

# Adaptación de equipos datalogger de CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad, para interior de cavidades.

ROS VIVANCOS Andrés

[www.cuevashipogénicas.es](http://www.cuevashipogénicas.es)[www.cuevadelpuerto.es](http://www.cuevadelpuerto.es)

## Resumen

Adaptación de equipos datalogger de CO<sub>2</sub>, temperatura y Humedad de bajo coste adaptado en la caja estanca para su funcionamiento óptimo en cavidades con altos niveles de humedad +90%.

Hasta hace poco tener un datalogger con sensores de CO<sub>2</sub> en cavidades con altos niveles de humedad, eran poco viables por la baja operatividad que tienen estos sensores en condiciones extremas de humedad que suelen haber en muchas cavidades. Presentamos una adaptación sobre una caja estanca y filtros hidrofóbicos para estos equipos que protegen de las exposiciones extremas a los sensores.

Los ensayos realizados durante meses en interior de una cavidad están siendo viables para las mediciones a largo plazo de los datalogger de CO<sub>2</sub>. Pruebas de más de siete meses en una cavidad en condiciones de más del 98% RH ha resultado positivas y los sensores no se han visto afectados por esta humedad extrema.

Estas adaptaciones permiten el uso de los datalogger en cavidades abriendo unas amplias opciones a las mediciones de la dinámica del clima en cavidades. Se describen los materiales utilizados y la adaptación de los equipos para su estanqueidad a condiciones extremas, con mediciones fiables para periodos de larga permanencia en interiores.

## Abstract

Adaptation of low-cost CO<sub>2</sub>, temperature and humidity data logger equipment adapted in the sealed box for optimal operation in cavities with high levels of humidity +90%.

Until recently, having a data logger with CO<sub>2</sub> sensors in cavities with high humidity levels was not very viable due to the low operability that these sensors have in extreme humidity conditions that tend to exist in many cavities. We present an adaptation on a waterproof box and hydrophobic filters for this equipment that protects the sensors from extreme exposures.

The tests carried out for months inside a cavity are being viable for long-term measurements of CO<sub>2</sub> dataloggers. Tests of more than seven months in a cavity in conditions of more than 98% RH have been positive and the sensors have not been affected by this extreme humidity.

These adaptations allow the use of data loggers in caves, opening up a wide range of options for measurements of climate dynamics in caves. The materials used and the adaptation of the equipment for its sealing to extreme conditions are described, with reliable measurements for long periods of stay indoors.

**Palabras clave;** equipos CO<sub>2</sub> cuevas, clima cuevas, Detector CO<sub>2</sub> cuevas, cuevas turísticas

## Introducción:

La medición de gases en cavidades es cada vez más frecuente y en algunas de ellas con sorpresas sobre las variaciones del CO<sub>2</sub> y otros gases durante el año, como se ha demostrado en cavidades de Castilla la Mancha ([Atienza de la Cruz et al 2019](#)), cueva del Castañar, Extremadura ([Cueva S. et al 2015](#)), o incluso los altos niveles de la sima del Vapor en Murcia ([Perez-Lopez R. et al 2016](#)) estos estudios han demostrado la importancia que tiene el conocer la dinámica del clima de las cavidades, tanto para aspectos de investigación como de seguridad.

Pero la utilización de equipos de registros de CO<sub>2</sub> en cavidades hasta hace poco estaba limitada a la toma directa en las visitas o costosos equipos de laboratorio. La dificultad de instalar medidores de CO<sub>2</sub> en cavidades está limitada por

la alta humedad y las concentraciones de CO<sub>2</sub> existente en el interior que deteriora rápidamente los equipos, a esto también se le añade el consumo de energía que se necesita para tener registros durante largos periodos y limita bastante su duración autónoma.

Actualmente y debido a los efectos de la pandemia mundial del Coronavirus, se sugirió medir la ventilación de los locales basados en medidores de CO<sub>2</sub>, esto motivó que el mercado de estos equipos se relanzara y han ido apareciendo nuevos modelos con nuevos sensores de CO<sub>2</sub> basados en NDIR ([Senseair 2022](#)), popularizándose y actualmente son fáciles de encontrar y de varios fabricantes. Una tabla actualizada de equipos recomendados para espeleólogos se puede consultar en la pagina de [www.cuevashipogénicas.es](http://www.cuevashipogénicas.es) y el detalle publicado por ([Ros A. et al 2020](#)).

Para el caso de las cavidades se necesitan equipos que registren datos durante largos periodos de tiempo, dataloger, que sean resistentes al ambiente húmedo de las cuevas este factor limita bastante la elección de equipos, pues los sensores de CO<sub>2</sub> comercializados NDIR no son operativos en porcentajes de humedad superiores al 85-90% y en poco tiempo suelen averiarse.

Para este propósito hemos realizado la adaptación de un equipo dataloger bajo una caja estanca para proteger de estos excesos de humedad. De los equipos comerciales destaca el modelo "Carbón Dioxide Detector" [foto 1](#), fabricado por Eco-Deyi, que permite almacenar registros con intervalos desde 10 segundos a 1 hora, fácil de encontrar en el mercado y de precios populares. Para reducir la humedad ambiental, hemos protegido los equipos en cajas estancas IP66, con orificios de

ventilación, protegidos con filtros hidrofóbicos, para eliminar la humedad se ha instalado una fuente de alimentación tipo USB en el interior, que produce el calor suficiente,  $\pm 4 \sim 7^{\circ}\text{C}$ , como para que la humedad no afecte a los sensores de CO<sub>2</sub> y la electrónica [foto 2](#).

El sensor de temperatura y humedad se han instalado fuera de la caja estanca para que la medición de estos parámetros no se vean afectados por la fuente de alimentación interior.

Para la instalación de estos equipos es necesario que en la cavidad se disponga de corriente permanente para la alimentación de los equipos, por lo que esto está indicado sobre todo para cuevas con instalaciones interiores de energía.

### Materiales:

Equipo dataloger ECO-DEYI Carbón Dioxide Detector

Caja estanca Zemper IP66 IK10

Filtros de ventilación hidrofóbicos

Fuente de alimentación USB

Prensaestopas IP68 para sellado de cables

Cable con conector macho y hembra JST SM de 4 pines

Otros materiales, Cable para alimentación eléctrica, base enchufe hembra, cable USB.

### Características de equipo ECO-DEYI Carbón Dioxide Detector.

Medidor de CO<sub>2</sub> Digital portátil, Detector con Monitor, Analizador de Gas, 9999ppm, temperatura y humedad.

Los equipos medidores de CO<sub>2</sub> portátiles fabricados por ECO-DEYI, se encuentran en el mercado distribuidos por diferentes proveedores, Dioxcare (los equipos que distribuye esta marca solo permiten registros hasta 30 minutos), Amazon, Aliexpress, o el propio fabricante Ecodeyi.

#### Características técnicas:

Medidor de CO<sub>2</sub> Digital portátil, Detector con Monitor, Analizador de Gas, 9999ppm, temperatura y humedad.

Dataloger intervalos de 10 segundos a 1 hora (hay algunos modelos DIOXCARE que solo permiten hasta 30 minutos).

Capacidad registros 999 en pdf. ECO-DEYI ha sacado un modelo versión 3.1 que permite hasta 20.000 registros en formato xls por medio de software específico.

#### Sensor CO<sub>2</sub>

Estos equipos utilizan sensores de CO<sub>2</sub> tipo NDIR y según la fecha de fabricación pueden llevar sensores [SENSEAIR S8](#) o los [MEMSF MTP40-F1](#), son sensores similares de rápida respuesta, fácil de calibrar, fiabilidad y rango del 1% o 10000 ppm.

Rangos de humedad operativa;

SENSEAIR S8 0-95% RH non condensed [Foto 1 C](#)

MEMSF MTP40-F1 0-90% RH non condensed [Foto 1 B](#).

Precisión  $\pm 40\text{ppm} \pm \text{rgd}10\%$

#### Sensores temperatura y humedad

Para la temperatura y humedad incorporan un sensor externo de temperatura y humedad Sensirion SHT3x.

Temperatura precisión  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  rango

Temperatura rango operativo  $-20 \sim 60^{\circ}\text{C}$

Humedad precisión  $\pm 2\%RH \pm 0 \sim 80\%RH$

Humedad rango operativo (20%  $\sim$  80%RH)

Las exposiciones a largo plazo fuera de los rangos normales de operatividad pueden ofrecer datos incorrectos, sobre todo por condensaciones

## Caja estanca

Para reducir las condiciones ambientales y estar dentro de los rangos operativos del sensor de CO<sub>2</sub> los equipos se han acoplados en cajas envolventes IP66 IK10 de Zemper, practicándole orificios de ventilación protegidos con filtros hidrofóbicos que limitan el paso de la humedad.

Para este caso hemos utilizado cajas envolventes IP66 IK10 de Zemper, donde se aloja el equipo de medición.

## Filtro de ventilación hidrofóbico

Los filtros hidrofóbicos se realizan típicamente de materiales como politetrafluoroetileno (PTFE), polipropileno o polietileno, que tienen baja energía superficial y no absorben agua. Estos materiales permiten que el aire o el gas pasen a través del filtro mientras bloquea el paso de líquido. El uso de estos filtros en la caja estanca limita el paso de la humedad que afecta a la electrónica del equipo, dejando paso a su vez de aire y gases ambientales.

## Fuente alimentación USB

Para alimentar el equipo se incorpora una pequeña fuente de alimentación con salida USB 5V/2A corriente de trabajo 100 ~ 300mA. Esta fuente instalada en el interior de la caja estanca genera calor  $\pm 4\sim 7^{\circ}\text{C}$ , suficiente para que la humedad disminuya a límites operativos por los equipos electrónicos.

## Prensaestopas IP68

Los prensaestopas permiten aislar los cables de alimentación y el sensor externo de temperatura y humedad del exterior con el interior de la caja.



Foto 1. A medidor datalogger de CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad (EcoDeyi). B Sensor CO<sub>2</sub> modelo MTP40-F1. C Sensor CO<sub>2</sub> modelo SENSEAIR S8.

## Desarrollo proyecto

Para la adaptación de equipo Carbón Dioxide Detector dentro de la caja de protección IP66, se deben realizar los orificios para los prensaestopas de los cableados de energía de alimentación y cables de la sonda de temperatura externa, así como los orificios para la ventilación del aire y gases con la protección de los filtros hidrofóbicos.

Abrir el equipo de medición y desoldar el cableado de la sonda de temperatura y humedad para quitarlo y conectarlo de nuevo con un cable con conector macho y hembra JST SM de 4 pines que permitirá sacarlo de la caja con prensaestopas de aislamiento [foto 3 D y C](#), [foto 4 B y C](#).

Cable de alimentación. hacer un orificio para pasar un prensaestopa para el cableado [foto 3 E](#).

Colocar el cable con una base de enchufe hembra y conectar la fuente de alimentación USB [foto 3 B](#), para la alimentación permanente del equipo de medida.

Realizar varios orificios para el paso del aire y gases protegidos internamente con filtros hidrofóbicos [foto 4 A](#).

Programar el equipo con la periodicidad de datos requeridos y cerrar. Los ajustes de estos equipos permiten hasta 999 horas cerca de 42 días de registro, que habrá que recoger y volver a poner a cero el contador.

Importante, los datos de registro se paran una vez llegue al límite de 999 registros, conservando los datos iniciales hasta el final del periodo de 999 registros, los datos se obtienen directamente en archivos pdf, y los modelos versión 3.1 precisan de software específico para su descarga en formato xls (T5LTest Communication Tools).

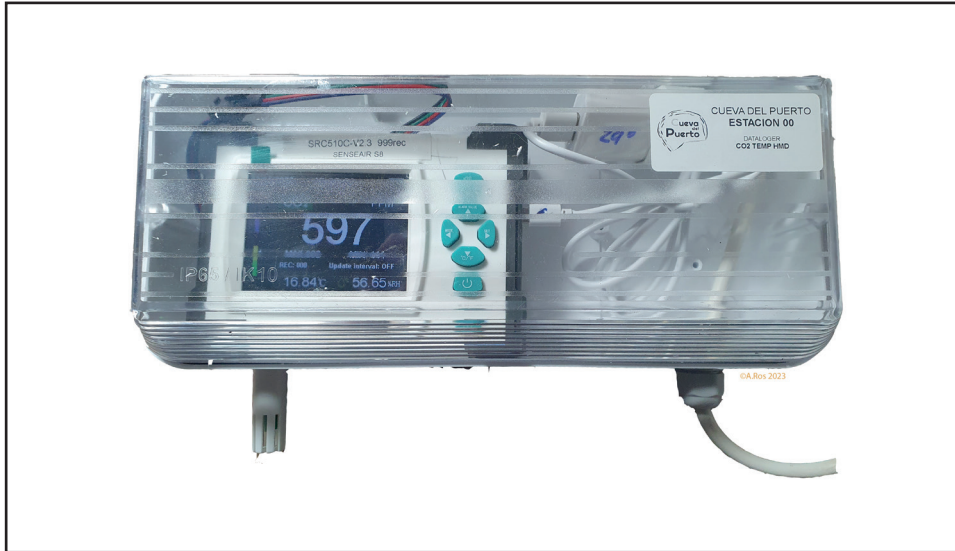


Foto 2: Estación de medida Carbón Dioxide Detector adaptada caja estanca Zemper IP66

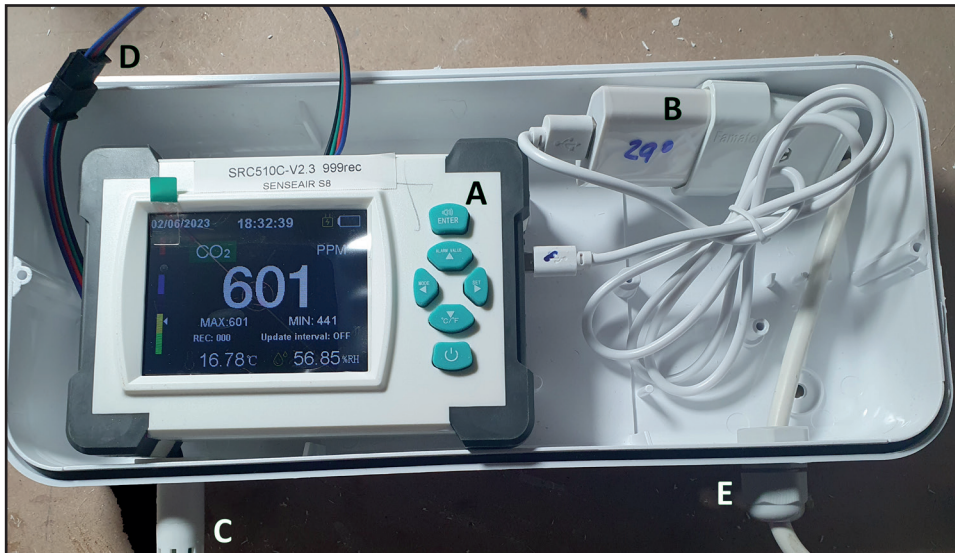


Foto 3. Detalle de adaptación equipos Carbón Dioxide Detector. A equipo EcoDeyi, B fuente de alimentación USB, C Sonda temperatura y humedad adaptada en exterior de caja. D conexionado sonda temperatura humedad. E prensaestopas protección cable alimentación eléctrica.

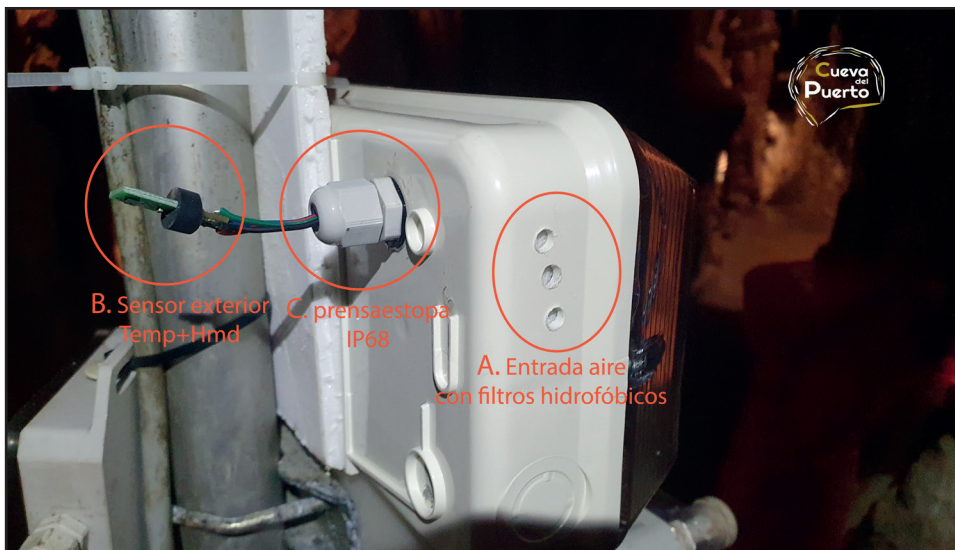


Foto 4 Detalle de la caja estanca IP66 y las adaptaciones de orificios A, y sensor de temperatura y humedad B, protegido con prensaestopa C.



Foto 5. Equipo Carbón Dioxide Detector instalado en interior de Cueva del Puerto(período funcionamiento siete meses).

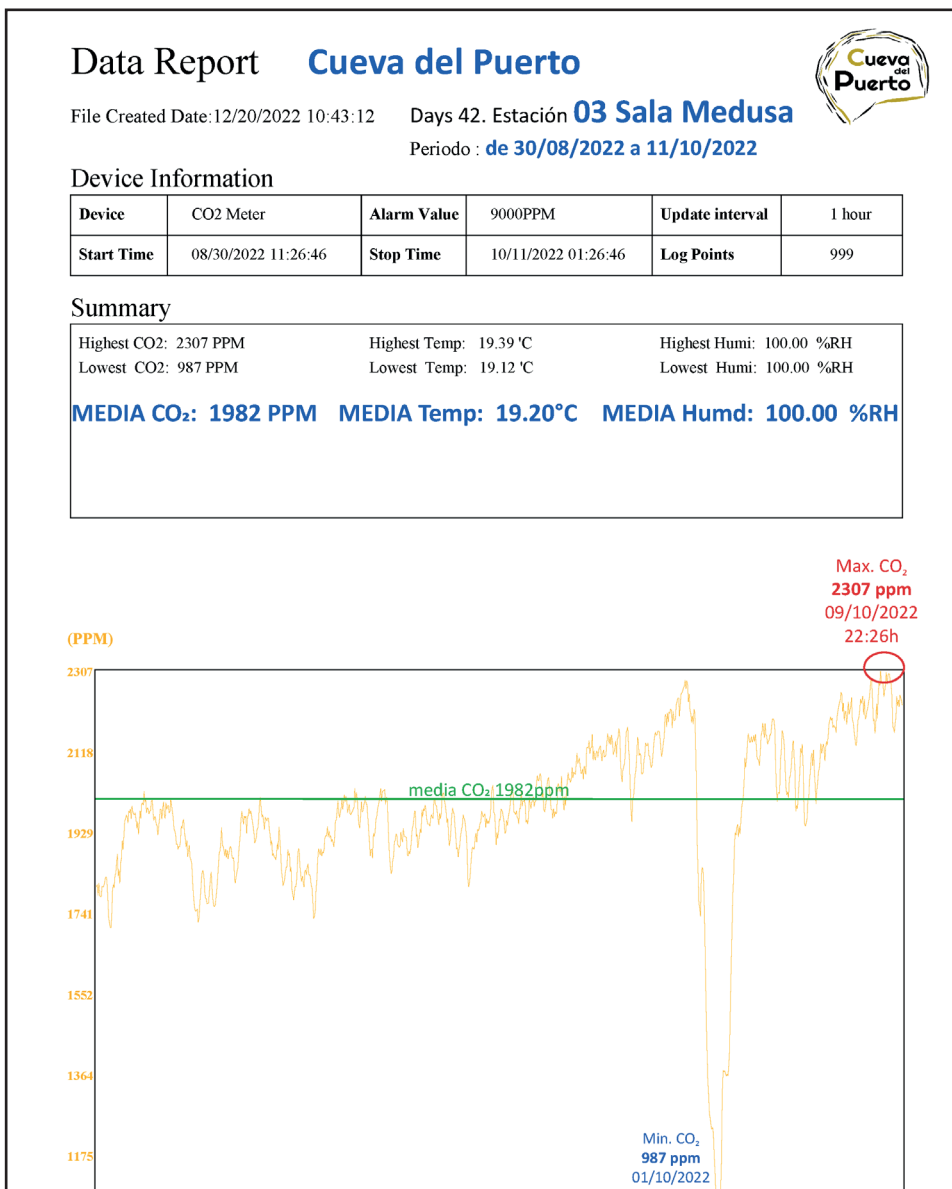


Grafico 1. Hoja datos CO2 correspondiente a 42 días de registros, cortesía Cueva del Puerto.

## Conclusiones

La utilización de equipos para la medición el CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad basados en sensores NDIR y Sensirion de bajo coste, nos permiten obtener resultados con precisiones para el CO<sub>2</sub> de  $\pm 40$ ppm, de temperatura  $\pm 1^\circ\text{C}$  y humedad  $\pm 2\%$  que proporcionarán datos importantes sobre el clima en la cavidad.

El rango de operatividad de los sensores de CO<sub>2</sub> en condiciones de humedad superiores al 90% afectan considerablemente la vida operativa de estos y los datos, llegando a bloquearse y averiarse en periodos prolongados.

La opción que hemos realizado plantea bajar el nivel de RH en el interior de una caja estanca con orificios protegidos con filtros hidrofóbicos que limitan la entrada de humedad en la caja, una pequeña fuente de alimentación permite mantener encendido el equipo y a la vez aumenta la temperatura interior entorno a  $\pm 4\sim 7^\circ\text{C}$ , suficiente para reducir la humedad interior a límites aceptables para la operatividad de los sensores.

La sonda de temperatura se instala fuera de la caja para que no se vea afectada por el aumento de la tempera-

tura interior. Los datos de Humedad suelen saturar la sonda al 100% a las pocas horas de estar en ambientes con más del 90%RH, por lo que la humedad se debe medir con equipos de mano en cada entrada.

Las pruebas realizadas durante más de siete meses han superado las de cualquier equipo de CO<sub>2</sub> en estos ambientes, y actualmente siguen funcionando. Se han instalado tres equipos en el interior de Cueva del Puerto (Calasparra), aportando datos sobre todo del CO<sub>2</sub> hasta ahora difíciles de obtener [foto 5](#).

La utilización de equipos datalogger de CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad de bajo coste y adaptados en cajas resistentes a la humedad, son una opción asequible para cavidades con sistemas de energía instalados (Cuevas turísticas, cueva laboratorio, etc.), estos equipos están permitiendo conocer registros de parámetros ambientales, hasta ahora poco conocidos [grafico 1](#).

Actualmente se pueden ver estos equipos en funcionamiento en la Cueva del Puerto, en Calasparra, Murcia. Para visitarla [www.cuevadelpuerto.es](http://www.cuevadelpuerto.es)

## Agradecimientos:

A Juan Olmo, Francisco del Amo, José Angel Solanilla de Cueva del Puerto por su colaboración en el proyecto.

Al equipo Cueva del Puerto en Calasparra Murcia, por dejarnos instalar los equipos y realizar el seguimiento.

Al ECO-DEYI por facilitarnos la información sobre la fabricación de sus equipos <https://www.ecodeyi.com/>

## Bibliografía

Atienza de la Cruz C., Orozco A., Prieto S., (2019) Cavidades con aire enrarecido, revista Calar núm. 3, Edita Federación Castellano Manchega de Espeleología y Cañones, Guadaluajara.

Cueva S., Fernández-Cortés A., Abella R., Álvarez-Gallego M., García E., Sánchez-Moral S., 2015 La Cueva de Castañar, Monumento Natural, Condiciones Medio Ambientales y medidas de conservación. Junta de Extremadura.

Pérez-López R., Sánchez-Moral S., Martínez-Díaz J., Cueva S., Sánchez-Malo A., Bañón E., Quiles L., Marcos A., Carballo J., Águila M. 2016 Condiciones ambientales extremas de la Sima del Vapor: temperatura, traza isotópica de CH y CO y valores de radón: Actas EspeleoMeeting Ciudad de Villacarrillo 2016.

Ros A., Llamusi, J., Fernández-Cortés A., Calaforra J.M., Gazquez F., Soto A. 2020 Equipos para la medición de la calidad del aire y el clima en cavidades para espeleólogos. Publ. Digitales [www.cenm.es](http://www.cenm.es)

Senseair 2022. Senseair S8 residencial <https://senseair.com/products/size-counts/s8-residential/>