

MEDIDOR ARDUINO DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La contaminación del aire que está básicamente causada por incremento del uso de automóviles para el transporte personal o de mercancías, afecta los interiores de nuestras casas así como las calles de nuestras ciudades y es un problema en alza en el mundo entero que paulatinamente ha ido afectando también las zonas más remotas de nuestro planeta.

Esta contaminación tiene dos componentes, las partículas o aerosoles y los gases. Dado el origen de la contaminación, los gases más característicos de las zonas contaminadas son el NO_x (óxidos de nitrógeno) y el (ozono). El primero de estos gases se produce directamente en los motores de combustión de gasolina o gasoil, mientras que el segundo se produce como consecuencia de complejas reacciones en la propia atmósfera en las que precisamente son los óxidos de nitrógeno uno de los reactivos principales que finalmente crean el ozono como un producto secundario final. Ambos gases (NO_x y O_3) se detectan tanto en las zonas de emisión (principalmente núcleos urbanos donde es el automóvil la base del transporte de personas y mercancías) como en zonas muy alejadas de las mismas hacia donde estos contaminantes atmosféricos son transportados empujados por el viento. Esta contaminación de fondo que afecta zonas de la Tierra supuestamente limpias ha ido aumentando de manera significativa en las últimas décadas tal como se ha observado en numerosas investigaciones llevadas a cabo en diferentes puntos de nuestro planeta.

La contaminación por gases y partículas tiene efectos indeseables en la salud ya que aumenta el riesgo de padecer enfermedades mentales, coronarias y cancerosas. Por esta razón la observación y medida de los niveles de contaminación es conveniente realizarla de manera sistemática como un medio para conocer la calidad medioambiental del aire de los entornos donde vivimos.

La medida de la contaminación con sencillos equipos electrónicos no ha sido una tarea sencilla hasta ahora. Sin embargo en los últimos años han ido apareciendo en el mercado sencillos equipos dotados de sensores electroquímicos sensibles a la presencia de diferentes gases atmosféricos en bajas concentraciones. Estos sensores electroquímicos se pueden controlar mediante tarjetas de fácil programación, como por ejemplo lo es la tarjeta ARDUINO, permitiéndonos así la construcción DIY de equipos electrónicos que pueden ser usados para monitorizar la calidad ambiental del aire que respiramos.

En este post vamos a describir como llevar a cabo la construcción de una *ESTACION ARDUINO DE MEDIDA DE LA CONTAMINACIÓN* capaz de medir los niveles de contaminación de NO_2 y O_3 , así como la medida de los niveles de concentración de aerosoles.

Para construir este equipo de medida hemos utilizado los siguientes elementos (Figura 1):

- 1 Tarjeta ARDUINO MEGA
- 1 SENSOR NO2 Alphasense (Sensor NO2-B43F más su placa de control 000-OISB-O2)
- 1 SENSOR O3 Alphasense (Sensor OX-B431 más su placa de control 000-OISB-O3)
- 1 Medidor de partículas DSM501
- 1 Sensor SHT15 de temperatura y humedad
- 1 CI LM358 (Amplificador OPERACIONAL)
- 1 Módulo Lector/Grabador micro SD para Arduino
- 1 BT HC05
- 1 Tarjeta de RELOJ DS1307 para Arduino
- 2 POWER BANK de 3000 mAh
- Cables y conectores

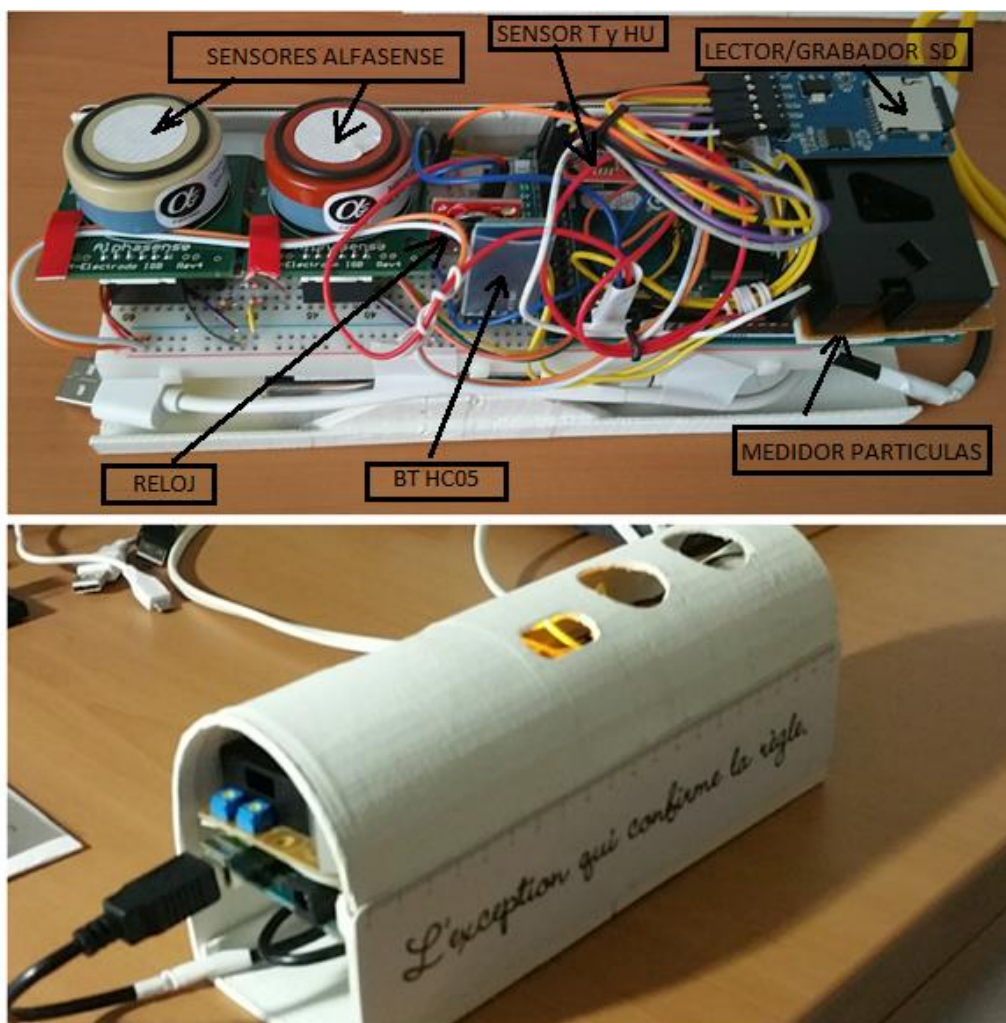


Figura 1. Montaje de todos los elementos del medidor de contaminación y su empaquetamiento final en una caja realizada con impresora 3D

Las conexiones de los diferentes componentes de este equipo se especifican a continuación:

Lectora/grabador micro SD (http://www.naylampmechatronics.com/blog/38_Tutorial-Arduino-y-memoria-SD-y-micro-SD-.html):

CS -> pin 7

SCK -> pin 52

MOSI-> pin 51

MISO-> pin 50

Vcc -> 5V

GND -> pin GND

Sensor SHT15 de temperatura y humedad (<https://learn.sparkfun.com/tutorials/sht15-humidity-and-temperature-sensor-hookup-guide/hooks-it-up>):

GND -> pin A10

SCK -> pin A11

DATA -> pin A12

Vcc -> pin A13

RELOJ DS1307 (<https://tuelectronica.es/modulo-rtc-ds1307-arduino/>):

SDA -> pin SDA 20

SCL -> pin SCL 21

GND -> GND

5V -> 5V

BT HC05 (http://www.naylampmechatronics.com/blog/12_Tutorial-B%C3%A1sico-de-Uso-del-M%C3%B3dulo-Bluetooth-H.html):

RX -> pin TX3 14

TX -> pin RX3 15

GND -> GND

+5V -> 5V

Medidor de Partículas DSM501 (<https://diyprojects.io/calculate-air-quality-index-iaq-iga-dsm501-arduino-esp8266/>):

Con el conector del sensor situado en la parte izquierda abajo, sus conexiones de izquierda a derecha serían las siguientes (figura 2):

TOMA 1 Control (Cable color Negro) -> Sin conexión

TOMA 2 Vout2 (Cable color Rojo) -> pin 5

TOMA 3 Vcc (Cable color Blanco) -> +5V

TOMA 4 Vout1 (Cable color Amarillo) -> Sin conexión

TOMA 5 GND (Cable de color Naranja) -> GND

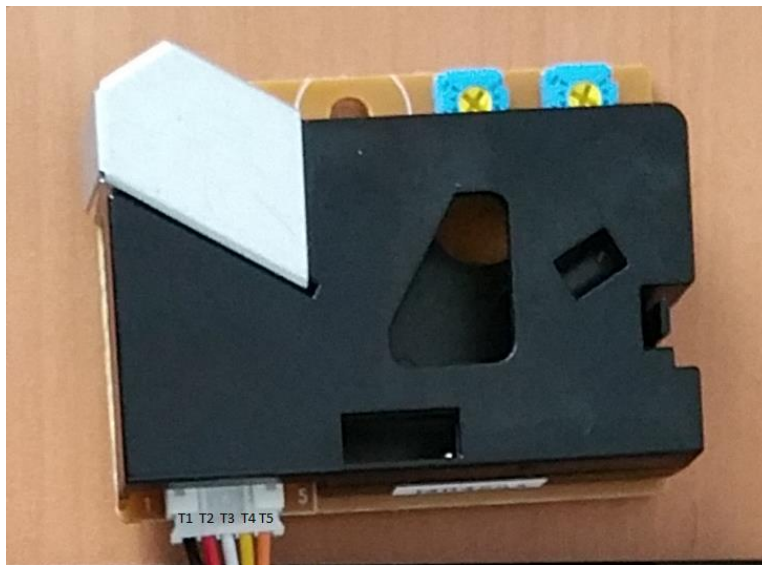


Figura 2. Medidor de partículas DSM501 y sus conectores (abajo izquierda)

PLACA ISB de SENSORES ALPHASENSE (<http://www.alphasense.com/>):

Los sensores han sido instalados en sus placas ISB de control cuyas conexiones se pueden encontrar en la página web de Alphasense (<http://www.alphasense.com/WEB1213/wp-content/uploads/2016/10/ISB.pdf>). Tal como se ve en la figura 1 (donde las tomas de las placas ISB de los sensores están situadas debajo del sensor) podemos identificar de izquierda a derecha dichas tomas como: OP2 (-), OP2(+), OP1(-), OP1(+), VIN(-), VIN(+). Las tomas VIN (+) y (-) se conectan respectivamente a +5V y a GND

Las tomas OP son las tensiones de salida de las placas. La primera, la salida OP2, representa el *offset* (nivel de referencia de la medida), mientras que la segunda, la OP1, representa la señal de medida directamente. El offset cambia a lo largo del tiempo y es respecto a este offset sobre el que el sensor electroquímico mide la concentración de los gases como un incremento diferencial. Como las tensiones diferenciales (OP1-OP2) son muy bajas para ser detectadas con suficiente precisión por el convertidor analógico digital de la placa ARDUINO, en nuestro caso, hemos utilizado un Amplificador Operacional (CI LM358) en configuración diferencial para generar suficiente nivel de tensión como para poder detectar las variaciones de concentraciones de los gases contaminantes con nuestra placa ARDUINO MEGA.

La configuración en modo diferencial (<https://hetpro-store.com/TUTORIALES/amplificador-diferencial/>) de cada uno de nuestros dos amplificadores operacionales requieren de 4 resistencias que en nuestro caso fueron de $330\ \Omega$ (las resistencias **R1** y **R2** que se conectarán respetivamente a las tomas OP2(+) y OP1(+) de las placas ISB de cada sensor) y otras dos resistencias de $10\ \text{k}\Omega$, una de ellas, la resistencia **Rg**, que conecta el amplificador a GND y la otra (la resistencia **Rf**) que controla la tensión de salida **Vout** de cada amplificador (figura 3).

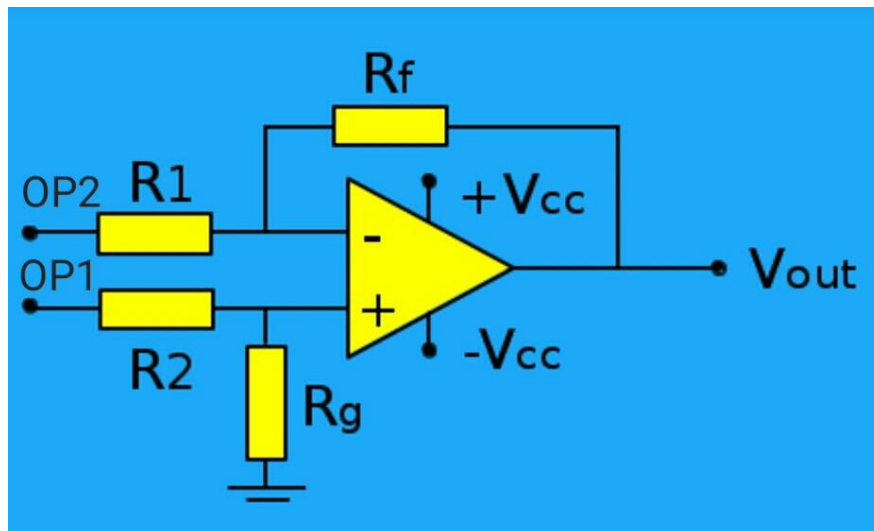


Figura 3. Configuración de cada uno de los amplificadores operacionales del circuito LM358 en modo diferencial ($R1=R2=330\ \Omega$, $Rg=Rf=10\ \text{k}\Omega$, OP2 y OP1 salidas de la placa ISB de los sensores de contaminación gaseosa)

Como el CI LM358 cuenta en su interior con dos amplificadores operacionales (<https://www.electroschematics.com/628/lm358-datasheet/>) este CI es suficiente para amplificar la medida de los dos contaminantes (ozono y dióxido de carbono) recordando que a través de una resistencia de $330\ \Omega$ sus tomas 2 y 6 deben conectarse a las salidas OP2(+) de los dos sensores, mientras que la 5 y la 3 se deben conectar a las salidas OP1(+).

Con esta configuración las tomas 1 y 7 del CI LM358 representarán la medida de los contaminantes. Finalmente señalar que las tomas 4 y 8 del CI LM358 deben conectarse respectivamente a GND y +5V. La figura 4 resume el conjunto de conexiones llevadas a cabo en nuestro equipo.

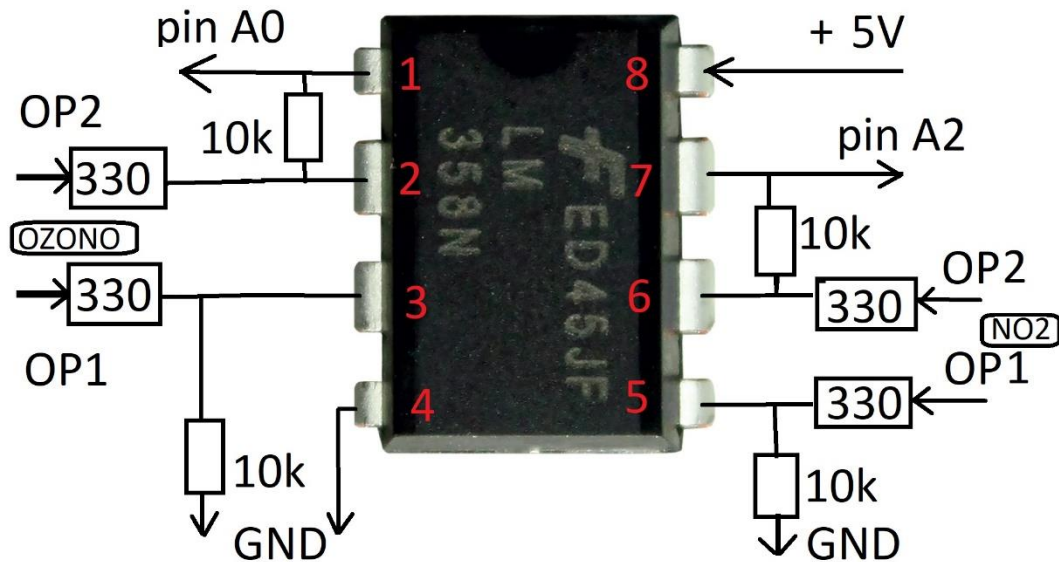


Figura 4. Conexiones del CI LM358

Resumiendo diremos que el conector 1 del CI LM358 se conecta al pin A0 de la placa ARDUINO para darnos la medida de la concentración de ozono y el conector 7 del CI LM358 se conecta al pin A2 de la placa ARDUINO para darnos la medida de las concentraciones de dióxido de nitrógeno. En nuestro caso además hemos conectado al pin A1 y el pin A3 de ARDUINO a las salidas OP2(+) de las placas de las tarjetas ISB de los sensores para tener valorada la tensión offset en cada medida.

El sistema desarrollado está controlado a través del BT mediante un programa realizado en *Basic Mintoris* (<http://www.mintoris.com/>) para teléfono móvil. El programa se puede encontrar en este link (http://e-ao.org/Apuntes/ozonometro_bas.txt) y está compuesto de un programa principal (*run_pro.bas*) en el que se pueden seleccionar varias opciones que son a su vez lanzan varios programas que se ejecutarán al seleccionar la opción correspondiente y que siempre terminarán llamando al programa maestro *run_pro.bas* . Estas opciones son:

- Iniciar medida (*ozonometer_1.bas*) que pone la fecha en el reloj del medidor e inicia el sistema y la medida.
- Visualizar las medidas (*ozonometer_2.bas*) que permite ver en la pantalla del teléfono las medidas que se están realizando y grabando.
- Comenzar la grabación de datos en el dispositivo ARDUINO (*ozonometer_3.bas*) con el que se inicia la sesión de grabación y envío por BT de las medidas de contaminación en la tarjeta micro SD.
- Recoger los datos grabados por el medidor en el teléfono móvil (*ozonometer_4_1.bas*) cuyo objetivo es pasar los datos de la tarjeta micro SD al teléfono móvil y dar por terminada la campaña de medidas.

Para hacer que el dispositivo entienda la orden, se envía desde el BT del teléfono móvil un carácter individual ("*h*" – *ozonometer_1.bas*- , "*w*" – *ozonometer_3.bas* – o "*z*" – *ozonometer_4_1.bas* -) para que el dispositivo ARDUINO realice la función demandada. El programa ARDUINO necesario para controlar todo el proceso lo encuentras en este link (http://e-ao.org/Apuntes/cod_ozonometro.txt).

Finalmente señalaremos como las comparaciones de las medidas realizadas con el sistema construido y las observadas con equipos calibrados presentan una buena correlación como se muestra en la figura 5. Para ello hay que desarrollar unas expresiones lineales que ligen los datos medidos por el ARDUINO y los observados por un equipo calibrado, especialmente para el caso del ozono y el medidor de partículas, ya que tanto el sensor alfasense de ozono y el medidor de partículas DMS501 se ven afectados por la humedad y la temperatura e incluso en el caso del medidor de ozono por las propias concentraciones de dióxidos de nitrógeno.

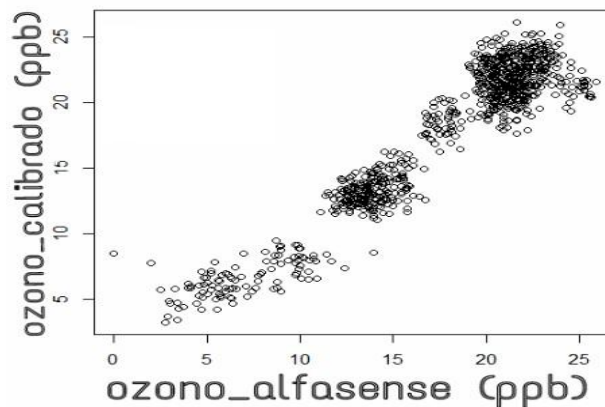


Figura 5. Comparación de medidas del equipo ARDUINO y un medidor calibrado de ozono

