

Calibración sensor MQ-135 para detección de gases

Carlos A López Angulo¹

En el marco del proyecto SIIP 2022-2024 de la Secretaría de Investigación, Internacionales y Posgrado. UNCuyo. Exp. e-cuy: 0043957/2022, se planteó la utilización del sensor MQ-135 para medir variables ambientales como parte de un dispositivo de bajo coste. Este sensor semiconductor, sensible a diversos gases como CO₂, NH₃ y compuestos orgánicos volátiles, requiere una calibración precisa para garantizar la fiabilidad de las mediciones. Si bien existen múltiples adaptaciones propuestas para este sensor, ninguna resultó adecuada para las condiciones específicas del proyecto.

Por este motivo, se llevó a cabo una calibración detallada del sensor MQ-135, considerando las variaciones de temperatura y humedad relativa, factores que influyen significativamente en su respuesta. La presente nota técnica describe los métodos y ecuaciones utilizados para esta calibración, enfatizando la importancia de ajustar las mediciones en función de estas variables.

La detección precisa de gases es fundamental en diversos campos, como el control ambiental y la seguridad industrial. El sensor MQ-135, debido a su capacidad para detectar múltiples gases, es ampliamente utilizado. Sin embargo, su calibración es esencial para obtener resultados confiables.

METODOLOGÍA

A continuación, se presentan una serie de gráficos y ecuaciones que describen de forma sintética el proceso de calibrado del sensor MQ-135.

Calibración del sensor para diferentes gases

Se muestra el caso del CO₂, pero se puede aplicar para cualquiera de los gases, seleccionando la curva que representa al mismo en la gráfica.

Calibración para CO₂

Ecuación derivada: La ecuación para CO₂ se obtiene a partir del gráfico R_s/R_0 vs. Concentración de Gases (Figura 1):

$$\frac{R_s}{R_0} = f(\text{CO}_2).$$

Para CO₂, la relación es aproximadamente lineal en la escala logarítmica:

$$\log\left(\frac{R_s}{R_0}\right) = a \cdot \log(\text{CO}_2) + b,$$

donde a y b son constantes que se obtienen a partir de la curva para CO₂.

Para determinar los valores de a y b , necesitamos identificar dos puntos del gráfico para CO₂ y resolver el sistema de ecuaciones.

Puntos identificados:

- Punto 1 (ppm, R_s/R_0): = (100, 1.4),
- Punto 2 (ppm, R_s/R_0): = (1000, 0.6).

¹Instituto del ambiente y los recursos naturales (idearn), FFYL – UNCUIYO. Email: albertolopez007@hotmail.com

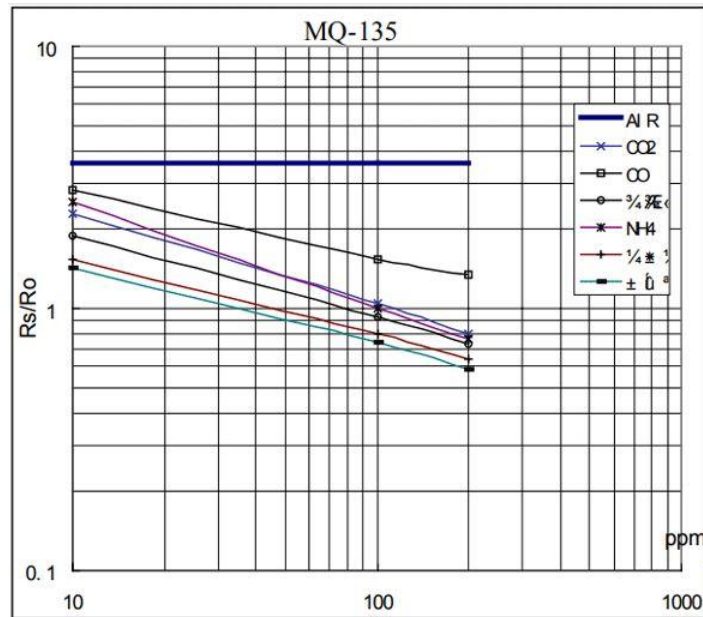


Figura 1. Respuesta del Sensor (R_s/R_0) vs. Concentración de Gases (ppm). Este gráfico muestra la relación entre la resistencia del sensor (R_s) y la resistencia base (R_0) para diferentes gases, según su concentración en partes por millón (ppm).

Luego,

$$\log(1.4) = a \cdot \log(100) + b,$$

$$\log(0.6) = a \cdot \log(1000) + b.$$

Resolviendo el sistema,

$$\log(1.4) = a \cdot 2 + b,$$

$$\log(0.6) = a \cdot 3 + b.$$

Restamos las dos ecuaciones para eliminar b :

$$\log(0.6) - \log(1.4) = 3 \cdot a - 2 \cdot a$$

$$a = \frac{\log(0.6) - \log(1.4)}{1}$$

Calculamos a :

$$a = \log(0.6) - \log(1.4) = -0.2218 - 0.1461 = -0.3679.$$

Ahora sustituimos a en una de las ecuaciones originales para encontrar b :

$$\log(1.4) = -0.3679 \cdot 2 + b,$$

$$0.1461 = -0.7358 + b,$$

$$b = 0.8819.$$

Entonces, la ecuación para CO_2 es:

$$\log\left(\frac{R_s}{R_0}\right) = -0.3679 \cdot \log(\text{CO}_2) + 0.8819.$$

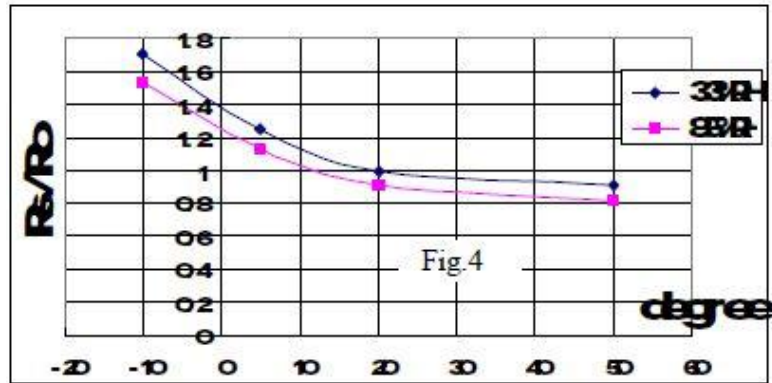


Figura 2. Gráfico de R_s/R_0 vs. Temperatura y Humedad Relativa. Ilustra cómo la relación R_s/R_0 varía con la temperatura y la humedad relativa, lo cual es crucial para ajustar las mediciones según las condiciones ambientales.

Ajuste por temperatura y humedad

Para incorporar el ajuste por temperatura y humedad relativa en las ecuaciones derivadas para cada gas, utilizamos el gráfico R_s/R_0 vs. Temperatura y Humedad (Figura 2). El procedimiento implica ajustar la relación R_s/R_0 utilizando una función de corrección $f(T, RH)$ obtenida del segundo gráfico.

Ecuaciones de ajuste

El ajuste por temperatura y humedad se representa de la siguiente manera:

$$\left(\frac{R_s}{R_0}\right)_{\text{ajustado}} = \left(\frac{R_s}{R_0}\right)_{\text{gas}} \times f(T, RH),$$

donde:

- $\left(\frac{R_s}{R_0}\right)_{\text{ajustado}}$ = es la relación ajustada considerando la temperatura y la humedad.
- $\left(\frac{R_s}{R_0}\right)_{\text{gas}}$ = es la relación derivada para cada gas específico.
- $f(T, RH)$ = función de ajuste basada en la temperatura y la humedad relativa.

Derivación de $f(T, RH)$

Basado en el gráfico R_s/R_0 vs. Temperatura y Humedad, identificamos puntos y derivamos una función de ajuste. Consideramos que el gráfico muestra cómo la relación R_s/R_0 varía con la temperatura y la humedad. Podemos aproximar $f(T, RH)$ a partir de los puntos proporcionados.

Puntos identificados del gráfico:

- Para 33 % HR y 20°C, $R_s/R_0 \approx 1$
- Para 85 % HR y 20°C, $R_s/R_0 \approx 0.9$
- Para 33 % HR y -10°C, $R_s/R_0 \approx 1.7$
- Para 85 % HR y -10°C, $R_s/R_0 \approx 1.6$
- Para 33 % HR y 50°C, $R_s/R_0 \approx 0.9$
- Para 85 % HR y 50°C, $R_s/R_0 \approx 0.8$

Podemos interpolar estos datos para crear una función $f(T, RH)$. Una aproximación lineal podría ser suficiente para la mayoría de los casos prácticos.

Función de ajuste lineal

Asumimos que $f(T, RH)$ puede aproximarse como una función lineal de T y RH :

$$f(T, RH) = a + b \cdot T + c \cdot RH.$$

Usamos los puntos para ajustar los coeficientes a , b , y c .

Resolviendo los coeficientes: Tomamos tres puntos para resolver el sistema de ecuaciones:

1) $f(-10, 33) = 1.7$

2) $f(20, 33) = 1.0$

3) $f(50, 33) = 0.9$

El sistema de ecuaciones lineales sería:

1) $a + b(-10) + c(33) = 1.7$

2) $a + b(20) + c(33) = 1.0$

3) $a + b(50) + c(33) = 0.9$

Resolvemos este sistema para a , b , y c . Usamos una librería de Python para resolverlo:

```
import numpy as np
# Coefficients matrix
A = np.array([[1, -10, 33],
             [1, 20, 33],
             [1, 50, 33]])
# Constants vector
B = np.array([1.7, 1.0, 0.9])
# Solve the system of equations
coefficients = np.linalg.solve(A, B)
coefficients
```

Calculamos:

$$a \approx 3.1333, \quad b \approx -0.0333, \quad c \approx -0.0367$$

Entonces, la función de ajuste sería:

$$f(T, RH) = 3.1333 - 0.0333 \cdot T - 0.0367 \cdot RH.$$

Ecuaciones ajustadas

1. CO₂:

$$\log\left(\frac{R_0}{R_s}\right)_{\text{ajustado}} = -0.3679 \cdot \log(\text{CO}_2) + 0.8819 + \log(3.1333 - 0.0333 \cdot T - 0.0367 \cdot RH)$$

CONCLUSIÓN

La calibración del sensor MQ-135 es un proceso detallado que implica ajustar las mediciones para diferentes gases y condiciones ambientales. Las ecuaciones derivadas permiten realizar calibraciones precisas, esenciales para obtener resultados fiables. Es crucial realizar la calibración en condiciones controladas y ajustar los resultados según la temperatura y la humedad relativa.

Agradecimientos Al Director y codirector del proyecto: Alberto Ismael Vich y Luis Lenzano.