



# Manual del Amoniómetro

---

**Josefina Elizalde Torres**  
**Mario Francisco González Cardel**

**Noviembre 2019**

**Proyecto Interno**

**Institución Patrocinadora ICAT**  
**Financiamiento interno**

## **Manual del Amoniómetro.**

Josefina Elizalde Torres<sup>1</sup>, Mario Francisco González Cardel<sup>2</sup>

Grupo de Materiales Bio y Catalizadores Nanoestructurados<sup>1</sup>. Grupo de Metrología Óptica<sup>2</sup>

### **Resumen**

El amoniómetro es un instrumento portátil que fue diseñado para medir las concentraciones de gas amoniacal, que utiliza una película delgada de polianilina como elemento sensor. El principio de operación se basa en medir el cambio de transmitancia que presenta la película al ser expuesta al gas. Un circuito optoelectrónico entrega un voltaje proporcional al cambio de transmitancia. Existe una relación matemática entre el voltaje entregado y la concentración medida de gas amoniacal y usando una tarjeta ARDUINO-UNO se logra el despliegue digital de la concentración en ppm. El amoniómetro es capaz de medir concentraciones que van desde 0 hasta 100 ppm, ya que este intervalo contiene las concentraciones nocivas para la salud. En caso de presentarse un ambiente con una concentración mayor a 100 ppm, el despliegue muestra un mensaje de saturación.

## Índice

|                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Glosario de Términos.</b>                              | <b>3</b>  |
| <b>Introducción.</b>                                      | <b>4</b>  |
| <b>1 Características del Amoniómetro.</b>                 | <b>4</b>  |
| <b>1.1 Definición.</b>                                    | <b>4</b>  |
| <b>1.2 Características físicas.</b>                       | <b>5</b>  |
| <b>1.3 Características eléctricas.</b>                    | <b>6</b>  |
| <b>2 Sensor.</b>                                          | <b>7</b>  |
| <b>2.1 Definición.</b>                                    | <b>7</b>  |
| <b>2.2 Características físicas.</b>                       | <b>7</b>  |
| <b>2.3 Sustitución del sensor.</b>                        | <b>7</b>  |
| <b>3 Operación.</b>                                       | <b>8</b>  |
| <b>3.1 Operación.</b>                                     | <b>8</b>  |
| <b>3.2 Montaje de la película.</b>                        | <b>8</b>  |
| <b>3.3 Calibración Electrónica.</b>                       | <b>8</b>  |
| <b>3.4 Sustitución de la Batería.</b>                     | <b>8</b>  |
| <b>4 Guía de Fallas.</b>                                  | <b>8</b>  |
| <b>Anexo A. Diagrama Eléctrico del Amoniómetro.</b>       | <b>10</b> |
| <b>Anexo B. Plano del Soporte de la película de PANI.</b> | <b>11</b> |
| <b>Referencias Bibliográficas</b>                         | <b>12</b> |

## Glosario de Términos

| <b><i>Símbolo (orden alfabético)</i></b> | <b><i>Significado</i></b>         |
|------------------------------------------|-----------------------------------|
| <i>dms</i>                               | <i>dígito menos significativo</i> |
| <i>HCl</i>                               | <i>Ácido Clorhídrico</i>          |
| <i>LED</i>                               | <i>Diodo emisor de luz</i>        |
| <i>NH<sub>3</sub></i>                    | <i>Amoniaco</i>                   |
| <i>PANI</i>                              | <i>Polianilina</i>                |
| <i>ppm</i>                               | <i>partes por millon</i>          |
| <i>PT</i>                                | <i>Fototransistor</i>             |

## Introducción

Como la polianilina es sensible al gas amoníaco y modifica sus propiedades ópticas en su presencia, se hicieron varias pruebas con películas de polianilina usando diversos tipos de dopantes y se diseñaron diversos prototipos con diferentes configuraciones de circuitos electrónicos (Elizalde, 2016), como resultado, se desarrolló un circuito optoelectrónico capaz de sensar la concentración de gas amoníaco en el ambiente, usando una película de polianilina dopada con ácido clorhídrico (SOMI, 2017), que finalmente condujo a la construcción de un equipo portátil sensible a la concentración de amoníaco, al que llamaremos amoniómetro, el cual mide concentraciones entre 0 y 100 ppm, ya que los límites de amoníaco permitidos en ambientes de trabajo son de 25 ppm para tiempos de exposición de ocho horas diarias y 35 ppm por periodos de 15 minutos. (OSHA, 1970).

## 1.- Características del Amoniómetro

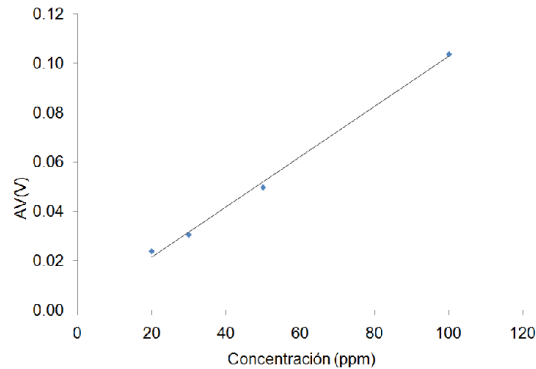
### 1.1 Definición.

El amoniómetro es un dispositivo optoelectrónico que mide la concentración de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), en el ambiente y lo presenta digitalmente en ppm, su funcionamiento se basa en el cambio de transmitancia que sufre una película de polímero conductor PANI, al entrar en contacto físico con las moléculas del gas amoníaco, medida por un circuito optoacoplado con una longitud de onda de 635 nm. Ver Fig. 1.



*Figura 1. Amoniómetro*

El cambio de voltaje como medición indirecta del cambio de transmitancia de la película de PANI se comporta según el siguiente modelo matemático  $\Delta V = 0.001C + 0.0012$ , que relaciona con una linealidad del 98% a la concentración del gas  $\text{NH}_3$  en ppm con el cambio de voltaje medido, (Creus, 2011). Ver figura 2.



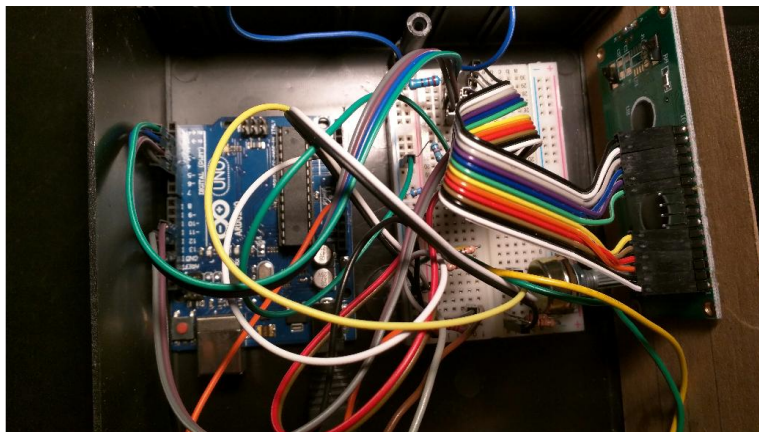
*Figura 2. Gráfica de cambio de voltaje contra concentración en ppm.*

### **1.2 Características físicas.**

El amoniómetro está formado por dos partes, una que consiste en un chasis de plástico negro que contiene toda la electrónica del medidor Fig.3. Sus características físicas son:

Dimensiones: 16 × 14.5 × 7 cm

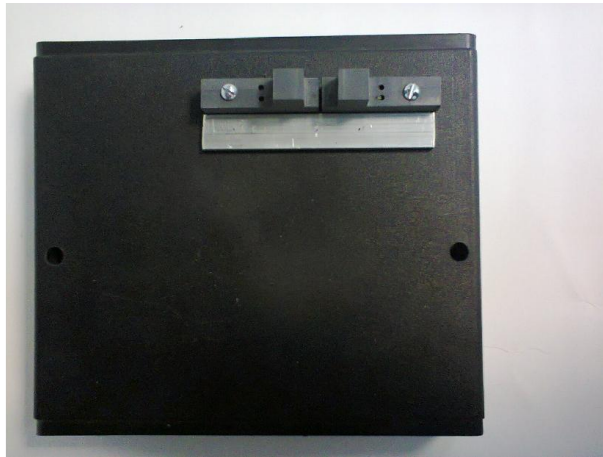
Peso: 600 gr.



*Figura 3. Circuito electrónico del Amoniómetro*

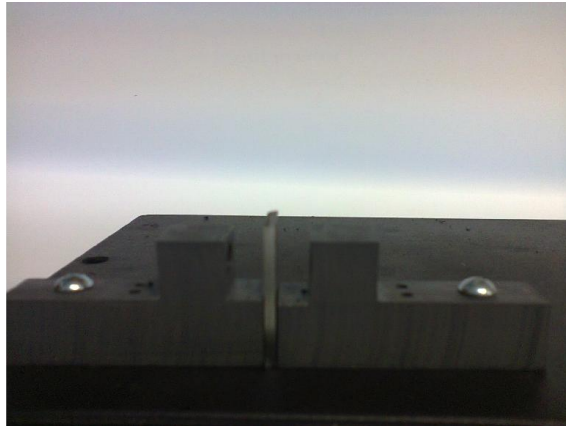
Una segunda parte, que consiste en dos soportes de 2 cm de altura y 4 cm de largo (Anexo B), que se montan sobre el chasis para permitir su contacto con el gas amoniaco y que alberga al detector formado por un circuito optoacoplado e iluminado

con un diodo emisor de luz LED ultrabrillante con una longitud de onda de 635 nm y un fototransistor PT331C sensible a esta longitud de onda, sistema entrega un voltaje directamente proporcional a la intensidad luminosa que recibe el fototransistor. Fig.4.



*Figura 4. Soporte de la película sobre la cubierta del Amoniómetro.*

En el seno de este circuito optoelectrónico se coloca la película delgada de PANI perpendicularmente al haz que emite el LED, Fig.5.



*Figura 5. Película delgada de PANI dentro del transductor del amoniómetro.*

La concentración del gas amoníaco será desplegada digitalmente en la pantalla, en caso de presentarse un ambiente con una concentración mayor a 100 ppm, el despliegue muestra un mensaje de saturación.

### **1.3 Características eléctricas.**

El amoniómetro es alimentado por una batería de 9V, convirtiéndolo en un dispositivo portátil.

Alimentación: 9V.  
Resolución: 1 ppm  
Sensibilidad: 5 ppm.  
Tiempo de respuesta @ 90%: 4 min.  
Intervalo dinámico: 0 – 100 ppm  
Temperatura de operación: -10 a 40 grados Celsius  
Linealidad: 98%.

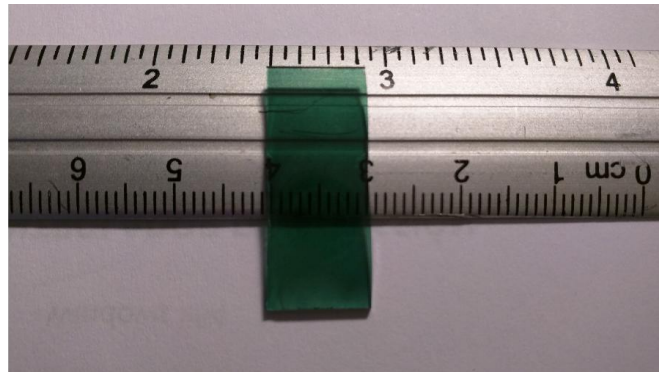
## 2.- Sensor.

### 2.1 Definición.

El elemento sensor está formado por una película delgada de polianilina dopada con ácido clorhídrico 0.5 M (PANI), que es un polímero de sal emeraldina semiconductor, depositada sobre un sustrato de vidrio, (Copado, 2014 y Castillo, 2015).

### 2.2 Características físicas.

Sus dimensiones son 1 × 2.5 cm, con un espesor de 0.8 a 1.1 mm (película y sustrato). Fig. 6.



*Figura 6. Película delgada de PANI sobre vidrio.*

### 2.3 Sustitución de la película.

La superficie de la película de PANI es muy sensible a la manipulación, fácilmente se raya. Para sustituirla es necesario retirar la película usada y colocar una nueva con ayuda de una pinza, como se muestra en la Fig. 7.

Es posible usar una misma película sensora de manera continua hasta por un mes, después es necesario cambiarla. Una película usada puede recuperar su sensibilidad dopándola una sola vez más, introduciéndola en ácido clorhídrico (HCl 0.1 N), aproximadamente durante 5 min, hasta que recupere su color verde.

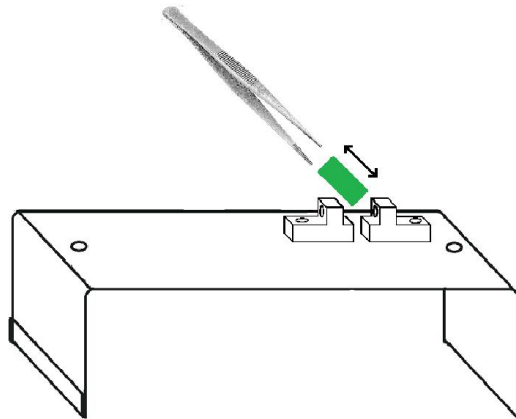
### 3.- Operación.

#### 3.1 Operación.

- a) Encienda el Amoniómetro en un ambiente limpio de amoniaco.
- b) Espere 15 minutos.
- c) Ajuste la perilla de calibración hasta que la lectura en el despliegue sea  $0 \pm 1$ .
- d) Su Amoniómetro está listo para empezar a funcionar.

#### 3.2 Montaje de la película.

Si la lectura del amoniómetro no cambia ante la presencia de gas amoniaco, retire la película e introduzca una nueva.



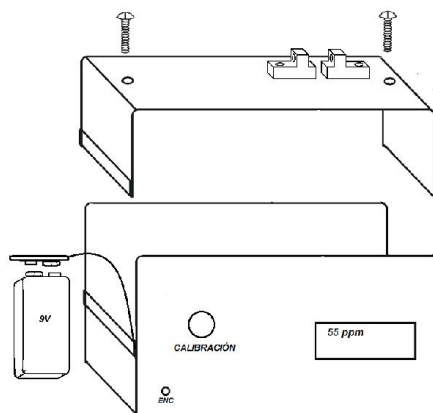
*Figura 7. Sustitución de la película.*

#### 3.3 Calibración electrónica.

Una vez colocada la película y en ausencia de amoniaco se compara la transmitancia de la película con un voltaje de referencia, ajustando la perilla frontal hasta obtener en el despliegue una lectura de  $0 \pm 5$  ppm, lo que permite medir únicamente los cambios de transmitancia. Ver anexo A.

#### 3.4 Sustitución de la Batería.

Para sustituir la batería, apague el instrumento y retire la película de PANI, evitando así que se rompa o raye. Use un desarmador plano, retire los dos tornillos ubicados en la tapa y retírela, sustituya la batería, coloque la tapa con los dos tornillos que la fijan al chasis. Ver Fig. 8.



*Figura 8. Sustitución de la batería.*

#### 4.- Guía de Fallas.

| FALLA                                              | ACCIÓN CORRECTIVA              |
|----------------------------------------------------|--------------------------------|
| No enciende                                        | Cambiar la batería             |
| La lectura no cambia en presencia de $\text{NH}_3$ | Cambiar la película            |
| Lectura fuera de rango                             | Ajustar perilla de calibración |

## Anexo A. Diagrama Eléctrico del Amoniómetro.

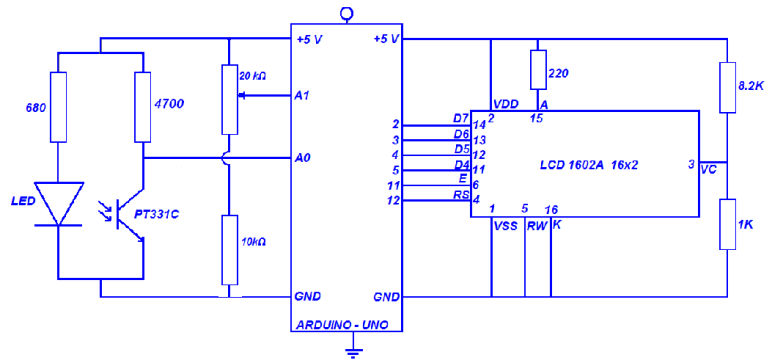
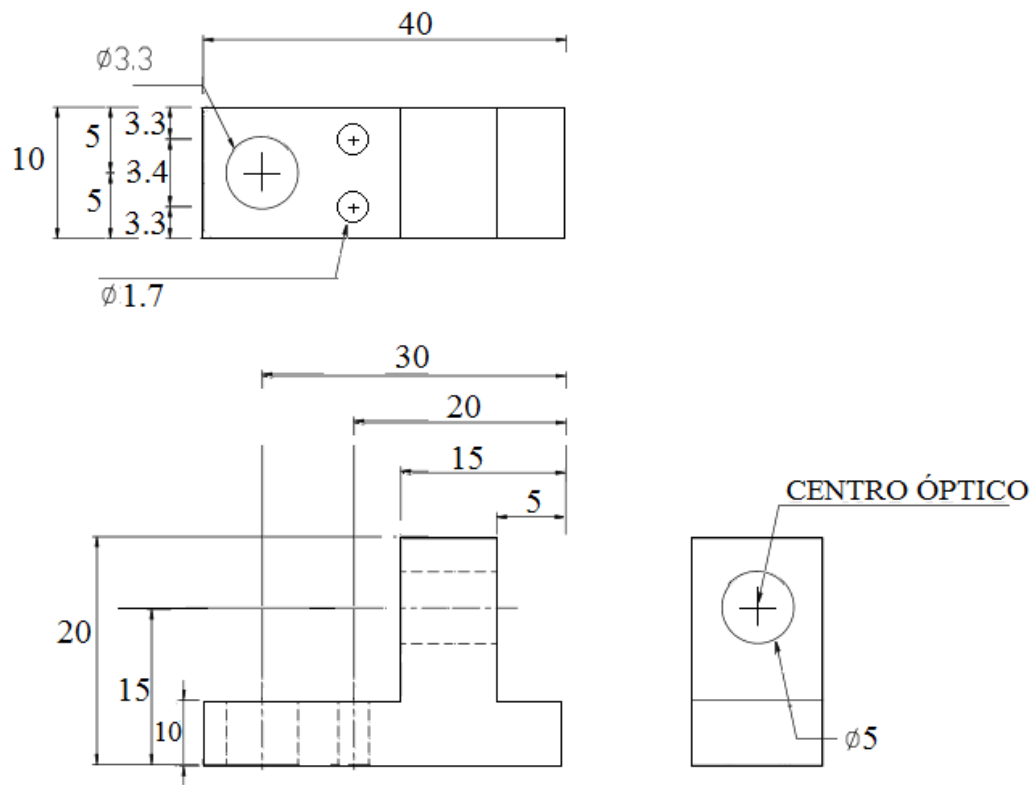


Figura A.1. Diagrama Eléctrico del Amoniómetro

**Anexo B.** Plano del soporte de la película de PANI.



*Figura B.1. Plano del soporte de la película de PANI.*

Cotas: mm.

Materia: PVC.

Número de piezas: 2

## Referencias Bibliográficas.

Castillo González Ignacio, (2015), *Comparación del comportamiento de películas delgadas de polianilina dopadas con ácido canforsulfónico y ácido clorhídrico, para la detección de gases  $NH_3$  y  $CO_2$* , Licenciatura en Química, Facultad de Química UNAM.

Congreso Nacional de Instrumentación SOMI, XXXII, 2017, Elizalde Torres J., González Cardel M. (2017). **Dispositivo optoelectrónico para sensado de gas amoniac**, Acapulco Gro., México.

Copado Hernández José Antonio, (2014), *Síntesis y caracterización de películas delgadas de PANI, dopadas con ácido p-toluensulfónico para detección de gas amoniac*, Licenciatura en Química, Facultad de Química, UNAM.

Creus Antonio, (2011), **Instrumentación Industrial**, 8a. Ed., México, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V.

Elizalde Torres J., González Cardel M., (2016), **Caracterización de un transductor óptico de gas amoniac**, Informe Técnico II-TECC-2016-433, CCADET UNAM, p 24.

Occupational Safety and Health Administration, OSHA, 1970, [Internet], <<https://www.osha.gov/Publications/3439at-a-glance.pdf>> [22/05/2018].