentina. *Revista de Teledetección* 57, 13-23, <https://doi.org/10.4995/raet.2020.13673>.
- Podrascanin, Z., Balog, I., Jankovic, A. et al. A 2017: Comparison of MICROTOPS II and OMI Satellite Ozone Measurements in Novi Sad from 2007 to 2015. *Pure Appl. Geophys.* 174, 4489–4499. <https://doi.org/10.1007/s00024-017-1665-0>
- Sánchez, R., 2021: Trazabilidad de los datos y calibraciones de la red Dobson del SMN. Nota Técnica SMN 2021-107.
- Ssenyonga T, Muyimbwa D., Dahlback A., Stamnes J. J., Hamre B., Ssebiyonga N, and Frette Ø., 2020: Validation of OMI-DOAS total ozone column amounts against ground-based measurements at an African equatorial belt site, *Appl. Opt.* 59, 9896-9904.
- Vale R. J. y Córdoba J. M. 2015: Evaluación de la desviación experimental en mediciones de masa. *Revista de Metrología*, vol. 15, núm. 1.
- Vogler, C., Brönnimann, S., Hansen, G., 2006: Re-evaluation of the 1950-1962 total ozone record from Longyearbyen, Svalbard, *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, European Geosciences Union, 2006, 6 (3), pp.3913-3943. <hal-00301307> <https://doi.org/10.5194/acp-6-4763-2006>.
- World Meteorological Organization (WMO) 1980: Report of the meeting of experts on assessment of performance characteristics of various ozone observing systems, (Boulder, Colorado, U.S.A, 1980), WMO Ozone Rep. 9, Geneva, Switzerland, https://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ozone_reports.html.
- World Meteorological Organization (WMO) 1982: Report of the meeting of experts on sources of errors in detection of ozone trends, (Toronto, Canadá, 1982), WMO Ozone Rep. 12, Geneva, Switzerland, https://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ozone_reports.html.
- World Meteorological Organization (WMO) 1991: Report of the international workshop on Dobson ozone data re-evaluation, (Lanham, Maryland, U.S.A, 1991), WMO Ozone Rep. 24, Geneva, Switzerland, https://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ozone_reports.html.
- World Meteorological Organization (WMO) 1993: Handbook for Dobson Ozone Data Reevaluation, WMO Ozone Rep. 29, Geneva, Switzerland, https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ozwv/dobson/papers/report29/WMO_29_cover.html.
- World Meteorological Organization (WMO) 2019: Report: Fifth International Comparison of Dobson Spectrophotometers Villa Ortúzar Observatory, Argentina.

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), Luciano Vidal (lvidal@smn.gov.ar) o Martin Rugna (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).