

MEDIDOR DE CO2

Jorge Aliaga, Universidad Nacional de Hurlingham

Esta iniciativa surgió luego de escuchar la charla que dio el Dr. José Luis Jiménez en los seminarios del IC (<https://www.youtube.com/watch?v=aPi-vZCvvgE>) el 8/10/2020. En base a eso impulsé la determinación de las renovaciones del aire en ambientes cerrados mediante la medición de CO2. Eso fue incluido en el protocolo que elaboró la Universidad Nacional de Hurlingham (UNAHUR) donde trabajo.

Luego tomé contacto con la iniciativa Aireamos que impulsa Jiménez en España. Y decidí impulsar 3 acciones: a) tratar que se coloquen detectores de CO2 en ambientes cerrados, en particular en escuelas, b) construir este equipo, derivado de los que proponen en su sitio web Aireamos, con la idea de que el que quiera lo pueda construir, en especial universidades y escuelas medias, c) impulsar la construcción local de estos equipos.

El CO2 está presente en el aire, con una concentración de aproximadamente 400 ppm. El ser humano emite aproximadamente 400ml por minuto al respirar. Se puede usar la medición de CO2 como un indicador de la ventilación, en particular para controlar si hay suficiente renovación de aire.

Una buena ventilación de los ambientes cerrados disminuye el riesgo de contraer enfermedades respiratorias como la Covid-19. Un límite prudente es evitar que la concentración de CO2 supere las 800ppm. Si se supera ese umbral, se deberán abrir puertas y ventanas y forzar la circulación de aire fresco o evacuar el ambiente.

En Argentina la cantidad de individuos afectados por enfermedades respiratorias es elevado en relación con los estándares internacionales. Poder determinar si el aire que se respira en un ambiente cerrado ha sido o no respirado varias veces por otras personas es una buena forma de evitar el contagio por COVID-19 pero también de otras enfermedades respiratorias que se transmiten por aerosoles.

Existen diversos equipos portátiles comerciales para medir CO2. Los que tienen mejor precisión utilizan sensores de Infrarrojo No Dispersivo (NDIR). También es posible comprar un sensor NDIR y fabricar el equipo de medición, aunque en este caso el mismo no estará calibrado.

Este proyecto que muestro usa un sensor NDIR para la medición de CO2 y un procesador Arduino nano para realizar las mediciones.

Arduino es un controlador de código abierto en hardware y software y fácil de programar porque existen diversos accesorios compatibles y librerías de programación para usarlos.

Uno de esos accesorios es un sensor de CO2 NDIR MH-Z19B de Winsen. Si a esos dos componentes se le agrega una pantalla para ver el resultado de la medición y un emisor de sonido para emitir una alarma que alerte sobre la necesidad de ventilar ya se tiene el equipo básico. A esto se pueden sumar otras opciones, como por ejemplo poner conexión WI-FI o Bluetooth si se quiere llevar un registro de la evolución temporal de los valores.

CIRCUITO CON ARDUINO

El Arduino Nano viene con un cable mini-USB. Ese cable sirve para conectarlo con la computadora, y subir los programas. También funciona como alimentación. Por lo tanto, puede usarse cualquier transformador de 220V a 12V con salida USB para alimentarlo, como por ejemplo los de almacenadores o cargadores de celulares. También se puede usar cualquier alimentación entre 6,5V y 12V DC conectados a las patas VIN y GND, o se puede usar una batería de 9V, pero tiene poca duración.

El sensor MH-Z19B tiene dos pines para alimentar con 5V y GND y los pines Rx y Tx para comunicarse con el Arduino.

Decidí usar una pantalla de tipo OLED, porque son de bajo consumo. Es una pantalla pequeña, de 25mm x 14mm, monocromática y con una resolución de 128x64 pixeles. Y viene con un bus I2C incorporado. Por lo tanto, sólo tiene 4 pines. Dos son para la alimentación, VDD y GND, y VDD puede alimentarse tanto con 5V como con 3,3V. Los pines SCK y SDA se usan para comandar la pantalla.

Otro equipo lo construí con un Display de 16 caracteres x 2 líneas. Esta variante tiene un área visible de 64.5mm x 16mm, que es mayor que la anterior, y se puede ver desde más lejos, pero tiene menos capacidad de mostrar información. Se puede usar uno que también tenga el bus I2C incorporado, de manera que se conecta de la misma forma que el anterior, aunque las librerías del software son diferentes. Recomiendo este display en lugar de la pantalla dado que las librerías ocupan mucho menos espacio.

Para emitir el sonido de alarma uso un buzzer pasivo que tiene dos terminales, uno se coloca a GND y el otro a la salida de control que lo prende y apaga.

Se le coloca un LED RGB de ánodo común para que indique con luz el estado del medidor. El LED tiene cuatro terminales, una que es la más larga y se conecta a 5V y las otras para manejar los tres colores RGB.

Se incluye un pulsador, que está normalmente abierto. Apretando el pulsador unos segundos el equipo entre en modo de CALIBRACIÓN.

Las conexiones que se deben realizar son:

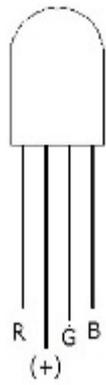
SOLDAR			
COMPONENTE	TERMINAL	COMPONENTE	TERMINAL
MH-Z19B	Vin	Arduino	5V
MH-Z19B	GND	Arduino	GND
MH-Z19B	Rx	Arduino	D4
MH-Z19B	Tx	Arduino	D3
Display o LED	GND	Arduino	GND
Display o LED	VDD	Arduino	Display 3V3 / LED 5V
Display o LED	SCL o SCK	Arduino	A5

DIAGRAMA DE PANTALLA SH1106 Y DISPLAY LCD 1602 con codificador I2C



BUZZER PASIVO

Common
Anode (+)



LED RGB ÁNODO COMÚN



PULSADOR

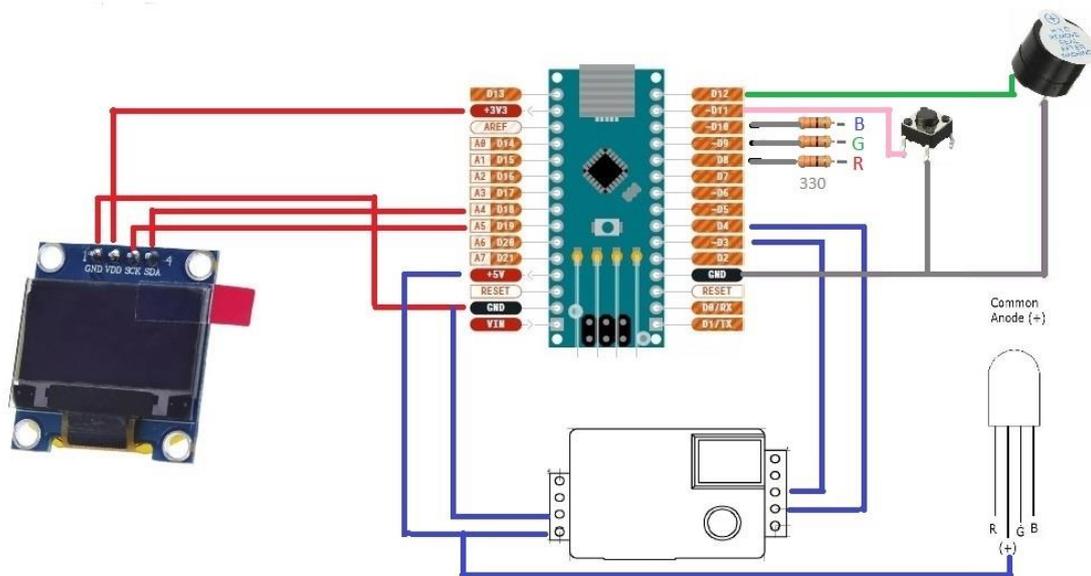


DIAGRAMA DEL CIRCUITO

PROGRAMACIÓN DE LA PLACA ARDUINO

Para poder programar las placas Arduino hay que ir al sitio (<https://www.arduino.cc/>) . Se puede usar la facilidad de programación en línea (<https://www.arduino.cc/en/Main/Create>) o bajar el software e instalarlo en su computadora (lo recomiendo) (<https://www.arduino.cc/en/software>) .

Los programas para Arduino se escriben en un lenguaje similar a C++. En general tienen dos bloques: a) un bloque de inicio que se ejecuta una sola vez; b) un loop que se ejecuta reiteradamente y no termina nunca. Por lo tanto, una vez que el programa sea cargado en la memoria de la placa Arduino y esta sea alimentada el equipo comenzará a medir y no se detendrá hasta que se apague la alimentación. Al alimentar nuevamente el equipo, este vuelve a arrancar porque el programa queda guardado en la memoria.

El programa de medición toma un valor cada 10 segundos. Muestra el valor de CO2 y en función de este decide el cartel de RIESGO que muestra, la luz que prenden en el LED RGB (verde, amarilla o roja), y si emite un sonido de alarma. Asimismo, cada 5 minutos hace un breve sonido y muestra un cartel de presentación del equipo.

Apretando el pulsador el programa ingresa en el modo de Calibración de Cero. En el programa asigné a la entrada D11 como "pull up". Eso quiere decir que si el pulsador no está apretado la entrada D11 está en 5V, y cuando se aprieta el pulsado esa entrada toma el valor de GND. Cuando se comienza a usar el sensor, o luego de varios meses de uso, el equipo debe ser calibrado. La rutina de calibración asigna el valor de 400ppm a la medición que tenga en ese

momento. Para que el ajuste sea correcto hay que colocar el equipo en el exterior o en un ambiente muy ventilado. El programa tarda unos 30 minutos en ejecutar la calibración. Cuando empieza la calibración se prende el LED AZUL, y cuando termina sigue midiendo.

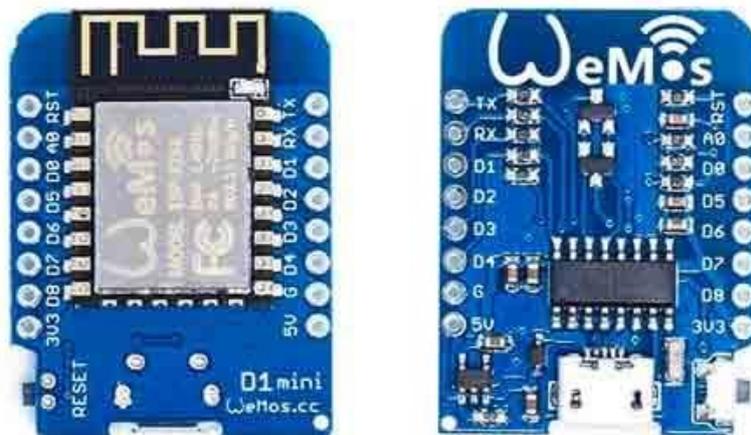
Se presentan dos programas:

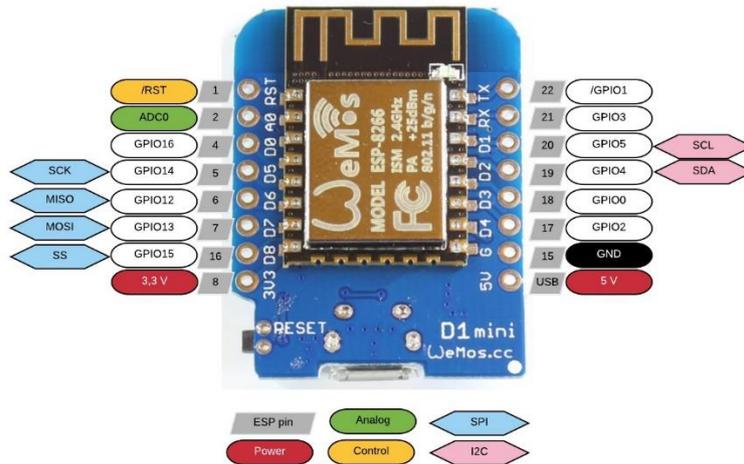
- Uno que funciona con una pantalla OLED. La ventaja es que tiene mayor capacidad de mostrar caracteres y consume menos potencia. La desventaja es que los caracteres se ven chicos, y puede complicar su uso en ambientes grandes o personas con dificultades visuales. La versión original usaba la Librería Adafruit, pero consumía muchos recursos del microprocesador. En esta versión la reemplacé por una librería que sólo permite escribir texto, pero no consume recursos.
- Uno que funciona con un display.

Antes de compilar el programa se debe especificar el tipo de Arduino que se está utilizando (en mi caso Placa "Arduino Nano", Procesador "ATmega328P (Old Bootloader)").

CIRCUITO CON WEMOS D1 MINI

Hay una forma simple de adaptar este proyecto a una solución que se conecte con una red WIFI. El WEMOS D1 MINI es una placa basada en el chip Esp8266, que permite manejar WIFI mediante TCP/IP. El Esp8266 se alimenta con 3,3V, mientras que el WEMOS D1 MINI incorpora un puerto Micro SD y convertidor serial, regulador de tensión que permite alimentarlo a 5V, y terminales para conectar dispositivos.





Además, el WEMOS D1 MINI puede ser manejado con el mismo Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) de Arduino.

Dado que las salidas y entradas de la WEMOS trabajan con 3,3V es necesario colocar transistores para manejar los LEDs. También incluí una resistencia para que la entrada que detecta la posición del pulsador esté el “pull up”

Las conexiones que se deben realizar son:

SOLDAR			
COMPONENTE	TERMINAL	COMPONENTE	TERMINAL
MH-Z19B	Vin	Wemos D1 Mini	5V
MH-Z19B	GND	Wemos D1 Mini	GND
MH-Z19B	Rx	Wemos D1 Mini	GPIO16
MH-Z19B	Tx	Wemos D1 Mini	GPIO14
LED	GND	Wemos D1 Mini	GND
LED	VDD	Wemos D1 Mini	5V
LED	SCL	Wemos D1 Mini	GPIO5
LED	SDA	Wemos D1 Mini	GPIO4
BUZZER	Sin marcar	Transistor	Colector
BUZZER	+	Wemos D1 Mini	5V
Transistor NPN	Emisor	Wemos D1 Mini	GND
Transistor NPN	Base (vía Resistencia 10 KΩ)	Wemos D1 Mini	GPIO0
LED RGB	ÁNODO	Wemos D1 Mini	5V
LED RGB	R (ver circuito)	Wemos D1 Mini	GPI12
LED RGB	G (ver circuito)	Wemos D1 Mini	GPI13
LED RGB	B (ver circuito)	Wemos D1 Mini	GPI15
PULSADOR			GPIO2
PULSADOR		Wemos D1 Mini	GND

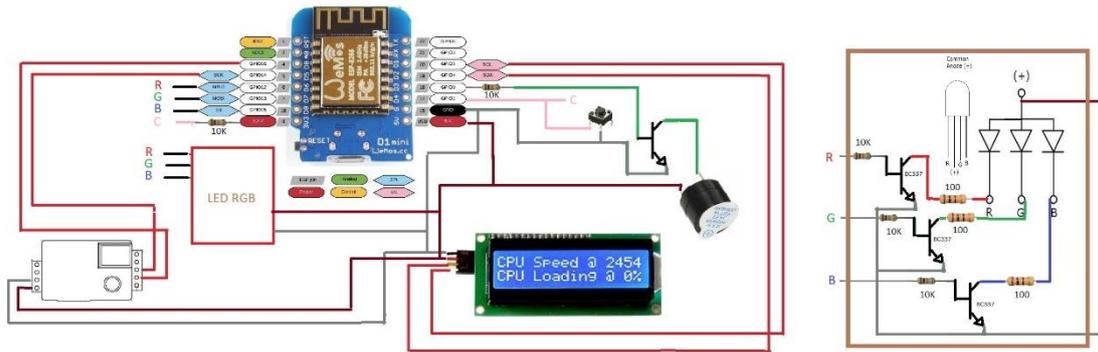
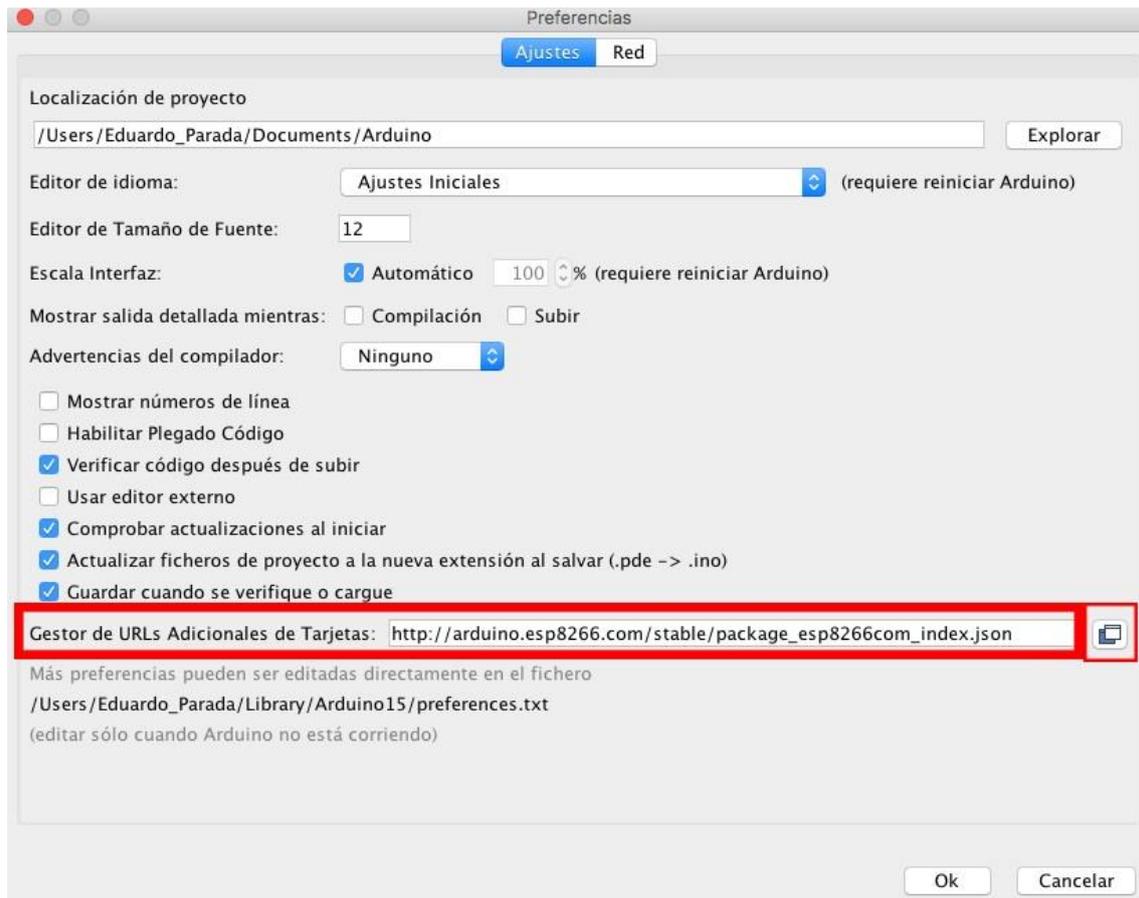


DIAGRAMA DEL CIRCUITO

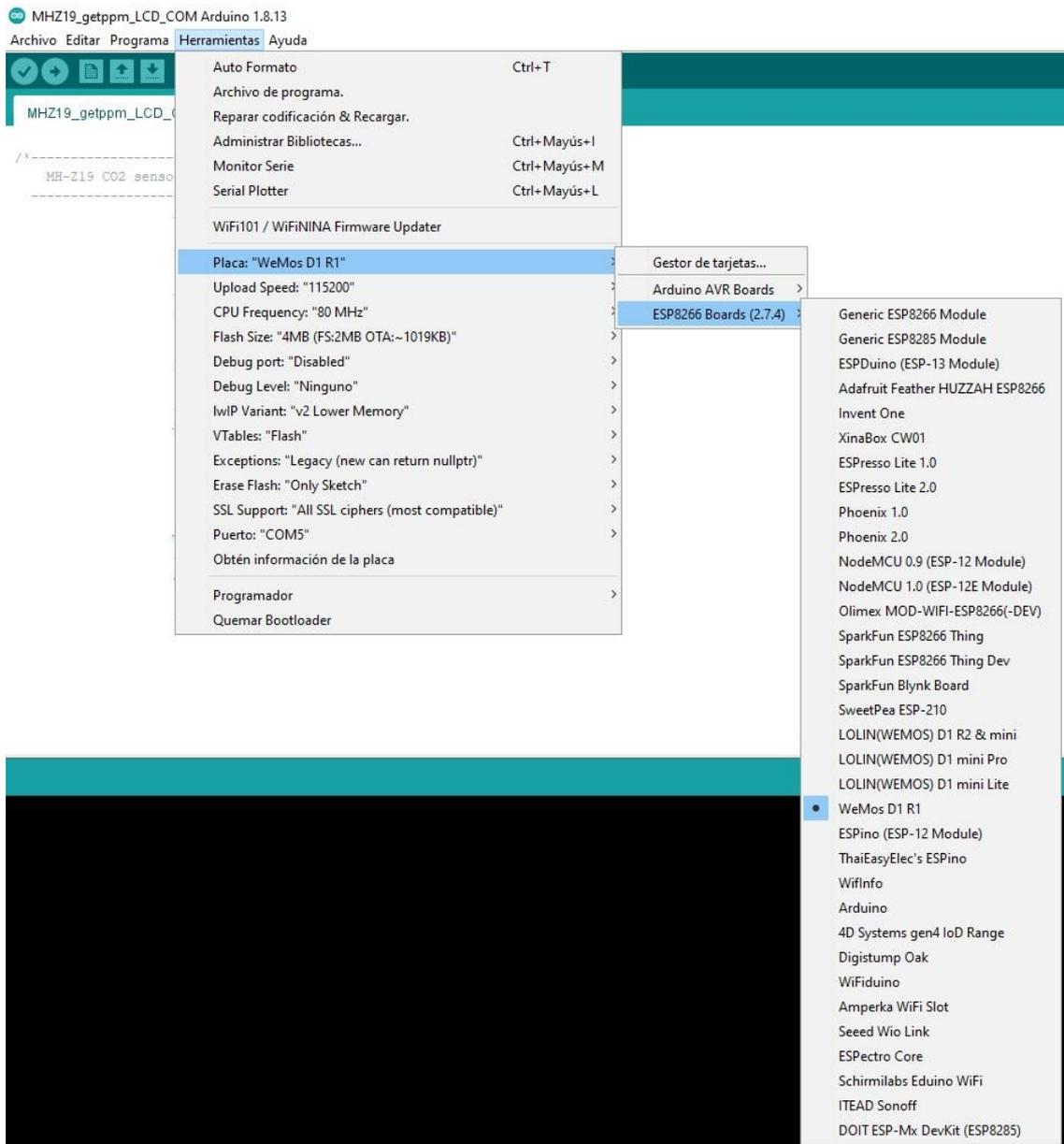
PROGRAMACIÓN DE LA PLACA WEMOS D1 MINI

Una vez que ya se instaló la IDE de Arduino, para controlar y subir programas a la placa WEMOS D1 MINI hay que hacer lo siguiente.

Hay que ir a Preferencias y configurar el gestor de plaquetas adicionales:



Luego hay que ir a Herramientas y seleccionar la WEMOS D1 Mini:



Luego se puede compilar y cargar el programa para esta placa.

Hay dos programas:

- Un programa que usa la función WIFI.
- Un programa que no usa la función WIFI.

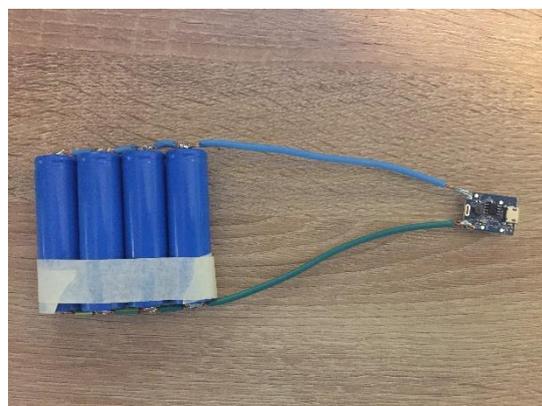
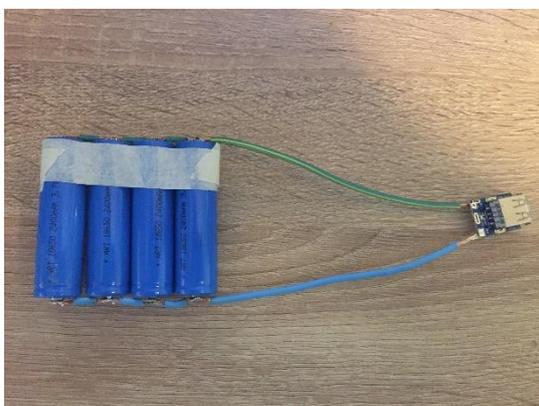
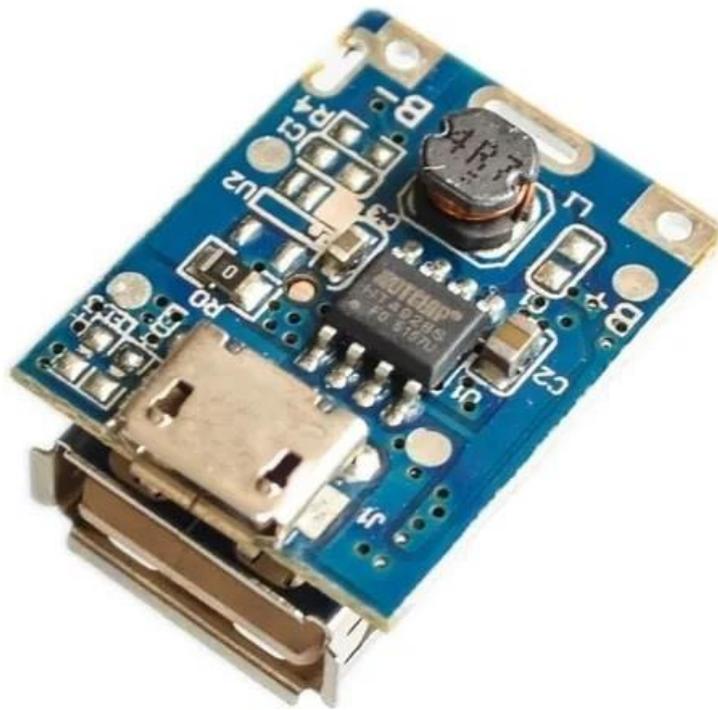
ALIMENTACIÓN

Los controladores vienen con conectores USB (de tamaño normal o micro). Se los puede conectar a una salida USB de una computadora, a una salida USB de un cargador de celular o a una batería con salida USB de las que se usan para recargar celulares.

En el caso de usar Arduino se puede alimentar desde una batería de 9V, pero no es aconsejable porque no tendrá mucha autonomía.

Es posible colocarle un banco interno de baterías de Litio. En ese caso hay que sumar un [Módulo Cargador de baterías de Litio \(Li-Ion\) y Step Up \(elevador de tensión\) a 5V](#). Además, hay que comprar baterías de litio. Al menos hay que tener 6.000 mAh para tener algunas horas de autonomía.

Con cuatro baterías de 2.400 mAh el equipo con WEMOS D1 Mini funcionó durante seis horas y demoró 3 horas en recargarse por completo.



COMO SE VE LA VERSIÓN FINAL



MEDICIONES

Coloqué un equipo hecho con ARDUINO y otro con WEMOS D1 Mini junto con un medidor comercial Temtop M2000 en una habitación de 2,5 mts x 3 mts x 2,5 mts con un aire acondicionado split prendido para no tener calor. El aire acondicionado ayuda a mover y mezclar el aire, pero no lo renueva.

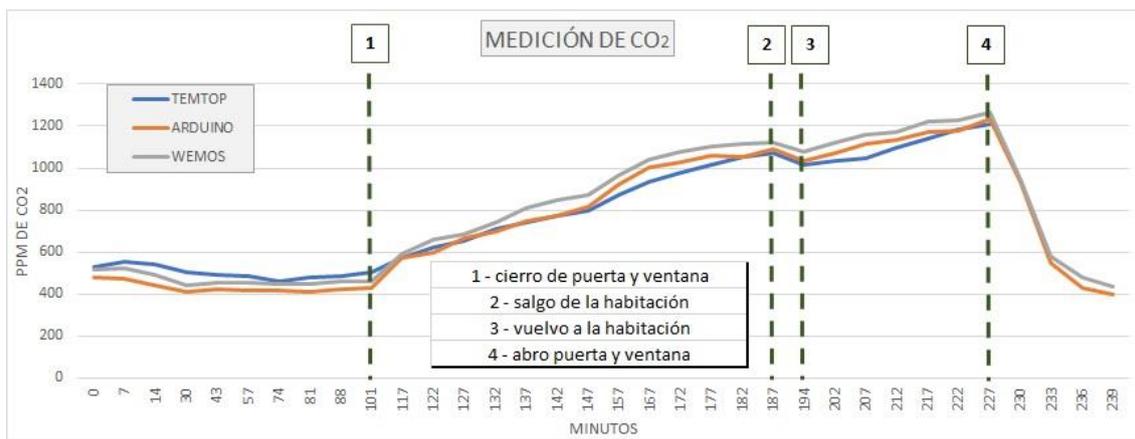


El experimento empieza con la puerta y la ventana abierta. La puerta da a un pasillo que comunica con otras habitaciones que tienen las ventanas abiertas,, en dirección opuesta a la ventana de la habitación. Yo estoy sólo en la habitación, a un metro y medio de los equipos, haciendo una video conferencia durante una hora y media aproximadamente.

En la marca 1 cierro la puerta y la ventana. Por el minuto 147 atiendo durante unos minutos una llamada telefónica.

En la marca 2 salgo de la habitación y vuelvo en la marca 3.

En la marca 4 abro la puerta y la ventana, siempre con el aire acondicionado prendido. En este punto se le acabó la batería al comercial.



Se obtienen mediciones similares con los tres medidores y las diferencias no afectan el uso que se le quiere dar para determinar si se supera el umbral mínimo de renovación de aire seguro en un ambiente.

También se verifica que, en una habitación donde por el tamaño podrían estar tres personas separadas a dos metros de distancia cada una, con el CO₂ que exhala una sola persona se superan los límites seguros en un par de horas. También se observa que al permitir la ventilación cruzada se recupera rápidamente un nivel de renovación de aire adecuado.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Hurlingham por haberme invitado a formar parte de su proyecto y permitirme dedicar tiempo a este tema durante la pandemia.

Al Profesor José Luis Jiménez (<https://www.colorado.edu/chemistry/jose-luis-jimenez>) porque tomé de sus contribuciones e iniciativas esta idea.

A la Doctora Andrea Pineda Rojas (<http://www.cima.fcen.uba.ar/personal.php?p=1>) por sus comentarios y asesoramiento en el tema de aerosoles y contaminación.

SITIOS DE INTERÉS

Aireamos <https://www.aireamos.org/>

Preguntas frecuentes sobre cómo protegerse de la transmisión de aerosol COVID-19 <http://tinyurl.com/preguntas-espanol>

NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España

https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_549.pdf/e9364a82-6f1b-4590-90e0-1d08b22e1074

La concentración de CO2: protagonista para la Calidad del Aire. Testo

<https://static-int.testo.com/media/14/48/628d3de88430/AT-ES-testo-medicion-CO2.pdf>

Diagrama de Arduino Nano

https://content.arduino.cc/assets/Pinout-NANO_latest.pdf

Lenguaje de programación de Arduino

<https://www.arduino.cc/reference/en/>

<http://arduinoobot.pbworks.com/f/Manual+Programacion+Arduino.pdf>

Diagrama de sensor MH-Z19B de Winsen

[https://www.winsen-sensor.com/d/files/infrared-gas-sensor/ndir-co2-sensor/mh-z19b-co2-manual\(ver1_6\).pdf](https://www.winsen-sensor.com/d/files/infrared-gas-sensor/ndir-co2-sensor/mh-z19b-co2-manual(ver1_6).pdf)

Información de WEMOS D1 MINI

https://www.wemos.cc/en/latest/d1/d1_mini.html#documentation

<https://www.prometec.net/wemos-d1-esp8266-wifi/>