



# Manual de utilización



Septiembre 2013

21, avenue de Fondeyre - 31200 TOULOUSE CEDEX - FRANCE Tél. : 05 62 24 48 92 - Fax : 05 62 24 26 46 - émail : <u>contact@tenum.fr</u>

Este manual no es un documento contractual y la información contenida está sujeta a modificación sin previo aviso.

Favor de leer este manual antes de utilizar Calitoo.

Este manual, así como la información técnica, tutoriales y software de configuración están disponibles en la página web:

http://www.calitoo.fr

# Índice

Introducción	5
1.Funcionamiento de Calitoo	6
Las pilas	
Encendido	
Primeras mediciones	7
Posicionamiento hacia el Sol	7
Máximos	
Almacenamiento	
Lectura de datos	
Cambio de modo	
Apagado	
Precauciones	
2.Software	
Descarga e Instalación	
Iniciar el programa	
Gestión de datos: Descarga de datos	
Gestión de datos: Borrar los datos	
Parámetros científicos	
Terminar el trabajo	
3.ANEXOS	17
Cálculo del espesor óptico	
Caracterización de partículas	

## Introducción

Este documento permitirá al usuario utilizar el fotómetro Calitoo y realizar mediciones con valor científico. Su utilización está adaptada al terreno y a la manipulación por jóvenes estudiantes dentro del contexto del programa educativo Calisph'AIR.

Calisph'AIR<sup>(1)</sup> es un proyecto educativo enfocado al **estudio de la atmósfera** y del clima, el cual se apoya de información científica proporcionada por satélites como Parasol, Calipso, IASI, entre otros.

Este proyecto se desarrolla dentro del marco del **programa internacional** educativo y científico GLOBE<sup>(2)</sup> el cual reúne estudiantes, profesores y científicos alrededor de la observación y colecta de datos ambientales. Desde su creación, GLOBE ha reunido a más de 15 000 instituciones académicas y 26 000 profesores de todo el mundo.

El programa comprende el estudio del impacto de los aerosoles en el medio ambiente. Además de apoyarse de la información brindada por satélites, dicho estudio se complementa con las mediciones hechas por estudiantes sirviéndose de un fotómetro solar.

- (1) <u>http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/7167-calisph-air.php</u>
- (2) <u>http://globefrance.org/</u>

La primera parte tiene como objetivo guiar al usuario en la utilización del fotómetro.

La segunda parte está enfocada a la utilización del software que permite descargar los datos obtenidos.

Para finalizar, en la parte de Anexos se presentan las características técnicas del dispositivo.

## 1. Funcionamiento de Calitoo

## Las pilas

El fotómetro funciona con 4 pilas AA situadas bajo la escotilla en la parte posterior del aparato.



La aplicación se facilita colocando primero el lado "+" de la batería en su lugar. De igual manera se pueden utilizar pilas recargables AA.

### Encendido

El fotómetro se activa pulsando durante 2 segundos el botón central.



Cuando el texto de presentación aparece en la pantalla, se puede soltar el botón: el dispositivo está en funcionamiento.

### Primeras mediciones

Tras la puesta en marcha, y una vez el texto de presentación ha desaparecido, el fotómetro indica que esta en modo de medición e indica la información básica:



Una vez que el fotómetro se encuentra en 3D, es posible comenzar con las mediciones.

Si el GPS no está en 3D, no se podrán registrar las mediciones realizadas.

### Posicionamiento hacia el Sol

El posicionamiento del fotómetro es manual y se ve facilitado por el dispositivo de observación situado por encima de la pantalla.



Debe colocarse frente al sol de manera estable y llevar rápidamente el punto luminoso al centro del objetivo. Es vital mantenerlo en esa posición durante el tiempo de medición.





El punto luminoso está en el centro del objetivo: significa que el fotómetro está correctamente posicionado.

### Máximos

El objetivo es obtener los valores máximos para RVA (rojo, verde y azul). Para esto es necesario hacer lo siguiente:



Haga clic sobre el botón del fotómetro para pasar a la página de mediciones máximas (suponiendo que se haya quedado sobre la página de inicio descrita anteriormente).

Cuando los valores numéricos máximos medidos no cambian en la pantalla (después de aproximadamente un minuto), se hace el almacenamiento de las mediciones.

### Almacenamiento

De nuevo haga clic sobre el botón para estar en la tercera página dedicada al almacenamiento de datos.



El fotómetro le preguntará si desea registrar la medición previamente tomada.



En ese caso, presionar otra vez sobre el botón, sólo que esta vez, manteniéndolo presionado hasta que el mensaje **Registrado!** aparezca en la pantalla.

Soltar el botón para dirigirse de nuevo a la página de inicio para un nuevo ciclo de mediciones.

En el caso de no estar satisfecho de la medición hecha, se tendrá que presionar el botón normalmente para anular la operación y dirigirse a la página de inicio para un nuevo ciclo de mediciones.

### Lectura de datos

Para leer las últimas mediciones efectuadas, vaya a la página de inicio y mantenga el botón presionado unos segundos.



Cuando la pantalla muestre **Modo LECTURA** suelte el botón.

Cada medición, empezando por la más reciente, es presentada en 3 páginas:





### Cambio de modo

Para pasar de **Modo LECTURA** a **Modo MEDICIÓN**, se tiene que mantener presionado el botón por algunos segundos. Cuando el modo deseado aparezca en pantalla, suelte el botón.



## Apagado

Para apagar el fotómetro, se debe mantener presionado el botón continuamente hasta que la pantalla muestre el mensaje **Apagado en curso...** En ese momento, suelte el botón para finalizar con el apagado.



### Precauciones

El fotómetro es un instrumento de medida óptica, por lo cual es conveniente no obstaculizar el camino que lleva la luz solar al sensor.

Para ello, ofrecemos un adhesivo que se coloca al frente de los agujeros del visor y del sensor una vez el fotómetro se encuentra fuera de uso.





No olvide retirar el adhesivo antes de hacer las mediciones.

## 2.Software

### Descarga e Instalación

Antes de conectar por primera vez el fotómetro a su PC, es necesario instalar un controlador (o driver en inglés) que transforma el puerto USB en un puerto de serie virtual.

Para ello, es necesario descargar el archivo Driver FTDI(\*) y ejecutarlo.

Ésta operación se debe hacer antes de conectar el puerto USB al fotómetro y antes de iniciar el programa Calitoo.

#### (\*)http://www.calitoo.fr/index.php?page=logiciel-pc

El programa Calitoo se puede utilizar directamente sin necesidad de instalación.

Le recomendamos crear una carpeta Calitoo en el lugar que mejor le convenga sobre el disco duro de su PC para, posteriormente, copiar el archivo Calitooxx.exe descargado.

Existe una versión 32bits y una versión 64bits del programa. Si no sabe cuál es el tipo de su sistema, tome la de 32bits.



Antes de iniciar el programa, es imprescindible conectar el fotómetro a su PC y encenderlo.

## Iniciar el programa

Un doble clic sobre el ícono inicia el programa que empezará por buscar establecer una conexión del software con el fotómetro. (Figura 1)

Una vez logrado lo anterior, la pantalla del fotómetro mostrará **Modo CONFIG** y el programa indicará el número de serie del fotómetro conectado (Figura 2).

El programa propondrá, a través de diferentes pestañas, las operaciones siguientes:

**Identidad**: Indicación del número de serie único, el cual permite identificar el fotómetro. Se incluye en los archivos de datos producidos.

Datos: Gestión de datos almacenados (Descargar y Borrar)

No: Parámetros de calibración (No) de los tres canales de medición (rojo, verde y azul).

**Rayleigh**: Parámetros para el cálculo del coeficiente de difusión molecular, el cual interviene en el cálculo del espesor óptico de los tres canales de medición.

**Ozono**: Parámetros para el cálculo de la contribución del ozono en el cálculo del espesor óptico de los canales rojo y verde (para el canal azul es despreciable).





Figura 1

## Gestión de datos: Descarga de datos

La descarga de datos es propuesta en la pestaña 2 del software (Figura 3).

Un solo clic sobre la carpeta con una flecha verde y la operación se iniciará (Figura 4).





Figura 3

#### Organización de los datos en PC

La carpeta de trabajo o de base es la que contiene el programa Calitoo. Ejemplo del diagrama:



**0002** : Número de identificación del fotómetro que ha producido los datos que contiene ésta carpeta.

**0002\_10** : Carpeta que contiene los datos brutos, de tipo 1.0 según la denominación de AERONET:

1.0 = Datos brutos + AOT calculados por el fotómetro

1.5 = Las mediciones anormales son eliminadas (causadas por nubes, mal posicionamiento hacia el sol, filtros, etc.) + AOT calculados por el fotómetro + AOT calculados por el usuario.

2.0 = Los AOT han sido validados (correcciones aportadas por una segunda calibración).

```
002_20130912_133706_10.txt
```

El nombre del documento con los datos es generado automáticamente por el programa.

Los números contenidos hacen referencia a:

- El número del fotómetro. En este caso el número 2
- La fecha de la primera medida contenida en el documento. En este caso 12 septiembre 2013: siguiendo el orden aaaa/mm/dd
- La hora de la primera medida contenida en el documento.
   En este caso a las 13 horas 37 minutos 06 segundos TU.
- El tipo de datos.
   En este caso 10 significa 1.0 del tipo AERONET.

### Formato de un documento de datos

Ejemplo :	Identificación del fotómetro: año y identificación único.	mes de fabricación y número de		
		Los parámetros de calibración:		
CALITOO #1310-0002		CN0_619: el No para el rojo (619 nm) RAY_465: el coeficiente de Rayleigh para el azul (465 nm) OZ_540: el coeficiente de ozono para el verde (540 nm)		
CN0_619=3945;RAY_619=0 CN0_540=3251;RAY_540=0	0.06281;0Z_619=0.0154 0.10637;0Z_540=0.0128	El coeficiente de ozono para el azul siempre es igual a cero.		
CN0_465=3250;RAY_465=0	.19490			
Date time;Temperature;	Pression;RAW619;RAW540;RAW465;Altitude	 ;Latitude;Longitude;Elevation;A0T619;A0T540;A0T465		
12/09/2013 13:37:06;+2	8;1006;0060;0116;0139;00154;4338.40656	N;00125.57830E;43,4;2,6524;2,1589;2,0925		
12/09/2013 13:37:37;+2	8;1006;0070;0136;0156;00148;4338.40957	N;00125.57657E;43,3;2,5436;2,0472;2,0108		
		La línea de nombramiento de las columnas de datos: RAW : medidas numéricas brutas AOT : espesor óptico calculado por el fotómetro		

El documento mostrado anteriormente es nombrado: 002\_20130912\_133706\_10.txt

### Gestión de datos: Borrar los datos

El ícono representado por una escobilla y una memoria permiten borrar las 999 posibles mediciones que la memoria del fotómetro puede almacenar.

El programa pedirá la confirmación para realizar la acción (Figura 4). Si su respuesta es OK, los datos serán borrados <u>definitivamente</u>.

CALITOO #1.0 - TENOPT2013	
•	*
Identity Data No Ray	)) Vleigh   Ozone
Photometer mem Valid data	erasing ?
Ċ	

Figura 5

### Parámetros científicos

Al adquirir Calitoo, usted obtiene un dispositivo calibrado. Los parámetros de calibración son memorizados al interior del fotómetro. Dichos parámetros están disponibles en el sitio web <u>www.calitoo.fr</u> en la pestaña Calibración.

Atención, no cambie los datos del fotómetro a menos que se haya realizado una nueva calibración o en caso de que se detecte un cambio entre los parámetros del fotómetro respecto a los mostrados en línea.

Para transmitir los nuevos valores al fotómetro, luego de una modificación, se tiene que hacer clic en el botón de validación.

Los valores serán conservados en el fotómetro incluso después de haberlo apagado. Todos los cálculos realizados a partir de esta modificación serán calculados tomando en cuenta los nuevos parámetros registrados.

Las mediciones realizadas antes de esta modificación no cambiarán. Si es necesario hacer una modificación en éstas últimas, la única manera es recalcular manualmente después de la descarga de datos al PC.

Los parámetros a los que hacemos referencia son:

- No: es el valor numérico que daría el fotómetro si las mediciones se realizarán fuera de la atmósfera terrestre (Figura 6).
- **Rayleigh**: es un coeficiente que tiene en cuenta la distribución de la luz en una longitud de onda específica por las moléculas de aire puro.
- **Ozone**: es la contribución del ozono estratosférico al espesor óptico. Ésta contribución es despreciable para el azul.



Para mayor información ver en Anexos: Cálculo del espesor óptico

## Terminar el trabajo

Para salir de la configuración y la gestión de datos, basta con cerrar la ventana del programa haciendo clic en la cruz situada en la esquina superior derecha.

## **3.ANEXOS**

### Cálculo del espesor óptico

#### Ley de Beer-Lambert aplicada a la atmósfera

$$I(\lambda) = I_0(\lambda) \cdot \exp\left(-m\left(\tau_a + \tau_g + \tau_{NO2} + \tau_w + \tau_{O3} + \tau_r\right)\right)$$
[1]

- $I_0$  : intensidad de la luz solar fuera de la atmósfera
- I : luz recibida en el suelo
- $\lambda$  es la longitud de onda de la luz
- aua : coeficiente de transparencia de aerosoles
- au g : coeficiente de transparencia de gases (CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> )

 $au_{
m NO2}$  : coeficiente de transparencia del dióxido de nitrógeno (contaminación)

- $au_{
  m w}$  : coeficiente de transparencia del vapor de agua
- $au_{
  m O3}$  : coeficiente de transparencia del ozono
- aur : coeficiente de transparencia de difusión Rayleigh
- m : coeficiente de la masa de aire por la cual la luz atraviesa (camino óptico).

 $m = \frac{1}{\sin(\theta)}$  siendo  $\theta$  el ángulo de la posición del sol respecto al horizonte.

Para el caso de las mediciones de aerosoles, la ecuación es simplificada considerando que el espesor óptico atmosférico total depende únicamente de la disipación de la luz causada por las moléculas (Rayleigh), por las moléculas de ozono (O<sub>3</sub>) y por los aerosoles. Así pues, podemos considerar la contribución « natural » (molecular) y « contaminante » (aerosoles + otros).

Las contribuciones generadas por el ozono (pueden ser otros gases absorbentes bajo ciertas condiciones) y los aerosoles pueden ser separadas después de las mediciones tomadas: ya sea utilizando datos climatológicos y valores promedios de ozono dependiendo de la latitud por ejemplo, o utilizando mediciones reales totales de la columna de aire con el tiempo y lugar de la colecta de datos. Los instrumentos montados sobre satélites como el Total Ozone Mapping Spectrometer<sup>(4)</sup> (TOMS) proporcionan este tipo de datos.

(4) <u>http://jwocky.gsfc.nasa.gov/</u>

La ecuación [1] se convierte en:  $I(\lambda) = I_0(\lambda) \cdot \exp(-m(\tau_a + \tau_r + \tau_{O3}))$ 

Tratamos de determinar  $\tau_a$ .

El coeficiente  $\tau$ r es proporcional a la relación entre la presión atmosférica medida en el punto de observación y la presión al nivel del mar: p/p<sub>0</sub> lo cual es igual a:

$$\tau_r = a_R \cdot \frac{p}{p_0}$$

El coeficiente  $\tau_{O3}$ , es proporcionado por el LOA para las longitudes de onda verde y roja. Para el azul, este coeficiente es despreciable.

Nuestro fotómetro devuelve un valor directamente proporcional a la intensidad de la luz. Llamaremos a éste valor N.

 $N_{\rm 0}$  es el valor que daría el fotómetro para una medida de la intensidad luminosa fuera de la atmósfera a 1 UA^{(5)} del sol.

(5) Unidad Astronómica. Éste valor es igual a la distancia promedio Tierra-Sol y vale 150 millones de kilómetros.

$$N = N_0 \cdot \exp\left(-m\left(\tau_a + a_R \cdot \frac{p}{p_0} + \tau_{o3}\right)\right)$$

Ahora vamos a introducir un término de corrección teniendo en cuenta la distancia Tierra-Sol, que varía en función del día del año.

$$N = N_0 \cdot \left[\frac{r_0}{r}\right]^2 \cdot \exp\left(-m\left(\tau_a + a_R \cdot \frac{p}{p_0} + \tau_{o3}\right)\right)$$

Con  $r_0$ , a la distancia de 1 UA y r a la distancia Tierra-Sol en la fecha del día de medición (en UA).

Ahora vamos a expresar  $\tau a$ , el espesor óptico causado por los aerosoles, en función de otros términos.

$$\ln(N) - \ln(N_0 \cdot [\frac{r_0}{r}]^2) = -m(\tau_a + a_R \cdot \frac{p}{p_0} + \tau_{o3})$$
  
$$\tau_a = \frac{[\ln(N_0 \cdot [\frac{r_0}{r}]^2) + \ln(N)]}{m} - a_R \cdot \frac{p}{p_0} - \tau_{o3} \quad [2]$$

El espesor óptico de la atmósfera (Atmospheric Optical Thickness) es abreviado AOT.

La proporción de éste espesor óptico causado por los aerosoles es llamado profundidad o espesor óptico de aerosoles (Aerosol Optical Depth) es abreviado AOD.

#### Parámetros de calibración

- Los parámetros N<sub>0</sub> son determinados por calibración (No\_619 para el rojo, No\_540 para el verde y No\_465 para el azul).
- $a_R$  es calculado:

Para CALITOO, esos parámetros son:

Longitud de onda (µm)	a <sub>R</sub> calculado
0,465	0,19490
0,540	0,10637
0,619	0,06119

TO3: es dado por el LOA-AERONET

Longitud de onda (µm)	T_Ozono
0,465	0,0000
0,540	0,0128
0,619	0,0154

### Caracterización de partículas.

Es posible determinar la distribución en número y en talla de las partículas que componen los aerosoles. Las partículas que tienen un diámetro comprendido entre 10<sup>-</sup>

<sup>3</sup> y 100 micrómetros están particularmente concentradas sobre las regiones de industrialización del hemisferio Norte.

**El coeficiente de Ångström** es un índice sensible a la distribución respecto a la talla de dichos aerosoles. Éste coeficiente es inversamente proporcional a la talla promedio de partículas de aerosoles: entre más pequeñas son las partículas, más grande será éste coeficiente.

De igual manera, es un buen indicador de la proporción de agua atmosférica precipitable, donde la concentración de aerosoles juega un rol (ahora reconocido) muy importante. Permite anticipar el volumen de precipitaciones esperadas en una determinada estación. En función a la concentración de agua presente en la atmósfera, un coeficiente más elevado favorece la concentración de nubes y, por consiguiente, de precipitaciones más importantes.

#### Cálculo:

El coeficiente de Angström  $\alpha$  es calculado a partir de datos de espesor óptico ( $\tau a_n$ ) tomadas para dos longitudes de onda diferentes  $\lambda_1 y \lambda_2$ :

 $\tau_{a_1} = \beta . \lambda_1^{-\alpha}$ 

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\tau} \mathbf{a}_{2} = \beta \cdot \lambda_{2}^{-\alpha} & \iff \boldsymbol{\tau} \mathbf{a}_{1} / \boldsymbol{\tau} \mathbf{a}_{2} = \lambda_{1}^{-\alpha} / \lambda_{2}^{-\alpha} \iff & \ln(\boldsymbol{\tau} \mathbf{a}_{1} / \boldsymbol{\tau} \mathbf{a}_{2}) = -\alpha \cdot \ln(\lambda_{1} / \lambda_{2}) \\ & \iff & \ln(\boldsymbol{\tau} \mathbf{a}_{1} / \boldsymbol{\tau} \mathbf{a}_{2}) = \alpha \cdot \ln(\lambda_{2} / \lambda_{1}) \\ & \iff & \alpha = \ln(\boldsymbol{\tau} \mathbf{a}_{1} / \boldsymbol{\tau} \mathbf{a}_{2}) / \ln(\lambda_{2} / \lambda_{1}) \end{aligned}$$

El rango típico de valores para  $\alpha$  es de 0.5 a 2.5 con un promedio de 1.3 para la atmósfera natural.

#### Ejemplo:

A Seysses (Francia), el 1° de septiembre del 2010 a las 12h11:19 TU

$$\lambda_1 = 0,675 \ \mu m$$
  $Ta_1 = 0,10$ 

 $\lambda_2 = 0,532 \ \mu m$   $Ta_2 = 0,13$ 

Cálculo de a:

 $\alpha = \ln(0,100 / 0,135) / \ln(0,532 / 0,675) = \mathbf{1,126}$