



CCADET

CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Informe Técnico

Optimización de un sistema óptico de puente nulo, empleado en la detección de gases tóxicos.

**Josefina Elizalde Torres,
Mario Francisco González Cardel,
Mario Ángel Rodríguez Flores**

Proyecto Interno.

Financiamiento CCADET

2015

Optimización de un sistema óptico de puente nulo, empleado en la detección de gases tóxicos.

Josefina Elizalde Torres¹, Mario Francisco González Cardel², Mario Angel Rodríguez Flores³

¹Laboratorio de Materiales y Nanotecnología, ²Laboratorio de Pruebas Ópticas, ³Estudiante de licenciatura CCADET-UNAM.

Resumen.

En el CCADET se desarrolló un sistema optoelectrónico basado en un puente óptico nulo, para el sensado de gases, el cual utiliza como elemento sensor una película delgada de polianilina. Este dispositivo está conformado por varios subsistemas, que son sujetos de mejoras y adecuaciones, que permiten un mejor desempeño del sistema de sensado de gases. Entre los subsistemas se encuentra una cámara de acrílico utilizada como cámara de sensado, en la que se introduce el elemento sensor y sobre su superficie se lleva a cabo un proceso de adsorción-desorción, con el fin de verificar que este proceso sea únicamente en la película y no en las paredes de la cámara, se diseñó una nueva cámara, ahora de teflón, material que no ofrece la posibilidad de adsorber gas de la prueba. Por otro lado, el puente nulo requiere de una referencia óptica, la cual debe obstruir el haz de medición y se requiere un mecanismo de fácil operación que permita la introducción de esta referencia de manera cómoda, para ello se diseñó una platina de desplazamiento longitudinal. El proceso de medición en el puente óptico nulo se hace utilizando un diodo emisor de luz (LED) de 632 nm como fuente luminosa, para optimizar la respuesta óptica del sistema, se fabricó un soporte para fijar el LED al riel óptico. Para disminuir el ruido el sistema contaba con dos fuentes de alimentación una a baterías y la otra dependiente de la red eléctrica, para eliminar el consumo de baterías se unificó en una sola fuente regulada de PC conectada a la red eléctrica. Finalmente se modificó la carcasa o chasis envolvente del sistema óptico para disminuir las filtraciones de luz que alteraban su respuesta durante la medición. En este informe se describe cada una de las modificaciones realizadas al sistema óptico.

Índice	
Nomenclatura.	3
Introducción.	4
a. Sistema óptico de puente nulo.	4
b. Películas de PANI.	5
1. Cámara de gases.	6
1.1. Cámara de acrílico.	6
1.2. Cámara de teflón.	7
2. Referencia de transmitancia óptica.	8
2.1. Referencia óptica.	8
2.2. Platina.	8
3. Fuente luminosa.	9
3.1 Soporte para LED.	10
4. Fuente de poder.	10
5. Carcasa envolvente.	12
6. Resultados.	13
Conclusiones.	15
Agradecimientos.	15
Anexo A. Cámara de gases.	16
Anexo B. Platina Longitudinal.	20
Anexo C. Soporte para LED.	29
Anexo D. Carcasa.	33
Referencias Bibliográficas.	35

Nomenclatura.

Símbolo (orden alfabético)	Significado
CSA	Ácido carbonsulfónico
IR	Infrarrojo
LED	Diodo emisor de luz
mcd	milicandelas
-NH-	amina
PVC	Cloruro de polivinilo
APS	Persulfato de amonio
-N=	imina
DC-OB	Puente óptico de corriente directa
TFA	Ácido trifloro acético
λ	Longitud de onda
TSA	Ácido toluensulfónico
PANI	Polianilina
UV-vis	Ultravioleta-visible.
PD	fotodiodo
N ₂	Nitrógeno
mV	milivolts
mA	miliampers
L	Longitud de camino óptico
xT	Referencia de transmitancia óptica
xA	Amplificador
SP	Intensidad luminosa multiplicada por un factor S
P	Intensidad luminosa

Introducción.

a.- Sistema óptico de puente nulo.

En la literatura (Argueta *et al* 2000), se reportan principalmente tres tipos de puente óptico nulo. Para este trabajo se emplea el más simple, formado por un haz luminoso de intensidad constante en el tiempo el cual es dividido en dos, una mitad del haz es detectada por un fotodiodo PD_1 , mientras que la detección de la otra mitad del haz la hace un segundo fotodiodo PD_2 , y la única modulación de la señal de sensado es debida a cambios en la transmitancia de la muestra, las fotocorrientes son restadas y la diferencia es amplificada. Los cambios en la intensidad recibida de alguno de los haces puede ser una medida de los cambios de transmitancia a lo largo del camino óptico recorrido. Este tipo de puente óptico es llamado *dc-OB*, Fig. 1. Este sistema debe quedar aislado ópticamente de la luz externa.

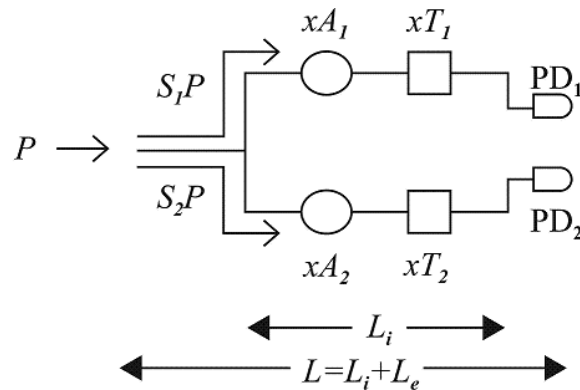


Figura 1. Esquema de un puente óptico de *dc* (*dc-OB*)

Un puente óptico nulo es un arreglo de componentes ópticas y electrónicas, que permiten medir cambios en la transmitancia o reflectancia de una muestra utilizando una sola fuente luminosa. El haz óptico proveniente de la fuente ($LED \lambda = 632 \text{ nm}$), es polarizado y dividido en dos haces, usando un cubo divisor de haz, tomando uno como haz de referencia y al otro como haz de medición, el haz de medición se hace pasar por la muestra y ambos se hacen incidir sobre fotodiodos idénticos (U54-034), conectados con polaridad opuesta. Se comparan ambas señales, la de referencia y la de medición, para detectar diferencias entre ellas, que reflejan cambios de transmitancia en la muestra, ya que como ambos haces provienen de la misma fuente, el ruido e inestabilidad de ésta es cancelada al hacer la comparación.

Cuando la señal de uno de los fotodiodo tiene la misma magnitud que el otro se dice que el puente está balanceado. Al introducir la muestra en la trayectoria del haz de medición, éste se atenúa, y al comparar su intensidad con el haz de referencia, se obtiene una diferencia de intensidades que representa una medida indirecta de la transmitancia óptica de la muestra.

En este trabajo los elementos sensores son las películas delgadas de polianilina (PANI), que presenta cambios de transmitancia óptica al contacto con algunos gases tóxicos, por lo cual se requiere medir esta característica del material.

b.- Películas de PANI

La PANI es un polímero a base de fenileno que tiene como sustituyente un grupo $-NH-$ (Amina) en la posición “para-” (posición 1-4 de un ciclo de 6) del anillo benzenoide, como se muestra en la figura 2. La oxidación y la reducción se lleva a cabo en el grupo $-NH-$, y se obtienen diversos estados de oxidación debido al número de segmentos de $-N=$ (imina) y amina en la cadena de PANI, como se muestra en la figura 3. La anilina básicamente se somete a polimerización oxidativa en presencia de un ácido protónico. El producto formado es un simple “1,4-acoplamiento del monómero”, figura 2. La protonación induce una transición aislante a conductor, mientras que el número de π -electrones en la cadena se mantiene constante. (Srinivason y Amalraj, 2008).

Entre los diversos polímeros conductores resultó ser una mejor opción la PANI para sensor de gases debido a mayor sensibilidad, respuesta reversible y mejor respuesta en comparación con polipirrol. (Huiling *et al*, 2008).

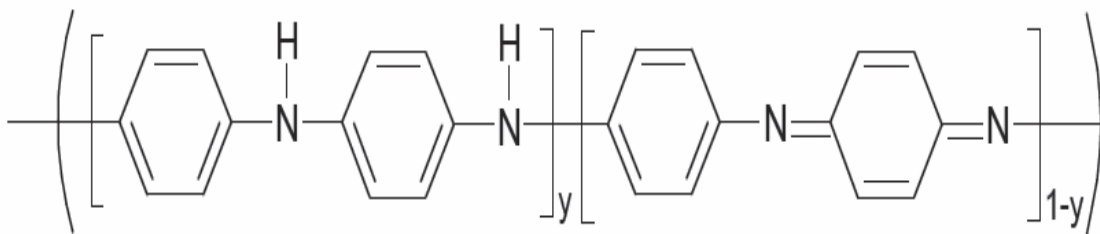


Figura 2. Estructura de la unidad de repetición de la PANI. (Andablo, 2008).

Generalmente la PANI se sintetiza por la técnica polimerización química oxidativa de la anilina, de la cual existen diversas variantes tales como: solución acuosa, dispersión, emulsión, emulsión invertida, vía de polimerización interfacial y también puede ser por técnica de polimerización electroquímica (Srinivason y Amalraj, 2008). Ambas técnicas se realizan en un medio orgánico o acuoso, generalmente se recomienda tener un pH bajo ($pH < 3$) para que sea conductora.

Para la polimerización química oxidativa se utiliza generalmente persulfato de amonio (APS) como agente oxidante, a una temperatura entre 0-5 °C y en un medio ácido comúnmente se usa clorhídrico o sulfúrico. (Andablo 2008).

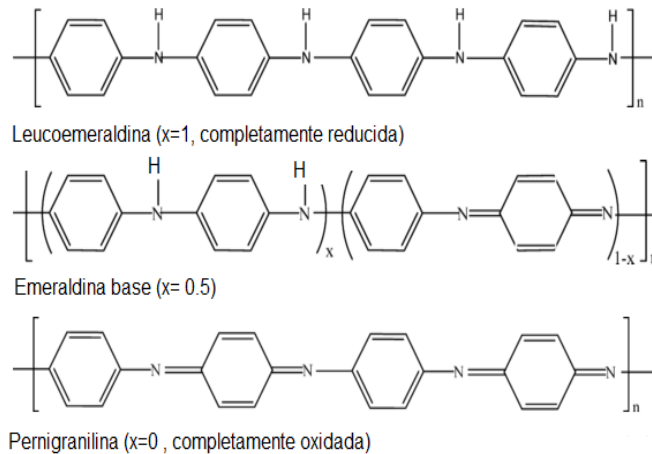


Figura 3. Los tres estados de oxidación de la polianilina. (Pud et al 2003).

Los cambios de color que sufre la PANI por su propiedad de óxido-reducción la hacen un material muy prometedor para utilizarlo como sensor de gases.

1.- Cámara de gases.

1.1.- Cámara de acrílico.

El sistema cuenta con una cámara de gases donde la película delgada de PANI entra en contacto con el flujo de gas de sensado, la cámara está fabricada en acrílico, cuenta con un volumen de 30 mL, también con dos tapas laterales que deben ser transparentes para que un haz de luz las atraviese, las cuales pueden ser removidas para introducir el portamuestras o soporte de la película. El flujo de gas o la mezcla de gases entran y sale de la cámara a través de dos pequeños pivotes ubicados en el cuerpo de la cámara, ver figura 4.



Figura 4. Vistas de la cámara de gases (a) y porta muestra (b).

Al ser atravesada la cámara por el haz de luz, también atraviesa la película de PANI que se encuentra en su interior, el haz emergente se hace pasar a través de una lente convergente, con la finalidad de enfocararlo sobre la superficie sensible de un fotodetector (*de medición*).



Figura 5. Lente convergente

En la figura 5 se muestra la lente convergente, parte del sistema óptico, por la que pasa el haz que sale de la cámara de gases y llega al fotodetector de medición.

1.2.- Cámara de teflón.

Para verificar que la cámara de acrílico no experimenta un proceso de adsorción-desorción sobre sus paredes interiores y garantizar que este proceso se lleva a cabo únicamente en la película delgada de PANI, se diseñó una nueva cámara, ahora de teflón, Ver figura 6 y anexo A.

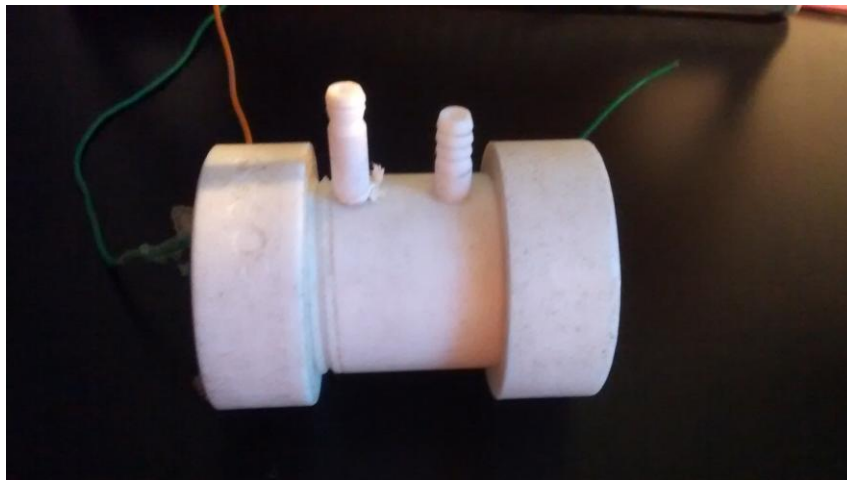


Figura 6. Cámara de Teflón.

El teflón es un material que no ofrece la posibilidad de adsorber gas de la prueba, en dicha cámara se conservaron las dimensiones y geometría interior de la cámara de acrílico, variando solamente el material y las dimensiones exteriores por el tipo de material.

2.- Referencia de transmitancia óptica.

2.1.- Referencia óptica.

Para cuantificar las variaciones de transmitancia óptica registradas con el puente óptico nulo se hace pasar una placa de vidrio que corta perpendicularmente el haz luminoso de medición antes de incidir sobre el fotodetector correspondiente, generando un cambio de transmitancia conocido ($\cong 4.7\%$), por lo que hace la función de una referencia óptica, y además nos permite normalizar los valores medidos, para poder compararlos, ver figura 7 y anexo B.

Antes de iniciar el sensado ésta referencia permanece por 5 minutos, obstruyendo el haz, después de los cuales se retira. El sistema trabajará por 5 minutos más antes de permitir el paso del gas hacia dentro de la cámara. El paso de la mezcla de gases (el gas nitrógeno N_2 como base / gas a sensar en la proporción deseada), se lleva a cabo por un mínimo de 30 minutos, al término de los cuales se cierra el paso del gas que se desea sensar y sólo se deja el flujo del gas nitrógeno para desorber el gas que provocó el cambio de coloración en la película, esto también se repite por 30 minutos y posteriormente se detiene la captura de los datos y se guardan estos datos en la computadora para su posterior análisis.

2.2.- Platina.

Para desplazar la referencia óptica (portaobjetos), se diseñó expresamente una platina de desplazamiento longitudinal con una carrera de 2 cm fabricada en aluminio. Fig.7, anexo B.

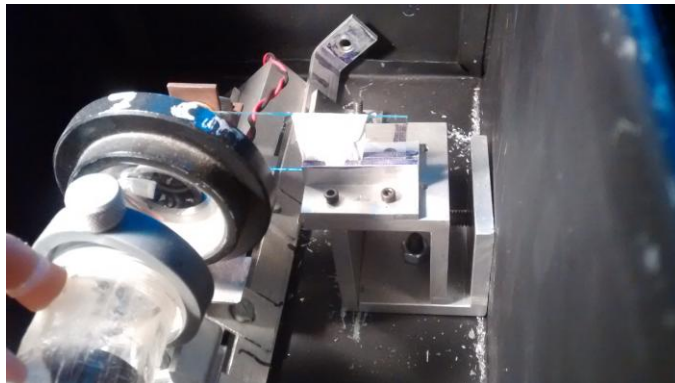


Figura 7. Platina longitudinal, sobre ella se observa la referencia óptica.

La cual cuenta con una manivela de tornillo, que permite un desplazamiento total de media pulgada, fija a la carcasa del sistema. (Fig. 8)



Figura 8. Manivela que controla el desplazamiento de la Platina longitudinal.

La platina de desplazamiento longitudinal, la cual se encarga de deslizar una placa de vidrio hacia el haz, cortándolo perpendicularmente, antes de que alcance el detector de medición, esta placa de vidrio sirve de referencia de transmitancia óptica y así cuantificar los cambios en la película de PANI y también nos permite su posterior normalización

3.- Fuente luminosa.

La primera componente del arreglo óptico del puente nulo es un diodo emisor de Luz (LED) tipo Jumbo, de 10 mm de diámetro, que emite un haz color rojo, con una longitud de onda de 632 nm, con una potencia de 12 000 mcd a 20 mA, alimentado por una fuente de 12 V_{DC}, usando una resistencia de 470 Ω , como limitadora de corriente. (Fig. 9), El LED, junto con el polarizador, se encuentran montados en el sistema de engranes mostrado en la figura 10, el cual nos permite girar el polarizador para seleccionar un eje de polarización de la luz y así obtener las intensidades adecuadas para el balanceo del puente óptico nulo. (Elizalde, 2008).

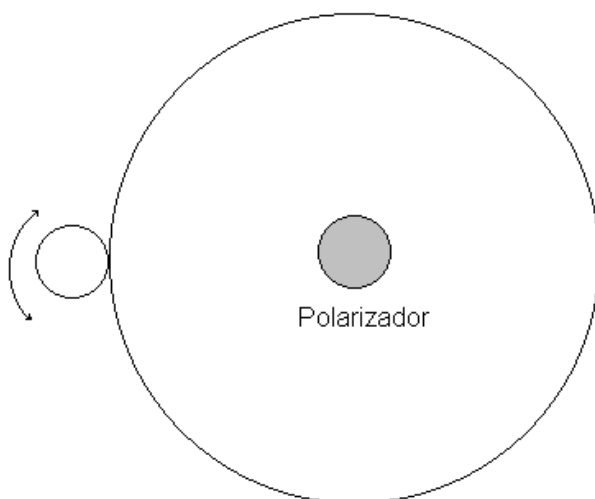


Figura 9. Esquema y fotografía del arreglo de engranes que permiten girar el ángulo de polarización y balancear el puente óptico.

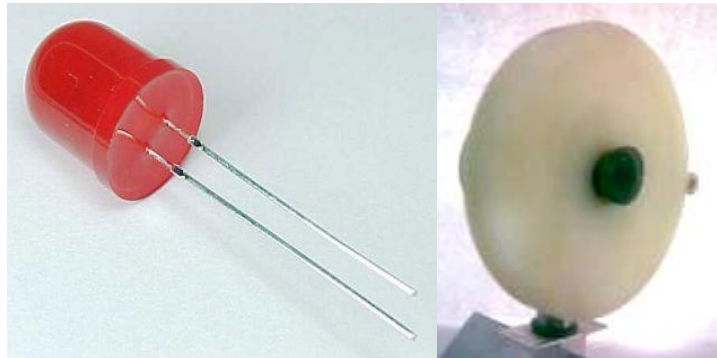


Figura 10. LED rojo de alta intensidad y dispositivo en el que se encuentra montado junto con el polarizador.

La figura 10 muestra el diodo emisor de luz (LED) de 632 nm utilizado como fuente y el polarizador que originalmente albergaba al LED.

3.1.- Soporte para LED.

Experimentalmente se observó la necesidad de separar el LED del polarizador, por lo que se diseñó un soporte independiente para el LED (ver figura 11), en forma anular y fabricado en PVC. Este soporte es colocado sobre una base de aluminio igual que las del resto de las componentes ópticas y montado sobre el riel óptico.

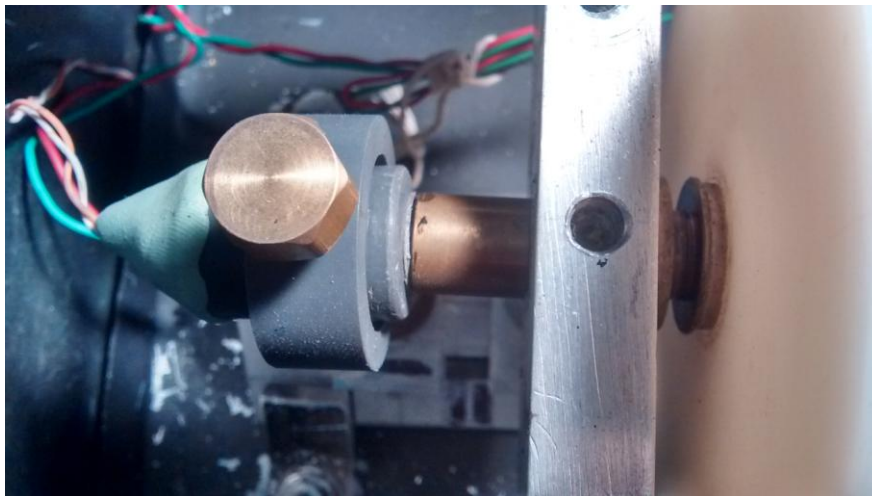


Figura 11. Anillo de PVC que sirve de soporte para el LED.

El anexo C muestra los planos del soporte para el LED.

4.- Fuente de poder

El sistema óptico cuenta con un circuito electrónico, el cual interpreta las señales enviadas por los fotodetectores, las cuales son provocadas por la intensidad de los haces luminosos que inciden sobre

ellos. Los fotodetectores generan una corriente proporcional a la intensidad luminosa que reciben y que varía con los cambios de transmitancia óptica de la película delgada de polianilina al adsorber el gas a sensar, la diferencia entre ellas es convertida a voltaje por un amplificador operacional, tenemos así que el voltaje a la salida del amplificador es descrito por la ecuación:

$$V_s = -(i_r - i_m)R,$$

Así, el voltaje de salida es proporcional a la diferencia de las corrientes, siendo el valor de la resistencia la constante de proporcionalidad, por lo que la señal registrada es un voltaje proporcional a la transmitancia óptica de la muestra en el interior de la cámara de gases. El circuito utilizado se muestra en la figura 12.

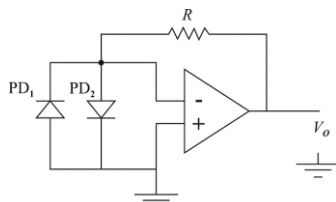


Figura 12. Circuito electrónico que utiliza el sistema.

Posteriormente la diferencia de voltajes es enviada por el circuito y registrada por un multímetro digital, el cual a su vez está conectado a una computadora que nos permite realizar la adquisición de datos para su posterior interpretación.



Figura 13. Fuente de computadora utilizada para alimentar el sistema óptico

Como el amplificador presentaba ruido asociado a la fuente de alimentación, se decidió alimentarlo con dos baterías de 9 V cada una, por ser más estables y así formar una fuente doble. Por motivos ecológicos y no tener desechos de baterías, se decidió conectar todo el sistema a una sola

fuelle regulada de computadora y conectada a la red eléctrica. Ver figura 13. Con esta fuente el ruido electrónico disminuyó y desapareció en algunos casos.

5.- Carcasa envolvente.

El sistema óptico se insertó originalmente en un chasis de computadora, con dimensiones de 49×37 cm ver fig. 14. (Vázquez *et al* 2011)

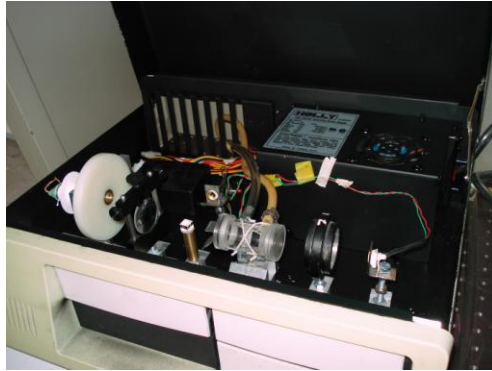


Figura 14. Chasis de computadora que alberga al sistema óptico de puente nulo.

Las reflexiones parásitas y las filtraciones de luz ambiental afectaban la respuesta de los fotodetectores, por lo que se decidió migrar el sistema óptico completo a un nuevo chasis, el cual consiste en una caja metálica en forma de paralelepípedo rectangular con dimensiones de $21'' \times 8'' \times 8''$, (ver Fig. 15 y anexo D), su interior se pintó de color negro, para evitar las reflexiones parásitas así como de luz ambiental, la caja se diseñó para que fuera un sistema cerrado.

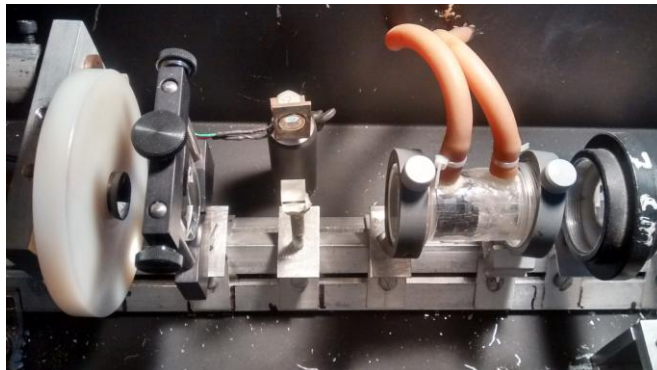


Figura 15. Sistema óptico de puente nulo dentro de la nueva carcasa.

Únicamente cuenta con dos perillas, las cuales permiten manipular el equipo; la primera con un diámetro de una pulgada, el cual está unido al tornillo micrométrico del sistema de engranes que mueven al polarizador con el que se puede balancear el puente óptico, con este cambio el voltaje de balanceo del equipo alcanzó el valor de 0.00001, mientras que en el chasis anterior, sólo era de 0.01.

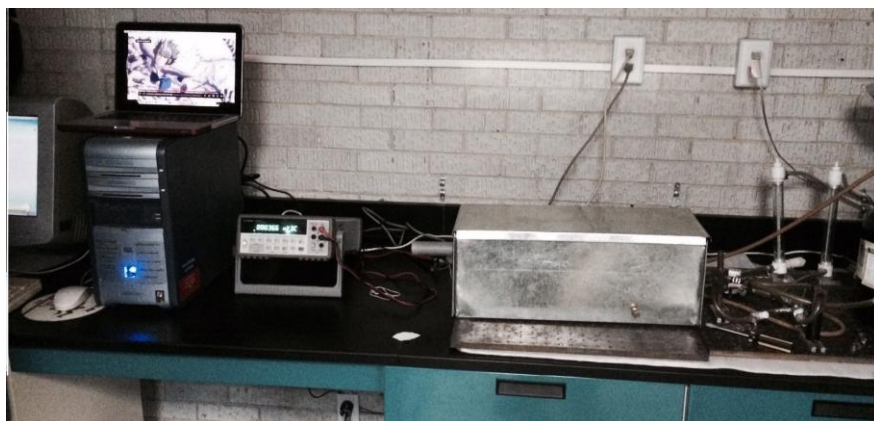


Figura 16. Vista general de sistema óptico de puente nulo, dentro de la nueva carcasa.

La segunda perilla permite manipular la platina de desplazamiento longitudinal que mueve la referencia óptica. En la figura 16 puede observarse al frente y a un costado de la carcasa las manivelas que permiten operar el sistema óptico desde el exterior, si necesidad de abrirlo.

6.- Resultados.

Para hacer una comparación entre los resultados obtenidos con el sistema previo (Copado et al 2014) y los obtenidos con el sistema actual, se muestra la gráfica de la figura 17.

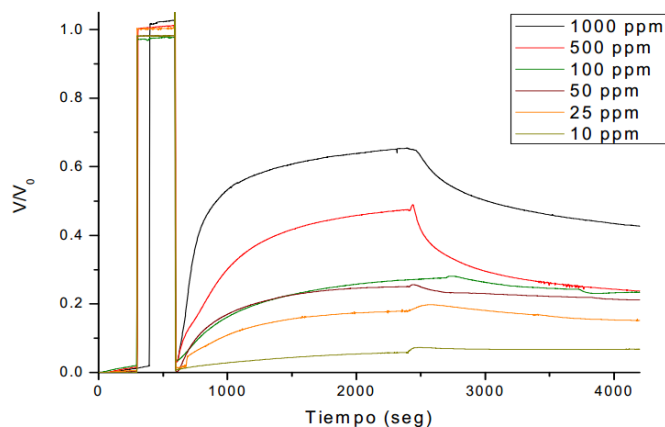


Figura 17. Resultados de sensado de gas amoniaco a concentraciones de 1000, 500, 100, 50, 25 y 10 ppm en películas de PANI TSA, usando el sistema óptico antes de ser modificado.

Una vez hechas las modificaciones descritas para el material de la cámara, la platina de desplazamiento longitudinal para la referencia óptica, el soporte del LED, la fuente de poder y la carcasa, las películas delgadas de polianilina dopadas y co-dopadas fueron probadas en el puente óptico nulo, a diferentes concentraciones de gas amoniaco, 20, 50, 100, 200, 500 y 1000 ppm, resultando la gráfica mostrada en la figura 18.

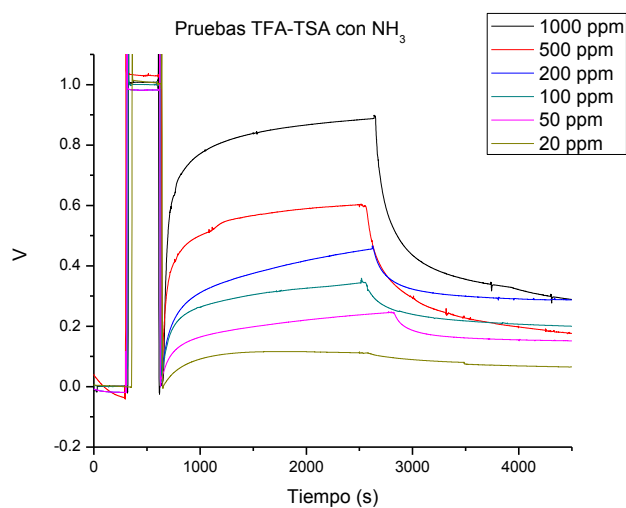


Figura 18. Resultados de sensado de gas amoniaco a concentraciones de 1000, 500, 200, 100, 50, 20 ppm en películas de PANI TFA co-dopada con TSA, con el sistema mejorado.

En la figura 18 se observa una disminución en el ruido de las curvas de respuesta a todas las concentraciones sensadas, también puede verse un balanceo de mayor precisión y una mayor estabilidad en la referencia óptica.

Conclusiones.

El uso de la cámara de teflón en lugar de la cámara de acrílico permitió descartar la sospecha de la adsorción en las paredes de la cámara de acrílico, al no presentar cambios en las medidas de voltaje.

El sustituir el sistema rudimentario de desplazamiento de la referencia óptica por una platina de desplazamiento longitudinal, brinda estabilidad al voltaje medido durante el paso de la referencia, ya que la platina la introduce de manera completamente perpendicular al haz y no es necesario abrir el sistema para introducirla, gracias a que cuenta con una manivela de operación exterior.

Al independizar el LED del polarizador y fijarlo directamente con un soporte sobre el riel óptico, el voltaje medido en el sistema óptico durante el proceso de adsorción y desorción se estabilizó en el tiempo.

Eliminando el uso de baterías en la etapa electrónica del sistema óptico y sustituyéndolas por una fuente regulada de las usadas en las computadoras personales como fuente de alimentación del sistema, el ruido electrónico se disminuyó en el voltaje de salida del amplificador operacional.

Para evitar la filtración de luz se decidió cambiar la carcasa envolvente del equipo por una que se mantiene cerrada durante los procesos de balanceo, medición y proceso de datos, permitiendo un balanceo del puente óptico de mayor precisión y estabilidad, alcanzando un valor de voltaje de salida de 0.00001 mV, mil veces más pequeño que el valor alcanzado antes de ser modificado, lo que repercute en la obtención de información más confiable.

Agradecimientos.

Los autores le agradecen al Sr. Luis Velázquez Alemán, por la elaboración de los planos de las partes modificadas en el sistema de puente nulo, que se encuentran en los anexos de este informe y a los técnicos en fabricación Rigoberto Madariaga Ríos y Norberto Mosqueda Hernández, por su participación en la fabricación de la platina y la cámara de gases.

Anexo A. Cámara de gases.

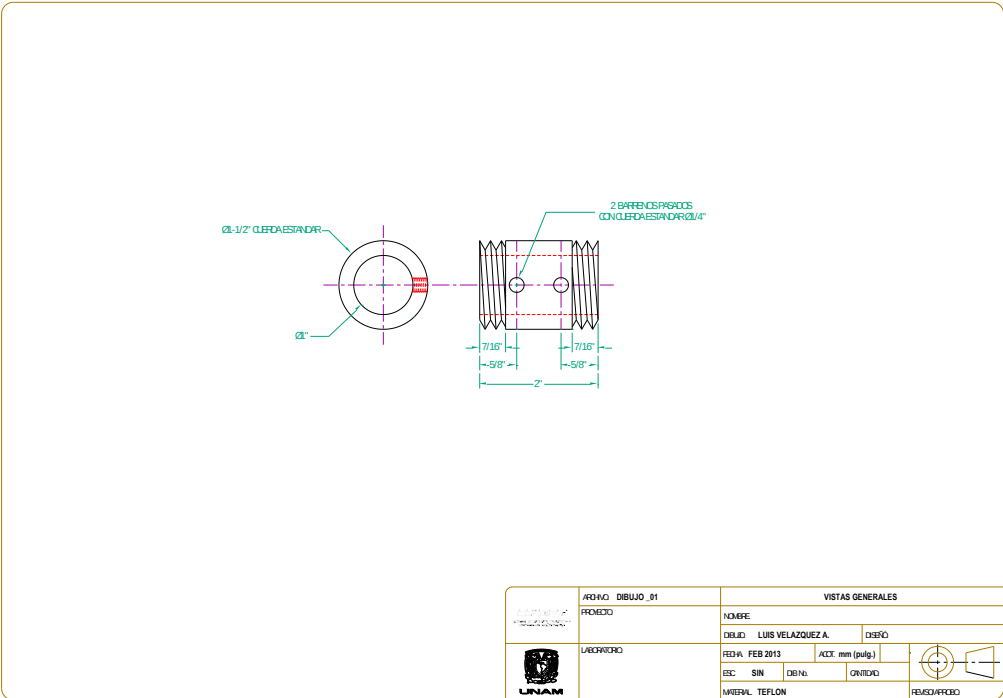


Figura A.1. Cuerpo principal de la cámara de gases.

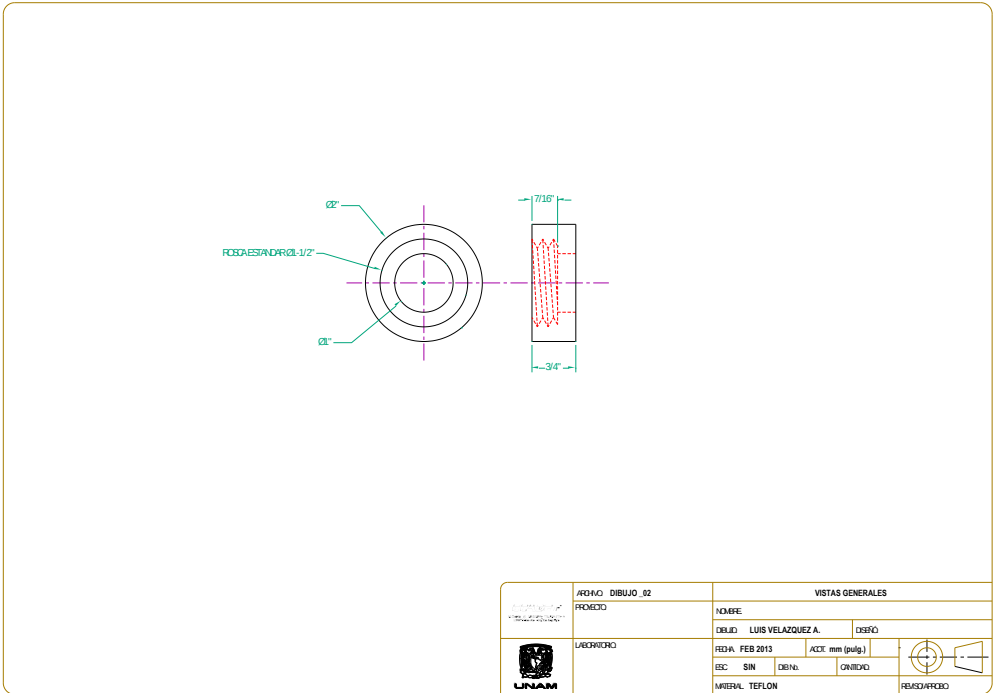


Figura A.2. Tapa perforada de la cámara de gases.

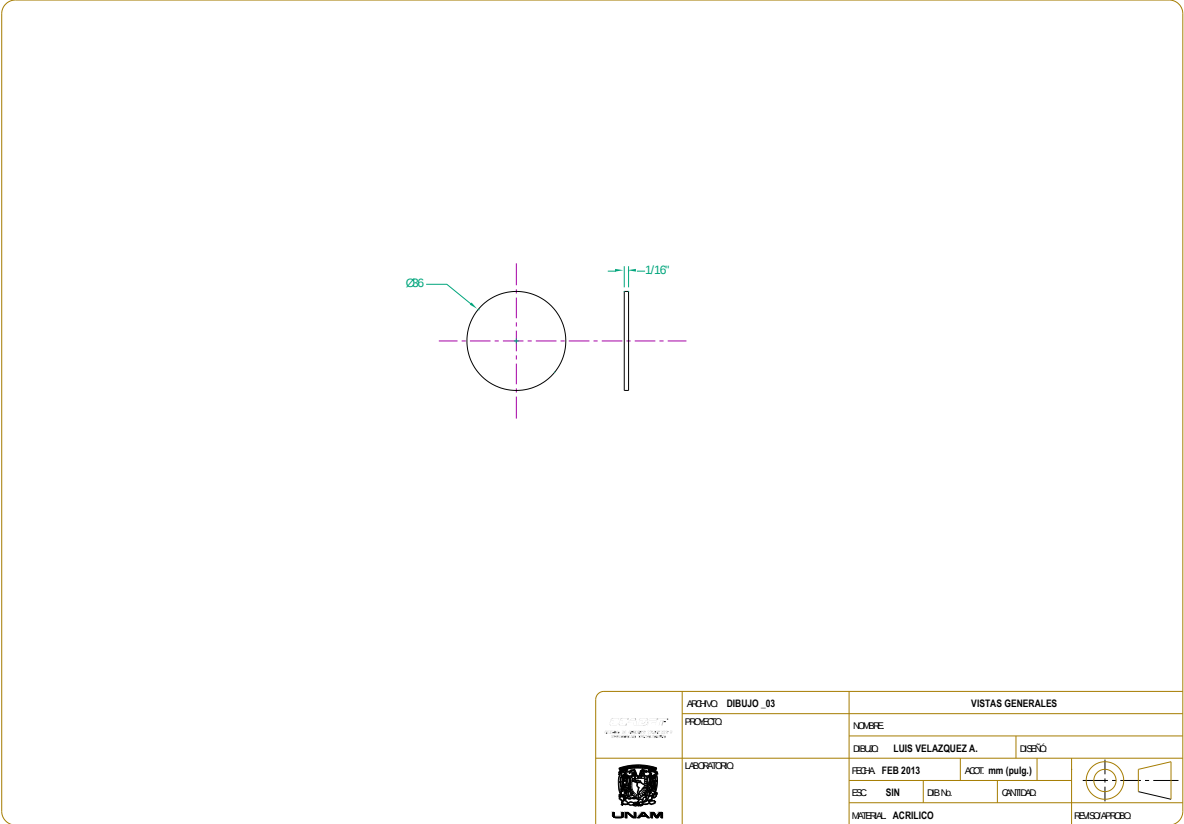
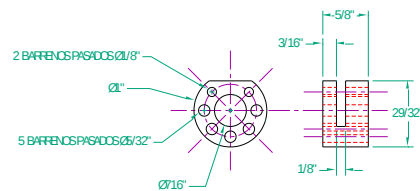
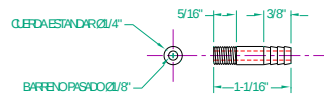


Figura A.3. Tapa ciega transparente de la cámara de gases.



	ARNO DIBUJO_04		VISTAS GENERALES	
	PROYECTO		NOMBRE	
			DIBUJO	LUIS VELAZQUEZ A.
			DISÑO	
	LABORATORIO		FECHA	FEB 2013
			ESQ.	SIN
			DIBUJO	
			CANTIDAD	
			MATERIAL	TEFLON
				REVISOR/APOBO

Figura A.4. Portamuestra de la cámara de gases.



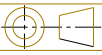
	ARCHIVO: DIBUJO_05	VISTAS GENERALES			
	PROYECTO	NOMBRE:		DISEÑO	
	LABORATORIO	DIBUJO: LUIS VELAZQUEZ A.		DISEÑO	
		FECHA: FEB 2013	ACOT. mm (pulg.)		
		ESQ: SIN	DIB. No.	CANTIDAD	
		MATERIAL: TEFLON		REVISOR/APOBO	

Figura A.5. Tubo de acceso de gas de la cámara..

Anexo B. Platina Longitudinal.

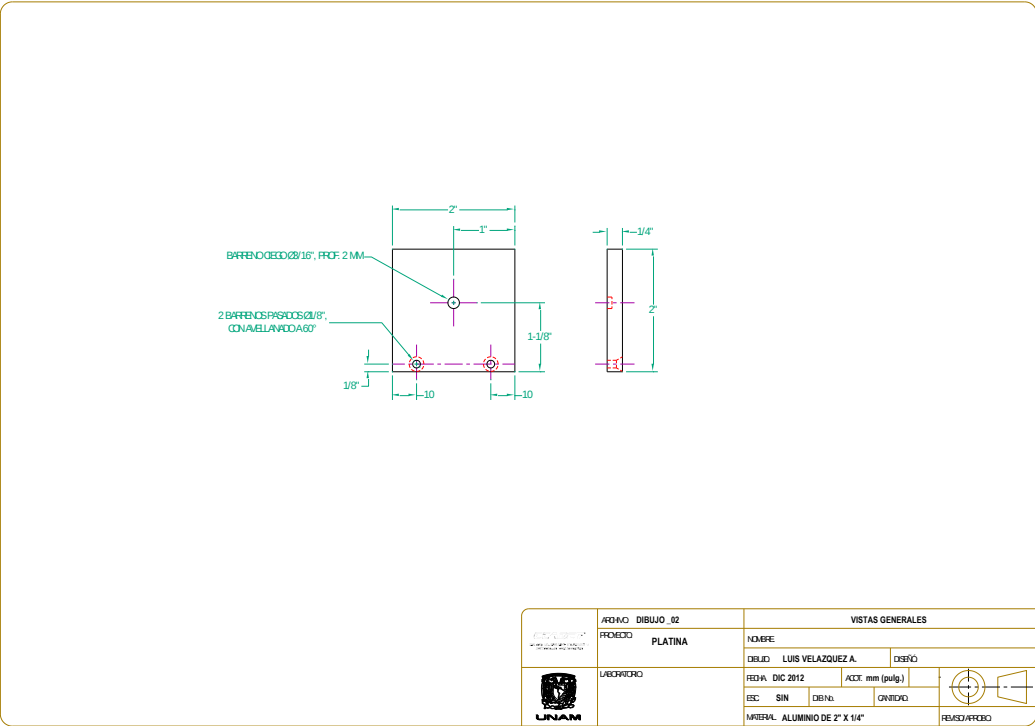
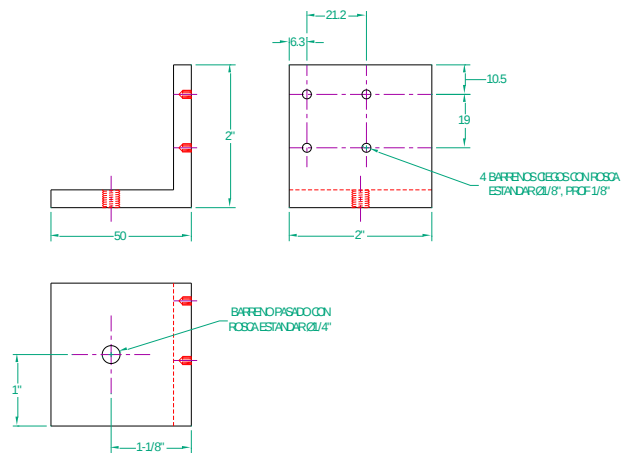
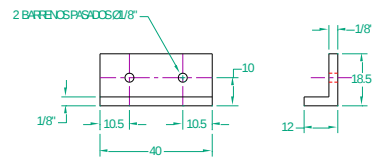


Figura B.1. Cara recta del cuerpo de la Platina deslizable



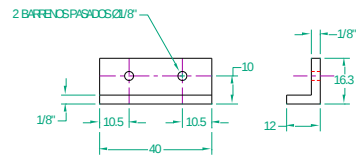
	ARCHIVO: DIBUJO_03	VISTAS GENERALES			
	PROYECTO: PLATINA	NOMBRE:			
	LABORATORIO	DESENHO: LUIS VELAZQUEZ A.		DISEÑO:	
		FECHA: DIC 2012		ACOT: mm (pulg.)	
		ESC: SIN		ORNO: GRITADO	
		MATERIAL: ANGULO DE ALUMINIO DE 2" X 1/4"			
		REVISOR/PROYECTO			

Figura B.2. Base móvil de la Platina deslizable



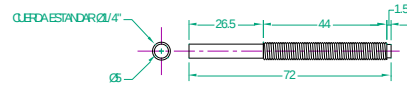
	ARCHIVO: DIBUJO_04	VISTAS GENERALES		
	PROYECTO: PLATINA	NOMBRE:		
	LABORATORIO:	DESENHO: LUIS VELAZQUEZ A.	DISEÑO:	
		FECHA: DIC 2012	ACOT. mm (pulg.)	
		ESQ. SIN	DEN.:	CANTIDAD:
		MATERIAL: ALUMINIO		
		REVISOR/PROBADO:		

Figura B.3. Primer soporte de la referencia óptica.



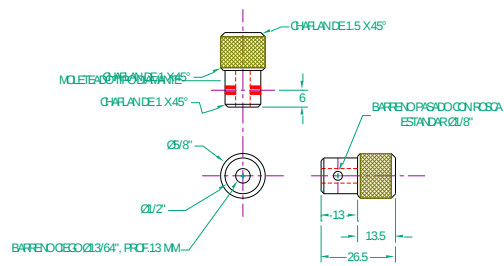
 UNAM	ARCHIVO: DIBUJO_05	VISTAS GENERALES			
	PROYECTO: PLATINA	NOMBRE:			
	LABORATORIO:	DIBUJO: LUIS VELAZQUEZ A.		DISEÑO:	
		FECHA: DIC 2012		ACOT: mm (pulg.)	
		ESQ: SIN		DEN:	
	MATERIAL: ALUMINIO		CANTIDAD:		
	REVISOR/PROBO:				

Figura B.4. Segundo soporte de la referencia óptica .



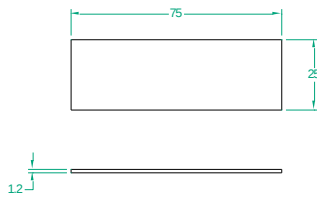
	ARCHIVO: DIBUJO_06	VISTAS GENERALES		
	PROYECTO: PLATINA	NOMBRE:		
	LABORATORIO:	DISEÑO:	DISEÑO:	
		FECHA: DIC 2012	ACOT. mm (pulg.)	
		EBC: SIN	DE No:	CANTIDAD:
		MATERIAL:		
				REVISOR/PROBO

Figura B.5. Tornillo guía de la platina deslizable.



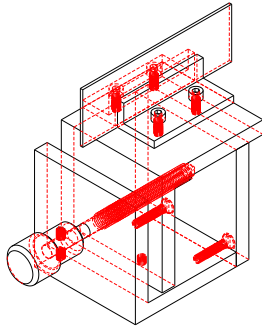
	ARCHIVO: DIBUJO_07	VISTAS GENERALES			
	PROYECTO: PLATINA	NOMBRE:			
	LABORATORIO:	DEBUD:	LUIS VELAZQUEZ A.	DISEÑO:	
		FECHA: DIC 2012	ACOT. mm (pulg.)		
		ESQ. SIN	DEN.	GRABADO	REVISADO
		MATERIAL: LATON			

Figura B.6. Manivela del tornillo guía de la platina deslizable



	ARCHIVO: DIBUJO_08	VISTAS GENERALES				
	PROYECTO: PLATINA	NOMBRE:				
	LABORATORIO:	DIBUJO: LUIS VELAZQUEZ A.		DISEÑO:		
		FECHA: DIC 2012		ACOT. mm (pulg.)		
		ESC: SIN		DEN. No.		
		MATERIAL: VIDRIO		CANTIDAD:		
				REVISOR/PROBO		

Figura B.7. Portaobjetos que sirve de referencia óptica.



	ARCHIVO ENSAMBLE	VISTAS GENERALES				
	PROYECTO	NOMBRE				
	LABORATORIO	DEBID	LUIS VELAZQUEZ A.		DISEÑO	
		FECHA: DIC 2012	ACOT. mm (pulg.)			
		ESC	SINI	DE No.		CANTIDAD
		MATERIAL				
		REVISOR/PROBO				

Figura B.8. Ensamble de la platina deslizable.

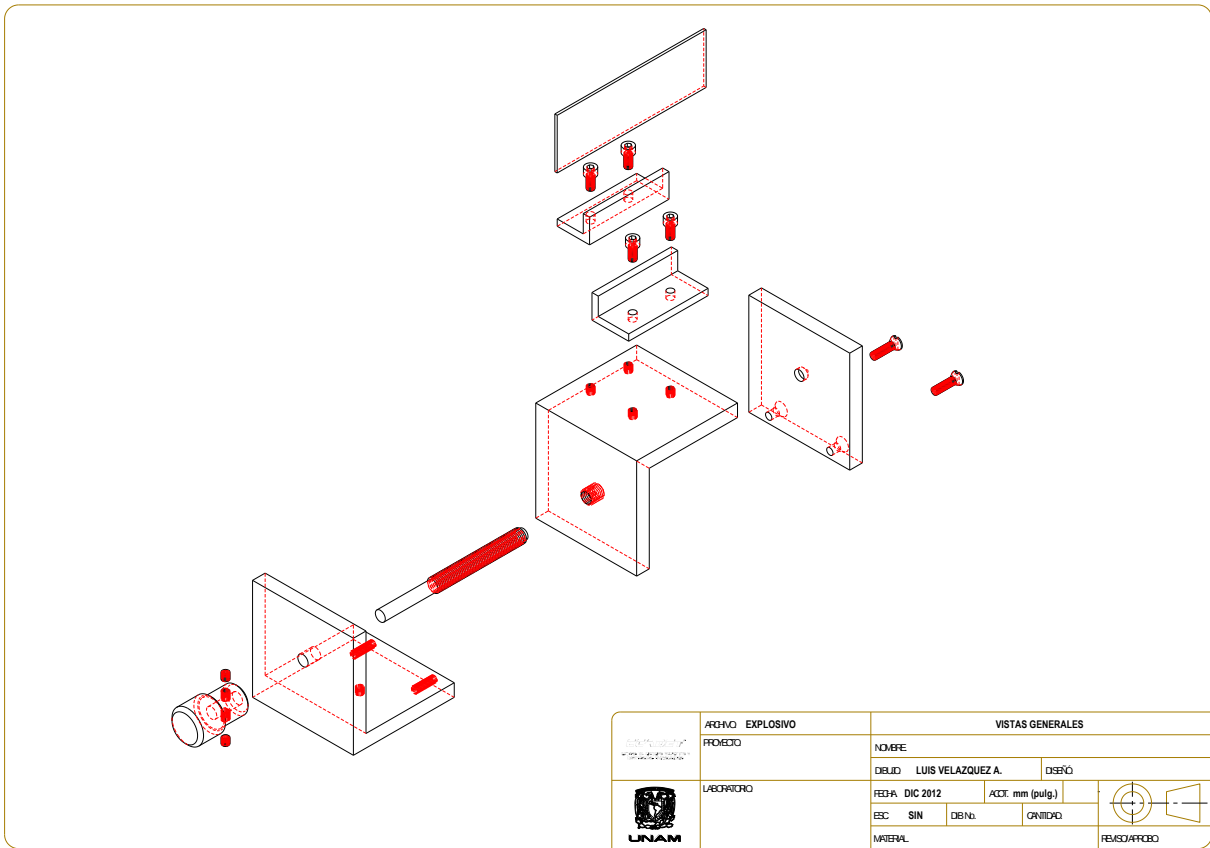


Figura B.9. Vista en explosivo de la platina deslizable.

Anexo C. Soporte para LED.

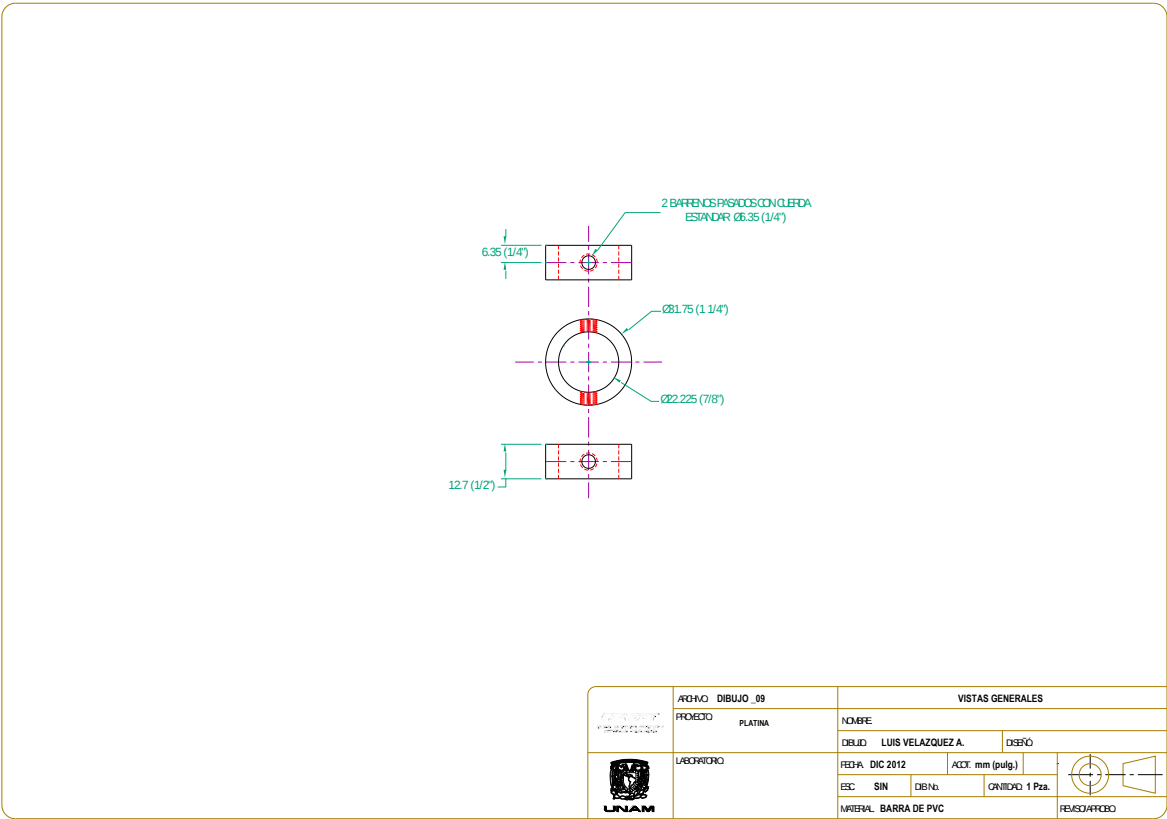


Figura C.1. Soporte anular del LED.

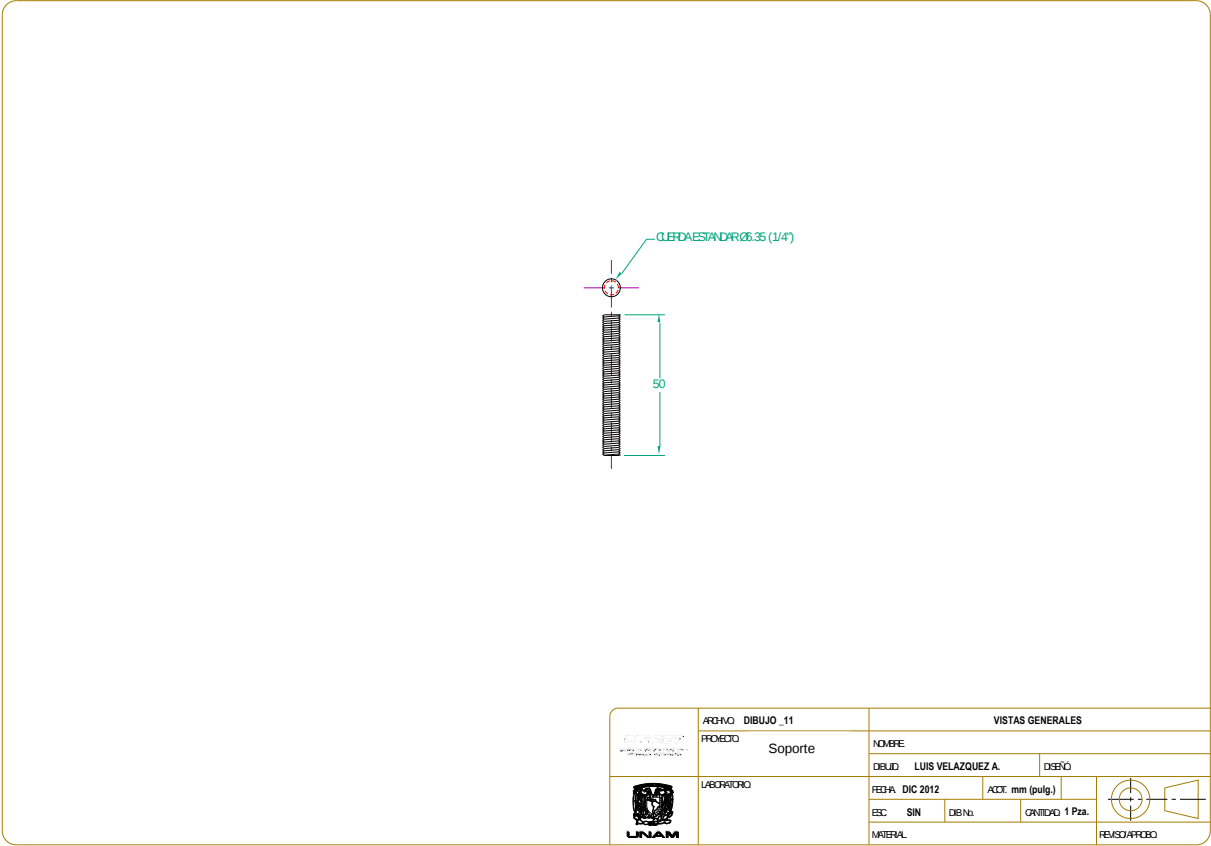
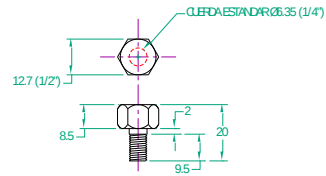


Figura C.2. Tornillo base del soporte anular del LED.



	ARCHIVO: DIBUJO_10	VISTAS GENERALES		
	PROYECTO: Soporte	NOMBRE:		
	LABORATORIO:	DESEÑO: LUIS VELAZQUEZ A.	DISEÑO:	
		FECHA: DIC 2012	ACOT. mm (pulg.)	
	ESC: SIN	DISEÑO:	CANTIDAD: 1 Pza.	
	MATERIAL: BARRA DE LATÓN			REVISOR/PROBO

Figura C.3. Tornillo sujetador del soporte anular del LED.

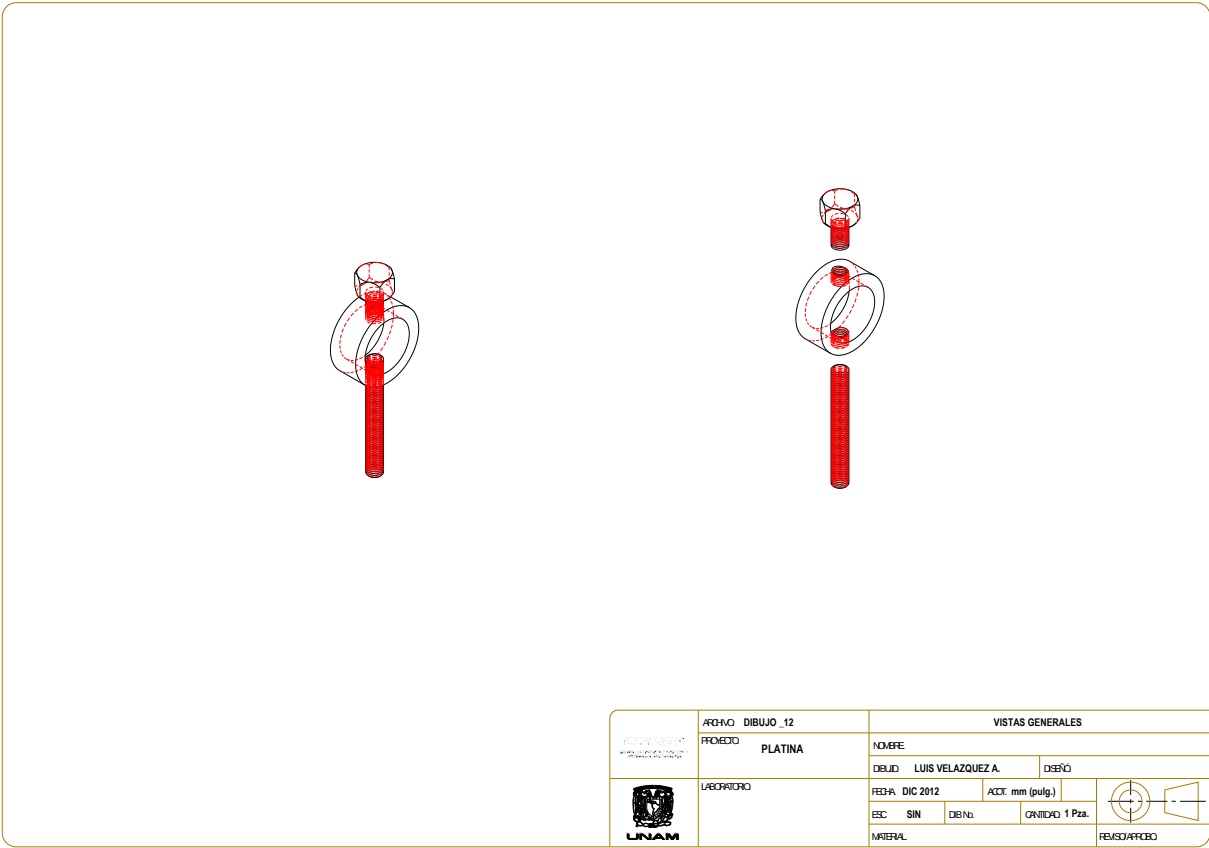


Figura C.4. Ensamble y explosivo del soporte anular del LED.

Anexo D. Carcasa

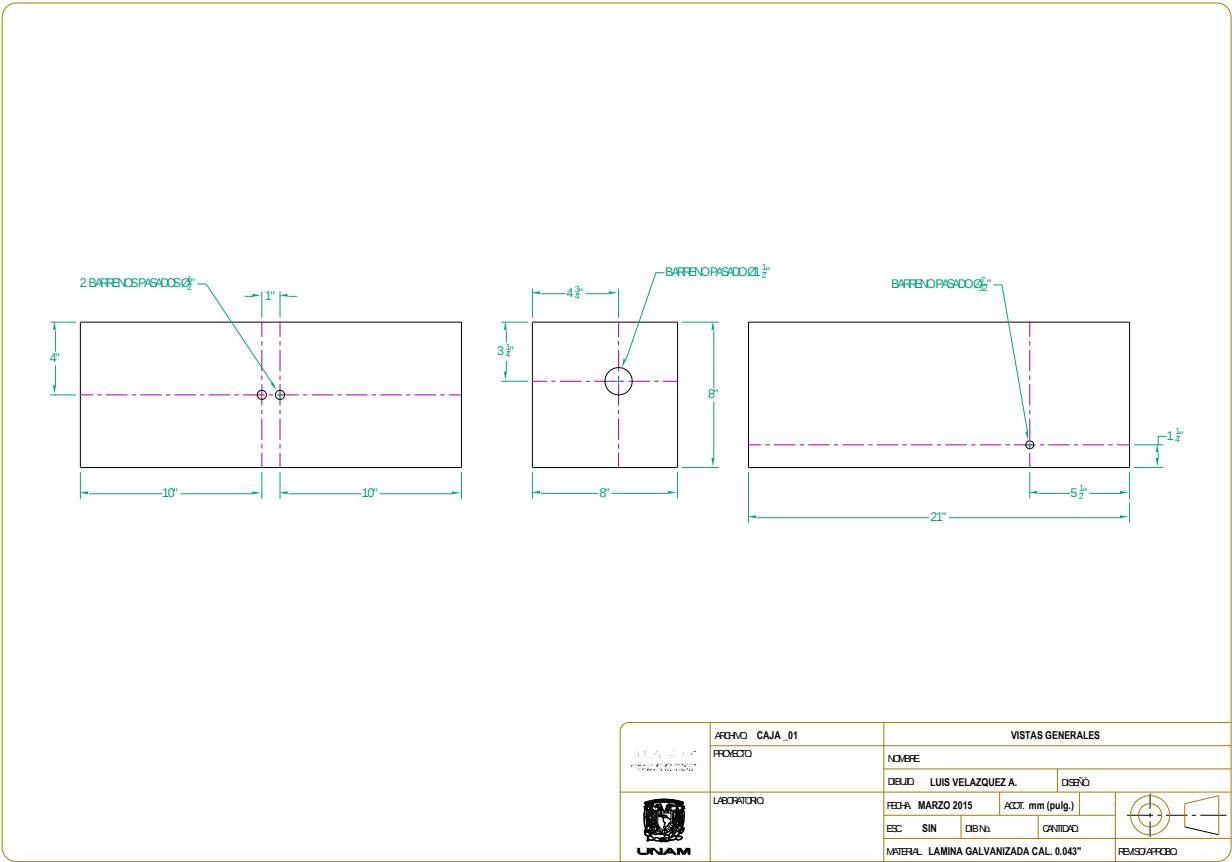


Figura D.1. Carcasa envolvente del sistema óptico.

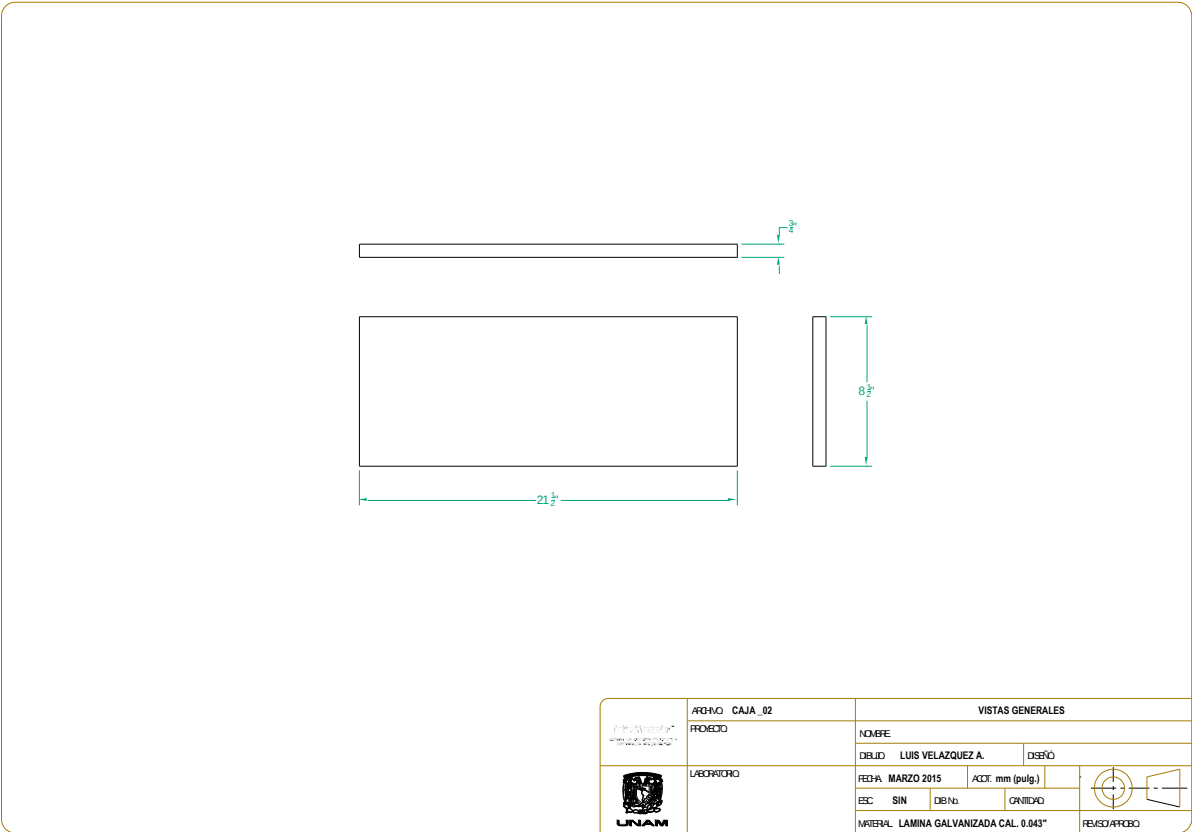


Figura D.2. Tapa de la carcasa envolvente del sistema óptico.

Referencias Bibliográficas.

Andablo Márquez Erika, Síntesis de polianilina nanoestructurada para el desarrollo de compuestos poliméricos, Tesis químico industrial, Universidad Tecnológica de San Juan del Rio, 2008.

Argueta Díaz V. Trejo Valdez M. and García-Valenzuela A., "dc and ac optical nulling bridges for sensitive transmittance measurements", Rev. Sci. Instrum., (2000), 71(8), pp. 2995-3003.

Copado Hernández J. A., Elizalde Torres J. y González Cardel M. F., Preparación de películas delgadas de PANI y PANI-TSA, Informe Técnico, CCADET-UNAM (2014).

Elizalde Torres Josefina, Detección de gas NO₂ por método de puente óptico de película delgada de polianilina, tesis doctoral, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (2008).

Huiling Tai, Yadong Jiang, Guangzhong Xie, Comparative NH₃ sensing characteristic studies of PANI/TiO₂ nanocomposite thin films doped with different acid, University of electronic Science and Technology of china (2008).

Pud A., Orgustov N., Korzhenko A., Some aspects of preparation methods and properties of polyaniline blends and composites with organic polymers, Prog. Polym. Sci. 28, (2003) 1701-1753.

Vázquez Victorio G., Elizalde Torres J., González Cardel M., escalamiento de un sistema sensor de gases tóxicos basado en películas delgadas de polianilina, Informe Técnico, CCADET-UNAM (2011).

Srinivason Palaniappann, Amalraj John, Polyaniline materials by emulsion polymerization pathway, Prog. Polym. Sci. 33 (2008) 732-758.