

## Capítulo 3

### Integración de sensores: Aspectos Hardware

En este capítulo se describen los distintos dispositivos *hardware* que conforman los sensores de los que ha sido objeto este proyecto. Asimismo se explicará la integración de dichos sensores con los nodos Mica2 a través de la placa de adquisición de datos *MDA-100*.

#### 3.1 Sensor de monóxido de carbono: TGS5042

##### 3.1.1 Aplicaciones

El sensor electroquímico de monóxido de carbono *TGS5042* (ver Figura 3.1) está diseñado para aplicaciones comerciales y residenciales de detección de *CO*, monitorización de *CO* en aplicaciones industriales, control de ventilación en parkings y garajes, detectores de *CO* en vehículos y embarcaciones y detección de fuegos.



Figura 3.1 *TGS5042*

##### 3.1.2 Efectos del monóxido de carbono

El monóxido de carbono es un gas inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico. Puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados.

Se produce cuando se queman materiales combustibles como gas, gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera en ambientes de poco oxígeno. Por tanto la presencia de *CO* ser indicador de que algo se está quemando y por tanto de que existe un fuego. Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua y los aparatos domésticos que queman combustible, como las estufas u hornos de cocina o los calentadores a keroseno, también pueden producirlo si no están funcionando bien. Los vehículos detenidos con el motor encendido también lo despiden.

Si se respira, aunque sea en moderadas cantidades, el monóxido de carbono puede causar la muerte por envenenamiento en pocos minutos porque substituye al oxígeno en la hemoglobina de la sangre. Una vez respirada una cantidad bastante grande de

monóxido de carbono (teniendo un 75% de la hemoglobina con monóxido de carbono) la única forma de sobrevivir es respirando oxígeno puro. Cada año un gran número de personas pierde la vida accidentalmente debido al envenenamiento con este gas.

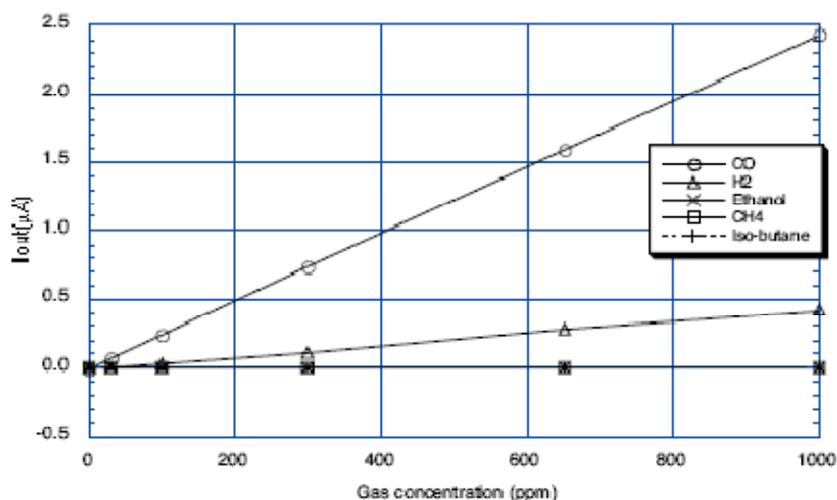
En la figura 3.2 se puede ver el efecto que produce la exposición a diversas concentraciones de monóxido de carbono.

Concentración (ppm)	Efecto
35	Dolor de cabeza y mareos en un plazo de seis a ocho horas de exposición constante
100	Leve dolor de cabeza en tres horas
200	Leve dolor de cabeza en dos horas
400	Fuerte dolor de cabeza en una o dos horas
800	Mareos, náuseas y convulsiones en 45 minutos. Perdida de sentido en dos horas.
1600	Dolor de cabeza, mareos, náuseas y convulsiones en 20 minutos. Muerte en menos de dos horas.
3200	Dolor de cabeza, mareos, náuseas y convulsiones en 5 a 10 minutos. Muerte en menos de media hora
6400	Dolor de cabeza y mareos en uno a dos minutos. Muerte en menos de 20 minutos.
12800	Inconsciencia despues de 2-3 respiraciones. Muerte en menos de 3 minutos.

**Figura 3.2 Efectos del monóxido de carbono**

### 3.1.3 Características del sensor *TGS5042*

El *TGS5042* es un sensor electroquímico que produce una señal de intensidad proporcional a la concentración de monóxido de carbono (ver Figura 3.3) y tiene un rango de detección de 0 a 1000ppm. No necesita ningún tipo de alimentación para operar y además es poco sensible al etanol y otros gases que podrían interferir en las medidas.



**Figura 3.3 Intensidad de salida del sensor en función de la concentración de CO**

Una de las características más útiles es que tiene el tamaño y la forma de una pila AA, luego se puede introducir en un receptáculo o portapilas para dicho tipo de pilas.

En la página 9 del Anexo I se encuentra la hoja de datos del sensor *TGS5042* donde se describen más características del sensor.

### 3.1.4 Integración del sensor

Una vez que se han descrito las características y funciones del *TGS5042* se describe su integración con los nodos a través de las placas de adquisición de datos *MDA-100* y el cableado y conexiones necesarias para su funcionamiento.

El sensor *TGS5042* proporciona una salida en intensidad pero para poder leer esa salida desde cualquier convertidor analógico-digital del *Mica2* es necesario convertir esa salida en intensidad a una salida en tensión. Esto se hace mediante un circuito tal como el que se puede ver en la Figura 3.4.

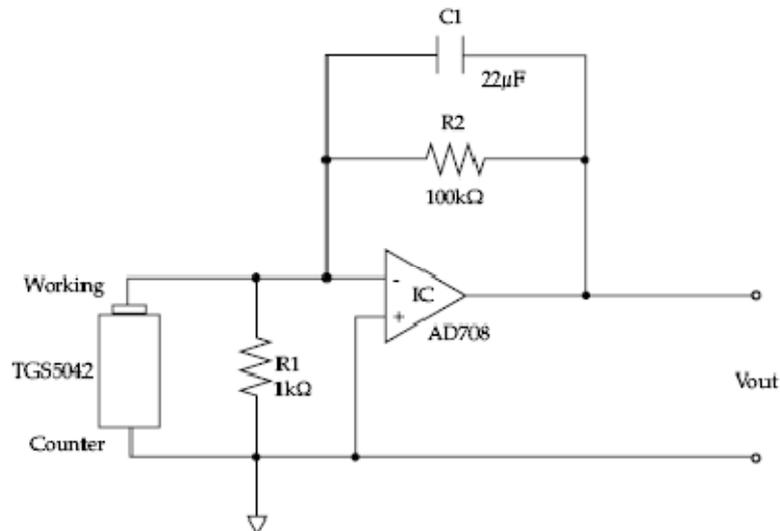
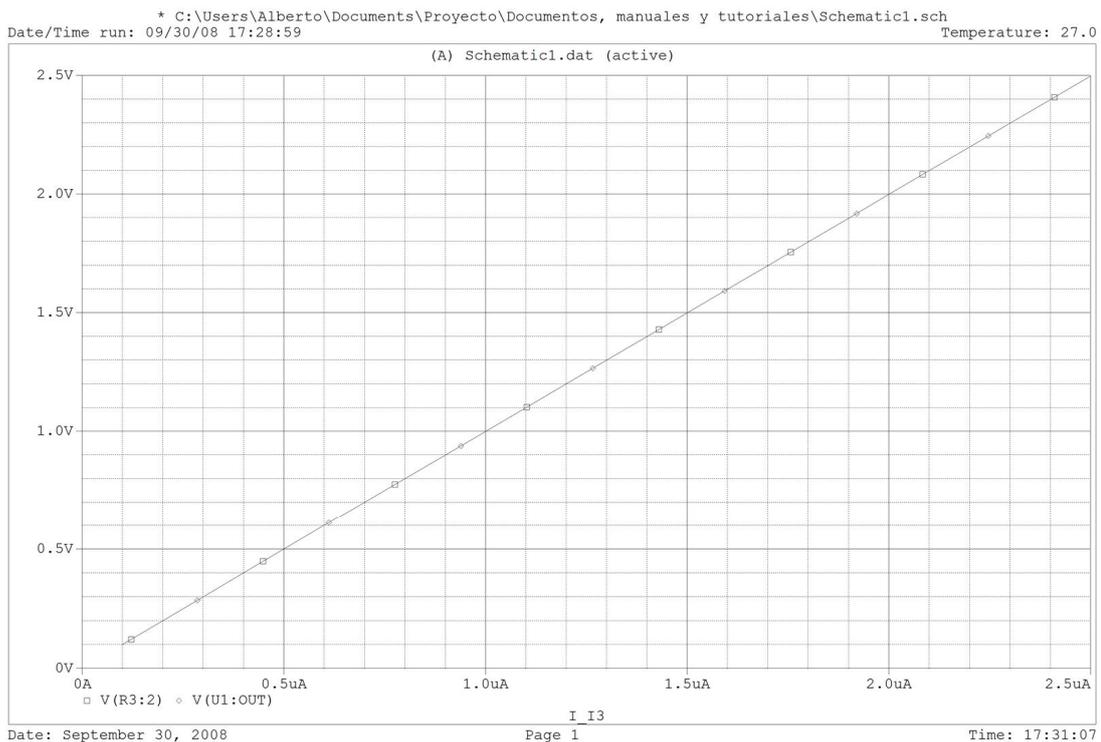


Figura 3.4 Circuito convertidor de intensidad a tensión

Este circuito está compuesto, además de por el sensor *TGS5042*, por un amplificador operacional *AD708* (ver la hoja de datos del *AD708* en la página 11 del Anexo I), dos resistencias y un condensador.

Los valores de las resistencias que aparecen en la figura son los recomendados por los fabricantes, sin embargo, con esta configuración se obtienen valores de tensiones muy bajas de 0 a  $250mV$ . Teniendo en cuenta que a partir del valor de la tensión se debe discernir entre un amplio rango de concentración entre 0 y  $1000ppm$  se cambia el valor de la resistencia *R2* a 1000 kilo ohmios. Así se consigue un rango de tensiones de 0 a  $2,5V$ , bastante más adecuado que el anterior para el rango de tensiones con el que trabajan los convertidores analógicos-digitales de los nodos *Mica2* (de 0 a  $3V$ ).

En la Figura 3.5 se observa la gráfica lineal que relaciona la intensidad de salida con la del *TGS5042* tensión de salida que se obtiene con el circuito con el circuito convertidor montado.

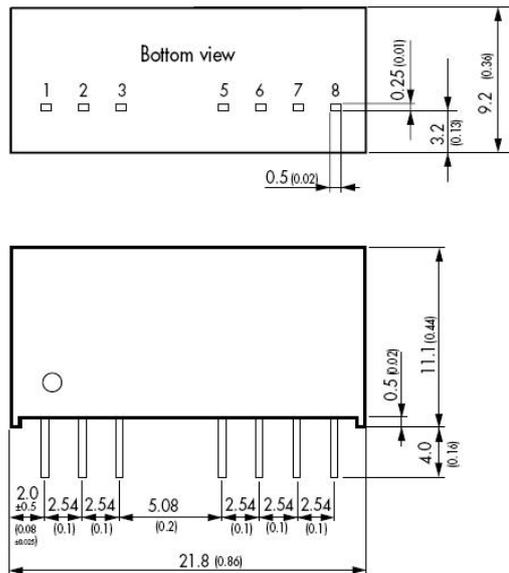


**Figura 3.5 Salida del circuito convertidor en función de la intensidad**

Para que funcione la conversión de intensidad a tensión el amplificador operacional necesita alimentarse con una tensión de  $+15V$  y otra de  $-15V$ . Para poder suministrar esta alimentación sin perder la portabilidad de todo el montaje se alimenta desde un portapilas que contiene cuatro pilas recargables de  $1,5V$  que se conecta un convertidor de tensiones desde el que se obtienen los  $+15$  y  $-15V$ .

Este elemento es el convertidor *DC/DC TMR0523* (ver Figura 3.5) que puede convertir tensiones de entrada de  $4,5$  a  $9,0V$  *DC* a tensiones de salida de  $\pm 15V$  *DC*. El convertidor tiene siete pines (aunque está numerado hasta el pin ocho le falta el pin cuatro). Los pines uno y dos son respectivamente la entrada negativa y la positiva, el pin tres sirve de interruptor para la conversión, el quinto no tiene función alguna y el seis y el ocho son respectivamente la salida de  $+15V$  y la de  $-15V$ . El pin siete es la referencia común a las dos salidas.

En la página 14 del Anexo I se encuentra la hoja de datos del convertidor *DC/DC TMR0523* donde se describen todas sus características.



Pin-Out		
Pin	Single	Dual
1	-Vin (GND)	-Vin (GND)
2	+Vin (Vcc)	+Vin (Vcc)
3	Remote On/Off	Remote On/Off
5	No function	No function
6	+Vout	+Vout
7	-Vout	Common
8	No function	-Vout

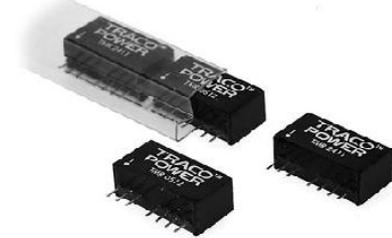


Figura 3.5 TMR0523

Se instalará un filtro  $L$ - $C$  a la entrada del *TMR0523* para reducir la ondulación de la corriente reflejada (ver Figura 3.6). El condensador será de 100 microfaradios y la bobina de 10 microhenrios.

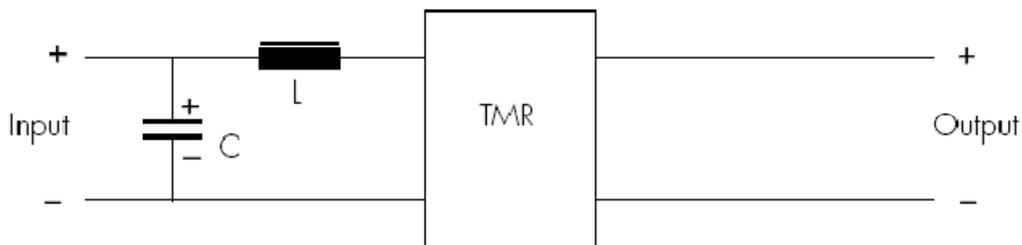
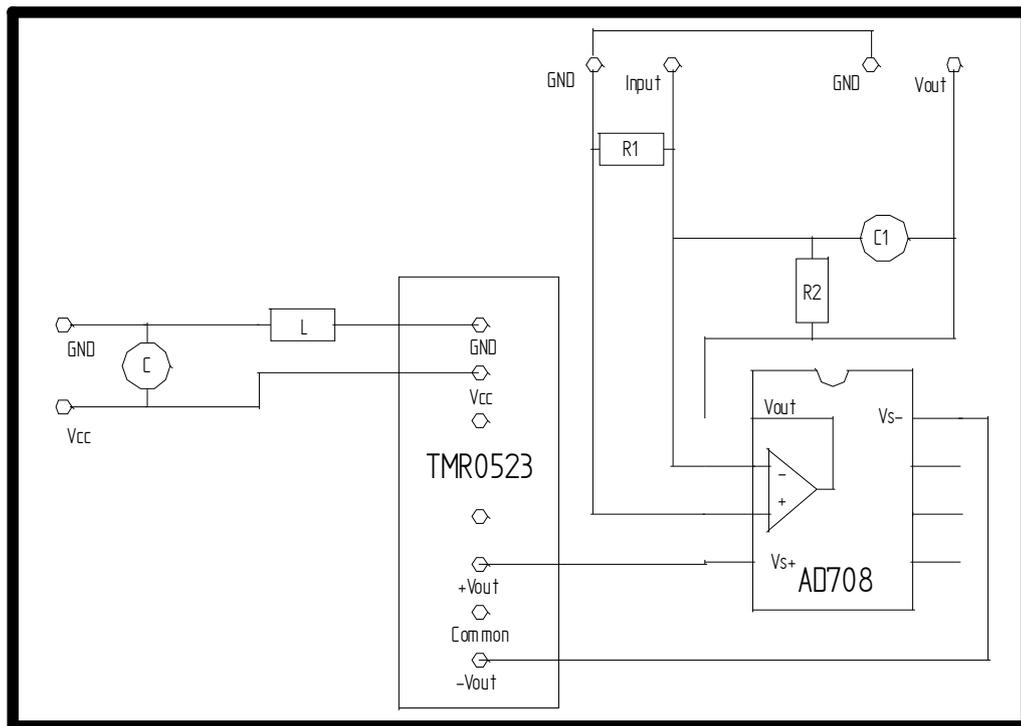


Figura 3.6 Filtro LC a la entrada del *TMR0523*

Se ha instalado el circuito transformador de intensidad a tensión y el dispositivo transformador de la tensión de entrada al amplificador operacional en una placa. Así pues la placa tiene cuatro entradas y dos salidas. Dos entradas para la alimentación del convertidor *TMR* y otras dos para la intensidad de salida del sensor *TGS5042* y las dos salidas para la tensión resultante del circuito transformador.

En la Figura 3.7 se puede observar un esquema de la placa con sus entradas, salidas y conexiones internas entre los distintos elementos que la conforman.



**Figura 3.7 Esquema del montaje de la placa**

El montaje final está formado por cuatro elementos: el portapilas, el sensor *TGS5042*, la placa que contiene el amplificador operacional y el *TMR0523* y la placa de adquisición de datos *MDA-100* que se conecta a un *Mica2*.

Así pues, las salidas del portapilas y el sensor *TGS5042* se conectan a las entradas de la placa y el polo negativo y positivo de la placa se conecta al *MDA-100* respectivamente en el pin de tierra *A1 (GND)* y en el pin de conversión analógica-digital *F13 (ADC3)*.

El resultado de la conversión analógica-digital indicará la concentración de *CO*. Puesto que la conversión analógica-digital en el *Mica2* funciona para tensiones entre 0 y 3V y la salida del montaje no pasará de los 2,5V, no limita en modo alguno el rango de detección de *CO* y, por tanto, se pueden detectar concentraciones de entre 0 y 1000ppm.

## **3.2 Sensor de dióxido de carbono: CDM4161**

### **3.2.1 Aplicaciones**

El módulo pre-calibrado para la medida del dióxido de carbono *CDM4161* (ver Figura 3.8) está diseñado específicamente tanto para la monitorización de la concentración del  $CO_2$  como para el control de la calidad del aire en locales o en edificios con alta densidad de ocupación.



**Figura 3.8 CDM4161**

### **3.2.2 Efectos del dióxido de carbono**

La razón por la que se utiliza el  $CO_2$  como medida de la calidad del aire es que en la respiración se expulsan junto al  $CO_2$  otros productos procedentes del metabolismo (agua, aerosoles biológicos, partículas, alcoholes, aldehídos, etc.) responsables de la carga de olor por ocupación humana de un local. Por ello, el nivel de concentración de dióxido de carbono en un ambiente interior puede tomarse, si no hay otras fuentes contaminantes, como indicador de la carga de olor existente debida a sus ocupantes.

En la práctica se acepta que no debe superarse una concentración de  $1.000ppm$  de dióxido de carbono con el fin de evitar problemas de olor y para que el aire sea considerado aceptable para aproximadamente el 80% de los visitantes del local. Sin embargo, los ocupantes adaptados, es decir los que llevan un cierto tiempo en el local, pueden no notar molestias, en términos de olor corporal, hasta que la concentración de dióxido de carbono supera  $2.000ppm$ .

### **3.2.3 Características y componentes del CDM4161**

El módulo *CDM4161* está compuesto principalmente por un sensor electrolítico sólido de  $CO_2$  de bajo consumo, un sensor *TGS4161* capaz de detectar concentraciones de  $CO_2$  entre  $400$  y  $8000ppm$ , y por un microprocesador. El microprocesador recibe la

señal del sensor y tras tratarla genera diversas señales que nos aportarán información del nivel de  $CO_2$  tanto visual, en forma de *LEDs* de distintos colores, como en forma de señal analógica.

En la figura 3.9 se puede observar un esquema del módulo con sus dimensiones, componentes, puertos y pines.

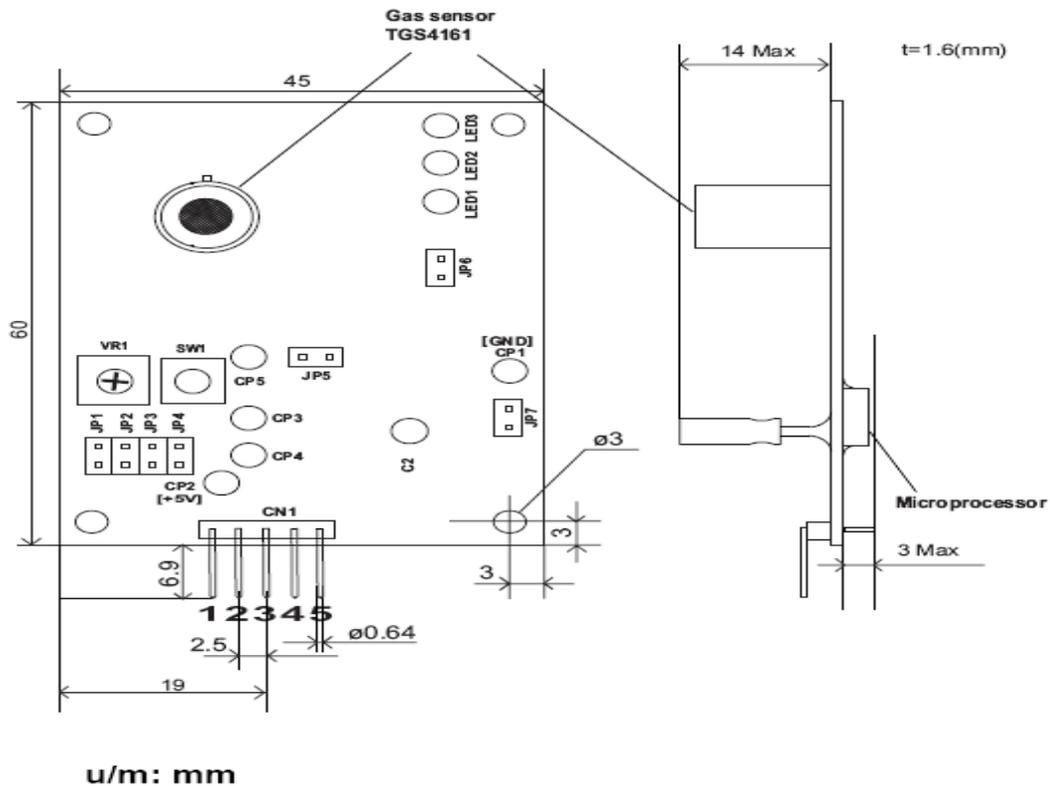


Figura 3.9 Vistas superior y lateral del módulo *CDM4161*

El componente más importante es el sensor de  $CO_2$  *TGS4161* de tipo electrolítico sólido. El sensor está formado por dos electrodos en un substrato de  $RuO_2$ , en los que al variar la concentración de  $CO_2$  varía también la fuerza electromotriz entre los electrodos y así es posible medir la concentración de  $CO_2$ . La salida del sensor es amplificada después, y así es como se podrá leer a través de uno de los puertos de la placa, el *CP3*.

Otro componente importante es el microprocesador que recoge los datos y los procesa varias veces por segundo. Éste calcula la concentración de  $CO_2$  a partir de la diferencia entre la salida actual del sensor y un valor de referencia que representa la salida del sensor en el aire limpio.

El módulo tiene un termistor, cuyo voltaje de salida es usado para compensar la dependencia del sensor con la temperatura. Se tendrá acceso a ese voltaje a través del puerto *CP4*.

Puesto que una de las funciones de este módulo es el control del nivel de calidad del aire, necesitará de unos valores de referencia que nos indiquen a partir de qué valor de

concentración el aire está viciado y por debajo de qué valor puede considerarse limpio. Si la concentración de  $CO_2$  supera el valor del aire viciado se encenderá una señal de control que por ejemplo encendería la ventilación de aire de un local y cuando luego la concentración bajara por debajo del valor del aire limpio la apagaría.

En este módulo es posible configurar éstos valores variando la configuración de un par de pines tipo “jumper” JP3 y JP4 de manera que las distintas combinaciones de los pines según estén abiertos o cerrados dan lugar a 4 modos (ver Figura 3.10).

Modo	JP3	JP4	Umbral de la concentración de CO2 para la señal de control	
			ON	OFF
I	Abierto	Abierto	1000 ppm	900 ppm
II	Abierto	Cerrado	2000 ppm	1800 ppm
III	Cerrado	Abierto	5000 ppm	4500 ppm
IV	Cerrado	Cerrado	8000 ppm	7200 ppm

**Figura 3.10 Umbral de la concentración de CO2 para la señal de control según la configuración de los pines**

Los 5 pines de entrada-salida del módulo están dispuestos en el conector CNI y están numerados según el esquema de la figura 3.9.

- 1) Es la alimentación ( $V_{in}$ ) que requiere de  $5V$  de corriente continua, aunque admite tensiones entre  $3,5$  y  $5,5V$ .
- 2) Es la salida analógica que indica la concentración (Concentración  $CO_2$  (ppm) /2000) que varía desde  $0V$  hasta  $V_{in}$ .
- 3) Es la señal de control, que como ya se ha explicado se encenderá cuando la concentración supere un cierto umbral y se apagará cuando baje de otro umbral. Su valor será de  $0,2V$  cuando esté apagada y de  $V_{in}-0,6V$  cuando esté encendida.
- 4) Es la señal de error que se encenderá cuando la conexión para la configuración del control de concentración se rompa o cuando el calentador del sensor se estropee y su valor será de  $0,3V$  cuando esté encendida.
- 5) Es la señal de tierra ( $GND$ ).

Otra de las características del módulo CDM6141 es la posibilidad de representar visualmente mediante LEDs el estado del mismo. Tiene tres LEDs, verde, amarillo y rojo. Cuando el verde está encendido indica que el módulo está encendido y si parpadea indica que está en modo de calentamiento (el modo de calentamiento se explica más adelante). El amarillo se parpadea cuando la señal de error (pin nº 4) está encendida. El rojo se enciende cuando la concentración de  $CO_2$  supera las concentraciones umbrales, es decir, mientras la señal de control (pin nº 3) está encendida.

El modo de calentamiento se inicia al encenderse el módulo y dura dos horas durante las cuales se calienta el sensor. Durante este tiempo el LED verde parpadea y la salida de concentración de  $CO_2$  es  $0,4V$  constantes. En este modo se calculará el valor de referencia a partir del cual se determina la concentración de  $CO_2$ , pero si se pulsa el botón *reset* del módulo durante este modo pasaremos directamente a estar en operación. Sin embargo, el nivel de referencia a partir del cual se calcula la concentración de  $CO_2$

será el que haya en el instante en el que se pulse el *reset*. Como este valor de referencia debe ser cercano al valor de la concentración de  $CO_2$  en el aire limpio ( $400ppm$ ), se ha de tener cuidado de que durante este modo el módulo esté en aire limpio.

En la página 17 del Anexo I se encuentra la hoja de datos del *CDM4161* donde se describen más características del módulo.

### 3.2.4 Integración del módulo

Una vez que se han descrito las características y funciones del *CDM4161* se describe su integración con los nodos a través de las placas de adquisición de datos *MDA-100* y el cableado y conexiones necesarias para su funcionamiento.

El módulo se alimenta a través de un portapilas de 4 pilas de  $1,5V$ , es decir  $6V$ . Aunque este valor supera las especificaciones ( $5,5V$  máximo) se ha probado y el módulo funciona correctamente. Así pues el polo positivo del portapilas se conectará al pin nº1 ( $V_{in}$ ) y el polo negativo a la tierra ( $GND$ ) de la placa *MDA-100*. También se conectará el polo negativo con la tierra de la placa, el pin *A1*, que servirá de referencia para medir el valor de las salidas del módulo.

La salida analógica de la concentración de  $CO_2$  ( $V_{conc}$ ) se conectará a la placa con el pin *F13 (ADC3)*, un conversor analógico-digital que transformará la señal a formato digital con lo cual se podrá cuantificar la señal.

Es de notar que los conversores analógicos-digitales de los *Mica2* sólo transforman hasta  $3V$ . Por ejemplo, si la señal de entrada es igual a la concentración de  $CO_2$  dividido por 2000 y el sensor detecta  $8000ppm$ , la entrada dará  $4V$  pero la señal transformada a digital será la misma que si la entrada da  $3V$ . Luego al conectar el sensor con el *Mica2* se pierde parte de la sensibilidad del *CDM4161* ya que por muy alta que sea la concentración de  $CO_2$  solo se leerá desde el *Mica2* como si hubiera  $6000ppm$ .

Sin embargo estos valores son más que suficientes para controlar la calidad del aire ya que por ejemplo para que el aire de un local se considere limpio debe tener una concentración de dióxido de carbono menor de  $1000ppm$ .

La señal de control se conectará a la placa con el pin *D4 (INT1)* que es una entrada de interrupción. Esta entrada de interrupción se configurará a nivel alto, de manera que cuando la señal de control se active su valor es de  $V_{in}-0,6V$  que es un nivel alto luego se activará la interrupción.

En la figura 3.10 puede observarse el esquema con las conexiones y cableado del *CDM4161* con la alimentación y la placa *MDA-100*.

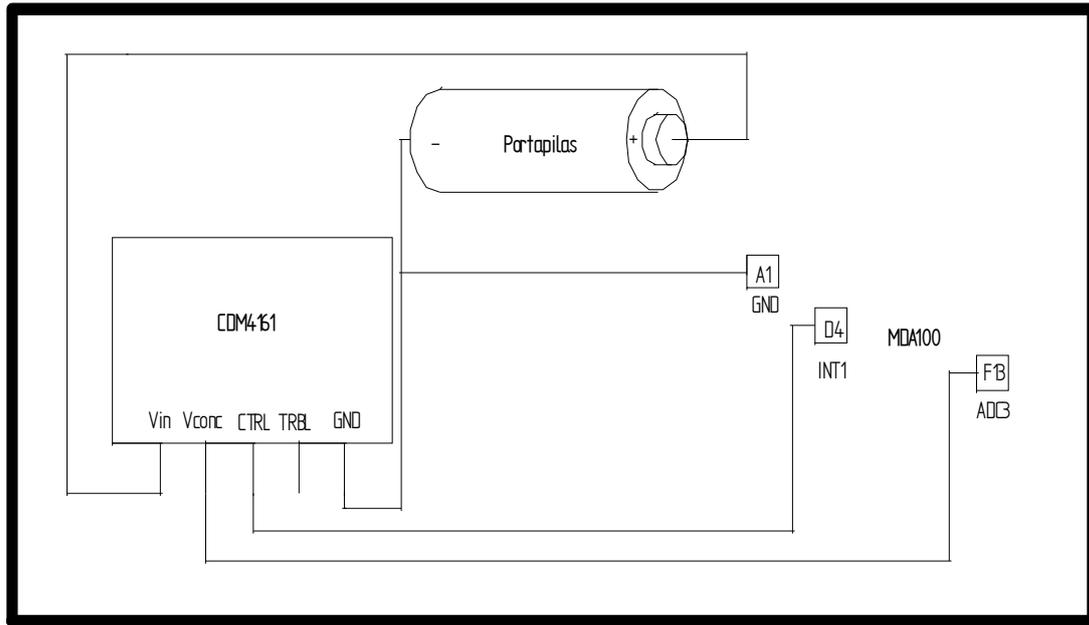


Figura 3.10 Esquema de la integración del *CDM4161*

### **3.3 Sensor de hidrógeno, metano y gases licuados del petróleo: *FCM6812***

#### 3.3.1 Aplicaciones

El módulo para la medida de gases combustibles *FCM6812* (ver Figura 3.11) es capaz de detectar hidrógeno, metano y gases licuados del petróleo tales como propano o isobutano. Puede ser utilizado para la monitorización de la concentración de estos gases y para la detección del escape de gas en células estacionarias de combustible que utilizan el hidrógeno generado por los gases combustibles.



Figura 3.11 *FCM6812*

### 3.3.2 Características del módulo *FCM6812*

El principal componente del módulo *FCM6812* es el sensor catalítico de gases *TGS6812* capaz de detectar un rango de entre 0 y 14000ppm de  $H_2$  además de detectar metano, propano e iso-butano. El módulo genera un voltaje analógico de salida proporcional a la concentración de  $H_2$  y está cubierto por una resina que protege de la humedad y le proporciona aislamiento eléctrico.

En la página 23 del Anexo I se encuentra la hoja de datos del *FCM6812* donde se describen las principales características del módulo.

El módulo tiene cinco pines de entrada-salida. Estas señales están dispuestas en el conector (ver Figura 3.12). De los cinco pines disponibles sólo tres se utilizan, el segundo y el tercero no están conectados a nada. El pin n°1 es la tierra (*GND*) que nos sirve de referencia y el pin n°4 es el voltaje de salida en función de la concentración ( $V_{conc}$ ) que varía de manera proporcional a ésta (ver Figura 3.13). El pin n°5 es la tensión de entrada ( $V_{in}$ ) que debe ser  $5.0 \pm 0.2V$ .

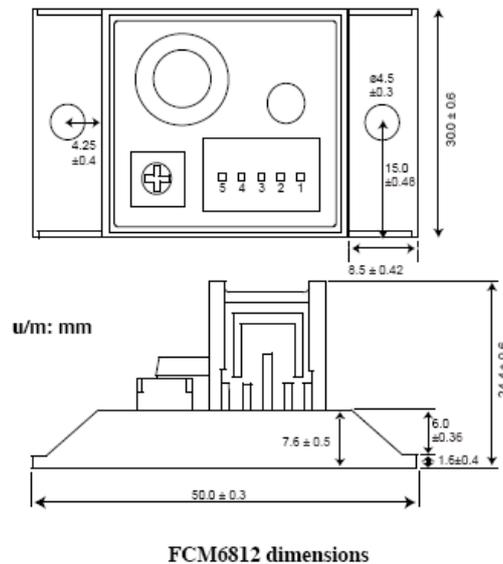


Figura 3.12 Vistas superior y lateral del módulo *FCM6812*

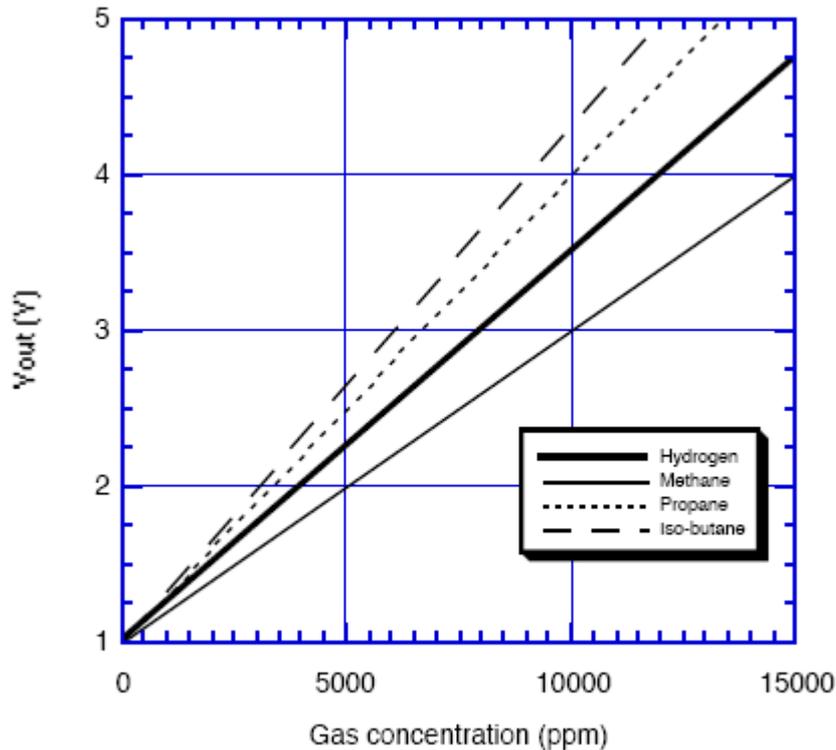


Figura 3.13 Tensión de salida en función de la concentración y el tipo de gas

### 3.3.3 Integración del módulo

Una vez que se han descrito las características y funciones del *FCM6812* se describe su integración con los nodos a través de las placas de adquisición de datos *MDA-100* y el cableado y conexiones necesarias para su funcionamiento.

El módulo se alimenta a través del porta pilas de cuatro pilas de 1.5V, al igual que en el módulo de  $CO_2$  esta tensión excede el límite recomendable sin embargo esto no parece afectar al funcionamiento del sensor. Así pues se conecta el polo positivo del portapilas al pin de tensión de entrada  $V_{in}$  y el polo negativo a las tierras tanto del *FCM6812* como de la placa de adquisición de datos *MDA-100* (pin *A1*) para que sirvan de referencia.

La salida del módulo  $V_{conc}$  se conectará con el pin *F13* de la placa (*ADC3*) que es un conversor analógico-digital. A partir del dato obtenido de la conversión a digital se conocerá la concentración. Al igual que ocurre con el módulo *CDM4161* la conversión restará parte del rango de detección del sensor ya que sólo se podrá leer hasta 3V en el conversor a pesar de que la tensión procedente del módulo pueda ser mayor.

Si se observa en la Figura 3.13 los rangos de detección varían. Se podrá detectar la concentración de  $H_2$  de 0 a 8000ppm, la de metano de 0 a 10000ppm, la de propano de 0 a 6500ppm y la de iso-butano de 0 a 6000ppm.

En la Figura 3.14 puede observarse el esquema con las conexiones y cableado del *FCM6812* con la alimentación y la placa *MDA-100*.

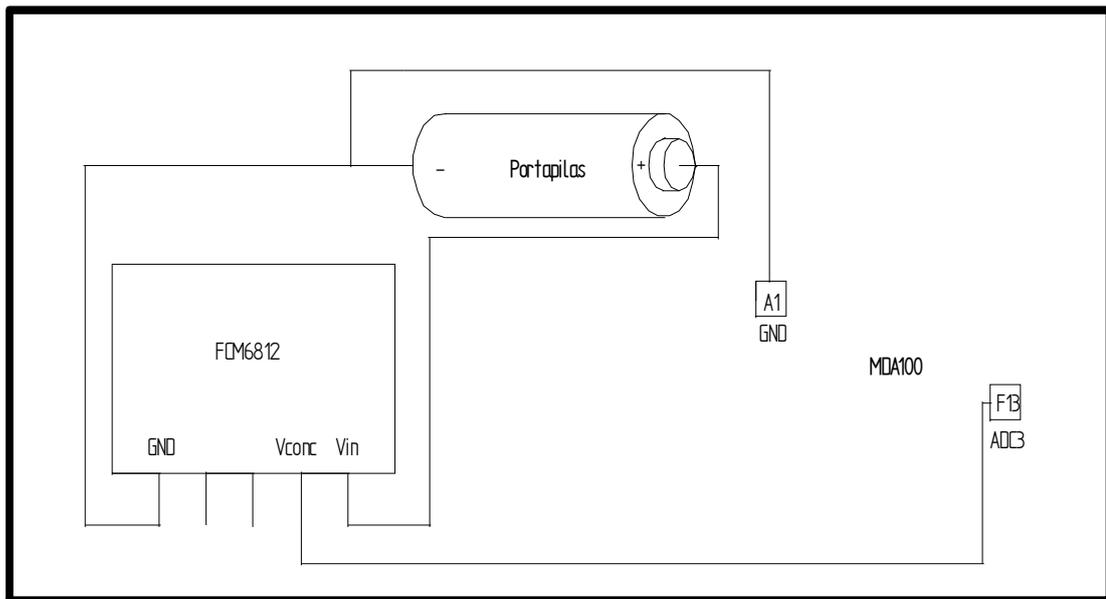


Figura 3.14 Esquema de la integración del FCM6812

### **3.4 Módulo de control de la calidad del aire: AM-1**

#### 3.4.1 Aplicaciones y descripción general

El módulo *AM-1-2600* (ver Figura 3.15), que utiliza el sensor de contaminación *TGS2600* y el microprocesador *FIC-02667*, está diseñado para el control automático de la calidad del aire en aplicaciones como depuradores de aire o ventiladores. Para estas aplicaciones en vez de medir el valor real del nivel de contaminación, compara la señal de salida del sensor con un nivel de referencia. La cuantía del cambio respecto al nivel de referencia determina el nivel de operación de la aplicación.



Figura 3.15 *AM-1-2600*

El sensor de contaminación detecta los gases desoxidantes contenidos en la polución a través del cambio que se produce en su resistencia eléctrica. El microprocesador evalúa el grado de polución en 4 niveles dependiendo de la señal enviada por el sensor. El *FIC-*

02667 compensa los efectos de la humedad, temperatura atmosférica y otros gases en el sensor y genera señales de control para un controlador de la calidad del aire basado en la estimación del nivel del nivel de polución.

Los LEDs en el AM-1 indican el nivel de la contaminación atmosférica, permitiendo que este módulo sea usado como un monitor de polución. La iluminación de los LEDs depende de las señales de control mandadas por el microprocesador.

### 3.4.2 Componentes

Los componentes del módulo AM-1 están descritos según la Figura 3.16.

- Terminal de entrada: Deberá estar alimentado a  $5.0 \pm 0.2V$
- Sensor de gases: TGS2600. El decrecimiento en la resistencia eléctrica del sensor se produce cuando la polución atmosférica se incrementa.
- Resistencia de carga (R4): Está conectado en serie con el sensor. El cambio en la resistencia eléctrica del sensor puede ser controlado midiendo el voltaje a través de la resistencia de carga. Este voltaje es la salida del sensor ( $V_{out}$ ).

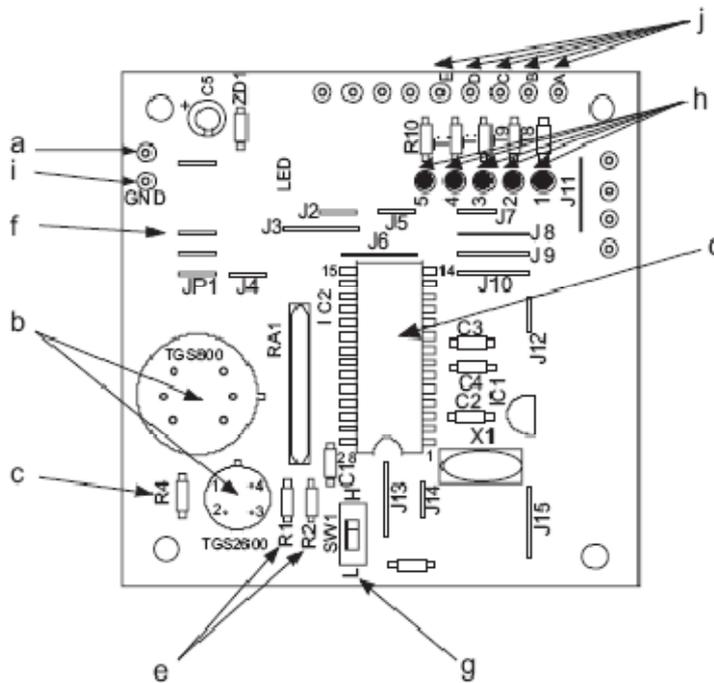


Figura 3.16 Vista superior del módulo AM-1-2600

- Microprocesador (FIC02667): El microprocesador lee la señal del sensor, la compara con un nivel de referencia memorizado que se corresponde con la atmósfera limpia, evalúa el nivel de polución y genera la señal apropiada para un controlador de la calidad del aire.
- Resistencias R1 y R2.

- f) Pin tipo “*jumper*” (*JP3*): Según esté conectado o desconectado el *JP3* seleccionaremos la capacidad de control en dos pasos (alto/bajo) o en tres pasos (alto/medio/bajo). Si está desconectado seleccionaremos dos pasos y si está conectado tres pasos.
- g) Selector de sensibilidad: El microprocesador *FIC02667* contiene software para controlar una aplicación de control de calidad del aire a alta o baja sensibilidad. Cuando el selector está bajado la sensibilidad es alta y cuando el selector está subido la sensibilidad es baja.
- h) *LEDs* indicativos del grado de polución: El grado de polución se indica mediante los *LEDs* activados por el microprocesador (ver Figura 3.17). Cuando el *LED 2* esté encendido, uno de los *LEDs* del 3 al 5 estará también encendido al mismo tiempo. Los *LEDs* del 3 al 5 están conectados con los 3 puertos de control del microprocesador que generan una señal cada uno para dirigir al controlador de calidad del aire.

<i>LED 1</i> (verde)	Limpio
<i>LED 2</i> (rojo)	Contaminado
<i>LED 3</i> (ámbar)	Contaminación Baja
<i>LED 4</i> (ámbar)	Contaminación Media
<i>LED 5</i> (ámbar)	Contaminación Alta

Figura 3.17

- i) Terminal de tierra: Terminal común tanto para los terminales de salida del microprocesador (elemento j) como para el terminal de alimentación auxiliar de salida de *5V* (elemento k).
- j) Terminales de salida del microprocesador: Los *LEDs* del 1 al 5 se corresponden con los terminales del *A* al *E* respectivamente. El voltaje de salida en el terminal es cero cuando el *LED* está encendido y *5V* cuando está apagado. Estas señales son las que se utilizan en el control automático de la calidad del aire.
- k) Terminal de alimentación auxiliar de salida: Puede ser utilizado como alimentación auxiliar para otro circuito.

### 3.4.3 Funcionamiento

El módulo *AM-1* después de encenderse pasa por un estado inicial durante dos minutos y luego por un modo de alta sensibilidad durante tres minutos para luego pasar al funcionamiento estándar.

Durante el estado inicial que ocupa los dos primeros minutos después de encenderse el módulo el *LED 1* (verde) parpadea continuamente en un ciclo de 0.5 segundos sin importar los niveles de polución. Al final de este periodo el *LED 1* se queda encendido continuamente y el nivel de la señal de salida del sensor es memorizado por el microprocesador como el nivel de referencia que corresponde con el aire limpio. Es importante no iniciar el módulo en un ambiente contaminado puesto que tomaría una mala referencia y las señales no se activarían a pesar de la presencia de polución.

En el modo estándar el módulo indica continuamente el grado de polución con los *LEDs* y las señales de salida. Además, el nivel de referencia se renueva periódicamente cada 20 minutos. El modo de alta sensibilidad es como el modo estándar pero con la sensibilidad a nivel alto independientemente de cómo esté posicionado el selector.

En la página 25 del Anexo I se puede encontrar la hoja de datos del módulo *AM-1-2600* donde se describen sus principales características.

### 3.4.4 Integración del módulo

El módulo *AM-1* se conectará con los nodos *Mica2* a través de la placa *MDA-100* y con la alimentación mediante cables y conectores de la manera que se describe a continuación: El terminal de tierra del *AM-1* se conectará al polo negativo del portapilas y al pin de tierra (*A1*) de la placa *MDA-100*. El terminal de tensión entrada se conectará con el polo positivo del portapilas. Al igual que ocurre con otros módulos como el *FCM6812* o el *CDM4161* la tensión aportada por el portapilas es excesiva según las especificaciones, sin embargo el módulo responde bien.

Los terminales de salida se conectan con los pines de interrupción de la placa *MDA-100* uno a uno, el terminal *A* (limpio) con el pin de interrupción *D2 (INT3)*, el terminal *C* (contaminación baja) con el pin de interrupción *D3 (INT2)*, el terminal *D* (contaminación media) con el pin de interrupción *D4 (INT1)* y el terminal *E* (contaminación alta) con el pin de interrupción *D5 (INT0)*.

Como sólo tenemos cuatro estados distintos no es necesario conectar el terminal sobrante *B* (contaminado). Puesto que las salidas del *AM-1* son activas a nivel bajo las interrupciones se programarán para que se activen a nivel bajo y con esto sabremos en qué estado se encuentra el módulo conociendo cuál es la última interrupción que se produjo.

En la Figura 3.17 puede observarse el esquema con las conexiones y cableado del *AM-1-2600* con la alimentación y la placa *MDA-100*.

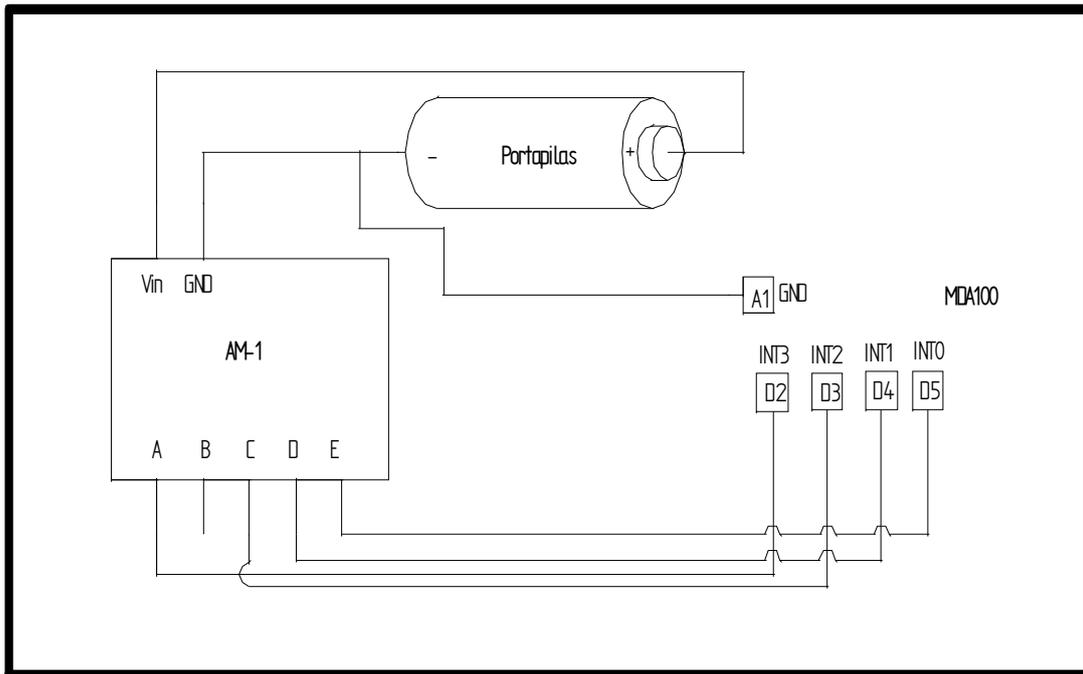


Figura 3.18 Esquema de la integración del módulo *AM-1-2600*

### **3.5 Aplicación conjunta de los cuatro sensores**

#### **3.5.1 Descripción general**

Por último se ha desarrollado una aplicación que comprende los cuatro sensores, el sensor de monóxido de carbono *TGS5042*, el sensor de dióxido de carbono *CDM4161*, el sensor de hidrógeno, metano y gases licuados del petróleo *FCM6812* y el módulo para el control de la calidad del aire *AM-1*. Consiste en el aprovechamiento de las distintos puertos convertidores analógico-digitales y entradas de interrupción en la placa de expansión *MDA100* para conectar las salidas de los tres primeros sensores, cuya tensión está en función de la concentración de los distintos gases, a los puertos convertidores y conectar los terminales de salida del microprocesador de la placa *AM-1* a las entradas de interrupción.

Puesto que los requerimientos de alimentación son de alrededor de  $5V$  para todos los sensores (en realidad el sensor de *CO* no necesita alimentación pero sí el operacional que se utiliza en el montaje que transforma la salida de intensidad a tensión) se podrá utilizar la misma alimentación para todos los sensores, el portapilas con cuatro pilas recargables de  $1,5V$ .

### 3.5.2 Integración de los cuatro sensores

Los sensores se conectarán con los nodos *Mica2* a través de la placa *MDA-100* y con la alimentación mediante cables y conectores de la manera que se describe a continuación:

Para el sensor de *CO* (*TGS5042*), las salidas del portapilas y el sensor *TGS5042* se conectan a las entradas de la placa y el polo negativo y positivo de la placa se conecta al *MDA-100* respectivamente en el pin de tierra *A1 (GND)* y en el pin de conversión analógica-digital *F13 (ADC3)*.

Para el sensor de *CO<sub>2</sub>* (*CDM4161*), el polo positivo del portapilas se conectará al pin n°1 (*V<sub>in</sub>*) y el polo negativo a la tierra (*GND*) de la placa *MDA-100*. También se conectará el polo negativo con la tierra de la placa, el pin *A1*, que servirá de referencia para medir el valor de las salidas del módulo. La salida analógica de la concentración de *CO<sub>2</sub>* (*V<sub>conc</sub>*) se conectará a la placa con el pin *F12 (ADC4)*, un convertidor analógico-digital que transformará la señal a formato digital con lo cual se podrá cuantificar la señal.

Para el sensor de hidrógeno, metano y gases licuados del petróleo (*FCM6812*) se conecta el polo positivo del portapilas al pin de tensión de entrada *V<sub>in</sub>* y el polo negativo a las tierras tanto del *FCM6812* como de la placa de adquisición de datos *MDA-100* (pin *A1*) para que sirvan de referencia. La salida del módulo *V<sub>conc</sub>* se conectará con el pin *F11* de la placa (*ADC5*) que es un convertidor analógico-digital. A partir del dato obtenido de la conversión a digital se conocerá la concentración.

Para el módulo de control de la calidad del aire (*AM-1*), el terminal de tierra del *AM-1* se conectará al polo negativo del portapilas y al pin de tierra (*A1*) de la placa *MDA-100*. El terminal de tensión entrada se conectará con el polo positivo del portapilas. Los terminales de salida se conectan con los pines de interrupción de la placa *MDA-100* uno a uno, el terminal *A* (limpio) con el pin de interrupción *D2 (INT3)*, el terminal *C* (contaminación baja) con el pin de interrupción *D3 (INT2)*, el terminal *D* (contaminación media) con el pin de interrupción *D4 (INT1)* y el terminal *E* (contaminación alta) con el pin de interrupción *D5 (INT0)*.

En la Figura 3.19 puede observarse el esquema con las conexiones y cableado de los cuatro sensores con la alimentación y la placa *MDA-100*.

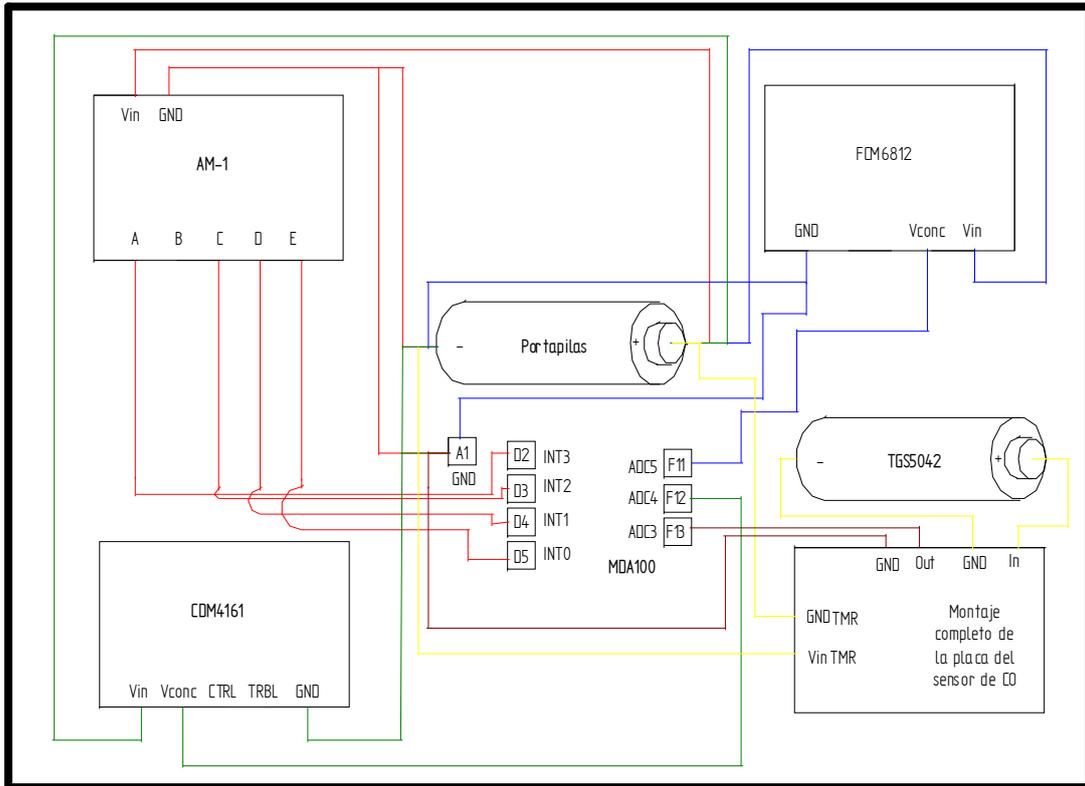


Figura 3.19 Esquema de la integración de los cuatro sensores