

Informe VAG Núm. 246

# Decimotercera campaña de intercomparación del Centro Regional de Calibración Brewer para Europa

Observatorio Atmosférico de Arosa (Suiza)  
30 de julio a 10 de agosto de 2018



ORGANIZACIÓN  
METEOROLÓGICA  
MUNDIAL



GLOBAL  
ATMOSPHERE  
WATCH



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA  
CUARTA DEL GOBIERNO  
MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Agencia Estatal de Meteorología



Informe VAG Núm. 246

# Decimotercera campaña de intercomparación del Centro Regional de Calibración Brewer para Europa

Observatorio Atmosférico de Arosa (Suiza)  
30 de julio a 10 de agosto de 2018

Preparado por A. Redondas <sup>(1)</sup>, S. F. León-Luis <sup>(1)</sup>, A. Berjón <sup>(2,1)</sup>, J. López-Solano <sup>(2,1)</sup> y V. Carreño-Corbella <sup>(1)</sup>

Editado por Alberto Redondas <sup>(1)</sup> y Stoyka Netcheva <sup>(3)</sup>

(1) Centro de Investigación Atmosférica de Izaña, AEMET, Tenerife, Islas Canarias (España)

(2) TRAGSATEC, Madrid (España)

(3) Organización Meteorológica Mundial, Ginebra (Suiza)



ORGANIZACIÓN  
METEOROLÓGICA  
MUNDIAL



GLOBAL  
ATMOSPHERE  
WATCH



VICEPRESIDENCIA  
CUARTA DEL GOBIERNO  
MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Citación:

A. Redondas, S.F. León-Luis, J. López-Solano, A. Berjón, V. Carreño.  
Decimotercera campaña de intercomparación del Centro Regional de Calibración Brewer para Europa. Publicación conjunta de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Madrid (España) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), Ginebra (Suiza), Informe OMM/VAG Núm. 246, 2020.

Para obtener más información, póngase en contacto con:

Centro Regional de Calibración Brewer para Europa  
Centro de Investigación Atmosférica de Izaña  
Calle La Marina, 20. Santa Cruz de Tenerife  
Tenerife - 38001, España  
Correo electrónico: eubrewnet@aemet.es  
<http://rbcce.aemet.es>

EDITA:

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico  
Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)  
Calle Leonardo Prieto Castro, 8  
28071 - Madrid (España)  
[www.aemet.es](http://www.aemet.es)

NIPO: 666-20-020-1

<https://doi.org/10.31978/666-20-020-1>

© **Organización Meteorológica Mundial y AEMET, 2020**

La OMM se reserva el derecho de publicación en forma impresa, electrónica o de otro tipo y en cualquier idioma. Pueden reproducirse pasajes breves de las publicaciones de la OMM sin autorización siempre que se indique claramente la fuente completa. La correspondencia editorial, así como todas las solicitudes para publicar, reproducir o traducir la presente publicación (o artículos) parcial o totalmente deberán dirigirse al:

Presidente de la Junta de Publicaciones  
Organización Meteorológica Mundial (OMM)  
7 bis, avenue de la Paix  
Case postale 2300  
CH-1211 Genève 2 (Suiza)

Tel.: +41 (0) 22 730 84 03  
Fax: +41 (0) 22 730 80 40  
Correo electrónico: [publications@wmo.int](mailto:publications@wmo.int)

NOTA

Las denominaciones empleadas en las publicaciones de la OMM y la forma en que aparecen presentados los datos que contienen no entrañan, de parte de la Organización, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

La mención de determinados productos o sociedades mercantiles no implica que la OMM los favorezca o recomiende con preferencia a otros análogos que no se mencionan ni se anuncian.

Las observaciones, interpretaciones y conclusiones expresadas en las publicaciones de la OMM por autores cuyo nombre se menciona son únicamente las del autor y no reflejan necesariamente las de la Organización ni las de sus Miembros.

La presente publicación ha sido objeto de una edición somera.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. RESUMEN .....</b>	<b>4</b>
2.1 Condiciones meteorológicas y programa de la campaña .....	4
2.2 Calibración del espectrofotómetro de referencia Brewer RBCC-E.....	6
2.3 Comparación a ciegas .....	10
2.4 Calibración final .....	12
<b>3. INFORMES DE CALIBRACIÓN DE OZONO .....</b>	<b>17</b>
3.1 Brewer LKO#040. Arosa (Suiza).....	17
3.2 Brewer RUS#044. RPA (Federación de Rusia) .....	21
3.3 Brewer LKO#071. Arosa (Suiza).....	25
3.4 Brewer LKO#072. Arosa (Suiza).....	29
3.5 Brewer LKO#156. Arosa (Suiza).....	33
3.6 Brewer K&Z#158. Delft (Países Bajos) .....	36
3.7 Brewer WRC#163. Davos (Suiza) .....	39
3.8 Brewer K&Z#245. Delft (Países Bajos) .....	42
<b>4. REFERENCIAS.....</b>	<b>45</b>



## 1. INTRODUCCIÓN

El Centro Regional de Calibración Brewer para Europa (RBCC-E, por sus siglas en inglés) y el Centro Regional de Calibración Dobson para Europa (RDCC-E, por sus siglas en inglés), con el apoyo de la Oficina federal de Meteorología y Climatología de Suiza (MeteoSwiss) y el programa de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) organizaron la decimotercera campaña europea de intercomparación. El RBCC-E realizó las siguientes operaciones durante la intercomparación:

- Calibración de ozono frente a la referencia itinerante del RBCC-E (B#185).
- Recopilación de los historiales de calibración de los instrumentos participantes.
- Evaluación de los datos de ozono Eubrewnet de Nivel 2 para el período entre intercomparaciones.

A lo largo de esta intercomparación, el RBCC-E transfirió al resto de instrumentos participantes su propia calibración absoluta de aparatos de medición de ozono obtenida mediante el método Langley en el Observatorio de Izaña (IZO). En la sección 2 se analiza la calibración del instrumento de referencia (B#185). Todos los instrumentos participantes recibieron una calibración provisional al final de la campaña, que puede considerarse como constantes de calibración finales para la mayor parte de ellos. Cada instrumento cuenta con un informe detallado de calibración en internet que también incluye los datos históricos pormenorizados de los Brewer que han participado en las campañas precedentes, lo que permite recalcular con facilidad los datos de ozono anteriores. Además, en esta intercomparación también participará la referencia itinerante (B#158), operada por los expertos de Kipp & Zonen (K&Z), lo que permitirá a los participantes solicitar su servicio técnico para sus instrumentos. La tabla 1 muestra la lista de participantes.

Los resultados iniciales de la comparación de espectrofotómetros Brewer (usando las constantes de calibración originales de los instrumentos) ponen de manifiesto que los instrumentos presentan desviaciones de ozono inferiores al 1 % con respecto a la referencia (véase la figura 2) cuando se aplica la corrección de lámpara estándar; cabe señalar que la comparación se lleva a cabo para densidades de ozono en la dirección del sol (camino óptico de ozono) (OSC) inferiores a 900 DU con el fin de excluir las observaciones afectadas por la luz parásita. Después de las tareas de mantenimiento realizadas en el Brewer #044 y una vez aplicadas las correcciones de luz parásita correspondientes, las desviaciones con respecto a la referencia fueron inferiores al 0,5 % en todos los instrumentos (figura 3).

**Tabla 1. Relación de participantes en la Campaña de Arosa 2018**

<i>Institución</i>	<i>Participante</i>	<i>Brewer</i>	<i>País</i>
Universidad de York	Tom McElroy		Canadá
LKO MeteoSwiss	Herber Schill	#040	Suiza
RPA	Vadim Shirotov	#044	Federación de Rusia
LKO MeteoSwiss	René Stübi	#071	Suiza
LKO MeteoSwiss	Herbert Schill	#072	Suiza
LKO MeteoSwiss	Herbert Schill	#156	Suiza
K&Z	Pavel Babal	#158	Países Bajos
WRC Centro Radiométrico Mundial	Luca Egli	#163	Suiza
AEMET-IARC	Alberto Redondas	#185	España
K&Z	Erik Noort	#245	Países Bajos



Figura 1. Vista de los espectrofotómetros Brewer en la azotea de la estación de Arosa.

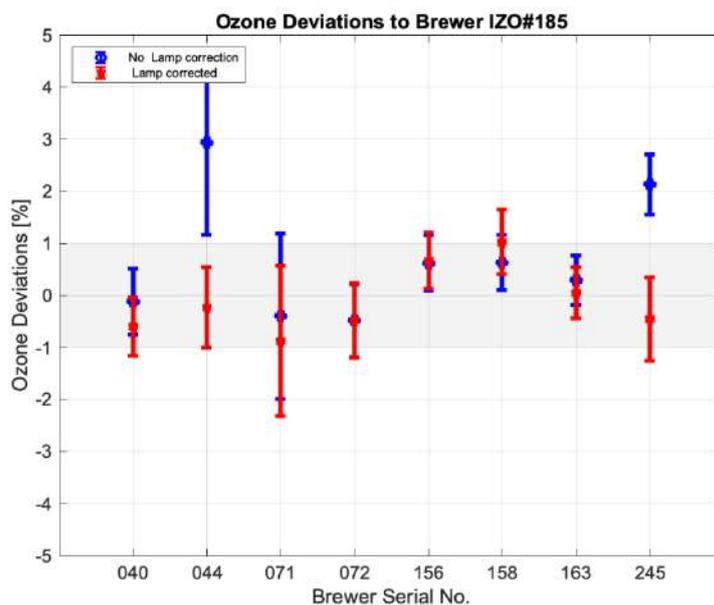
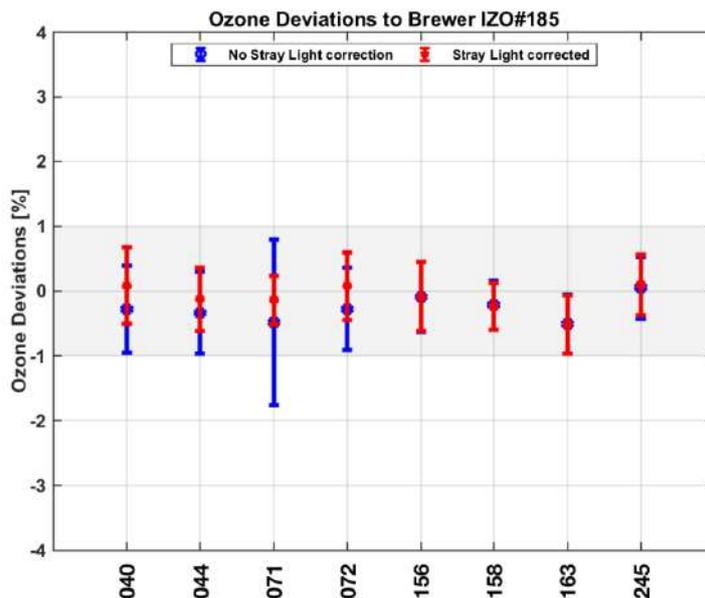


Figura 2. Diferencias porcentuales relativas de ozono de todos los instrumentos participantes en Arosa 2018 respecto de la referencia itinerante del RBCC-E IZO#185. Las mediciones de ozono realizadas durante el período de validación a ciegas se han reprocesado utilizando las constantes de calibración originales y las observaciones se han limitado a los casos con caminos ópticos de ozono (OSC) inferiores a 900 DU con el fin de excluir las observaciones afectadas por la luz parásita, con (símbolos rojos) y sin (azules) corrección de lámpara estándar. Las barras de error representan la desviación típica.



**Figura 3. Diferencias porcentuales relativas de ozono de todos los instrumentos participantes en Arosa 2018 respecto de la referencia itinerante del RBCC-E IZO#185. Las mediciones de ozono realizadas durante el período final se han reprocesado utilizando las constantes de calibración actualizadas tras la calibración, con (símbolos rojos) y sin (azules) corrección de luz parásita. Las barras de error representan la desviación típica.**

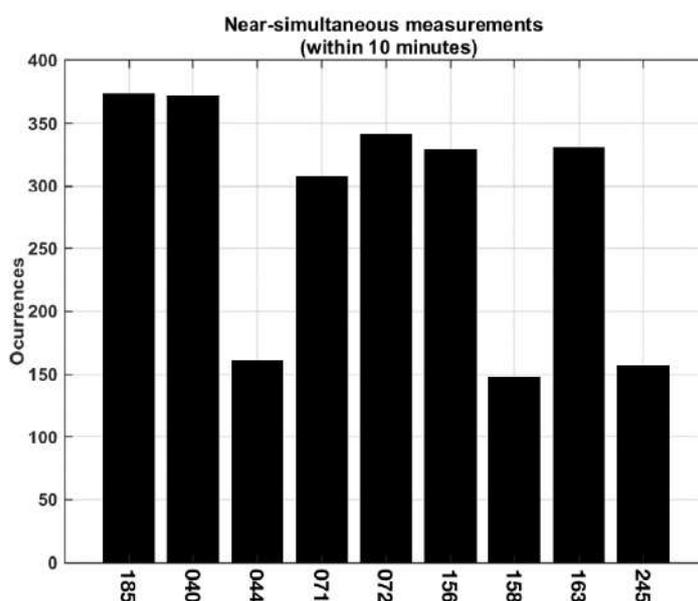
En la primera parte del informe se presenta un resumen de la campaña, que incluye la comparación de la referencia respecto de la tríada RBCC-E antes y después del viaje, y los resultados detallados de las comparaciones ciega y final. En la sección 3 se analiza cada instrumento en un resumen individual.

## 2. RESUMEN

### 2.1 Condiciones meteorológicas y programa de la campaña

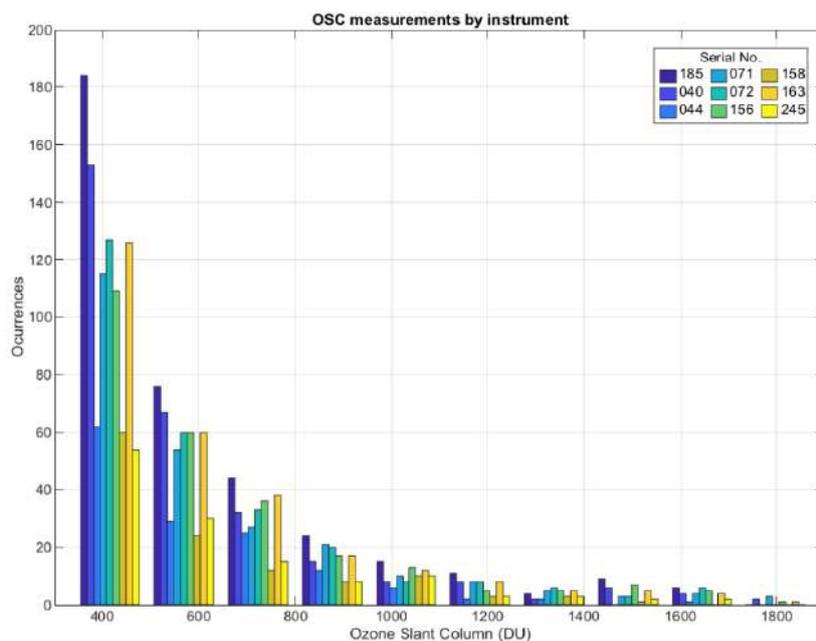
Las buenas condiciones meteorológicas registradas a lo largo de la campaña en el Observatorio de Arosa (1860 m s. n. m.) permitieron realizar al menos 150 mediciones de ozono directas al sol casi simultáneas con el instrumento Brewer #185 de referencia, lo cual es suficiente para realizar una calibración fiable de todos los instrumentos (figura 4). Además, la coordinación de los programas de medición, diseñada para maximizar las mediciones de ozono durante la campaña, funcionó adecuadamente y ello dio como resultado un elevado porcentaje de medidas de ozono casi simultáneas por parte de todos los instrumentos. Como se aprecia en la figura 5, la mayor parte de las mediciones ( $\approx 75\%$ ) se mantuvieron dentro del rango de densidad de ozono en la dirección del sol (OSC, por sus iniciales en inglés) de 350 a 600 DU.

En la tabla 2 se muestran las actividades que se realizaron cada uno de los días de la campaña. El primero de ellos se dedicó a la instalación de los instrumentos. Los dos o tres días siguientes (dependiendo de las condiciones del tiempo) se dedicaron a la comparación "a ciegas", y durante ellos, se debería evitar cualquier manipulación del instrumental que pudiera originar un cambio en la calibración inicial. A continuación comenzaron los días de servicio, en los que el programa de medición rutinaria puede interrumpirse para realizar las tareas de mantenimiento necesarias (test de dispersión, calibraciones de lámparas, etc.). En esta campaña se requirió el servicio de los expertos de Kipp & Zonen en el Brewer #044 por encontrarse inoperativo desde 2016. Además, durante la campaña se observó que presentaba pérdidas por la humedad. Por último, los días programados para llevar a cabo las mediciones de la radiación UV se consideraron como los días del período ciego y los días finales de las calibraciones UV y de ozono respectivamente.



**Figura 4. Estadística de las condiciones de intercomparación: número de mediciones casi simultáneas de ozono.**

DECIMOTERCERA CAMPAÑA DE INTERCOMPARACIÓN DEL CENTRO REGIONAL DE CALIBRACIÓN BREWER PARA EUROPA, AROSA (SUIZA), 30 DE JULIO A 10 DE AGOSTO DE 2018



**Figura 5. Estadística de las condiciones de intercomparación: distribución de frecuencia por rangos de la densidad de OSC.**

**Tabla 2. Programa de la campaña**

<i>Día</i>	<i>Actividades</i>	<i>Comentarios</i>
Sábado 28 de julio	Instalación	
Domingo 29 de julio	Instalación	Días de comparación a ciegas
Lunes 30 de julio	Instalación	Días de comparación a ciegas
Martes 31 de julio	Mediciones de O <sub>3</sub>	Días de comparación a ciegas
Miércoles 1 de agosto	Calibración de O <sub>3</sub> / ajustes	Caracterización de la luz parásita
Jueves 2 de agosto	Calibración de O <sub>3</sub> / ajustes	Caracterización de la luz parásita
Viernes 3 de agosto	Calibración de O <sub>3</sub> / ajustes	Caracterización de la luz parásita
Sábado 4 de agosto	Calibración de O <sub>3</sub> / ajustes	Calibración final de ozono
Domingo 5 de agosto	Calibración de O <sub>3</sub> / UV	Calibración final de ozono
Lunes 6 de agosto	Calibración de O <sub>3</sub> / UV	Calibración final de ozono
Martes 7 de agosto	Calibración de O <sub>3</sub> / UV	Calibración final de ozono
Miércoles 8 de agosto	Calibración de O <sub>3</sub> / UV	Brewer / Dobson
Jueves 9 de agosto	Embalaje	

## 2.2 Calibración del espectrofotómetro de referencia Brewer RBCC-E

El RBCC-E se estableció en el Centro de Investigación Atmosférica de Izaña en 2003 y comprende tres espectrofotómetros Brewer MkIII: una Referencia Regional Primaria (Brewer #157), una Referencia Regional Secundaria (Brewer #183) y una Referencia Regional Itinerante (Brewer #185). La calibración de la tríada del RBCC-E con relación a la Tríada Brewer Mundial (WBT, por sus iniciales en inglés) se estableció mediante una comparación anual con la referencia itinerante Brewer#017, gestionada y mantenida por International Ozone Services Inc. (IOS), y se verificó en la estación mediante el método de extrapolación de Langley. Además, durante las campañas de intercomparación de espectrofotómetros Brewer del RBCC-E, la referencia itinerante #185 se ha comparado con otros instrumentos de referencia siempre que ha sido posible. Estos instrumentos de referencia son: la referencia itinerante de IOS #017, el Brewer #145, gestionado por el Ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá (ECCC), y la referencia itinerante de Kipp & Zonen #158. Los dos primeros instrumentos proporcionan un vínculo directo con la WBT. En Redondas *et al.* (2018) puede encontrarse un informe de la comparación entre las referencias.

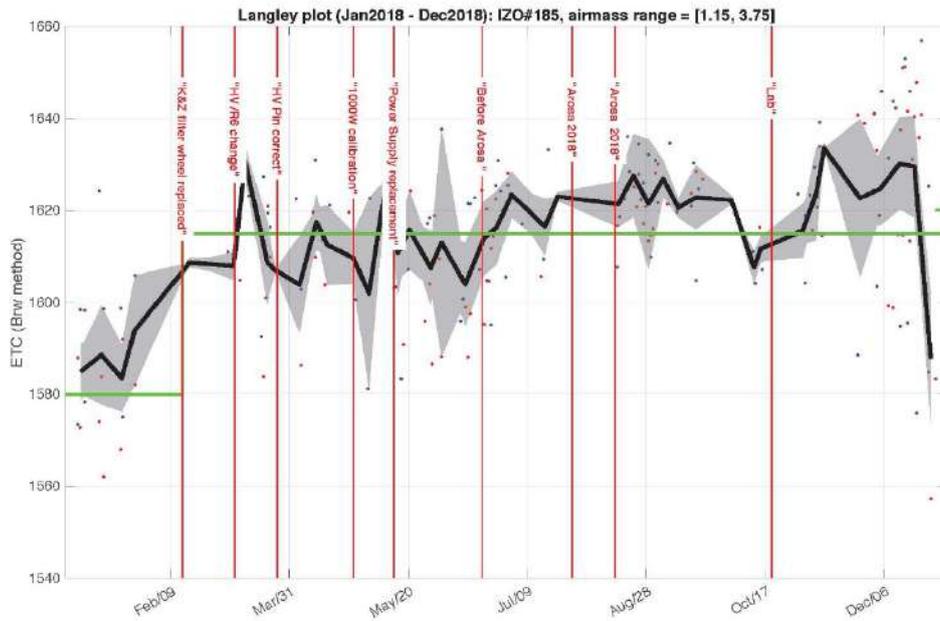
Desde comienzos de 2012, debido a la reorganización interna de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) de España, el mantenimiento técnico de la tríada Brewer del RBCC-E ha corrido a cargo de Kipp & Zonen, fabricante de instrumentos Brewer, y su vinculación con la WBT se logró a través de comparaciones realizadas directamente en Toronto o mediante campañas conjuntas utilizando el método de Langley en las estaciones de Mauna Loa o de Izaña. Debido a la situación del ECCC y a la falta de financiación por parte de AEMET, desde 2014 no ha sido posible llevar a cabo esta intercomparación. Asimismo, y ante las dudas acerca del mantenimiento de la WBT, el Grupo consultivo científico de la OMM (OMM-GCC) en materia de ozono autorizó al RBCC-E a transferir su propia calibración absoluta de ozono. La metodología utilizada se describe en Redondas (2003, 2018) y en Ito *et al.* (2011), y en León-Luis *et al.* (2018) se analiza la situación y el mantenimiento actuales del RBCC-E.

El instrumento de referencia (Brewer #185) fue analizado en detalle durante toda la campaña de calibración. Los parámetros instrumentales —tiempo muerto del fotomultiplicador (DT, por sus iniciales en inglés), dependencia de la temperatura y coeficiente de absorción de ozono (calculado a partir de los test de dispersión)— fueron calculados durante la campaña y se compararon con los valores registrados antes de la misma.

Sin embargo, la técnica de Langley es el mejor procedimiento para detectar si la calibración del instrumento ha cambiado. A este respecto, la constante extraterrestre (ETC, por sus iniciales en inglés) obtenida con este método debe ser constante como garantía de la calibración del instrumento. La figura 6 muestra los valores de Langley calculados antes y después de la campaña a partir de observaciones matinales y vespertinas realizadas durante este año. Como se puede observar, los valores obtenidos se sitúan alrededor de 1615, que se utiliza como ETC operativa para este instrumento.

Además, la tabla 3 muestra los valores de la ETC calculados a partir de los métodos basados en uno y en dos parámetros cuando el Brewer #185 se calibra a partir de los demás instrumentos que forman parte de la tríada del RBCC-E (Brewer #157 y Brewer #183), que permanecen en el Observatorio Atmosférico de Izaña (IZO). La ETC y el coeficiente de ozono, y los valores operativos, se comparan entre sí. La figura 9 muestra las diferencias diarias relativas de las observaciones de ozono entre los tres instrumentos antes y después de la campaña de Arosa, que son de alrededor del 0,25 % con respecto a la media. Finalmente, en la tabla 4 se presenta un resumen con los principales parámetros del Brewer #185.

DECIMOTERCERA CAMPAÑA DE INTERCOMPARACIÓN DEL CENTRO REGIONAL DE CALIBRACIÓN BREWER PARA EUROPA, AROSA (SUIZA), 30 DE JULIO A 10 DE AGOSTO DE 2018



**Figura 6. Cálculo de la ETC mediante la técnica de Langley para el Brewer #185 durante 2018. Los puntos azules corresponden a los resultados del método de Langley obtenidos a partir de las observaciones matinales (AM) y los puntos rojos se refieren a las observaciones vespertinas (PM). La línea negra representa las medias semanales para los resultados de Langley AM y PM, mostrándose con sombras grises oscuras y claras el error típico y la desviación típica de la media, respectivamente. Las líneas rojas verticales señalan eventos relevantes en el funcionamiento del instrumento.**



**Figura 7. Montaje de los instrumentos en el Observatorio de Arosa.**



Figura 8. Participantes de la campaña de calibración Dobson y Brewer en Arosa.

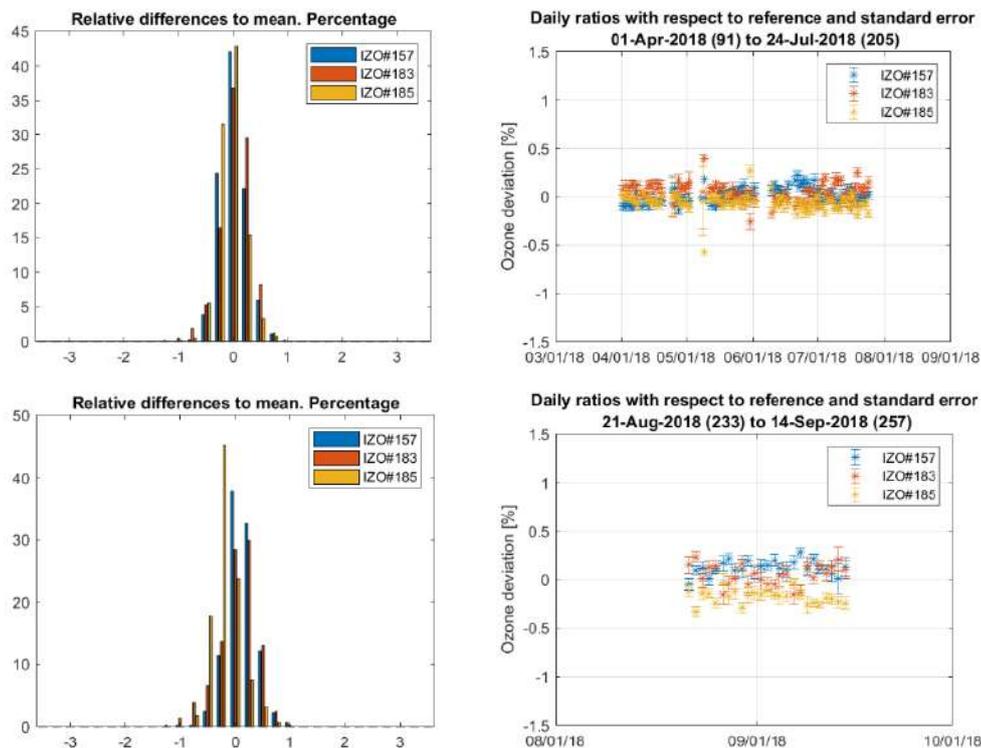


Figura 9. Desviaciones porcentuales de las mediciones casi simultáneas de ozono de los Brewer de referencia del RBCC-E (números de serie #157, #183 y #185) respecto a la media de la tríada (izquierda) y evolución temporal de la desviación media diaria de las mediciones casi simultáneas de ozono donde las barras de error representan el error típico (derecha). Se presentan los datos anteriores (arriba) y posteriores (abajo) a la intercomparación de Arosa 2018.

**Tabla 3. Valores de la ETC calculados a partir de la comparación entre los instrumentos del RBCC-E**

<i>Comparación de los instrumentos del RBCC-E antes de la campaña de Arosa</i>						
Brewer calibrado	Referencia Brewer	ETC <sub>Operativa</sub> (Langley)	O <sub>3</sub> Operativo	ETC <sub>1p</sub>	ETC <sub>2p</sub>	O <sub>3</sub> 2p
185	157	1615	0,341	1614	1616	0,341
185	183	1615	0,341	1615	1624	0,339
<i>Comparación de los instrumentos del RBCC-E después de la campaña de Arosa</i>						
Brewer calibrado	Referencia Brewer	ETC <sub>Operativa</sub> (Langley)	O <sub>3</sub> Operativo	ETC <sub>1p</sub>	ETC <sub>2p</sub>	O <sub>3</sub> 2p
185	183	1615	0,342	1611	1618	0,340
185	157	1615	0,342	1615	1631	0,338

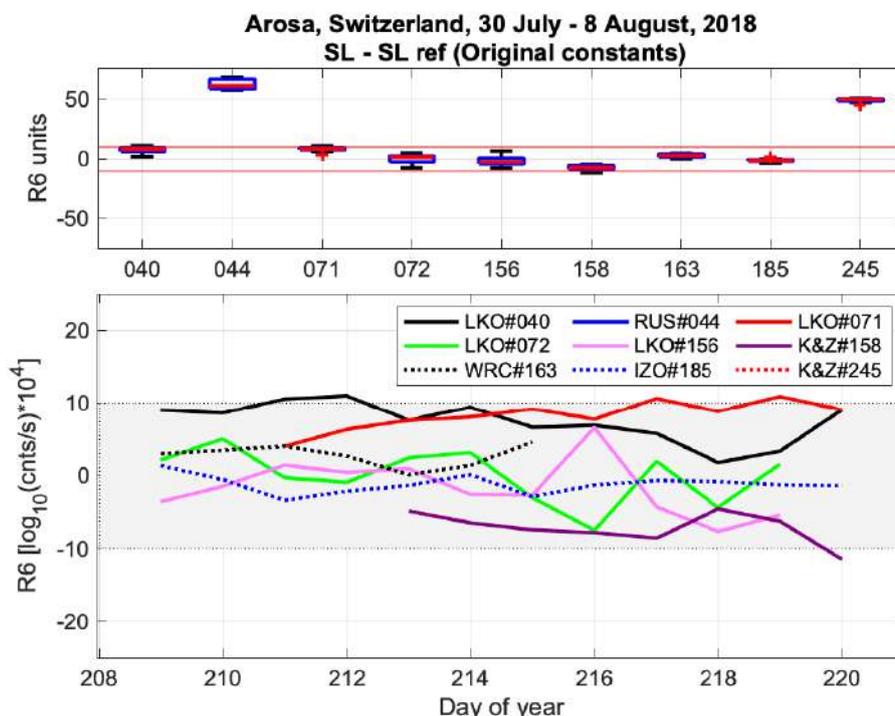
**Tabla 4. Tabla de control de calibración e instrumental del Brewer #185**

<i>Control de la referencia: Brewer #185</i>		<i>Descripción del paso</i>	<i>¿Superado?</i>		<i>Valor</i>	<i>Comentarios</i>
			<i>Sí</i>	<i>No</i>		
<b>Datos de calibración</b>						
Referencia del instrumento itinerante	RBCC B#185					Langley propio
¿Está calibrada la referencia itinerante?			S			
Diferencia en % antes del viaje					-0,05 %	
Diferencia en % después del viaje					-0,17 %	
<b>Funcionamiento del instrumento</b>						
HP/HG	Test de Hp/Hg repetibles dentro de 0,2 pasos		S			
SH	El retardo del obturador SH es correcto			NaN		
Test de marcha/parada (RS)	Test de marcha/parada dentro de +/-0,003 respecto de la unidad para rendijas iluminadas y entre 0,5 y 2 para el conteo en condiciones de oscuridad		S			
Tiempo muerto (DT)	Tiempo muerto de entre 28 ns y 45 ns para los Brewer de placa múltiple y de entre 16 ns y 25 ns para los Brewer de placa única			N	29	
Ratio R6 de lámpara estándar (SL R6)	La ratio R6 de la lámpara estándar está en un intervalo de 5 unidades respecto de la calibración		S		365	
Ratio R5 de lámpara estándar (SL R5)	La ratio R5 de la lámpara estándar está en un intervalo de 10 unidades respecto de la calibración		S		581	

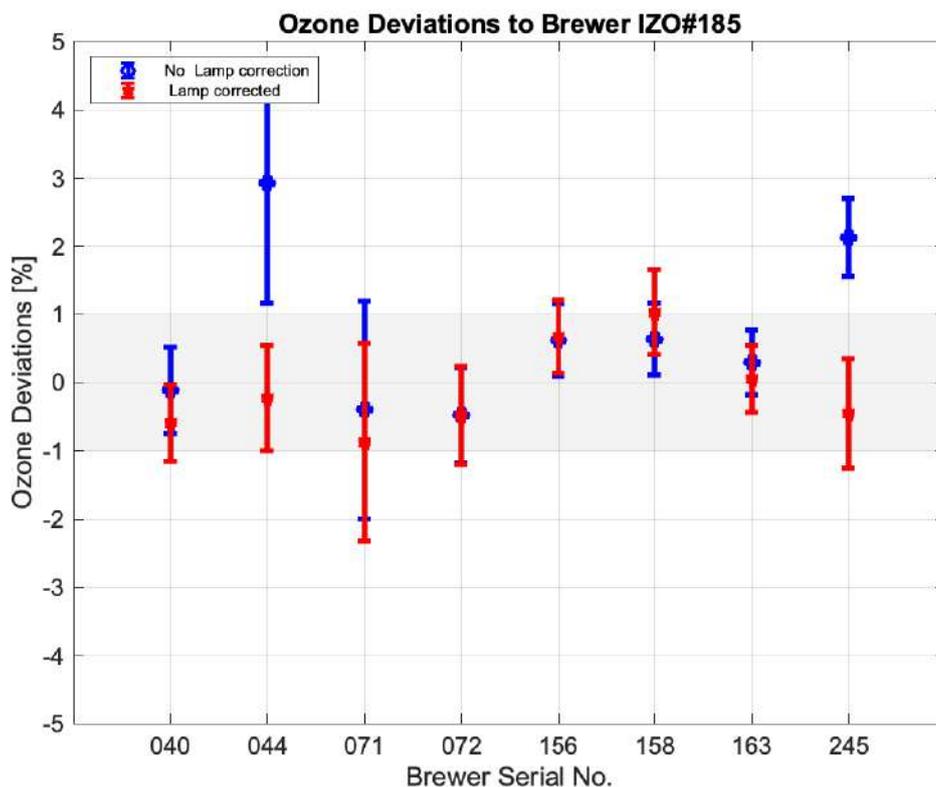
### 2.3 Comparación a ciegas

Durante el período ciego, los instrumentos funcionan con su calibración inicial y los valores de ozono se calculan utilizando estas constantes de calibración. La comparación inicial con el Brewer de referencia nos da una idea del estado inicial del instrumento, por ejemplo la fiabilidad en el comportamiento del mismo cuando se utilizan las constantes de calibración originales (las operativas en la estación del instrumento). Los posibles cambios en la respuesta del instrumento debido al viaje se pueden detectar mediante el análisis de los test internos, como el de la lámpara estándar (SL, por sus iniciales en inglés), realizados antes y después del traslado.

El test SL es una medición de ozono que utiliza como fuente la lámpara halógena interna. Esta prueba se realiza de manera regular en la estación local para rastrear la respuesta espectral del instrumento y, por lo tanto, la calibración del ozono. Se proporciona un valor de referencia para la ratio R6 de la lámpara estándar como parte de la calibración del instrumento. El ozono se corrige rutinariamente suponiendo que las desviaciones del valor R6 con respecto al valor de referencia son las mismas que las que cambian en la constante extraterrestre (ETC). A esta operación se le denomina corrección de lámpara estándar. Por lo tanto, es razonable estudiar si los cambios observados en R6 están relacionados con cambios similares en la constante de calibración. Si este fuera el caso, entonces la constante ETC debería corregirse con el mismo cambio en la ratio R6 de la lámpara estándar según  $ETC_{nueva} = ETC_{antigua} - (SL_{ref} - SL_{medida})$ . La figura 10 muestra la diferencia entre los valores R6 calculados y de referencia, y como se puede observar, solo los Brewer #044 y #245 tienen una diferencia mayor de 10 unidades. El primer instrumento porque estaba inoperativo desde 2016 y el segundo porque se cambió el paso de calibración justo antes de la campaña. El resto de instrumentos presentaron variaciones de  $\pm 10$  unidades lo que sugiere que se han mantenido estables desde su última calibración.



**Figura 10. Diferencia de la ratio R6 de la lámpara estándar con respecto al valor de referencia de R6 de la última calibración durante los días de comparación a ciegas, antes del mantenimiento. Las variaciones dentro del rango de  $\pm 10$  ( $\approx 1\%$  en ozono) se consideran normales, mientras que los cambios mayores requerirían un análisis adicional del rendimiento del instrumento.**

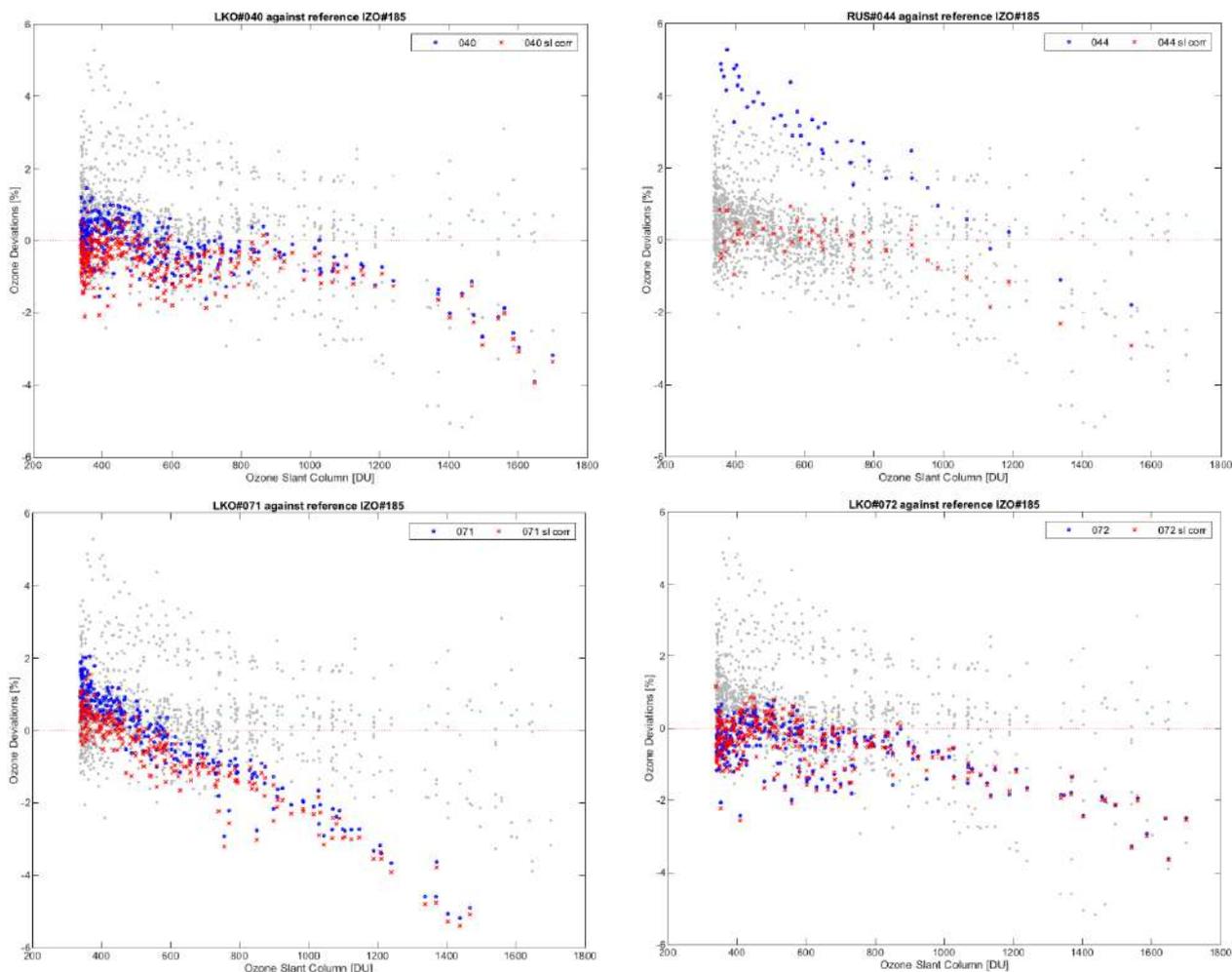


**Figura 11. Diferencias porcentuales relativas de ozono de todos los instrumentos participantes en la campaña de Arosa 2018 respecto de la referencia itinerante del RBCC-E IZO#185. Las mediciones de ozono realizadas durante el período de validación a ciegas se han reprocesado utilizando las constantes de calibración originales, con (símbolos rojos) y sin (azules) corrección de lámpara estándar. Las barras de error representan la desviación típica.**

Sin embargo, la comparación con un instrumento de referencia es la única forma de evaluar si las mediciones de la lámpara estándar realizan un seguimiento adecuado de los cambios en las constantes de calibración o si el cambio observado se debe solo a variaciones en la emisión espectral de la lámpara.

Los resultados de la comparación a ciegas con el instrumento de referencia, el Brewer #185, fueron muy satisfactorios para algunos instrumentos (Brewer #040, Brewer #072, Brewer #156, Brewer #158 y Brewer #163), con desviaciones de ozono inferiores al 1 % (véase la figura 11). Entre los instrumentos con excelentes resultados figura la referencia Brewer K&Z#158, usada por Kipp & Zonen para transferir la calibración de ozono en todo el mundo. Dadas las diferencias observadas en  $SL_{ref} - SL_{medida}$  (véanse las figuras 12 y 13), la aplicación de la corrección de la lámpara estándar a la constante ETC tiene poco efecto en la totalidad de instrumentos participantes, con la excepción de los Brewer #044 y #245. Además, como se aprecia en la figura 12, debido al efecto de la luz parásita en los Brewer simples (de un solo monocromador), en estos instrumentos se observa una marcada dependencia de las medidas de ozono con el OSC, especialmente en el caso del Brewer #071. En la sección 3, se ofrece una corrección de luz parásita personalizada para cada instrumento.

En las figuras 12 y 13 se han promediado las diferencias individuales, con y sin aplicación de la corrección SL, con respecto al gráfico del instrumento de referencia. Los resultados se resumen en la tabla 5.



**Figura 12. Diferencias relativas de ozono en los días de validación a ciegas (%) de los instrumentos Brewer simples participantes en la campaña de Arosa 2018 con respecto a la referencia itinerante del RBCC-E Brewer#185. Las mediciones de ozono realizadas durante el periodo de validación a ciegas (antes del mantenimiento) se han reprocesado utilizando las constantes de calibración originales, con (puntos rojos) y sin (azules) corrección de lámpara estándar. Los puntos grises representan las desviaciones de ozono de todos los instrumentos.**

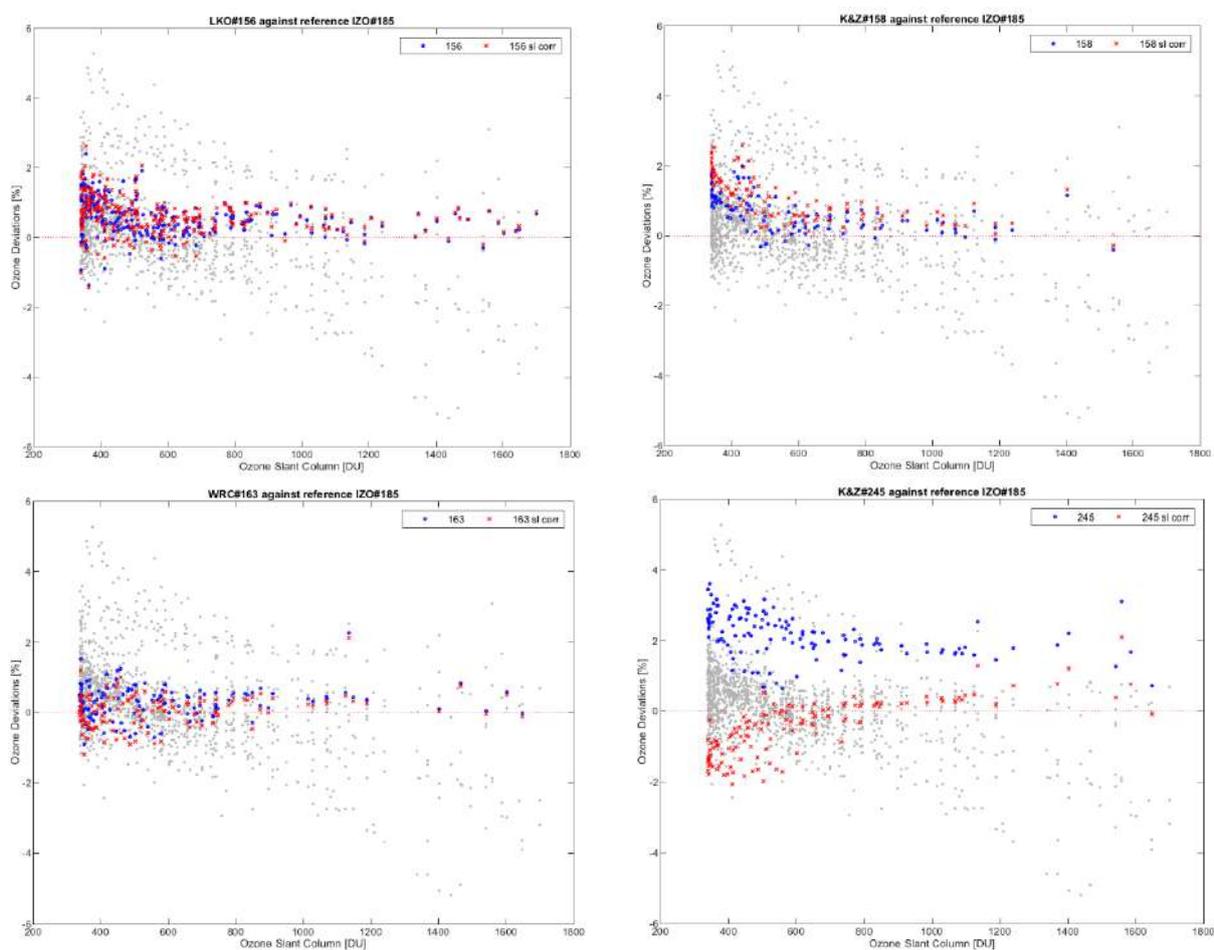
## 2.4 Calibración final

Se definieron los días finales como aquellos disponibles una vez concluidas las labores de mantenimiento para cada instrumento participante. Estos días se utilizaron para calcular las constantes de calibración finales, por lo que se intentó no manipular el instrumental durante este periodo. Además, el valor R6 de la lámpara estándar registrado durante los días finales suele adoptarse como nuevo valor de referencia y también se espera que este parámetro no varíe en más de 5 unidades durante el mismo periodo.

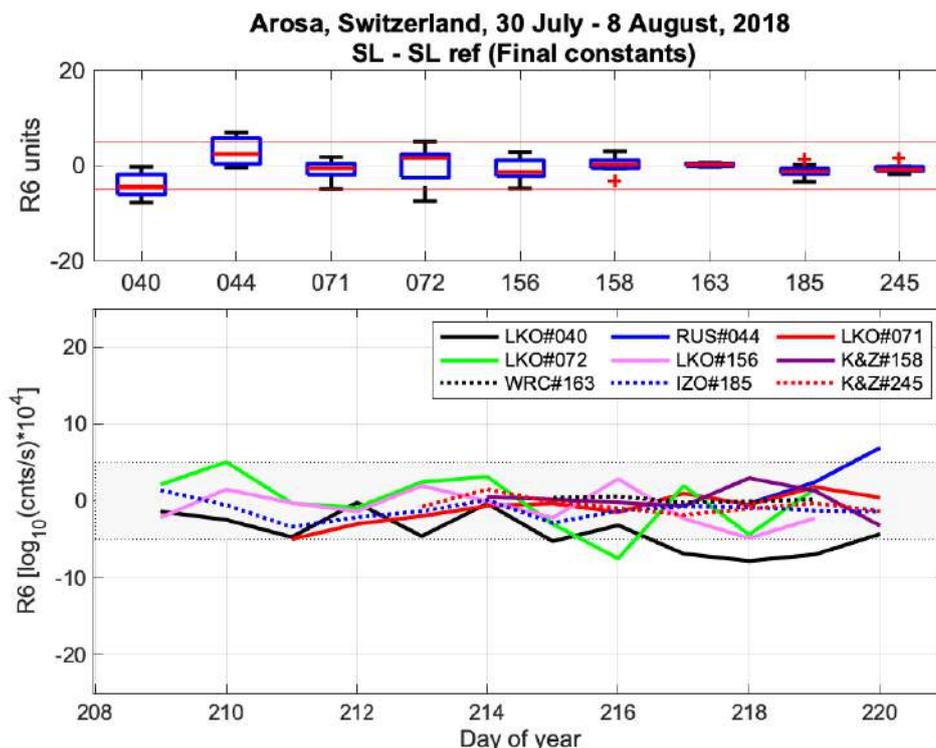
La figura 14 muestra las diferencias entre la ratio R6 diaria de la lámpara estándar y el valor de referencia de R6 propuesto durante los días finales. Conforme a lo esperado, los valores de la lámpara estándar registrados no variaron en más de 5 unidades durante este periodo.

**Tabla 5. Desviaciones de los valores de ozono en % con respecto a la referencia calculados con la calibración inicial.**

	<i>Sin corrección de lámpara estándar</i>		<i>Con corrección de lámpara estándar</i>		<i>Mejor comparación</i>	
	media	std	media	std	media	std
LKO#040	-0,01	0,55	-0,51	0,50	-0,01	0,55
RUS#044	3,36	1,13	0,05	0,42	0,05	0,42
LKO#071	0,17	0,98	-0,35	0,85	0,17	0,98
LKO#072	-0,34	0,57	-0,33	0,59	-0,33	0,59
LKO#156	0,61	0,52	0,64	0,55	0,61	0,52
K&Z#158	0,75	0,54	1,18	0,63	0,75	0,54
WRC#163	0,28	0,44	0,01	0,44	0,01	0,44
K&Z#245	2,22	0,60	-0,65	0,68	-0,65	0,68



**Figura 13. Diferencias relativas de ozono en los días de validación a ciegas (%) de los instrumentos Brewer de doble monocromador participantes en la campaña de Arosa 2018 con respecto a la referencia itinerante del RBCC-E Brewer#185. Las mediciones de ozono realizadas durante el período de validación a ciegas (antes del mantenimiento) se han reprocesado utilizando las constantes de calibración originales, con (puntos rojos) y sin (azules) corrección de lámpara estándar.**



**Figura 14. Ratio R6 de la lámpara estándar con respecto al valor de referencia de R6 de las últimas diferencias de calibración durante los días finales agrupados por números de serie del Brewer (arriba) y en función del tiempo (abajo). El área sombreada representa el margen de tolerancia ( $\pm 5$  unidades de R6). Los puntos grises representan las desviaciones de ozono de todos los instrumentos.**

En la figura 15 se muestran las desviaciones de los valores de ozono para todos los instrumentos participantes con respecto a la referencia itinerante del RBCC-E, el Brewer IZO#185. Se han recalculado las mediciones de ozono utilizando las constantes de calibración finales, con y sin la corrección de luz parásita en el caso de los Brewer simples. En la figura 15b se muestra la subestimación en la medición de ozono debido al efecto de la luz parásita en los Brewer simples y la corrección aplicada por el modelo; los detalles de estas correcciones se encuentran en Redondas *et al.*, 2018.

Todos los Brewer se calibraron utilizando el método de transferencia de la ETC de un parámetro, es decir, el coeficiente de absorción de ozono se obtuvo a partir de la calibración de la longitud de onda (test de dispersión) y solo la constante ETC del ozono se transfirió desde el instrumento de referencia aunque el método de calibración basado en dos parámetros también se utiliza como indicador de calidad. Para todos los instrumentos, los métodos de transferencia de la ETC basados en uno o en dos parámetros concuerdan entre sí dentro de los límites de  $\pm 5$  unidades para las constantes de la ETC y de  $\pm 0,001$  atm/cm para el coeficiente de absorción de ozono (un paso de micrómetro), que es una indicación muy buena de la calidad de la calibración provista. Con esos límites de tolerancia, se logró un buen acuerdo con el instrumento de referencia Brewer #185 utilizando las constantes de calibración finales, dentro del rango de  $\pm 0,5\%$ .

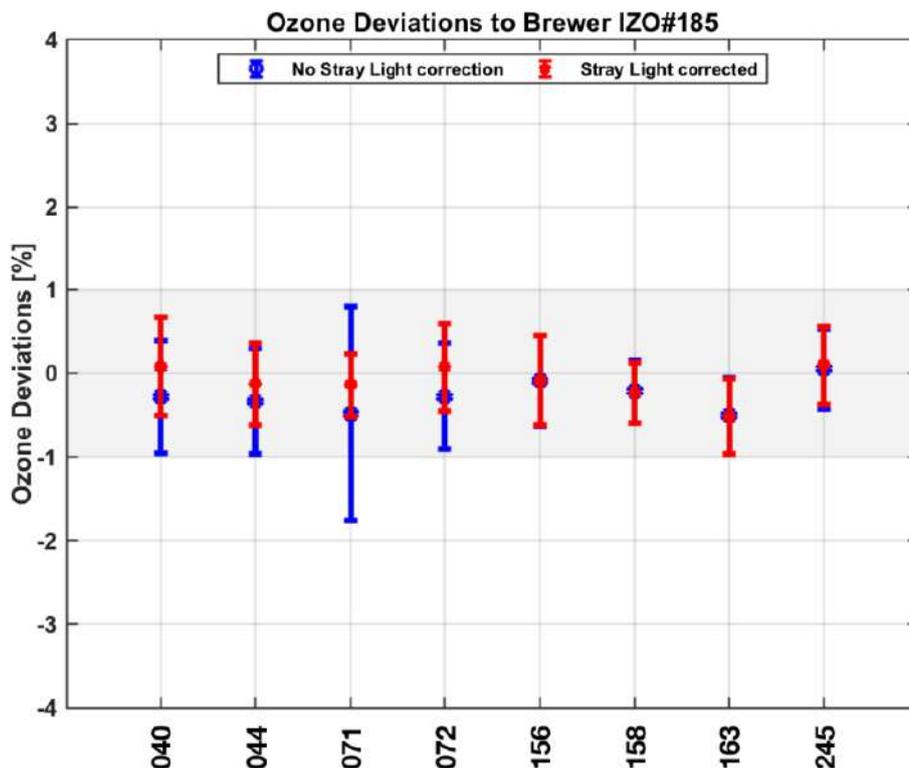


Figura 15a. Diferencias porcentuales relativas de ozono de los instrumentos participantes en la campaña de Arosa 2018 respecto de la referencia itinerante del RBCC-E IZO#185. Las mediciones de ozono realizadas durante el período final se han reprocesado utilizando las constantes de calibración propuestas, con (símbolos rojos) y sin (azules) corrección de luz parásita. Las barras de error representan la desviación típica.

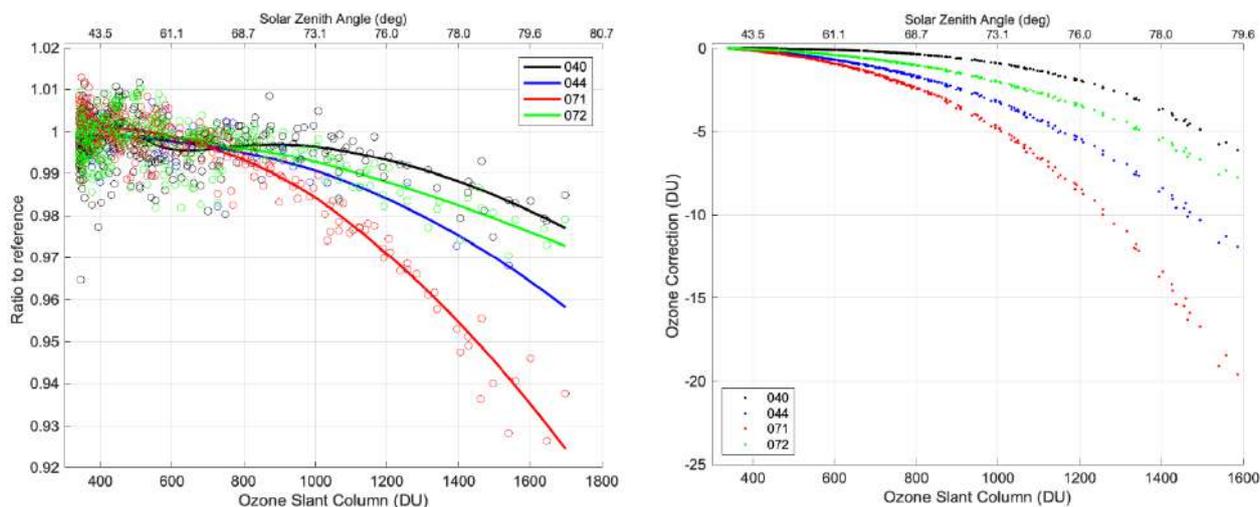


Figura 15b. Diferencias porcentuales relativas de ozono de los instrumentos Brewer simples participantes en la campaña de Arosa 2018 respecto de la referencia itinerante del RBCC-E IZO#185 que muestran una subestimación de las mediciones de ozono para ángulos cenitales solares superiores a  $70^\circ$  (izquierda) y la corrección aplicada por el modelo en unidades Dobson.

DECIMOTERCERA CAMPAÑA DE INTERCOMPARACIÓN DEL CENTRO REGIONAL DE CALIBRACIÓN BREWER PARA EUROPA, AROSA (SUIZA), 30 DE JULIO A 10 DE AGOSTO DE 2018

En la tabla 6 se resumen las diferencias medias con y sin aplicación de la corrección de luz parásita, con respecto al instrumento de referencia. Los valores de ozono se calcularon utilizando la calibración final del instrumento.

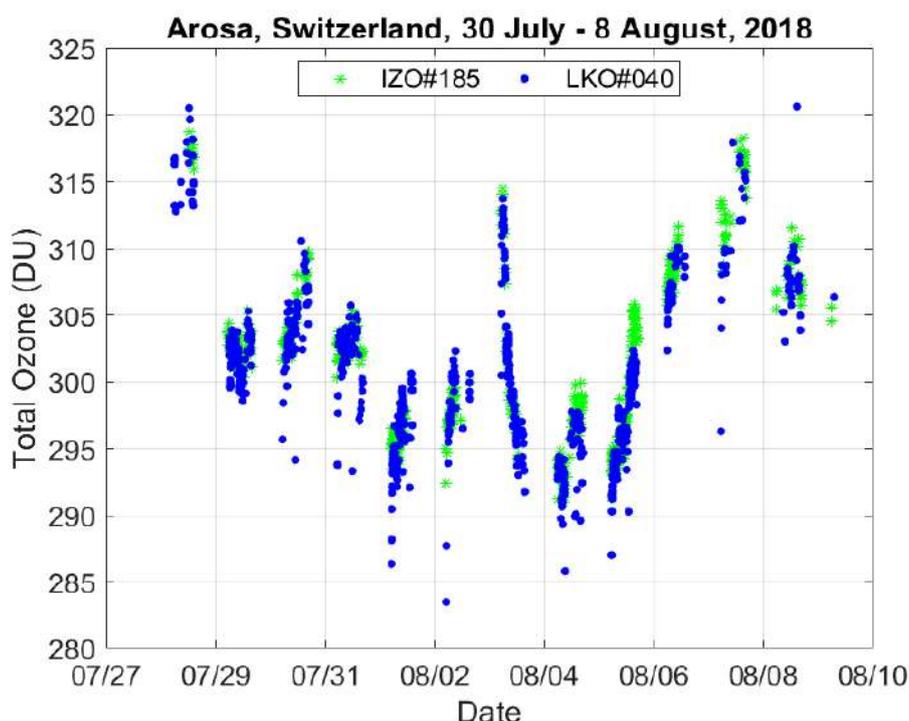
**Tabla 6. Desviaciones de los valores de ozono en % con respecto a la referencia calculados con la calibración final.**

	<i>Sin corrección de luz parásita</i>		<i>Con corrección de luz parásita</i>	
	media	std	media	std
LKO#040	-0,31	0,63	-0,06	0,66
RUS#044	-0,46	0,78	-0,56	0,73
LKO#071	-0,61	1,42	-0,96	1,34
LKO#072	-0,34	0,68	-0,27	0,73
LKO#156	-0,16	0,54	-0,16	0,55
K&Z#158	-0,14	0,46	-0,15	0,45
WRC#163	-0,55	0,52	-0,56	0,52
K&Z#245	0,00	0,46	0,05	0,44

### 3. INFORMES DE CALIBRACIÓN DE OZONO

#### 3.1 Brewer LKO#040. Arosa (Suiza)

El Brewer LKO#040 es un instrumento simple que está en funcionamiento de manera habitual en la estación de Arosa y cuya última calibración fue realizada por International Ozone Services Inc. (IOS) tras un mantenimiento llevado a cabo en 2017. Este instrumento participó en la campaña en el período que va del 28 de julio al 10 de agosto de 2018 (días julianos 209 a 220) y durante el cual no se realizaron tareas de mantenimiento por lo que se utilizó el mismo conjunto de datos tanto para evaluar el estado inicial como para la calibración final.



**Figura 16. Intercomparación Brewer de ozono total de Arosa 2018. Referencia Brewer #185 y Brewer #040 de Arosa.**

#### Calibración original

El instrumento funciona con el archivo de configuración icf19817.040 y el valor de referencia 1742 para la ratio R6 de la lámpara estándar. Estas constantes de calibración fueron proporcionadas por IOS durante sus trabajos de mantenimiento de 2017.

#### Análisis histórico

Los resultados del test de lámpara estándar mostraron un comportamiento muy estable durante los dos últimos años pero con una pequeña dependencia estacional, como puede apreciarse en la figura 17. Esta dependencia sugiere la necesidad de proporcionar un nuevo coeficiente de temperatura en la calibración. Durante los días de la campaña, los test de la lámpara estándar se estabilizaron en torno a los valores de 1738 y 3275 para las ratios R6 y R5 respectivamente. Estos valores se han calculado teniendo en cuenta los nuevos coeficientes de temperatura y el tiempo muerto del fotomultiplicador (DT) obtenidos en esta campaña. El resto de parámetros analizados (test de marcha/parada, intensidad de la lámpara Hg, archivos CZ y CI) son buenos.

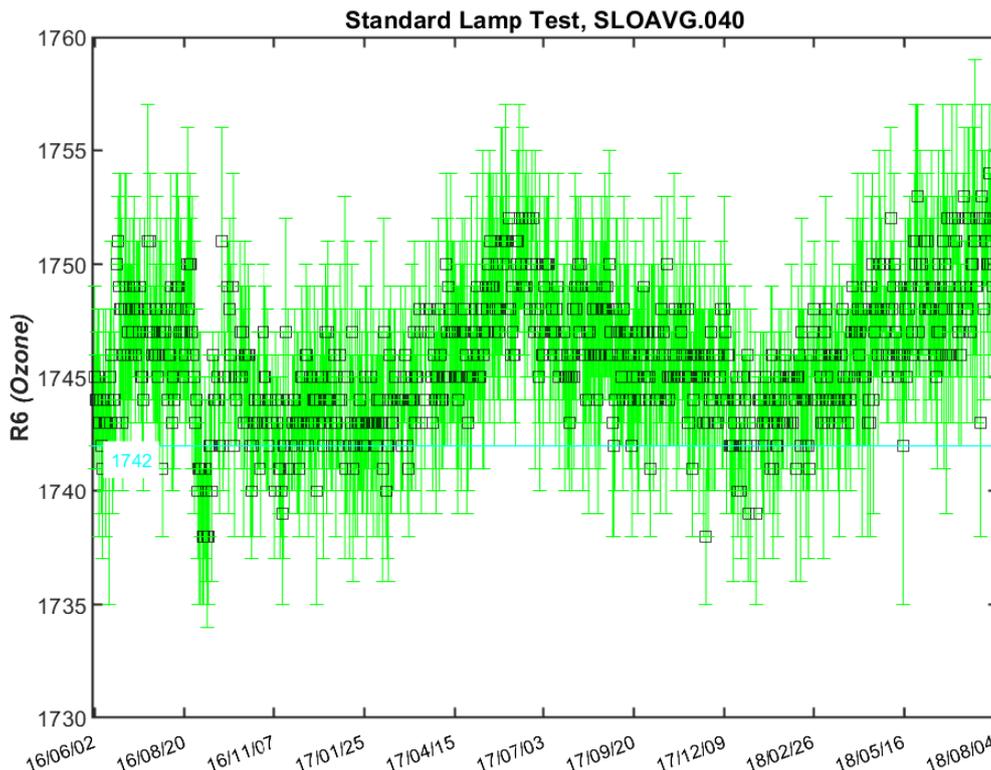


Figura 17. Ratio R6 (ozono) del test de lámpara estándar para el B#040.

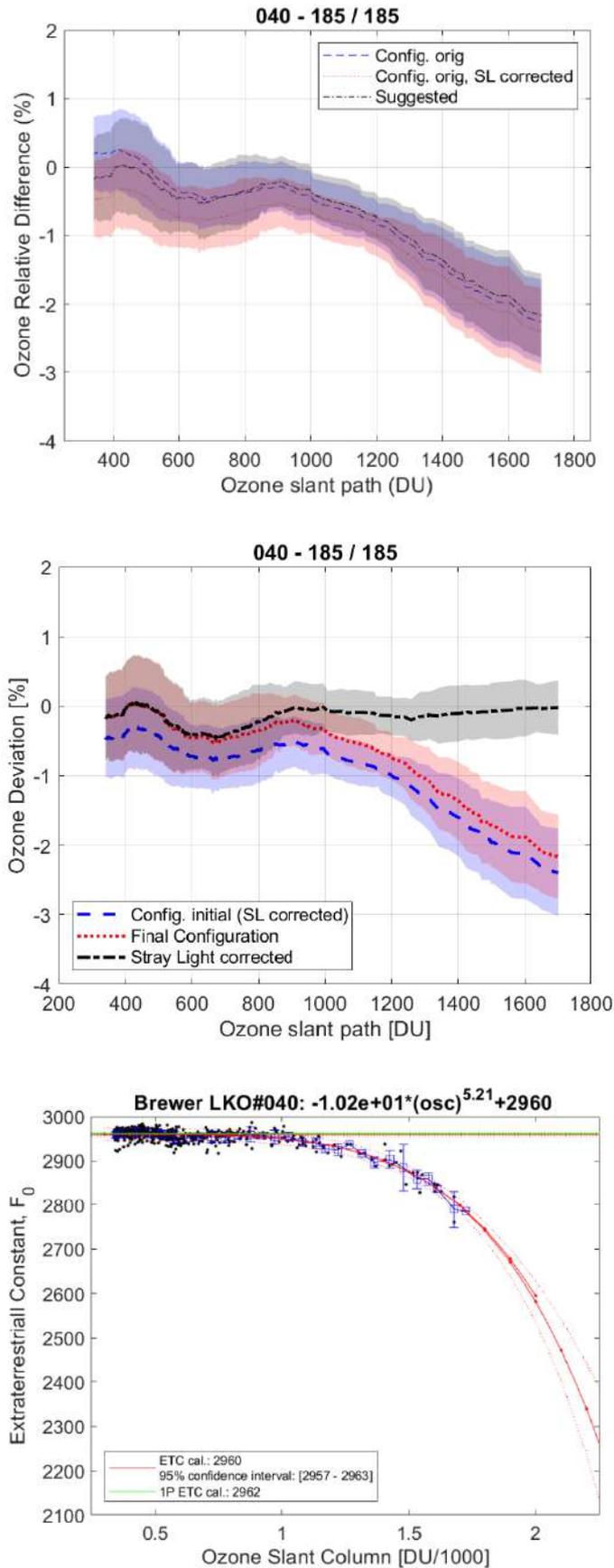
### Comparación inicial

Para la evaluación del estado inicial del Brewer LKO#040 se utilizó el período que va del día 209 al 220, que corresponde a 445 mediciones de ozono directas al sol casi simultáneas al Brewer de referencia. Como se muestra en la figura 18, el archivo de configuración del instrumento (ICF, por sus iniciales en inglés) actual produce valores de ozono que concuerdan bien con respecto al instrumento de referencia. Sin embargo, cuando la ETC se corrige considerando la diferencia entre la lámpara estándar y la referencia R6 (corrección de lámpara), los resultados empeoran. Por lo tanto, no se recomienda utilizar esta corrección para volver a calcular los valores de ozono anteriores.

### Calibración final y luz parásita

En esta campaña, se han proporcionado nuevos coeficientes de temperatura y DT, por lo que para la calibración final se debe calcular una nueva ETC. En la calibración final se utilizaron 688 mediciones directas al sol simultáneas realizadas entre los días 209 y 220. La nueva ETC (2963) es 13 unidades inferior que el valor actual (2976). Por lo tanto, se recomendó utilizar esta nueva ETC junto con la nueva ratio de referencia de la lámpara estándar, 1738 para R6. Por el contrario, ni el paso de calibración ni los coeficientes de absorción de ozono han cambiado en la nueva calibración (tabla 7).

Como muestra la figura 18, el instrumento funcionó bien después de la calibración final, con un error cercano a cero para OSC <1000 y una subestimación del 1 % para valores de OSC de 1300, algo que está muy bien para un Brewer simple. El modelo empírico de luz parásita se ajusta bastante bien con los coeficientes  $k = -10,2$ ,  $s = 5,21$  y ETC = 2960, que concuerdan perfectamente con la referencia para todo el rango de valores de OSC.



**Figura 18. (Arriba) Relación con respecto a la referencia utilizada en la configuración inicial con y sin corrección de lámpara. (Centro) Configuraciones inicial y final con y sin corrección de luz parásita. (Abajo) Determinación del modelo empírico de luz parásita.**

### Recomendaciones y comentarios

1. En esta campaña se han propuesto nuevos valores de referencia para R6 = 1738 y R5 = 3275.
2. El resto de diagnósticos realizados (RS, registros AP, etc.) fueron normales excepto la medición del DT, que es 1 ns inferior que el valor de referencia.
3. Se sugiere usar una constante de DT de 37 ns, que es una unidad menor que la propuesta durante la última intercomparación (IOS 2017). Algunos estudios sugieren que una diferencia de alrededor de un nanosegundo resulta admisible para un Brewer simple.
4. Los filtros de densidad neutra tienen un excelente comportamiento y, por lo tanto, no se ha sugerido ningún factor de corrección.
5. Se han adoptado nuevos coeficientes de temperatura.
6. Los test de barrido solar fueron lo suficientemente concluyentes para analizar la posición óptica 940. Sin embargo, el ICF final utilizado fue 943.
7. El instrumento funcionó muy bien después de que se aplicaran las constantes de calibración, con desviaciones mínimas de ozono cuando se utilizó la corrección de luz parásita. Se recomienda usar esta corrección.

### Informe de calibración

[http://rbce.aemet.es/svn/campaigns/aro2018/latex/040/CALIBRATION\\_040.pdf](http://rbce.aemet.es/svn/campaigns/aro2018/latex/040/CALIBRATION_040.pdf)

**Tabla 7. Resumen de las constantes de calibración**

<i>Parámetros</i>	<i>Configuración inicial</i>	<i>Configuración final</i>
Constante ETC para O <sub>3</sub>	2976	2963
Valor de referencia SL R6	1742	1738
Cambio ratio SL R6 / ETC		< 10
Constante DT (ns)	38	37
Coefficientes de temperatura	antiguos	nuevos
CSN	943	943
Coefic. absorc. ozono	0,335	0,335
Modelo de luz parásita Arosa 2018	2960 - 10,2*(OSC)^5,21	
Archivo de calibración	icf19817.040 (IOS)	Icf21018.040 (RBCC-E)

### 3.2 Brewer RUS#044. RPA (Federación de Rusia)

El Brewer RUS#044 participó en la campaña del 30 de julio al 10 de agosto de 2018 (días julianos 209 a 221). Es importante señalar que este instrumento estuvo fuera de servicio desde 2016 y que fue reparado por Kipp & Zonen durante esta campaña por lo que se consideró como un nuevo instrumento a efectos de la misma. Los trabajos de mantenimiento (orientación del prisma y pérdidas por humedad) concluyeron el día 218, y también se modificó la calibración de la longitud de onda (la constante del paso de calibración se actualizó al nuevo valor de 141). Para la evaluación de su estado inicial se utilizaron 134 mediciones de ozono directas al sol simultáneas al Brewer de referencia realizadas entre los días 216 y 220 mientras que para la calibración final se utilizaron las días 218 al 220.

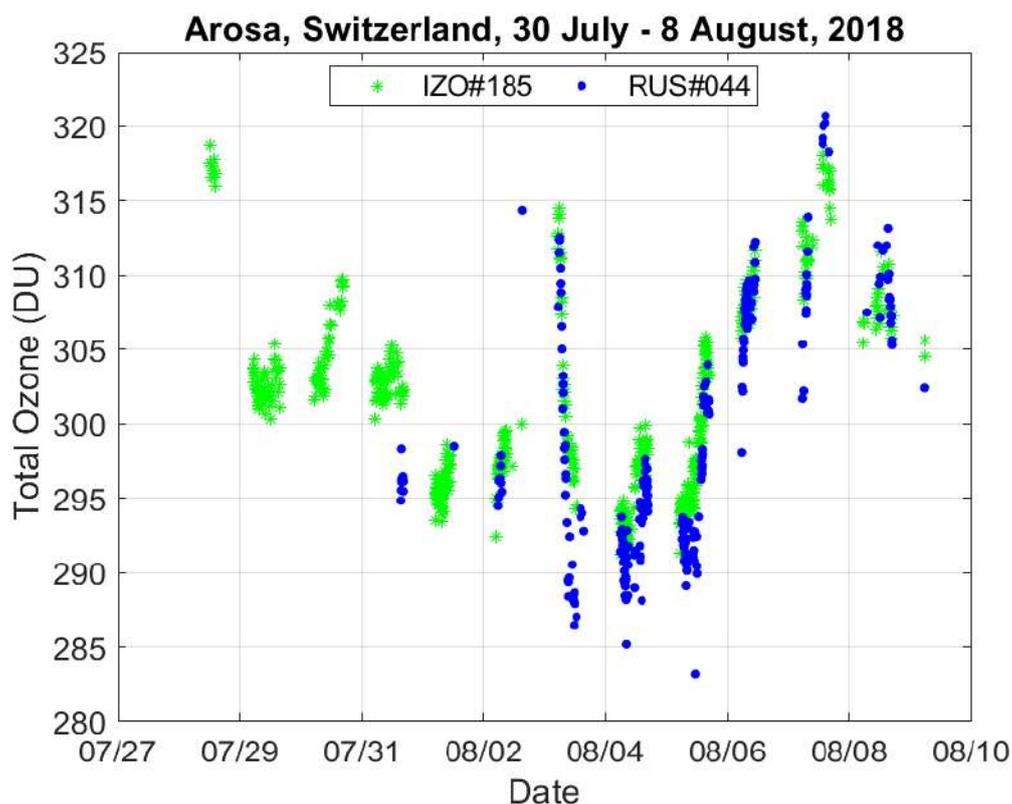


Figura 19. Intercomparación Brewer de Arosa 2018 para el B#044.

#### Calibración original

El instrumento funciona con el archivo de configuración icf15315.044 y el valor de referencia 2012 para la ratio R6 de la lámpara estándar. Estas constantes de calibración se determinaron tras la campaña de intercomparación del RBCC-E de 2015 llevada a cabo en El Arenosillo (Huelva, España).

#### Análisis histórico

Después de las tareas de mantenimiento, este Brewer se considera un nuevo instrumento y, por lo tanto, no tiene ningún dato histórico disponible. La figura 20 muestra el valor actual de R6 calculado con el ICF proporcionado en esta campaña. El resto de parámetros analizados (test de marcha/parada, intensidad de la lámpara Hg, archivos CZ y CI) estaban bien, excepto el valor de DT, que mostró una pequeña diferencia entre los valores originales y registrados de alrededor de una unidad. Los filtros de densidad neutra no mostraron falta de linealidad en las características espectrales de la atenuación por lo que no es necesario aplicar ninguna corrección a los mismos.

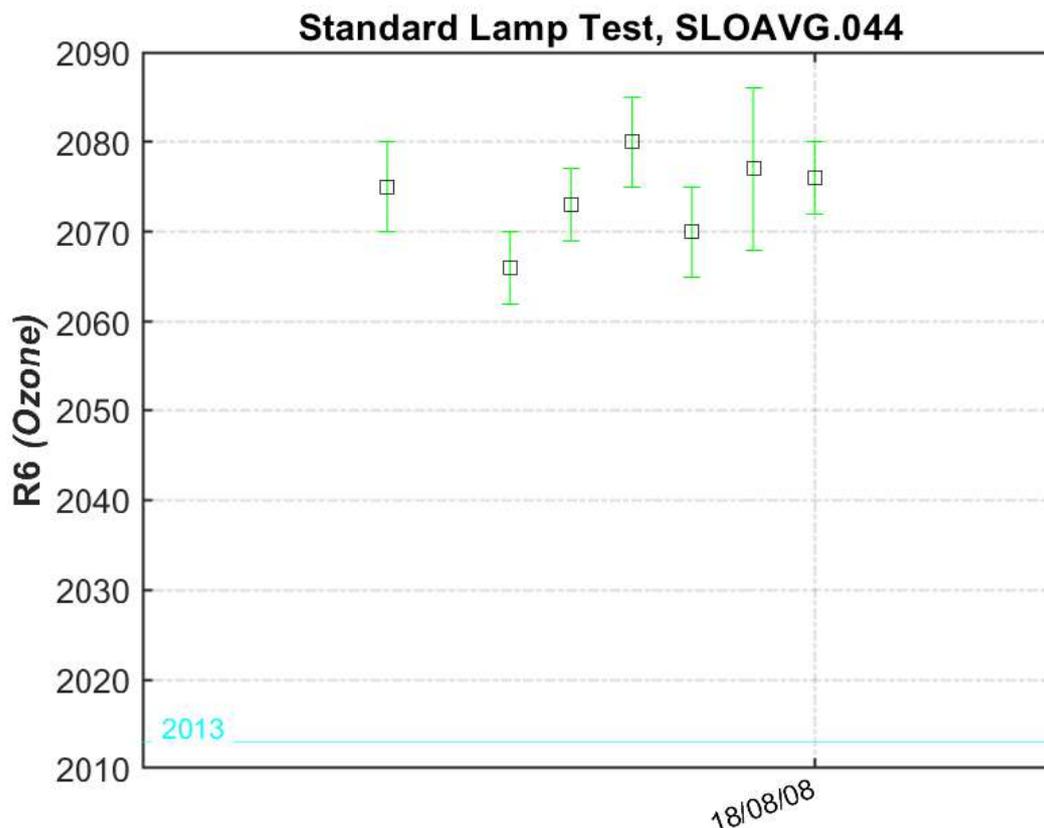


Figura 20. Ratio R6 (ozono) del test de lámpara estándar para el B#044.

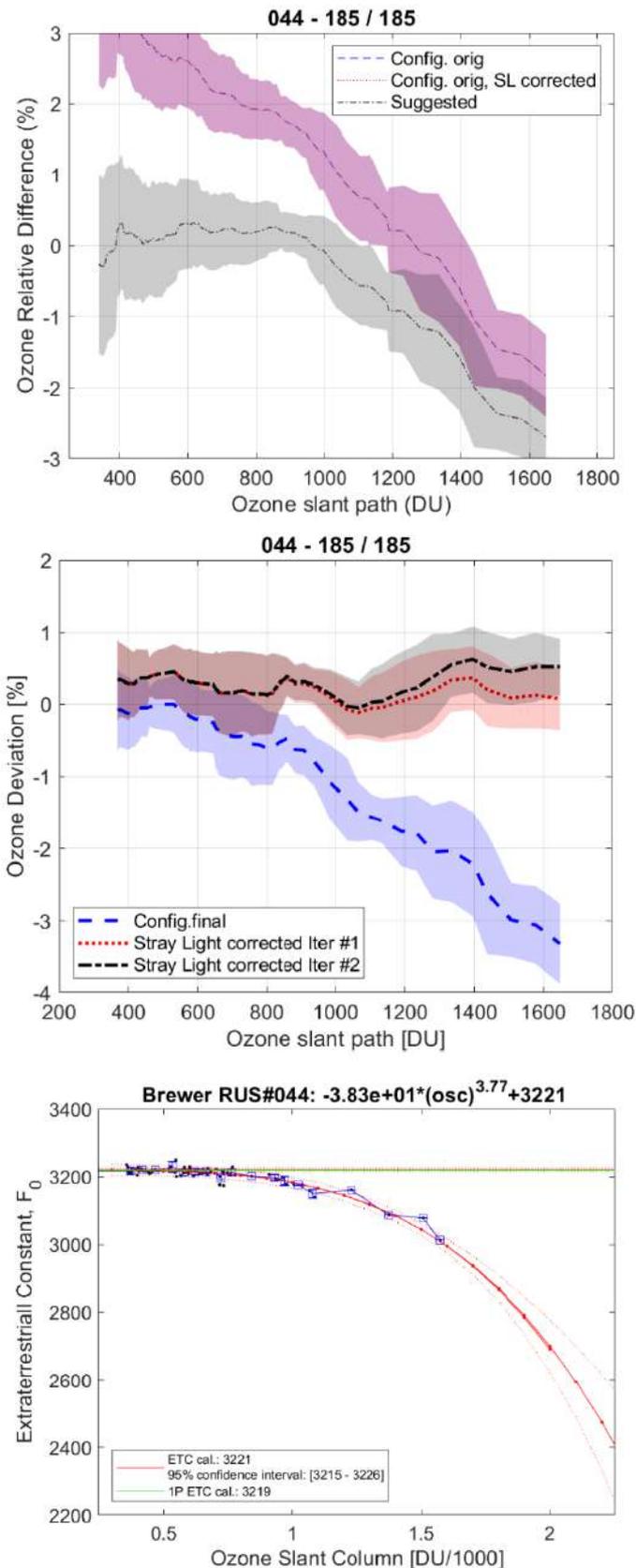
### Comparación inicial

Para la evaluación del estado inicial del Brewer RUS#044 se utilizó el período que va del día 216 al 220, que corresponde a 134 mediciones de ozono directas al sol casi simultáneas al Brewer de referencia. Como se muestra en la figura 21, las constantes de calibración actuales producen valores de ozono más altos que el instrumento de referencia (+2 % en promedio). Sin embargo, cuando la ETC se corrigió considerando la diferencia entre la lámpara estándar y la referencia R6 (corrección de lámpara), los resultados mejoraron.

### Calibración final y luz parásita

Debido a la diferencia con el Brewer de referencia y teniendo en cuenta asimismo las tareas de mantenimiento, se calculó un nuevo valor de la ETC utilizando 207 mediciones directas al sol simultáneas realizadas entre los días 218 y 220. El nuevo valor (3220) es 52 unidades mayor que la actual ETC (3168). Por lo tanto, se recomendó utilizar esta nueva ETC junto con la nueva ratio de referencia propuesta para la lámpara estándar, 2070 para R6. Es importante señalar que la ETC se ha calculado considerando el nuevo tiempo muerto proporcionado (tabla 8).

El instrumento funcionó bien después de la calibración final, con un error cercano a cero para valores de OSC bajos y una subestimación del 1 % para OSC de 800, algo que está muy bien para un Brewer simple. El modelo empírico de luz parásita se ajusta bastante bien con los coeficientes  $s = 2,70$ ,  $k = -4,20$  y  $ETC = 3221$ , que concuerdan perfectamente con la referencia para todo el rango de valores de OSC.



**Figura 21. (Arriba) Relación con respecto a la referencia utilizada en la configuración inicial con y sin corrección de lámpara. (Centro) Configuraciones inicial y final con y sin corrección de luz parásita. (Abajo) Determinación del modelo empírico de luz parásita.**

## Recomendaciones y comentarios

1. En esta campaña se ofrecieron nuevos valores de referencia de las ratios, R6 = 2075 y R5 = 3698.
2. El resto de diagnósticos realizados (RS, registros AP, etc.) fueron normales.
3. Se sugiere usar una constante de DT de 39 ns, que es una unidad menor que la propuesta durante la última intercomparación. Algunos estudios sugieren que una diferencia de alrededor de un nanosegundo resulta admisible para un Brewer simple.
4. Los filtros de densidad neutra tienen un excelente comportamiento y, por lo tanto, no se ha sugerido ningún factor de corrección.
5. No se han adoptado nuevos coeficientes de temperatura.
6. Los test de barrido solar realizados durante la campaña han sugerido la utilización de un nuevo número para la posición en pasos del micrómetro (CSN), valor que el día 218 se actualizó a 141.
7. El instrumento funcionó muy bien después de que se aplicaran las constantes de calibración, con desviaciones mínimas de ozono cuando se utilizó la corrección de luz parásita. Se recomienda usar esta corrección.

## Informe de calibración

[http://rbce.aemet.es/svn/campaigns/aro2018/latex/044/CALIBRATION\\_044.pdf](http://rbce.aemet.es/svn/campaigns/aro2018/latex/044/CALIBRATION_044.pdf)

**Tabla 8. Resumen de las constantes de calibración**

<i>Parámetros</i>	<i>Configuración inicial</i>	<i>Configuración final</i>
Constante ETC para O <sub>3</sub>	3168	3220
Valor de referencia SL R6	2012	2075
Cambio ratio SL R6 / ETC		> 50
Constante DT (ns)	40	39
Coeficientes de temperatura	antiguos	antiguos
CSN	137	141
Coefic. absorc. ozono	0,342	0,3438
Factor de luz parásita Arosa 2018	3221 - 38,3*(OSC) <sup>3,77</sup>	
Archivo de calibración	icf15315.044 (RBCC-E)	Icf21518.044 (RBCC-E)

### 3.3 Brewer LKO#071. Arosa (Suiza)

El Brewer LKO#071 participó en la campaña del 30 de julio al 10 de agosto de 2018 (días julianos 209 a 221). Para la evaluación de su estado inicial se utilizaron 354 mediciones de ozono directas al sol simultáneas al Brewer de referencia realizadas entre los días 211 y 220, mientras que para la calibración final se utilizó el mismo período, pero con 542 mediciones simultáneas.

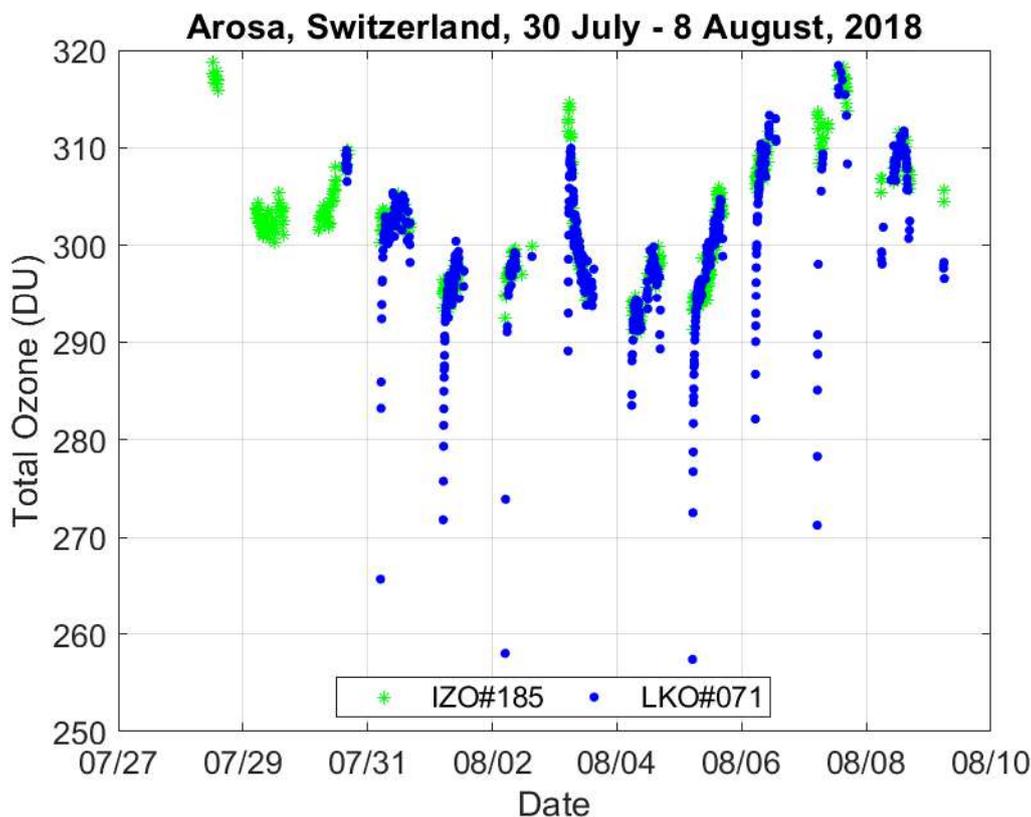


Figura 22. Intercomparación Brewer de Arosa 2018 para el B#071.

#### Calibración original

El instrumento funciona con el archivo de configuración icf16818.071 y el valor de referencia 1878 para la ratio R6 de la lámpara estándar. Estas constantes de calibración fueron determinadas recientemente, en mayo de 2018, por parte de IOS. Esta calibración se hizo necesaria ya que en el instrumento se cambió el filtro de NISO<sub>4</sub>.

#### Análisis histórico

A causa del reemplazo del filtro de NISO<sub>4</sub>, los datos históricos comienzan a partir de esta campaña por lo que, a efectos de la misma, se consideró como un nuevo instrumento. Durante los días de la campaña, las ratios de la lámpara estándar se estabilizaron en torno a los valores de 1880 y 3525 para R6 y R5 respectivamente (figura 23). El resto de parámetros analizados (test de marcha/parada, intensidad de la lámpara Hg, archivos CZ y CI) se encuentran dentro de los límites tolerables salvo el valor de DT. Este parámetro mostró una pequeña diferencia de una unidad entre los valores originales y los registrados.

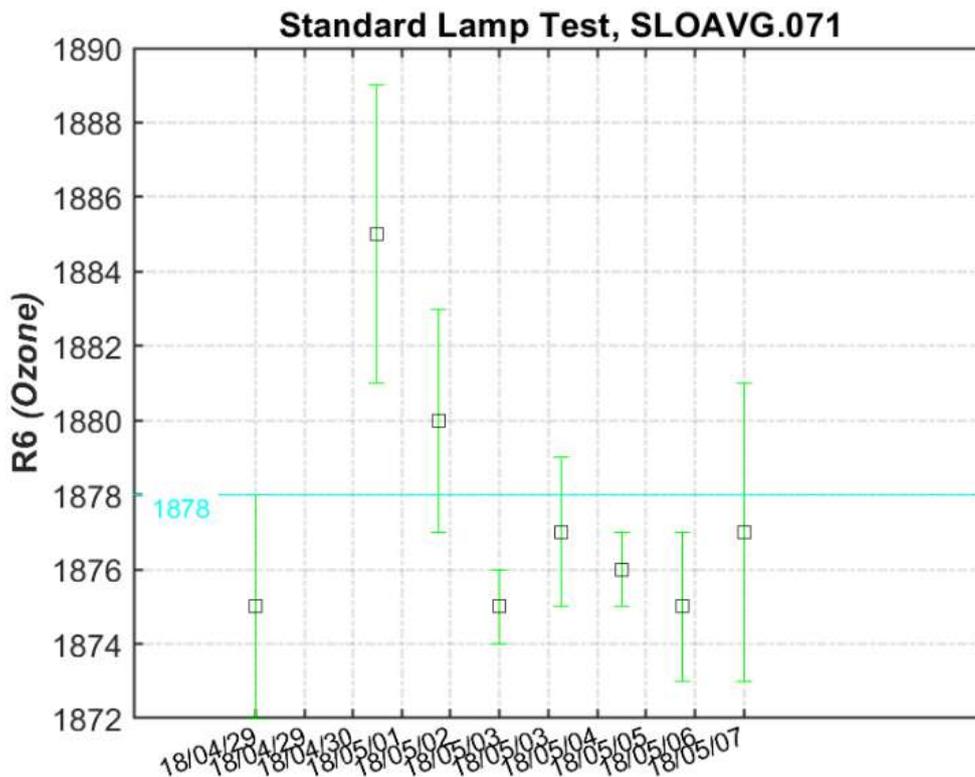


Figura 23. Ratio R6 (ozono) del test de lámpara estándar para el B#071.

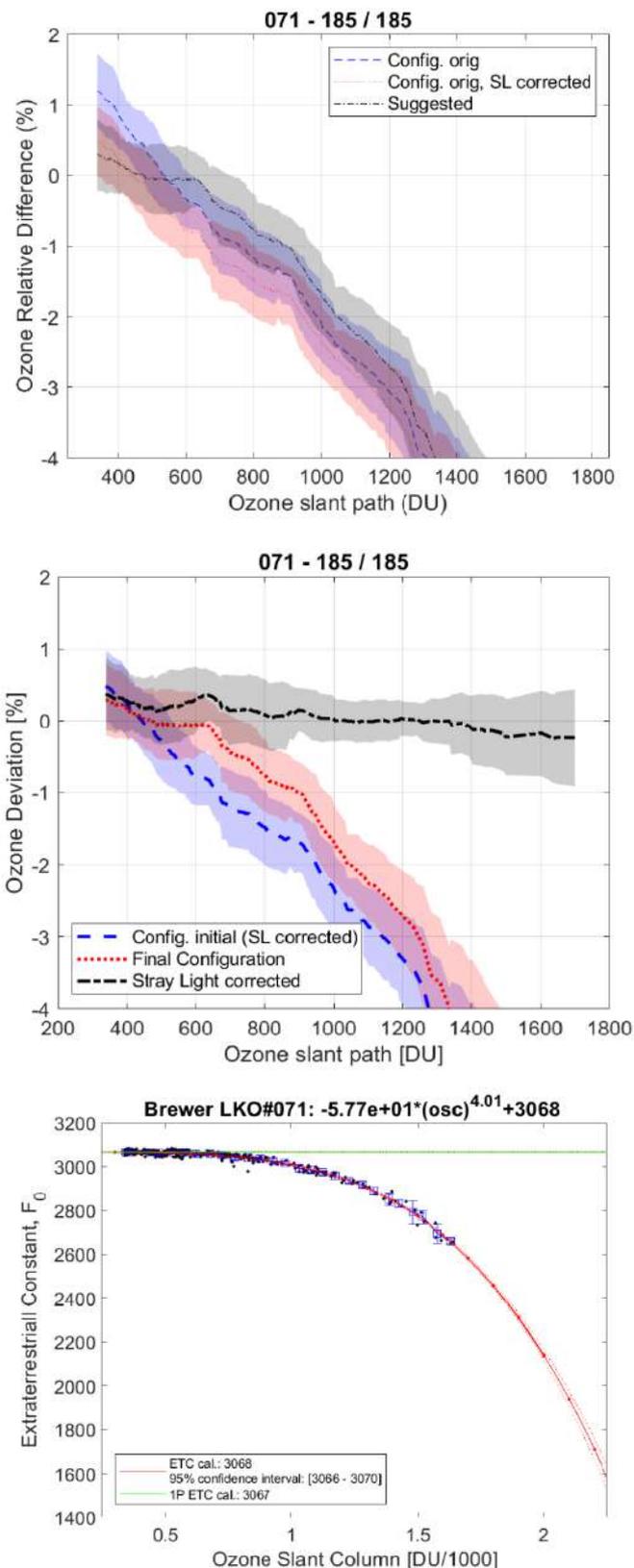
### Comparación inicial

Para la evaluación del estado inicial del Brewer LKO#071 se utilizó el período que va del día 211 al 220, que corresponde a 354 mediciones de ozono directas al sol casi simultáneas al Brewer de referencia. Como se muestra en la figura 24, este instrumento presenta una fuerte dependencia con la OSC y su calibración actual sobrestima la concentración de ozono para valores de OSC bajos ( $OSC < 600$ ). Una vez que se aplica la corrección de lámpara, se aprecia una leve mejoría en los resultados.

### Calibración final y luz parásita

Para la calibración final se utilizaron 542 mediciones directas al sol simultáneas realizadas entre los días 211 y 220. La nueva ETC (3065) es 5 unidades inferior que la actual (3070). Por lo tanto, se recomendó utilizar este valor junto con la nueva ratio de referencia propuesta para la lámpara estándar, 1885 para R6. La ETC final se ha calculado considerando el nuevo tiempo muerto y el coeficiente de absorción determinado durante la campaña (tabla 9).

El instrumento funcionó bien después de la calibración final, con un error cercano a cero para OSC bajas y una subestimación del 1 % para valores de OSC de 900, algo que está muy bien para un Brewer simple. El modelo empírico de luz parásita se ajusta bastante bien con los coeficientes  $s = 4,10$ ,  $k = -57,6$  y  $ETC = 3068$ , que concuerdan perfectamente con la referencia para todo el rango de valores de OSC.



**Figura 24. (Arriba) Relación con respecto a la referencia utilizada en la configuración inicial con y sin corrección de lámpara. (Centro) Configuraciones inicial y final con y sin corrección de luz parásita. (Abajo) Determinación del modelo empírico de luz parásita.**

### Recomendaciones y comentarios

1. En esta campaña se ofrecieron nuevos valores de referencia de las ratios, R6 = 1885 y R5 = 3525.
2. El resto de diagnósticos realizados (RS, registros AP, etc.) fueron normales, excepto la medición del DT.
3. Se sugiere usar una constante de DT de 35 ns, que es una unidad menor que la propuesta durante la última calibración (IOS 2018). Algunos estudios sugieren que una diferencia de alrededor de un nanosegundo resulta admisible para un Brewer simple.
4. Los filtros de densidad neutra tienen un excelente comportamiento y, por lo tanto, no se ha sugerido ningún factor de corrección.
5. No se han adoptado nuevos coeficientes de temperatura.
6. Los test de barrido solar fueron suficientemente concluyentes para analizar la posición óptica del CSN.
7. El instrumento funcionó muy bien después de que se aplicaran las constantes de calibración, con desviaciones mínimas de ozono cuando se utilizó la corrección de luz parásita. Se recomienda usar esta corrección.

### Informe de calibración

[http://rbce.aemet.es/svn/campaigns/aro2018/latex/071/CALIBRATION\\_071.pdf](http://rbce.aemet.es/svn/campaigns/aro2018/latex/071/CALIBRATION_071.pdf)

**Tabla 9. Resumen de las constantes de calibración**

<i>Parámetros</i>	<i>Configuración inicial</i>	<i>Configuración final</i>
Constante ETC para O <sub>3</sub>	3070	3065
Valor de referencia SL R6	1878	1885
Cambio ratio SL R6 / ETC		> 5
Constante DT (ns)	36	35
Coeficientes de temperatura	antiguos	antiguos
CSN	942	942
Coefic. absorc. ozono	0,3431	0,342
Factor de luz parásita Arosa 2018	3068 - 57,7*(OSC) <sup>4,01</sup>	
Archivo de calibración	Icf11618.071 (IOS)	Icf21518.071 (RBCC-E)

### 3.4 Brewer LKO#072. Arosa (Suiza)

El Brewer LKO#072 participó en la campaña del 30 de julio al 10 de agosto de 2018 (días julianos 209 a 221). Para la evaluación de su estado inicial se utilizaron 421 mediciones de ozono directas al sol simultáneas al Brewer de referencia realizadas entre los días 209 y 219, mientras que para la calibración final se utilizó el mismo período, pero con 579 mediciones simultáneas.

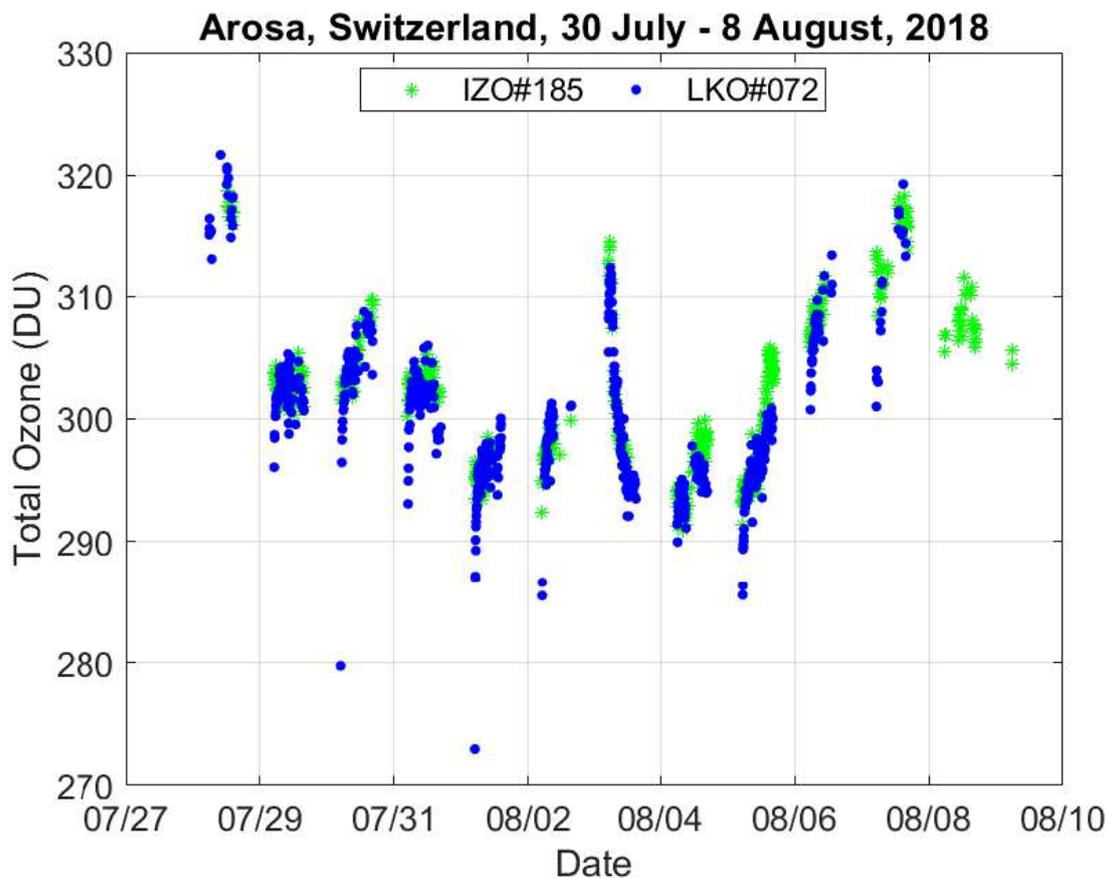


Figura 25. Intercomparación Brewer de Arosa 2018 para el B#072.

#### Calibración original

El instrumento funciona con el archivo de configuración icf19817.072 y el valor de referencia 1960 para la ratio R6 de la lámpara estándar. Estas constantes de calibración se determinaron tras los trabajos de mantenimiento llevados a cabo por IOS en 2017.

#### Análisis histórico

Los resultados del test de lámpara del Brewer LKO#072 mostraron un cambio en julio de 2017, pero después de esa fecha el comportamiento se ha mantenido muy estable. Durante los días de la campaña, las ratios de la lámpara estándar se estabilizaron en torno a los valores de 1960 y 3740 para R6 y R5 respectivamente. A partir de los datos históricos y de los obtenidos durante la campaña, se proporcionó un nuevo tiempo muerto en la calibración final junto con los nuevos valores de referencia de R6 y R5.

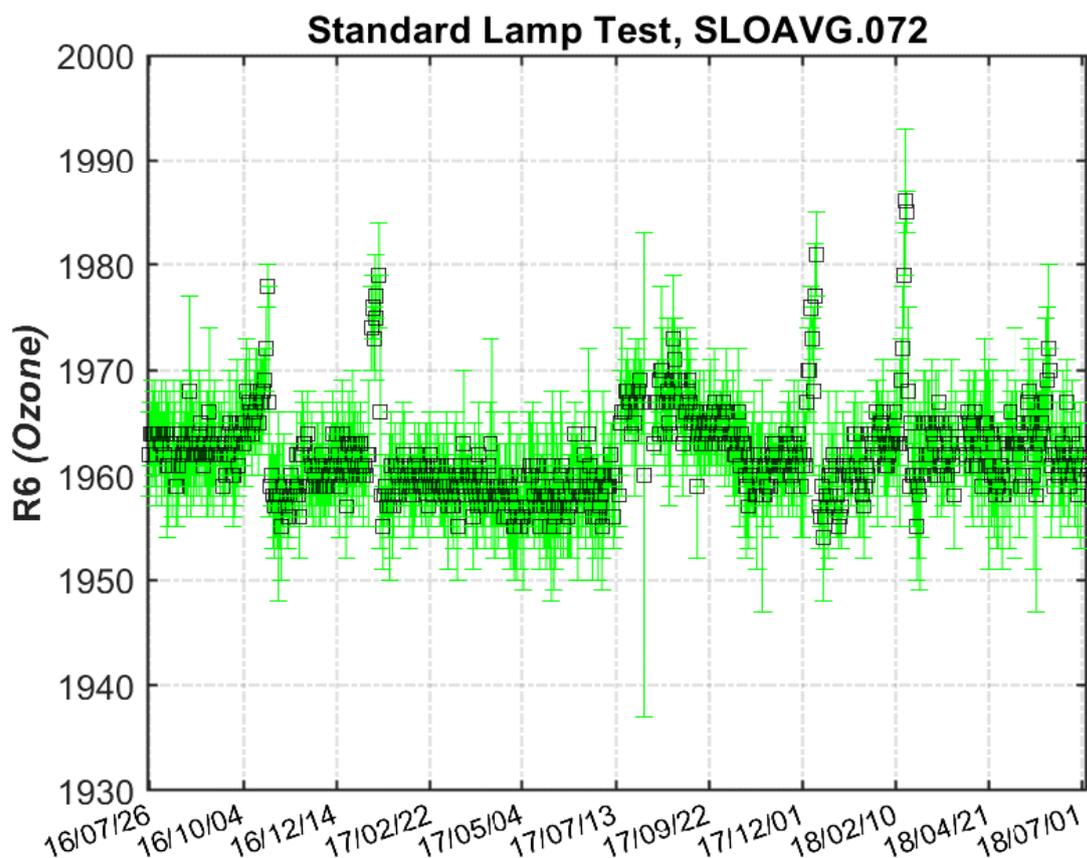


Figura 26. Ratio R6 (ozono) del test de lámpara estándar para el B#072.

### Comparación inicial

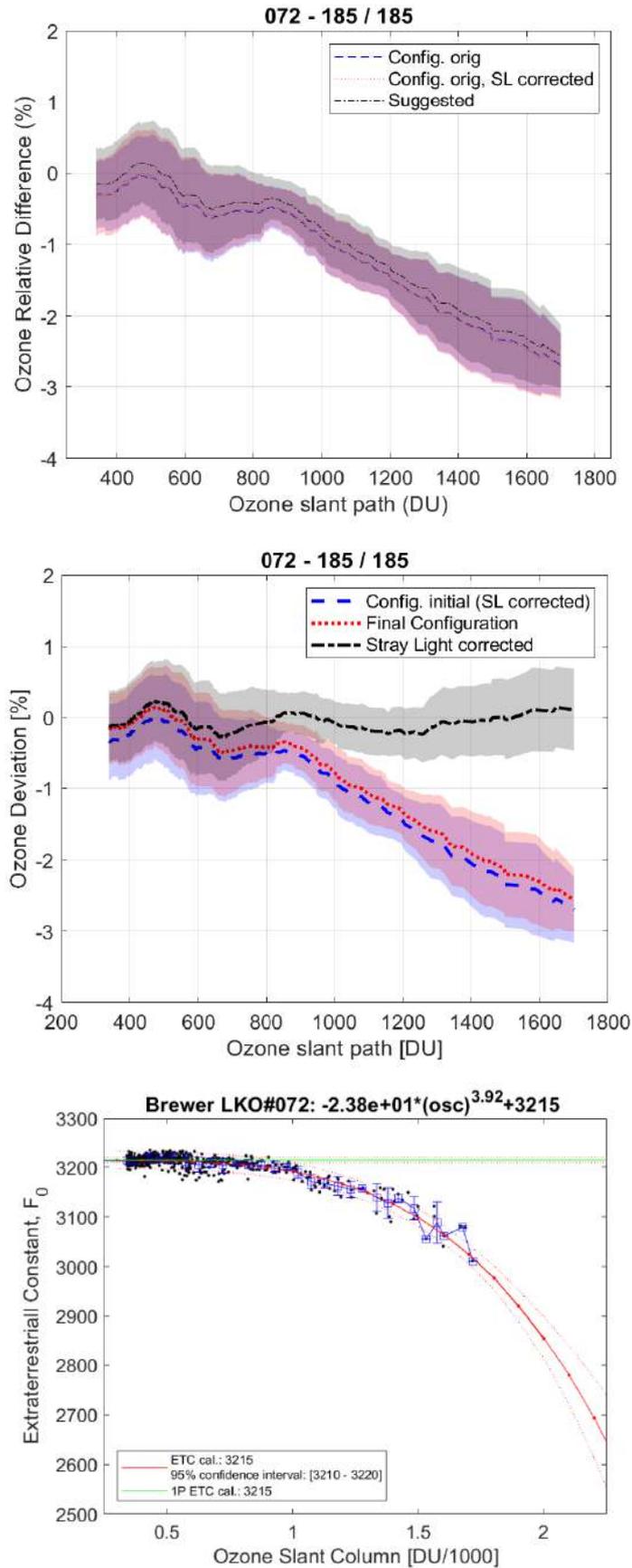
Para la evaluación del estado inicial del Brewer LKO#072 se utilizó el período que va del día 209 al 219, que corresponde a 421 mediciones de ozono directas al sol casi simultáneas al Brewer de referencia. Como se muestra en la figura 27, las constantes de calibración actuales producen valores de ozono más bajos que el instrumento de referencia (-1,5 %). Además, en el caso de este instrumento, cuando se aplicó la corrección de lámpara los resultados fueron similares sin que se apreciaran mejoras significativas.

### Calibración final

Debido a la diferencia con el Brewer de referencia, se calculó un nuevo valor de la ETC usando 579 mediciones directas al sol simultáneas al Brewer de referencia realizadas entre los días 209 y 219. El nuevo valor (3125) es 6 unidades inferior que el actual. Por lo tanto, se recomendó utilizar este valor junto con la nueva ratio de referencia propuesta para la lámpara estándar, 1960 para R6. La ETC se ha calculado teniendo en cuenta el nuevo valor del DT.

### Luz parásita

La figura 27 pone de manifiesto que la calibración final funciona bien con un error cercano a cero para OSC bajas y una subestimación del 1 % para una OSC de 1000, algo que está muy bien para un Brewer simple. El modelo empírico de luz parásita se ajusta bastante bien con los coeficientes  $s = 3,92$ ,  $k = -23,8$  y  $ETC = 3215$ , que concuerdan perfectamente con el Brewer de referencia para todo el rango de valores de OSC.



**Figura 27. (Arriba) Relación con respecto a la referencia utilizada en la configuración inicial con y sin corrección de lámpara. (Centro) Configuraciones inicial y final con y sin corrección de luz parásita. (Abajo) Determinación del modelo empírico de luz parásita.**

### Recomendaciones y comentarios

1. En esta campaña se ofrecieron nuevos valores de referencia de las ratios, R6 = 1960 y R5 = 3740.
2. El resto de diagnósticos realizados (RS, registros AP, etc.) fueron normales, excepto la medición del DT.
3. Se sugiere usar una constante de DT de 37 ns, que es una unidad menor que la propuesta durante la última intercomparación. Algunos estudios sugieren que una diferencia de alrededor de un nanosegundo resulta admisible para un Brewer simple.
4. Los filtros de densidad neutra tienen un excelente comportamiento y, por lo tanto, no se ha sugerido ningún factor de corrección.
5. Los actuales coeficientes de temperatura presentan un buen comportamiento.
6. Los test de barrido solar fueron suficientemente concluyentes para analizar la posición óptica del CSN.
7. El instrumento funcionó muy bien después de que se aplicaran las constantes de calibración, con desviaciones mínimas de ozono cuando se utilizó la corrección de luz parásita. Se recomienda usar esta corrección.

### Informe de calibración

[http://rbce.aemet.es/svn/campaigns/aro2018/latex/072/CALIBRATION\\_072.pdf](http://rbce.aemet.es/svn/campaigns/aro2018/latex/072/CALIBRATION_072.pdf)

**Tabla 10. Resumen de las constantes de calibración**

<i>Parámetros</i>	<i>Configuración inicial</i>	<i>Configuración final</i>
Constante ETC para O <sub>3</sub>	3221	3215
Valor de referencia SL R6	1960	1960
Cambio ratio SL R6 / ETC		< 5
Constante DT (ns)	38	37
Coeficientes de temperatura	antiguos	antiguos
CSN	915	915
Coefic. absorc. ozono	0,3377	0,3377
Factor de luz parásita Arosa 2018	3215 - 23,8*(OSC)^3,92	
Archivo de calibración	Icf19817.072 (IOS)	Icf21018.072 (RBCC-E)

### 3.5 Brewer LKO#156. Arosa (Suiza)

El Brewer LKO#156 participó en la campaña del 30 de julio al 10 de agosto de 2018 (días julianos 209 a 221). Para la evaluación de su estado inicial se utilizaron 470 mediciones de ozono directas al sol simultáneas al Brewer de referencia realizadas entre los días 209 y 219; como la configuración del instrumento no cambió durante la campaña, para la calibración final se utilizó el mismo período.

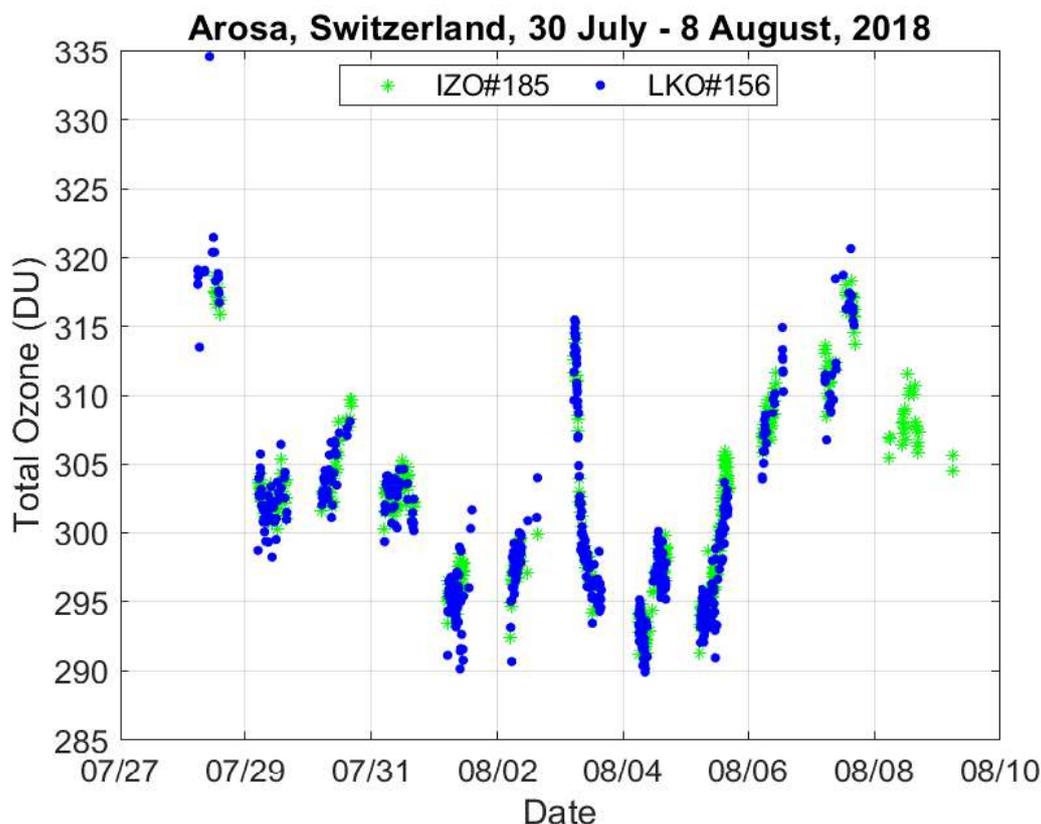


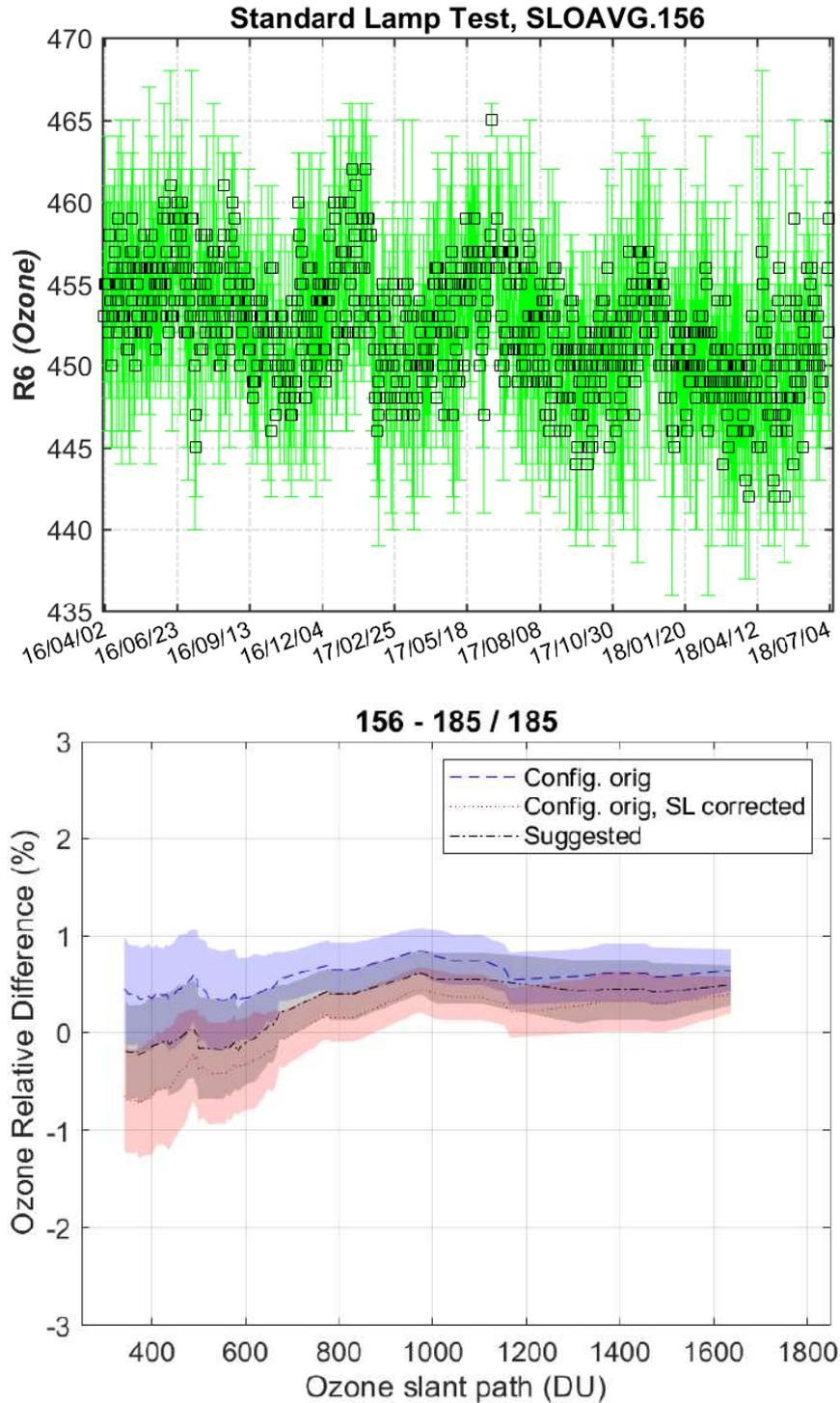
Figura 28. Intercomparación Brewer de Arosa 2018 para el B#156.

#### Calibración original

El instrumento funciona con el archivo de configuración icf19817.156 y el valor de referencia 460 para la ratio R6 de la lámpara estándar. Estas constantes de calibración se determinaron tras los trabajos de mantenimiento llevados a cabo por IOS en 2017.

#### Análisis histórico

Los resultados del test de lámpara mostraron un comportamiento estable durante los dos últimos años pero con una clara dependencia estacional, reflejando así la necesidad de determinar un nuevo coeficiente de temperatura en la calibración final (figura 29). Durante los días de la campaña, las ratios de la lámpara estándar se estabilizaron en torno a los valores de 445 y 1130 para R6 y R5 respectivamente. Además, los datos históricos ponen de manifiesto que hay que modificar el tiempo muerto.



**Figura 29. (Arriba) Ratio R6 (ozono) del test de lámpara estándar para el B#156. (Abajo) Relación con respecto a la referencia utilizada en la configuración inicial con y sin corrección de lámpara.**

### Comparación inicial

Para la evaluación del estado inicial del Brewer LKO#156 se utilizó el período que va del día 209 al 219, que corresponde a 470 mediciones de ozono directas al sol casi simultáneas al Brewer de referencia. Como se muestra en la figura 29, las constantes de calibración actuales producen valores de ozono más bajos que el instrumento de referencia (-0,5 %). Sin embargo,

cuando la ETC se corrige considerando la diferencia entre la lámpara estándar y la referencia R6 (corrección de lámpara), los resultados mejoran solo en las observaciones realizadas para valores altos de OSC.

### Calibración final

Debido a la diferencia con el Brewer de referencia y teniendo en cuenta el nuevo coeficiente de temperatura y el tiempo muerto propuesto en esta campaña, se calculó un nuevo valor de la ETC a partir de las 470 mediciones directas al sol simultáneas al Brewer de referencia realizadas entre los días 209 y 219. El nuevo valor (1743) es 16 unidades inferior que el actual (1759). También se actualizó el coeficiente de absorción de ozono. Por lo tanto, se recomendó utilizar este valor junto con la nueva ratio de referencia propuesta para la lámpara estándar, 440 para R6 (tabla 11).

### Recomendaciones y comentarios

1. En esta campaña se ofrecieron nuevos valores de referencia de las ratios, R6 = 445 y R5 = 1130.
2. El resto de diagnósticos realizados (RS, registros AP, etc.) fueron normales, excepto la medición del DT.
3. Se sugiere usar una constante de DT de 27 ns, que es tres unidades menor que la propuesta durante la última intercomparación.
4. Los filtros de densidad neutra tienen un excelente comportamiento y, por lo tanto, no se ha sugerido ningún factor de corrección.
5. Se han adoptado nuevos coeficientes de temperatura.
6. Los test de barrido solar fueron suficientemente concluyentes para analizar la posición óptica del CSN.

### Informe de calibración

[http://rbce.aemet.es/svn/campaigns/aro2018/latex/156/CALIBRATION\\_156.pdf](http://rbce.aemet.es/svn/campaigns/aro2018/latex/156/CALIBRATION_156.pdf)

**Tabla 11. Resumen de las constantes de calibración**

<i>Parámetros</i>	<i>Configuración inicial</i>	<i>Configuración final</i>
Constante ETC para O <sub>3</sub>	1759	1743
Valor de referencia SL R6	460	445
Cambio ratio SL R6 / ETC		< 5
Constante DT (ns)	30	27
Coeficientes de temperatura	antiguos	nuevos
CSN	705	705
Coefic. absorc. ozono	0,339	0,341
Archivo de calibración	Icf19817.156 (IOS)	Icf21018.156 (RBCC-E)

### 3.6 Brewer K&Z#158. Delft (Países Bajos)

El Brewer K&Z#158 participó en la campaña del 30 de julio al 10 de agosto de 2018 (días julianos 209 a 221). Para la evaluación de su estado inicial se utilizaron 176 mediciones de ozono directas al sol simultáneas al Brewer de referencia realizadas entre los días 213 y 220, mientras que para la calibración final se utilizó el mismo período, pero con 159 mediciones simultáneas.

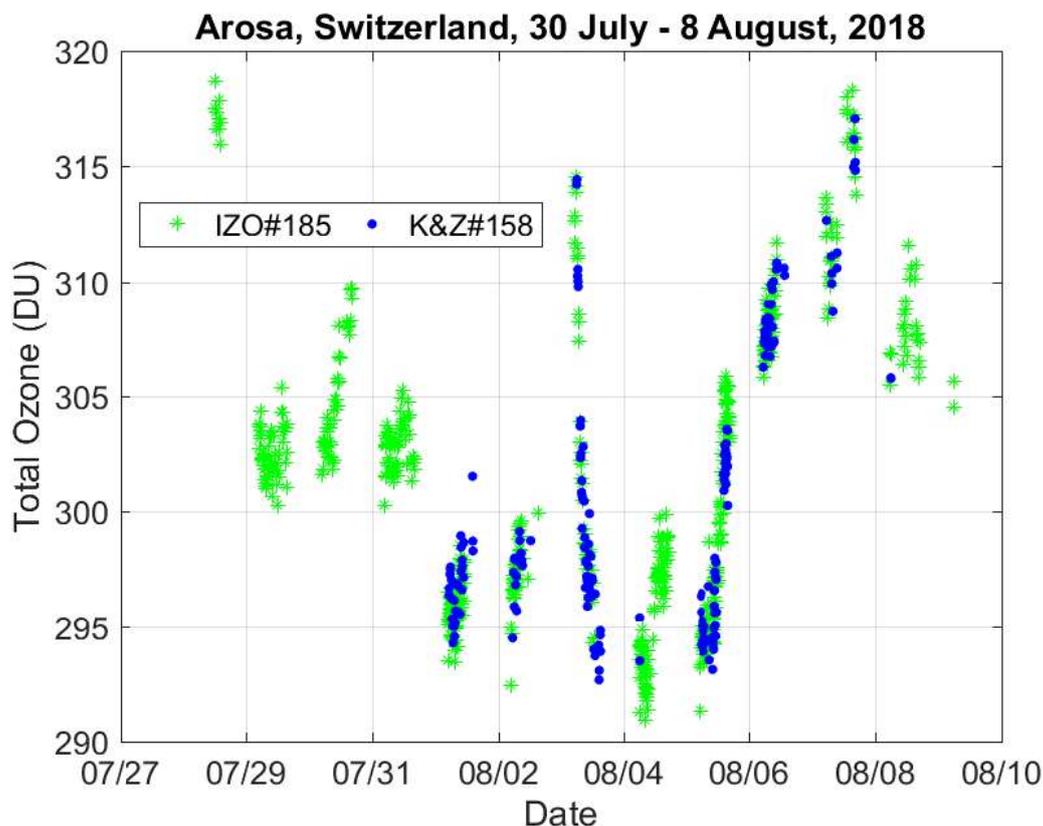


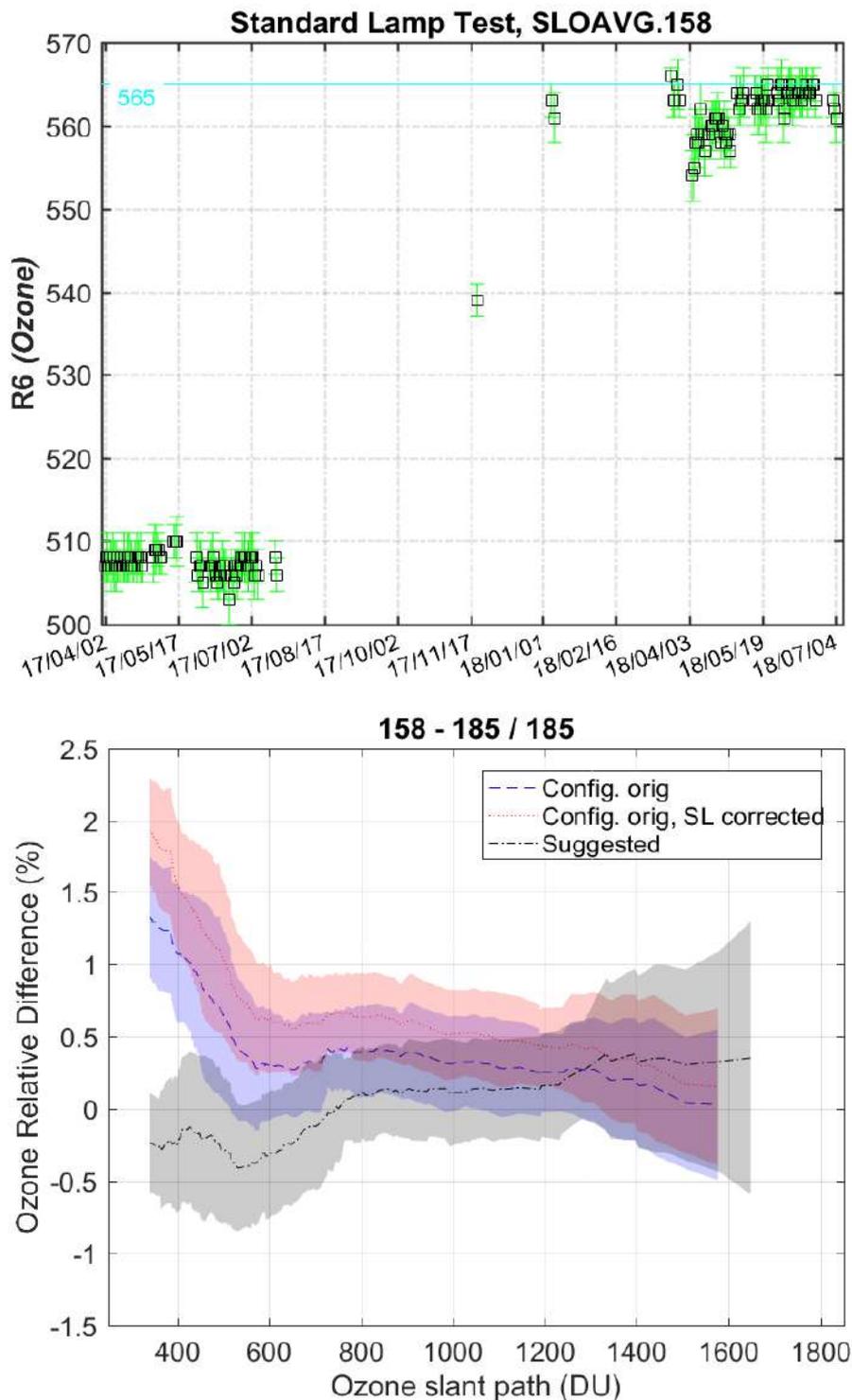
Figura 30. Intercomparación Brewer de Arosa 2018 para el B#158.

#### Calibración original

El instrumento funciona con el archivo de configuración icf29017.158 y el valor de referencia 565 para la ratio R6 de la lámpara estándar. Estas constantes de calibración se determinaron en el Observatorio Atmosférico de Izaña (IZO) en octubre de 2017.

#### Análisis histórico

Durante los días de la campaña, los ratios de la lámpara estándar se estabilizaron en torno a los valores de 558 y 853 para R6 y R5 respectivamente; sin embargo, estos valores difieren mucho de los que se determinaron como referencia en 2017. Además, los datos históricos ponen de manifiesto que el resto de parámetros analizados (test de marcha/parada, intensidad de la lámpara Hg, archivos CZ y CI) estaban bien, excepto el valor de DT, que mostró una pequeña diferencia entre los valores originales y registrados de alrededor de una unidad.



**Figura 31. (Arriba) Ratio R6 (ozono) del test de lámpara estándar para el B#158. (Abajo) Relación con respecto a la referencia utilizada en la configuración inicial con y sin corrección de lámpara.**

### Comparación inicial

Para la evaluación del estado inicial del Brewer LKO#156 se utilizó el período que va del día 213 al 220, que corresponde a 176 mediciones de ozono directas al sol casi simultáneas al Brewer de referencia. Como se muestra en la figura 31, las constantes de calibración actuales

producen valores de ozono más altos que el instrumento de referencia (+0,75 % en promedio). Sin embargo, cuando la ETC se corrigió considerando la diferencia entre la lámpara estándar y la referencia R6 (corrección de lámpara), los resultados empeoraron ligeramente con una diferencia media de alrededor del +1,25 %.

### Calibración final

Debido a la diferencia con el Brewer de referencia, y teniendo en cuenta el nuevo tiempo muerto propuesto, se calculó un nuevo valor de la ETC. Para la calibración final se utilizaron 159 mediciones directas al sol simultáneas al Brewer de referencia realizadas entre los días 214 y 220. El nuevo valor de la ETC (1820) es 25 unidades mayor que el actual (1795). Por lo tanto, se recomendó utilizar este valor de la ETC junto con la nueva ratio de referencia propuesta para la lámpara estándar, 558 para R6. Además, en la calibración final se determinó un nuevo coeficiente de absorción de ozono.

### Recomendaciones y comentarios

1. En esta campaña se ofrecieron nuevos valores de referencia de las ratios, R6 = 558 y R5 = 853.
2. El resto de diagnósticos realizados (RS, registros AP, etc.) fueron normales excepto la medición del DT, que era realmente baja.
3. Se sugiere usar una constante de DT de 28 ns, que es una unidad mayor que la propuesta durante la última intercomparación.
4. Los filtros de densidad neutra tienen un excelente comportamiento y, por lo tanto, no se ha sugerido ningún factor de corrección.
5. Los coeficientes actuales son suficientes para reducir la dependencia de la temperatura.
6. Los test de barrido solar fueron suficientemente concluyentes para analizar la posición óptica del CSN.

### Informe de calibración

[http://rbce.aemet.es/svn/campaigns/aro2018/latex/158/CALIBRATION\\_158.pdf](http://rbce.aemet.es/svn/campaigns/aro2018/latex/158/CALIBRATION_158.pdf)

**Tabla 12. Resumen de las constantes de calibración**

<i>Parámetros</i>	<i>Configuración inicial</i>	<i>Configuración final</i>
Constante ETC para O <sub>3</sub>	1795	1820
Valor de referencia SL R6	565	558
Cambio ratio SL R6 / ETC		< 5
Constante DT (ns)	27	28
Coeficientes de temperatura	antiguos	antiguos
CSN	1015	1015
Coefic. absorc. ozono	0,3435	0,3415
Archivo de calibración	Icf29017.158 (RBCC-E)	Icf21018.158 (RBCC-E)

### 3.7 Brewer WRC#163. Davos (Suiza)

El Brewer WRC#163 participó en la campaña del 30 de julio al 10 de agosto de 2018 (días julianos 209 a 221). Para la evaluación de su estado inicial se utilizaron 334 mediciones de ozono directas al sol simultáneas al Brewer de referencia realizadas entre los días 209 y 215, mientras que para la calibración final se utilizaron 192 mediciones simultáneas efectuadas entre los días 215 y 219. Solo se usaron estos días para obtener la calibración final porque se detectó un pequeño cambio en el instrumento después de la calibración a 200 W (día 215).

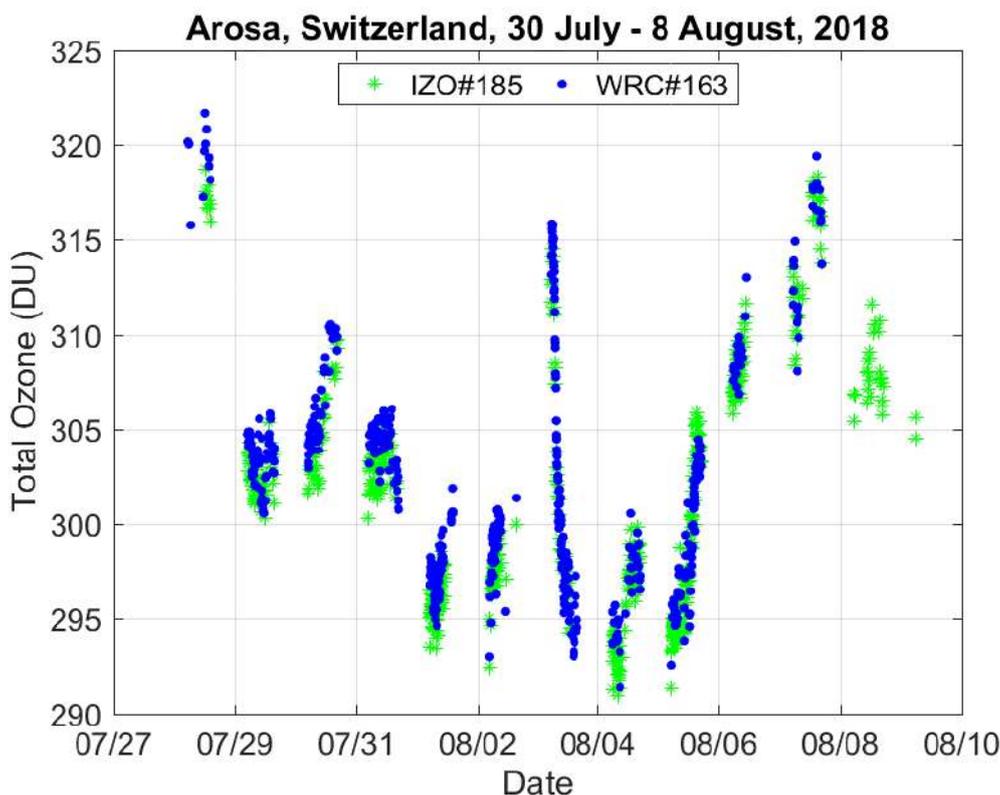


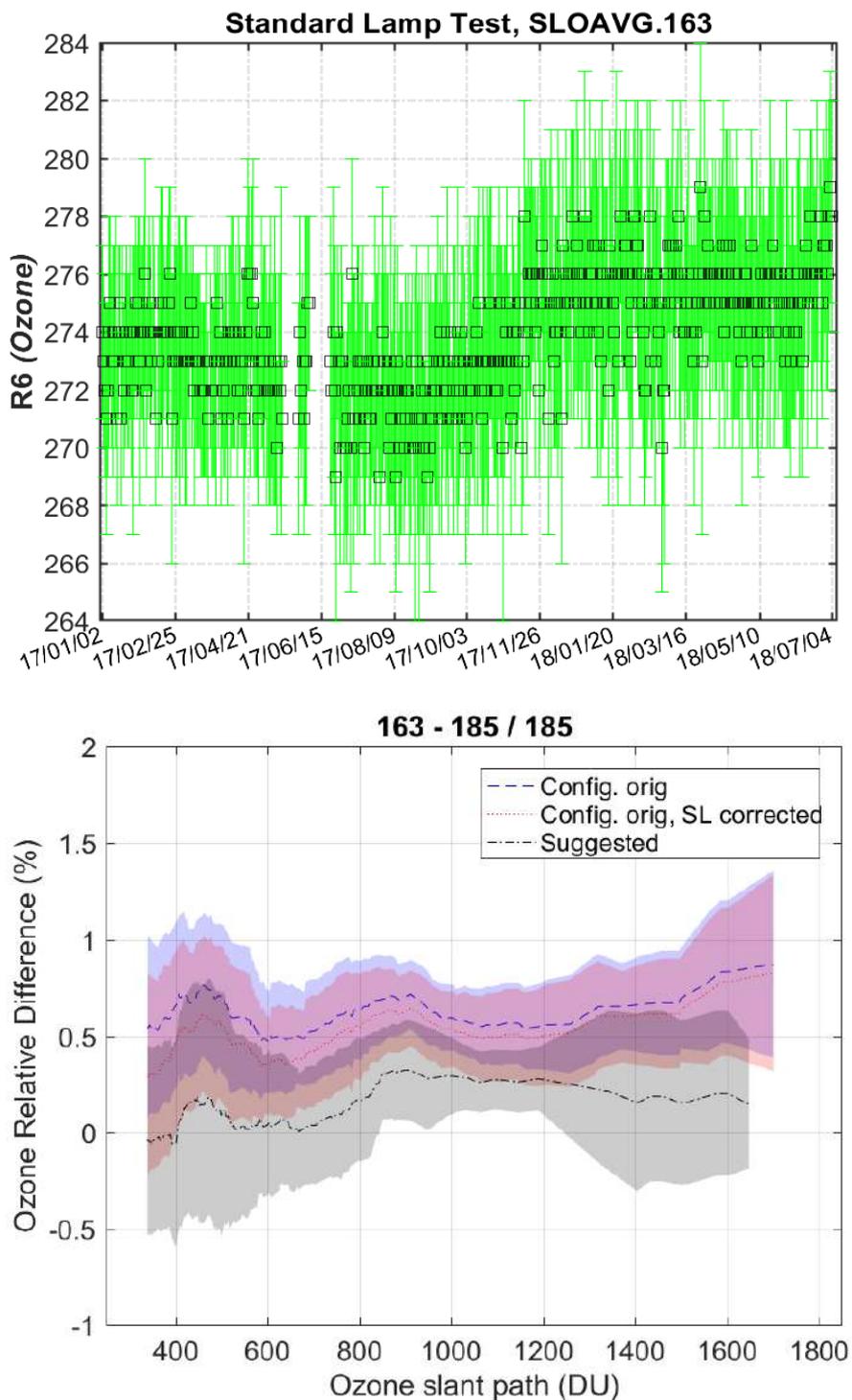
Figura 32. Intercomparación Brewer de Arosa 2018 para el B#163.

#### Calibración original

El instrumento funciona con el archivo de configuración icf15017.163 y el valor de referencia 270 para la ratio R6 de la lámpara estándar. Estas constantes de calibración se determinaron tras la campaña de intercomparación de 2017 llevada a cabo en El Arenosillo (Huelva, España).

#### Análisis histórico

Los resultados del test de lámpara del Brewer WRC#163 mostraron un comportamiento muy estable durante los dos últimos años. Durante los días de la campaña, las ratios de la lámpara estándar se estabilizaron en torno a los valores de 274 y 465 para R6 y R5 respectivamente. Estos valores se han calculado considerando el nuevo tiempo muerto propuesto en esta campaña, que reflejó una pequeña diferencia entre los valores originales y registrados de alrededor de 2 unidades. El resto de parámetros analizados (test de marcha/parada, intensidad de la lámpara Hg, archivos CZ y CI) presentaron comportamientos estables.



**Figura 33. (Arriba) Ratio R6 (ozono) del test de lámpara estándar para el B#163. (Abajo) Relación con respecto a la referencia utilizada en la configuración inicial con y sin corrección de lámpara.**

### Comparación inicial

Para la evaluación del estado inicial se utilizó el período que va del día 209 al 215, que corresponde a 334 mediciones de ozono directas al sol casi simultáneas al Brewer de referencia. Como se muestra en la figura 33, las constantes de calibración actuales producen valores de ozono más altos que el instrumento de referencia (+0,5 %). Además, cuando la ETC se corrigió aplicando la corrección de lámpara, los resultados mejoraron ligeramente (+0,4 %).

### Calibración final

Se calculó un nuevo valor de la ETC utilizando 192 mediciones directas al sol simultáneas al Brewer de referencia realizadas entre los días 215 y 219. El nuevo valor de la ETC (1490) es unas 10 unidades mayor que el actual (1480). Por lo tanto, se recomendó utilizar este valor de la ETC junto con la nueva ratio de referencia propuesta para la lámpara estándar, 274 para R6. La tabla 13 muestra un resumen con los nuevos parámetros.

### Recomendaciones y comentarios

1. En esta campaña se ofrecieron nuevos valores de referencia de las ratios, R6 = 274 y R5 = 465.
2. El resto de diagnósticos realizados (RS, registros AP, etc.) fueron normales excepto la medición del DT.
3. Se sugiere usar una constante de DT de 28 ns, que es dos unidades menor que la propuesta durante la última intercomparación.
4. Los filtros de densidad neutra tienen un excelente comportamiento y, por lo tanto, no se ha sugerido ningún factor de corrección.
5. Los antiguos coeficientes de temperatura son suficientes para reducir la dependencia con este parámetro.
6. Los test de barrido solar fueron suficientemente concluyentes para analizar la posición óptica del CSN y los resultados sugieren la utilización de un nuevo número para la posición en pasos del micrómetro. Sin embargo, el valor actual garantiza una buena concordancia con la referencia.

### Informe de calibración

[http://rbcce.aemet.es/svn/campaigns/aro2018/latex/163/CALIBRATION\\_163.pdf](http://rbcce.aemet.es/svn/campaigns/aro2018/latex/163/CALIBRATION_163.pdf)

**Tabla 13. Resumen de las constantes de calibración**

<i>Parámetros</i>	<i>Configuración inicial</i>	<i>Configuración final</i>
Constante ETC para O <sub>3</sub>	1480	1490
Valor de referencia SL R6	270	274
Cambio ratio SL R6 / ETC		< 5
Constante DT (ns)	30	28
Coeficientes de temperatura	antiguos	antiguos
CSN	1021	1021
Coefic. absorc. ozono	0,3405	0,341
Archivo de calibración	Icf15017.163 (RBCC-E)	Icf21018.163 (RBCC-E)

### 3.8 Brewer K&Z#245. Delft (Países Bajos)

El Brewer K&Z#245 participó en la campaña del 30 de julio al 10 de agosto de 2018 (días julianos 209 a 221). Para la evaluación de su estado inicial se utilizaron 209 mediciones de ozono directas al sol simultáneas al Brewer de referencia realizadas entre los días 213 y 220, mientras que para la calibración final se utilizó el mismo período, pero con 206 mediciones simultáneas. Este instrumento no ha participado en ninguna campaña de calibración anterior. Por lo tanto, su calibración inicial fue proporcionada por Kipp & Zonen. Además, solo ha estado funcionando durante dos meses antes de esta campaña.

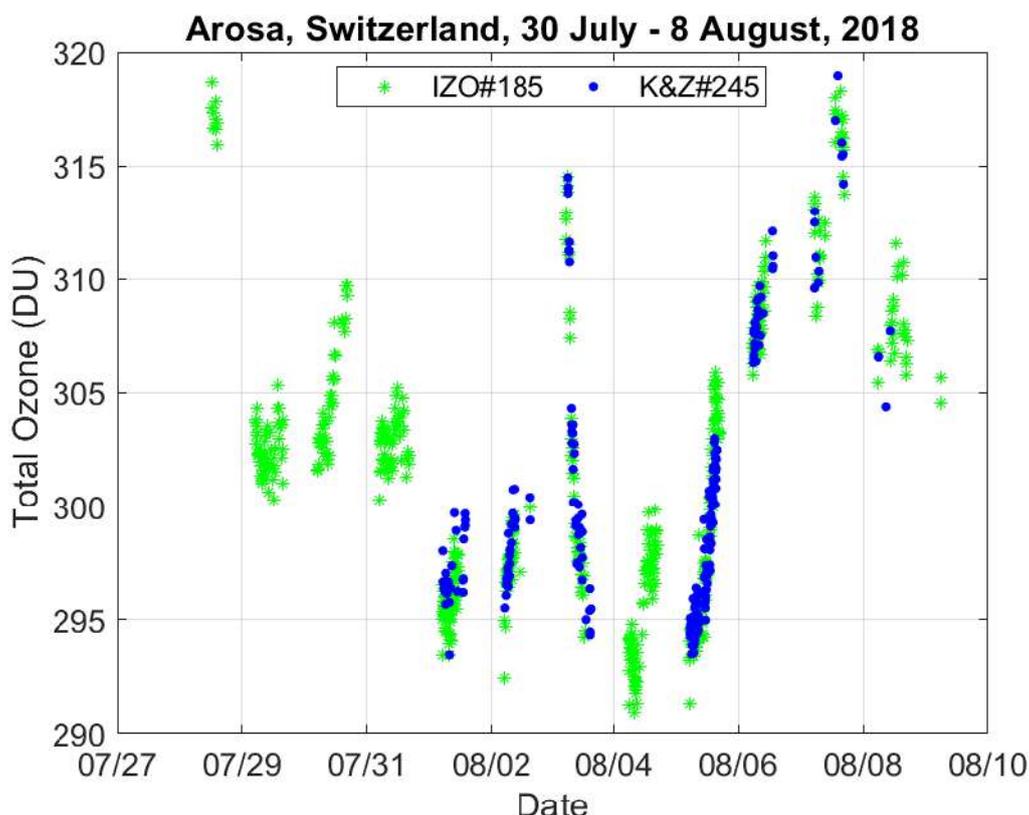


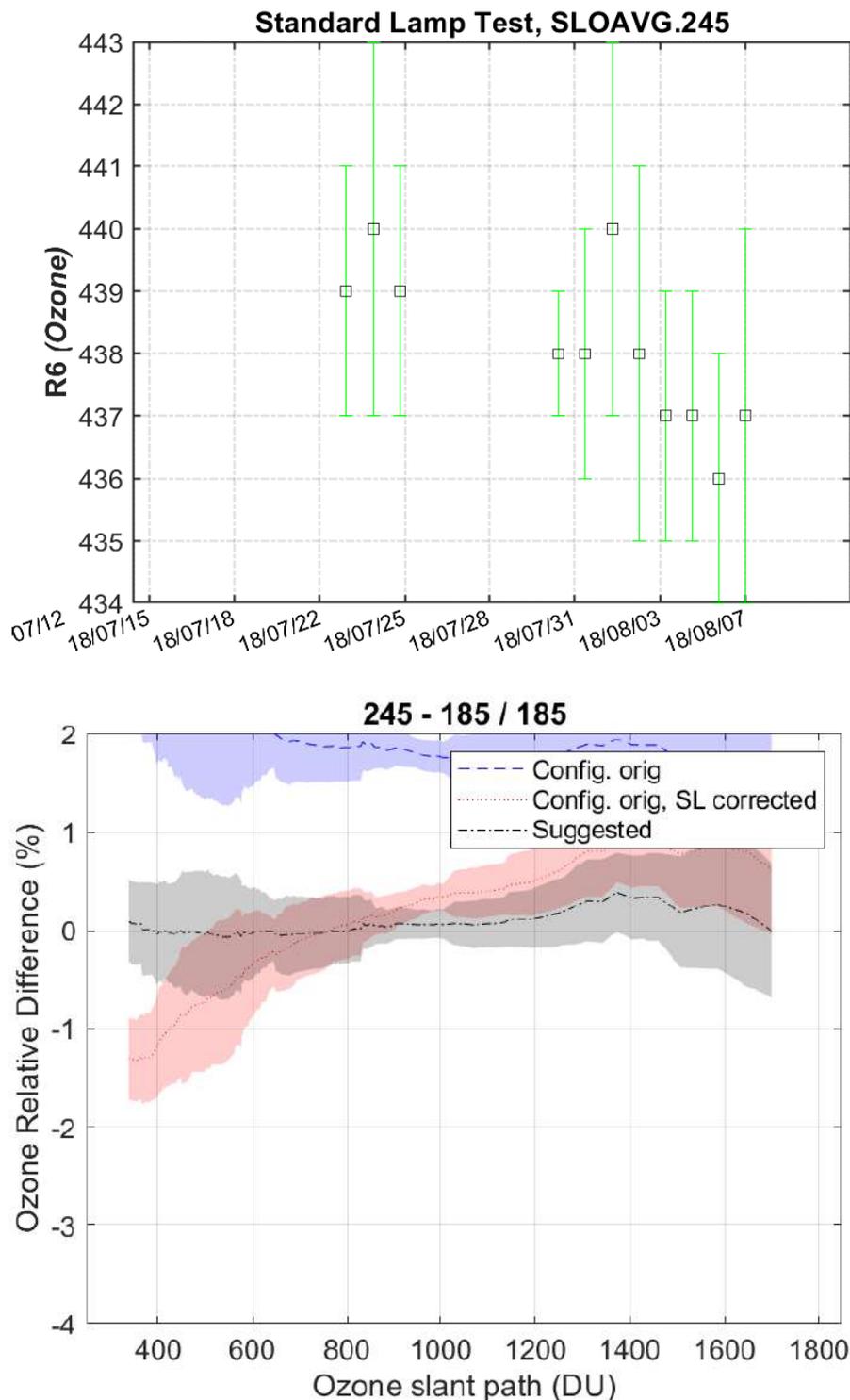
Figura 34. Intercomparación Brewer de Arosa 2018 para el B#245.

#### Calibración original

El instrumento funciona con el archivo de configuración icf18618.245 y el valor de referencia 377 para la ratio R6 de la lámpara estándar. Estas constantes de calibración fueron proporcionadas por Kipp & Zonen como configuración inicial del instrumento.

#### Análisis histórico

Durante los días de la campaña, las ratios de la lámpara estándar se estabilizaron en torno a los valores de 438 y 580 para R6 y R5 respectivamente (figura 35). Estos valores son muy diferentes de los facilitados como referencia inicialmente por Kipp & Zonen y ello se debe a que la posición del paso de calibración se cambió unos días antes de la campaña. Además, los datos históricos sugieren que hay que modificar el tiempo muerto y el coeficiente de temperatura para la calibración final. El resto de parámetros analizados (test de marcha/parada, intensidad de la lámpara Hg, archivos CZ y CI) presentaron comportamientos estables.



**Figura 35. (Arriba) Ratio R6 (ozono) del test de lámpara estándar para el B#245. (Abajo) Relación con respecto a la referencia utilizada en la configuración inicial con y sin corrección de lámpara.**

### Comparación inicial

Para la evaluación del estado inicial se utilizó el período que va del día 149 al 155, que corresponde a 209 mediciones de ozono directas al sol casi simultáneas al Brewer de referencia. Como muestra la figura 35, las constantes de calibración actuales producen valores

de ozono más altos que el instrumento de referencia (+2 % en promedio). Cuando se aplicó la corrección de lámpara, los resultados mejoraron significativamente con una diferencia de en torno a un +0,4 % por término medio.

### Calibración final

Debido a la diferencia con el Brewer de referencia, se calculó un nuevo valor de la ETC utilizando 207 mediciones directas al sol simultáneas al Brewer de referencia realizadas entre los días 213 y 220. El nuevo valor de la ETC (1620) es 33 unidades mayor que el actual (1587). Por lo tanto, se recomendó utilizar este valor de la ETC junto con la nueva ratio de referencia propuesta para la lámpara estándar, 438 para R6. La tabla 14 muestra los valores actualizados de las nuevas constantes de calibración del ICF proporcionado. Es importante señalar que la nueva ETC se calculó teniendo en cuenta el nuevo conjunto de valores de coeficientes de temperatura, tiempo muerto y coeficiente de absorción de ozono.

### Recomendaciones y comentarios

1. En esta campaña se ofrecieron nuevos valores de referencia de las ratios, R6 = 438 y R5 = 580.
2. El resto de diagnósticos realizados (RS, registros AP, etc.) fueron normales excepto la medición del DT, que era realmente baja.
3. Se sugiere usar una constante de DT de 25 ns, que es tres unidades menor que la referencia actual.
4. Los filtros de densidad neutra tienen un excelente comportamiento y, por lo tanto, no se ha sugerido ningún factor de corrección.
5. Se han adoptado nuevos coeficientes de temperatura.
6. Los test de barrido solar fueron suficientemente concluyentes para analizar la posición óptica del CSN.

### Informe de calibración

[http://rbce.aemet.es/svn/campaigns/aro2018/latex/245/CALIBRATION\\_245.pdf](http://rbce.aemet.es/svn/campaigns/aro2018/latex/245/CALIBRATION_245.pdf)

**Tabla 14. Resumen de las constantes de calibración**

<i>Parámetros</i>	<i>Configuración inicial</i>	<i>Configuración final</i>
Constante ETC para O <sub>3</sub>	1587	1620
Valor de referencia SL R6	377	437
Cambio ratio SL R6 / ETC		< 5
Constante DT (ns)	28	28
Coeficientes de temperatura	antiguos	nuevos
CSN	1020	1026
Coefic. absorc. ozono	0,3428	0,3466
Archivo de calibración	Icf18618.245 (Kipp & Zonen)	Icf21018.245 (RBCC-E)

#### 4. REFERENCIAS

- Ito, M. *et al.*, 2011: Observation of total ozone and UV solar radiation with Brewer Spectrophotometers on the Norikura mountains, Northern Japanese Alps, from 2009). [https://www.jma-net.go.jp/kousou/information/journal/2014/pdf/72\\_45\\_Ito\\_et.pdf](https://www.jma-net.go.jp/kousou/information/journal/2014/pdf/72_45_Ito_et.pdf).
- León-Luis, S.F., A. Redondas, V. Carreño, J. López-Solano, A. Berjón, B. Hernández-Cruz and D. Santana-Díaz, 2018: Internal consistency of the Regional Brewer Calibration Centre for Europe triad during the period 2005-2016, *Atmospheric Measurement Techniques*, 11, 4059-4072, <https://doi.org/10.5194/amt-11-4059-2018>.
- Redondas, A., 2003: Izaña atmospheric observatory, ozone absolute calibration, Langley regression method. The Eight Biennial WMO Consultation on Brewer Ozone and UV Spectrophotometer Operation, Calibration and Data Reporting.
- Redondas, A., V. Carreño, S.F. León-Luis, B. Hernández-Cruz, J. López-Solano, J.J. Rodríguez-Franco, J.M. Vilaplana, J. Gröbner, J. Rimmer, A.F. Bais, V. Savastiouk, J.R. Moreta, L. Boulkelia, N. Jepsen, K.M. Wilson, V. Shirotov and T. Karppinen, 2018: EUBREWNET RBCC-E Huelva 2015 Ozone Brewer Intercomparison, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18(13), 9441-9455, <https://doi.org/10.5194/acp-18-9441-2018>.
- WMO, 2008a: The Ninth Biennial WMO Consultation on Brewer Ozone and UV Spectrophotometer Operation, Calibration and Data Reporting, GAW Report No. 175, (WMO TD No. 1419), Delft, Netherlands, 31 May-3 June 2005, 69 pp.
- WMO, 2008b: The Tenth Biennial WMO Consultation on Brewer Ozone and UV Spectrophotometer Operation, Calibration and Data Reporting, GAW Report No. 176, (WMO TD No. 1420), Northwich, United Kingdom, 4-8 June 2007, 61 pp.

## LISTA DE LOS ÚLTIMOS INFORMES DE LA VAG\*

247. Izaña Atmospheric Research Center Activity Report 2017-2018, 2019.
246. Thirteenth Intercomparison Campaign of the Regional Brewer Calibration Center Europe (RBCC-E), Lichtklimatisches Observatorium, Arosa, Switzerland, 30 July to 10 August 2018.
245. An Integrated Global Greenhouse Gas Information System (IG3IS) Science Implementation Plan, 2019.
244. Report of the 2017 Global Atmosphere Watch Symposium and Fourth Session of the CAS Environmental Pollution and Atmospheric Chemistry Scientific Steering Committee (EPAC SSC), Geneva, Switzerland, 10-13 April 2017, 2019.
243. Report of the Fifth Erythemal UV Radiometers Intercomparison, Buenos Aires, Argentina, 2019.
242. 19th WMO/IAEA Meeting on Carbon Dioxide, Other Greenhouse Gases and Related Tracers Measurement Techniques (GGMT-2017), Dübendorf, Switzerland, 27-31 August 2017, 2018.
241. SPARC/IOC/GAW Report on Long-term Ozone Trends and Uncertainties in the Stratosphere, SPARC Report No. 9, WCRP-2017/2018, GAW Report No. 241, 2018.
240. Report of the Second International UV Filter Radiometer Intercomparison UVC-II, Davos, Switzerland, 25 May-5 October 2017, 212 pp., 2018.
239. Calibration Methods of GC- $\mu$ ECD for Atmospheric SF<sub>6</sub> Measurements, 26 pp., 2018.
238. The Magnitude and Impacts of Anthropogenic Atmospheric Nitrogen Inputs to the Ocean, Reports and Studies GESAMP No. 97, 47 pp., 2018.
237. Final Report of the 44th Session of GESAMP, Geneva, Switzerland, 4-7 September 2017, Reports and Studies GESAMP No. 96, 115 pp., 2018.
236. Izaña Atmospheric Research Center: Activity Report 2015-2016, 178 pp., 2017.
235. Vegetation Fire and Smoke Pollution Warning and Advisory System (VFSP-WAS): Concept Node and Expert Recommendations, 45 pp., 2018.
234. Global Atmosphere Watch Workshop on Measurement-Model Fusion for the Global Total Atmospheric Deposition (MMF-GTAD), Geneva, Switzerland, 28 February to 2 March 2017, 45 pp., 2017.
233. Report of the Third Session of the CAS Environmental Pollution and Atmospheric Chemistry Scientific Steering Committee (EPAC SSC), Geneva, Switzerland, 15-17 March 2016, 44 pp., 2018.
232. Report of the WMO/GAW Expert Meeting on Nitrogen Oxides and International Workshop on the Nitrogen Cycle, York, UK, 12-14 April 2016, 62 pp., 2017.
231. The Fourth WMO Filter Radiometer Comparison (FRC-IV), Davos, Switzerland, 28 September – 16 October 2015, 65 pp., November 2016.
230. Airborne Dust: From R&D to Operational Forecast 2013-2015 Activity Report of the SDS-WAS Regional Center for Northern Africa, Middle East and Europe, 73 pp., 2016.
229. 18th WMO/IAEA Meeting on Carbon Dioxide, Other Greenhouse Gases and Related Tracers Measurement Techniques (GGMT-2015), La Jolla, CA, USA, 13-17 September 2015, 150 pp., 2016.
228. WMO Global Atmosphere Watch (GAW) Implementation Plan: 2016-2023, 81 pp., 2017.

DECIMOTERCERA CAMPAÑA DE INTERCOMPARACIÓN DEL CENTRO REGIONAL DE CALIBRACIÓN BREWER PARA EUROPA, AROSA (SUIZA), 30 DE JULIO A 10 DE AGOSTO DE 2018

227. WMO/GAW Aerosol Measurement Procedures, Guidelines and Recommendations, 2nd Edition, 2016, WMO-No. 1177, ISBN: 978-92-63-11177-7, 101 pp., 2016.
226. Coupled Chemistry-Meteorology/Climate Modelling (CCMM): status and relevance for numerical weather prediction, atmospheric pollution and climate research, Geneva, Switzerland, 23-25 February 2015 (WMO-No. 1172; WCRP Report No. 9/2016, WWRP 2016-1), 165 pp., May 2016.
225. WMO/UNEP Dobson Data Quality Workshop, Hradec Kralove, Czech Republic, 14-18 February 2011, 32 pp., April 2016.
224. Ninth Intercomparison Campaign of the Regional Brewer Calibration Center for Europe (RBCC-E), Lichtklimatisches Observatorium, Arosa, Switzerland, 24-26 July 2014, 40 pp., December 2015.
223. Eighth Intercomparison Campaign of the Regional Brewer Calibration Center for Europe (RBCC-E), El Arenosillo Atmospheric Sounding Station, Huelva, Spain, 10-20 June 2013, 79 pp., December 2015.
222. Analytical Methods for Atmospheric SF<sub>6</sub> Using GC- $\mu$ ECD, World Calibration Centre for SF<sub>6</sub> Technical Note No. 1., 47 pp., September 2015.
221. Report for the First Meeting of the WMO GAW Task Team on Observational Requirements and Satellite Measurements (TT-ObsReq) as regards Atmospheric Composition and Related Physical Parameters, Geneva, Switzerland, 10-13 November 2014, 22 pp., July 2015.
220. Report of the Second Session of the CAS Environmental Pollution and Atmospheric Chemistry Scientific Steering Committee (EPAC SSC), Geneva, Switzerland, 18-20 February 2015, 54 pp., June 2015.
219. Izaña Atmospheric Research Center, Activity Report 2012-2014, 157 pp., June 2015.
218. Absorption Cross-Sections of Ozone (ACSO), Status Report as of December 2015, 46 pp., December 2015.
217. System of Air Quality Forecasting And Research (SAFAR – India), 60 pp., June 2015.
216. Seventh Intercomparison Campaign of the Regional Brewer Calibration Center Europe (RBCC-E), Lichtklimatisches Observatorium, Arosa, Switzerland, 16-27 July 2012, 106 pp., March 2015.

Puede consultarse la lista completa en:

<http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gaw-reports.html>

[http://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=etagere\\_see&id=144#.WK2TTBiZNB](http://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=etagere_see&id=144#.WK2TTBiZNB)

Para obtener más información, póngase en contacto con:

## **Organización Meteorológica Mundial**

**Departamento de Investigación**

**Subdivisión de Investigación Atmosférica y del Medio Ambiente**

7 bis, avenue de la Paix – P.O. Box 2300 – CH 1211 Genève 2 – Suiza

Tel.: +41 (0) 22 730 81 11 – Fax: +41 (0) 22 730 81 81

Correo electrónico: [GAW@wmo.int](mailto:GAW@wmo.int)

**Sitio web: <https://public.wmo.int/en/programmes/global-atmosphere-watch-programme>**