

MEDIDOR DE POTENCIA LUMINOSA

AUTORES:

**Juan Ricardo Damián Zamacona
José Rufino Díaz Uribe
Marco Antonio Olvera López**

Agosto 2011

Tipo de proyecto: Desarrollo Tecnológico (Instrumentación Científica)

**PAPIME
Financiamiento Externo**

Juan Ricardo Damián Zamacona, José Rufino Díaz Uribe, Marco Antonio Olvera López

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, Circuito Exterior S/N,
C.P. 04510, A.P.70-186, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F.,
México. ricardo.damian@ccadet.unam.mx

Resumen: El presente manual está dirigido principalmente a los alumnos del Laboratorio de Óptica de la Carrera de Física de la Facultad de Ciencias de la UNAM y pretende ser una ayuda para que aprendan a operar el equipo aquí presentado de forma adecuada, de tal manera que puedan realizar algunas mediciones correctamente sin dañar el equipo y de forma rápida. Este equipo es un medidor de potencia luminosa, desarrollado en el CCADET como parte de un proyecto PAPIME encaminado al desarrollo de prácticas para el Laboratorio de Óptica de la Carrera de Física. Además de las prácticas diseñadas, se les proporcionó a los alumnos algunos materiales y dispositivos que pasaran a completar estas prácticas, de tal forma que pudieran realizar los experimentos propuestos en ellas. En particular, el equipo aquí presentado, es un medidor de potencia luminosa que acepta lecturas que pueden provenir de láseres de baja potencia (máx. 5mW), este equipo puede trabajar independientemente indicando las lecturas tomadas en una pantalla de cristal líquido, o se puede operar conectado al puerto USB de una computadora bajo ambiente Windows XP, observando las lecturas en el monitor de ésta y mediante el uso de un programa creado con la plataforma LabVIEW. El medidor de potencia luminosa, está calibrado con la ayuda de un fotómetro comercial de la marca NEWPORT para tomar lecturas de 780nm y 670nm, dado que estas son las longitudes de onda más común de los láseres utilizados en las prácticas, para otras longitudes de onda, solo se podrán tomar lecturas relativas. Para la captura de señal se utiliza un fotodiodo comercial de la marca THORLABS el cual se conecta al medidor aquí presentado, mediante un conector BNC.

Índice:

Introducción	5
<i>Capítulo 1 Conociendo el Medidor de potencia luminosa</i>	7
1.1 Qué puede medir el Medidor de potencia luminosa	7
1.2 Cómo mide el Medidor de potencia luminosa	7
1.3 Partes del Medidor de potencia luminosa	8
<i>Capítulo 2 Alimentación del Medidor</i>	10
2.1 Voltaje de alimentación interna	10
2.2 Cable de conexión	10
2.3 Protección	10
2.4 Botón de encendido	11
2.5 Cuidados con la línea	11
<i>Capítulo 3 El sensor</i>	12
3.1 Terminal de conexión del sensor	12
3.2 Cable de conexión	12
3.3 Tipo de sensor	12
3.4 Cuidados del sensor	13
3.5 Limpieza del sensor	14
<i>Capítulo 4 Escalas de sensibilidad</i>	15
4.1 Perilla de selección	15
4.2 Escalas	15
4.3 Cuidados	15
4.4 Recomendaciones	15
<i>Capítulo 5 Longitudes de onda</i>	16
5.1 Switch selector	16
5.2 Longitudes de onda seleccionables	16
5.3 Cuidados	16
<i>Capítulo 6 Conexión con la PC</i>	17
6.1 Terminal de conexión del medidor hacia la PC	17
6.2 Cable de interconexión	17
6.3 Conexión con la PC	18
6.4 Cuidados	18
<i>Capítulo 7 Interfaz de usuario</i>	19

7.1	Conociendo el ambiente gráfico_____	19
7.2	Pasos a seguir para establecer comunicación entre el Medidor y la PC_____	20
7.3	Toma de lecturas_____	21
7.4	Problemas que se pueden presentar _____	21
7.5	Cuidados _____	21
<i>Capítulo 8 Instalación del software en la PC _____</i>		<i>22</i>
8.1	Requerimientos básicos de hardware _____	22
8.2	Requerimientos de software _____	22
8.3	Pasos a seguir para instalar el programa _____	22
8.4	Cuidados _____	22
Agradecimientos_____		23
Bibliografía_____		24

Introducción

El medidor de potencia luminosa presentado en este trabajo, está encaminado a tomar lecturas de potencia luminosa, por parte de los alumnos del Laboratorio de Óptica de la Carrera de Física, dado que en las prácticas propuestas y que forman parte de un proyecto PAPIME más amplio, se les pide desarrollar algunos experimentos, en los que se requiere medir la potencia luminosa de algunas fuentes de luz y de arreglos ópticos que utilizan láseres de baja potencia, por otro lado y dado que el laboratorio mencionado carece de los suficientes medidores para todos los alumnos, este equipo pretende servir de apoyo para la realización de las prácticas propuestas.

El medidor de potencia luminosa, utiliza un fotodiodo para la detección de la luz, con una superficie de 63mm^2 de área activa, La señal capturada por el sensor, es acondicionada y enviada al convertidor analógico/digital de un microcontrolador de la familia de Microchip, este una vez digitalizada la información, la procesa y envía a una pantalla de cristal líquido, por su parte, el usuario tiene acceso a una perilla de selección de escala, pudiendo seleccionar entre 50 μW , 500 μW y 5 mW de tal forma que se pueda tomar la lectura sin saturar el equipo. También puede seleccionar entre dos escalas de longitud de onda, 770 y 780 nm dado que el equipo se encuentra calibrado para estas dos escalas.

El medidor de potencia luminosa, además de poder operar independientemente, también se puede conectar a una computadora bajo ambiente Windows XP con un puerto USB. Para poder realizar esta conexión, es necesario contar con un cable convertidor Serie-USB. El distribuidor de este tipo de cables proporciona un software que permite que la computadora reconozca la información que proviene de un puerto serie pero vista desde un puerto USB, es por esto que la computadora en la que se va a conecta el equipo y utilizada para medir potencia luminosa, necesita tener cargado este programa, adicionalmente al programa mencionado, en la computadora se tiene que cargar el programa diseñado especialmente para el medidor y con el cual se pueden visualizar los datos en tiempo real. Este programa fue generado en LabVIEW, con él, se puede capturar la información que se está leyendo en la pantalla de cristal líquido del medidor, pero de manera

más amigable, incluso se puede graficar la señal durante todo tiempo que dure el experimento.

Dado que el software que provee el fabricante del cable convertidor serie USB está limitado para determinadas versiones de Windows, solamente se pueden tener buenos resultados en la captura de la señal con la PC si esta trabaja mediante el ambiente Windows XP. De otra forma, es recomendable tomar solo las lecturas mediante el uso de la pantalla propia del medidor.

Capítulo 1 Conociendo el Medidor

1.1 Qué puede medir el Medidor de potencia luminosa

Este medidor tiene la capacidad de medir la potencia luminosa de dos láseres (modelos CPS192 y CPS198, ver *Figura 1* y *Figura 2*) de longitudes de onda de 780 nm y 670 nm, respectivamente. Con una resolución de 10 μ W. La medición mínima es de 10 μ W y la máxima de 4.5 mW.

Se pueden utilizar otros láseres siempre y cuando su intensidad luminosa máxima no rebase los 4.5 mW. Deben de ser de las mismas longitudes de onda para tener una lectura confiable, además el diámetro del haz no debe sobrepasar los 9 mm. Si se utiliza un láser con diferente longitud de onda (dentro del rango comprendido entre 400 y 1100nm, ver *Curvas de responsividad del sensor SM1PD1A*), el valor mostrado en el display estará modificado por una constante de proporcionalidad, y sólo se podrán tener lecturas relativas.



Figura 1. Láser CPS192, 780 nm



Figura 2. Láser CPS198, 670 nm

1.2 Cómo mide el Medidor de potencia luminosa

El Medidor cuenta con un sensor que se encarga de transformar la potencia luminosa del láser en energía eléctrica por medio del efecto fotoeléctrico. Cuando el haz de luz incide sobre el sensor, éste produce una corriente eléctrica proporcional a la potencia luminosa incidente; esta constante de proporcionalidad

(responsividad) es dependiente de la longitud de onda del haz luminoso, y varía con cada sensor. La corriente eléctrica producida por el sensor, que es proporcional a la potencia que se quiere medir, se acondiciona para ser procesada mediante un microcontrolador, donde se hacen las operaciones necesarias para finalmente mostrar el resultado en un display o mandarlo a una computadora mediante comunicación serial.

1.3 Partes del Medidor de potencia luminosa

Las partes principales del medidor se muestran en la *Figura 3*. La función de cada parte se presenta a continuación.

La *Pantalla LCD*, es la parte del Medidor que muestra las lecturas de potencia, también muestra la escala en la que se está tomando la lectura.

El *Selector de Escala*, es una llave giratoria por medio de la cual se pueden seleccionar tres escalas diferentes (X1, X2 y X3).

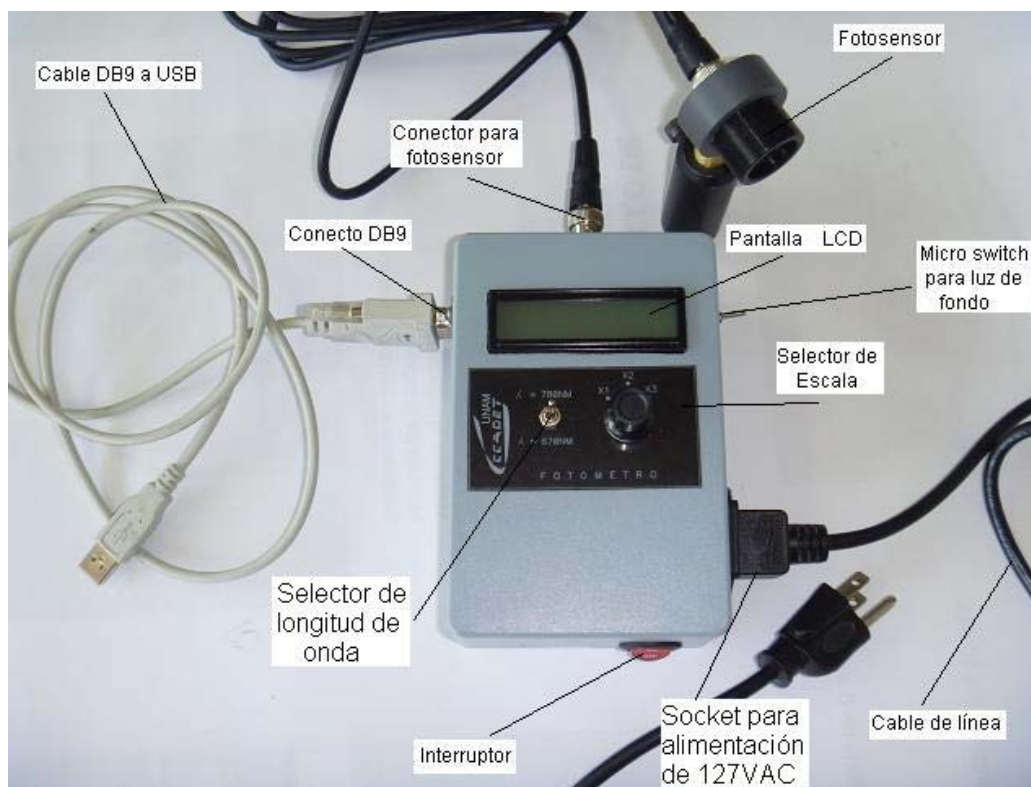


Figura 3 Partes del Medidor de potencia luminosa

El *Selector de Longitud de Onda* es un interruptor de dos posiciones el cual puede seleccionar entre 780 nm y 670 nm dependiendo del tipo de láser que se esté midiendo.

El *Sensor* es el que captura la luz procedente del láser y la transforma en corriente eléctrica. El sensor está encapsulado y cuenta con un conector BNC hembra para poder conectarse al resto del sistema

El *Conector para el Sensor* es un conector tipo BNC hembra para chasis, éste permite una fácil conexión del sensor evitando cualquier error. Sobre este conector se puede conectar un cable tipo BNC macho para poder tener en el otro extremo el fotosensor de silicio.

El sensor no se puede conectar directamente al *Conector para el Sensor* a menos que se tenga un adaptador especial.

El *Micro Switch para Luz de Fondo* es un interruptor de dos posiciones con el cual se puede encender o apagar la iluminación de *La Pantalla LCD* y de esta manera poder observar las lecturas incluso en la oscuridad del laboratorio.

El *Socket para Alimentación de 127VAC* es el receptáculo para conectar el *Cable de Línea*. En este mismo *Socket* se encuentra alojado el fusible de protección del equipo.

El *Cable de Línea* es un cable tipo IEC el cual se conecta al tomacorriente polarizado y con tierra física de 127VAC

El *Interruptor de Línea* es un switch de dos posiciones con iluminación propia el cual permite energizar el equipo.

El *Conector DB9* es la parte del Medidor que permite conectar el equipo con una computadora a través del puerto serial, o en su defecto al puerto USB de la computadora mediante un cable adaptador (Serial-USB).

El *Cable Serial-USB*, es un cable especial que permite conectar datos provenientes de un puerto serial a un puerto USB. Este cable tiene una circuitería interna que no se ve. Para que el cable funcione adecuadamente es necesario cargar un programa especial en la computadora en la que se va a conectar, este software es distribuido por el fabricante de cada cable y lo proporciona junto con el cable físico.

Capítulo 2 Alimentación del Medidor

2.1 Voltaje de alimentación interna

El Medidor de potencia luminosa cuenta con una fuente de voltaje de $\pm 10\text{ V}$ y 5 V necesarios para que operen los circuitos integrados que lo conforman. Esta fuente obtiene la energía eléctrica de los 127 VAC de la línea de alimentación.

2.2 Cable de conexión

El cable necesario para conectar el Medidor a la línea de alimentación debe ser uno del mismo tipo que el socket de alimentación, esto es, uno del tipo IEC mostrado en la *Figura 4*.



Figura 4 Cable de alimentación para socket IEC

2.3 Protección

El socket de alimentación mostrado en la *Figura 5* tiene un compartimiento para colocar el fusible de protección de tipo europeo fusión lenta el cual debe de ser de 0.2 A .

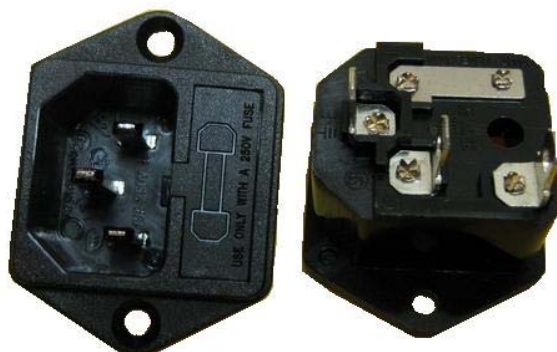


Figura 5 Socket tipo IEC con compartimiento para fusible

2.4 Botón de encendido

Es el botón que enciende el Medidor una vez que se haya conectado el cable de alimentación y teniendo su fusible en buenas condiciones. Cuenta con iluminación propia. Ver *Figura 6*.



Figura 6 Botón de encendido

Cuando el interruptor está iluminado  significa que el cable de línea está conectado al tomacorriente  y por lo tanto se puede proceder a energizar el Medidor. Al conmutar el interruptor al estado de encendido, la iluminación de éste se apaga  para disminuir al mínimo la interferencia luminosa, y de esta manera proceder a realizar las pruebas ópticas en el laboratorio.

2.5 Cuidados con la línea

Para evitar daños al Medidor y al usuario  hay que tener las precauciones necesarias, tales como conectar el cable de alimentación a una toma adecuada de 127 VAC y utilizar los fusibles correctos de 0.2 A. Además se debe tener cuidado de no utilizar cables de conexión dañados.

Se debe tener precaución con el hecho de primero colocar el cable en el lado que está disponible para ello en el Medidor y después conectar el otro extremo del cable, el cual va al tomacorriente del laboratorio, así se evitará una posible descarga eléctrica al usuario del equipo. 

Capítulo 3 El sensor

3.1 Terminal de conexión del sensor

El sensor, propiamente dicho está montado en un pequeño tubo plástico (encapsulado) para su mejor manejo y protección. La señal eléctrica del detector se obtiene a través de un conector BNC Hembra.

3.2 Cable de conexión

El cable para conectar el Medidor con el sensor es uno del tipo BNC Macho como el que se muestra en la *Figura 7*.



Figura 7 Cable BNC macho

3.3 Tipo de sensor

El sensor empleado es un sensor tipo SM1PD1A de la empresa Thorlabs mostrado en la *Figura 8*.



Figura 8 Sensor

El Sensor es una de las partes más importantes del fotómetro, es el que realiza la conversión de la potencia de luz del láser recibida en una señal eléctrica. Este sensor ya encapsulado, emplea un detector tipo FDS1010.

El SM1PD1A, es un fotodiodo de silicio de baja potencia de 63 mm² de área activa, con el cátodo a tierra. La *Figura 9* muestra su curva de responsividad y la *Tabla 1* muestra sus características eléctricas más importantes.

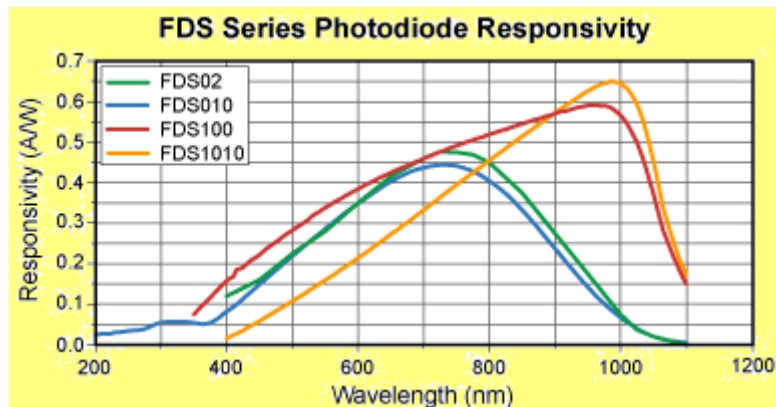


Figura 9 Curvas de responsividad del sensor SM1PD1A

Item #	Detector	Rise/Fall Time (ns)	Active Area (Dimensions)	NEP (W/√Hz)	Dark Current	Spectral Range (nm)	Material	Junction Capacitance ^a
SM1PD2A	-	45 ^b	63.6 mm ²	9.1×10^{-14}	1.0 μA ^c	200-1100	UV Si	1750 pF @ 0V
SM1PD1A	FDS1010	45 ^b	63.6 mm ² (Ø9.0 mm)	5.5×10^{-14}	600 nA ^c	400-1100	Si	375 pF @ 5V
SM1PD5A	-	3500 ^d	Ø9.0 mm (63.6 mm ²)	4×10^{-12}	50 μA ^c	800-1800	Ge	-

^a Typical values, $R_L = 50 \Omega$

^b Measured at 50 Ω load and 5 V bias

^c Max

^d 0.5 V bias

Tabla 1 Características eléctricas del sensor SM1PD1A

3.4 Cuidados del sensor

Para evitar daños al sensor hay que seguir las siguientes indicaciones:

Cuando no se esté usando, colocar el sensor en un lugar seguro y libre de polvo. 

Durante su uso, no utilizar un láser de mayor potencia que la indicada. 

No tocar el área activa del sensor. 

No golpearlo. 

No sumergirlo en agua o en cualquier otro líquido. 

3.5 Limpieza del sensor

El sensor es muy susceptible de ensuciarse y rayarse, por lo que hay que evitar tocar el área activa del sensor ya que éste se puede dañar. Debe de tratarse con el cuidado de un lente óptico.

Si se observa sucio, acudir con el laboratorista para que sea él quien realice la limpieza del sensor.

Capítulo 4 Escalas de sensibilidad

4.1 Perilla de selección

El medidor de potencia luminosa cuenta con una perilla rotatoria para cambiar entre las diferentes escalas disponibles, las escalas están marcadas como X1, X2 y X3, las cuales se explican con mayor detalle en la siguiente sección.

4.2 Escalas

Con el fin de tener mediciones con mayor resolución, se cuenta en el Medidor con tres escalas. Estas son: 5 mW, 500 μ W y 50 μ W, y corresponden a las marcadas en el Medidor de acuerdo a la Tabla 2.

X3	50 μ W
X2	500 μ W
X1	5 mW

Tabla 2 Escalas

4.3 Cuidados

No hay que forzar la perilla más allá de las tres posiciones disponibles ya que puede

sufrir daño. 😞

También hay que cambiar de escala cuando sea necesario, por ejemplo, si se están realizando mediciones del orden de las decenas de μ W, en la escala X3-- 50 μ W, y si la potencia se acerca a los 50 μ W, hay que cambiar a la siguiente escala X2-- 500 μ W para evitar daños al Medidor.

4.4 Recomendaciones

Se recomienda que al realizar las mediciones se comience con la escala X1, y luego cambiar a la escala que sea la más adecuada. Esto evita un posible daño al Medidor de potencia luminosa.

Capítulo 5 Longitudes de onda

5.1 Switch selector

Este switch mostrado en la *Figura 10* tiene dos posiciones las cuales son utilizadas para elegir entre las dos diferentes longitudes de onda disponibles.



Figura 10 Switch selector de longitud de onda

5.2 Longitudes de onda seleccionables

Como ya se mencionó anteriormente, el Medidor tiene la opción de elegir entre dos diferentes longitudes de onda, las cuales están marcadas en el Medidor de potencia luminosa, estas son: 670 y 780 nm. Para elegir entre una de ellas basta con mover el switch a la posición indicada.

5.3 Cuidados

Tal como se recomienda con la perilla de selección de escalas, se debe tener el mismo cuidado con este switch, no hay que forzarlo ni tratar de poner en otra posición más que en las marcadas.



Capítulo 6 Conexión con la PC

6.1 Terminal de conexión del Medidor hacia la PC

Este Medidor de potencia luminosa se puede conectar a cualquier PC que tenga entrada para puerto serial o puerto USB. Desde la PC se pueden obtener las mediciones como si fuera la pantalla del fotómetro y grabar la información en un archivo. Para realizar las mediciones en la PC es necesario conectar un cable adecuado en la terminal correspondiente (conector) del Medidor tipo DB9 para comunicación serial. Este conector se encuentra a un costado del Medidor, y tiene la leyenda “PC”.

6.2 Cable de interconexión

Para conectar el Medidor a la PC es necesario utilizar un cable serial como el mostrado en la Figura 11. Si la computadora no cuenta con un conector DB9 pero sí uno USB, se puede utilizar un adaptador serial el cual debe contar con su driver de instalación que proporciona el mismo fabricante, ver Figura 12, Este es un emulador de puerto serie.



Figura 11 Cable serial



Figura 12. Adaptador serial

Si se tiene que utilizar un adaptador (emulador de puerto serie) hay que asegurarse que sea compatible con el sistema operativo de la computadora a utilizar (win xp, win vista, win 7, etc). El empaque del adaptador debe decir el tipo de sistemas operativos que soporta. Una vez instalado el driver del adaptador, ver *Figura 13*, conectar el cable para ver en Administrador de dispositivos (Panel de control → Sistema → Hardware → Administrador de dispositivos) qué número de puerto tiene: Puede ser COM X, donde X es el número de puerto serial. Recordar el número de COM ya que se utiliza para configurar el instrumento virtual generado en LabVIEW, esto se verá más adelante.



Figura 13 Driver para el cable serial a USB

6.3 Conexión con la PC

Una vez seleccionado el cable de interconexión adecuado y después de haber seguido las indicaciones de la sección anterior, basta tan sólo con conectarlo a la computadora para comenzar a utilizar el instrumento virtual.

6.4 Cuidados

Hay que asegurarse que el cable esté correctamente conectado. No hay que desconectar el cable ni apagar el Medidor mientras se están realizando las lecturas dado que se pierde la comunicación y será necesario volver a empezar el proceso de conexión. También se debe de asegurar, como se dijo anteriormente, que el adaptador (si se utiliza) sea compatible con el sistema operativo, de otra forma no se podrá establecer comunicación entre el Medidor de potencia luminosa y la PC.

Capítulo 7 Interfaz de usuario

7.1 Conociendo el ambiente gráfico

El instrumento virtual creado en LabVIEW se presenta como en la *Figura 14*.

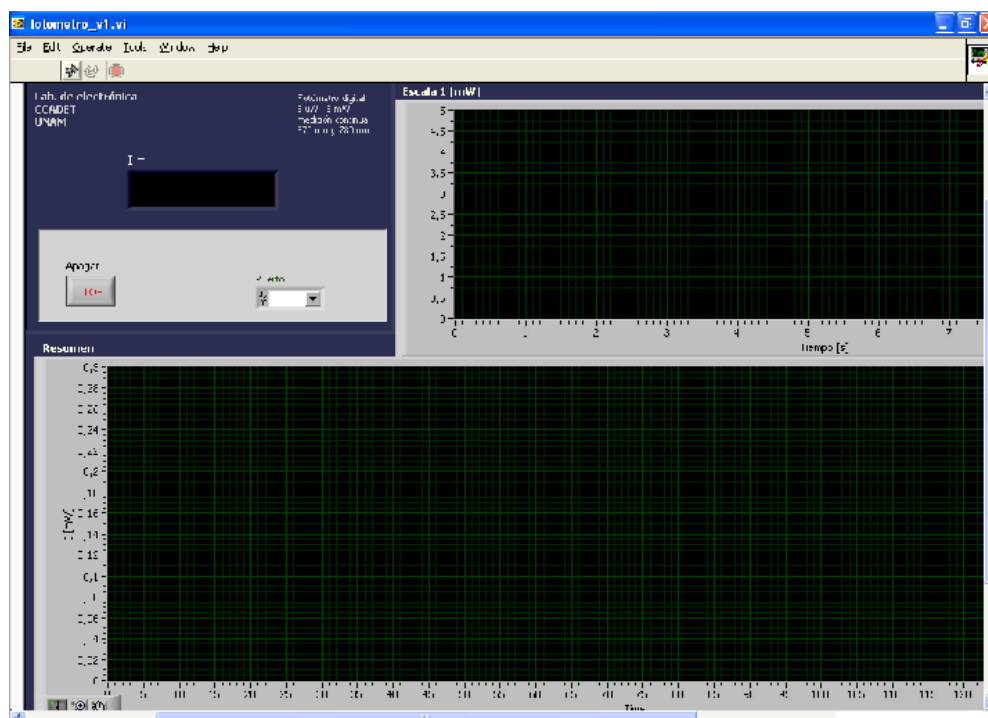
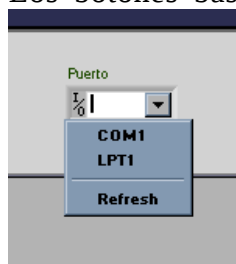
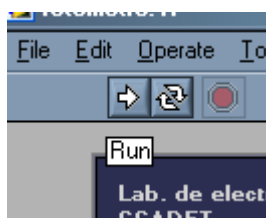


Figura 14 Instrumento virtual

Los botones básicos son: botón STOP , menú de selección de puerto



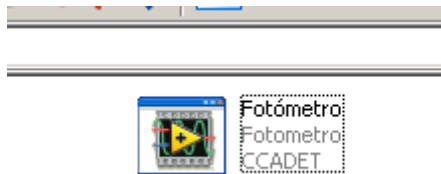
y el botón RUN



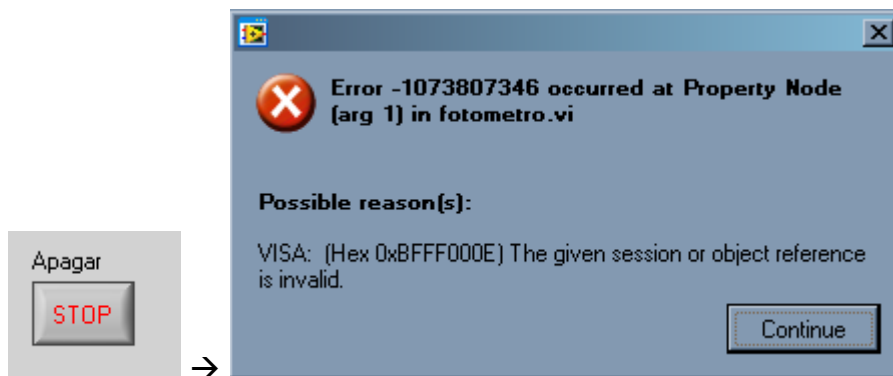
Estos botones son los que se utilizan para controlar este instrumento.

7.2 Pasos a seguir para establecer comunicación entre el Medidor y la PC

Hacer doble clic en el ícono de “Fotómetro.vi”

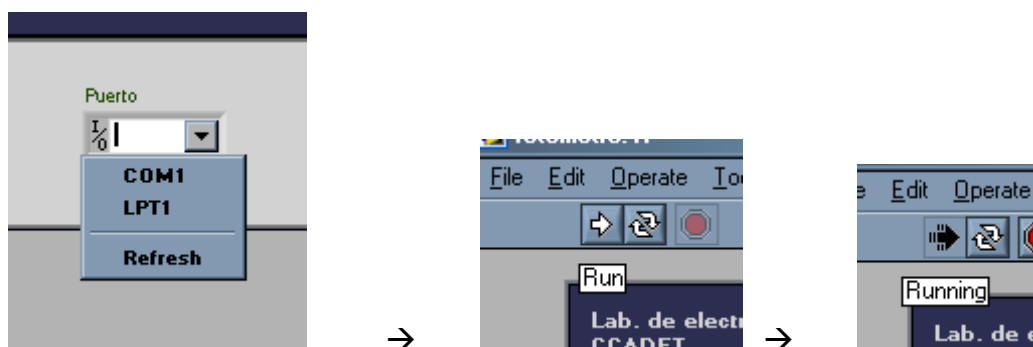


Cuando el instrumento virtual comience a ejecutarse, hay que hacer clic en el botón STOP, después aparecerá un mensaje de error, hacer clic en *Continue*.



Una vez encendido el Medidor, conectarlo en la parte marcada como PC con un cable serial a la computadora, si ésta no tiene puerto serial se puede utilizar un adaptador de USB a Serial.

En el instrumento virtual se puede elegir el puerto serie que se va a utilizar. Si se utiliza el adaptador, elegir el puerto COM X que apareció en Administrador de dispositivos después de instalar el driver, y hacer clic en el botón RUN (flecha blanca), la flecha cambia a color negro indicando que se está ejecutando el programa. La lectura se debe ver ahora en la pantalla. A continuación se muestran gráficamente los pasos a seguir.



Para detener la lectura desde la PC hacer clic en el botón STOP.

7.3 Toma de lecturas

Si se siguieron los pasos indicados en la sección anterior, la potencia luminosa se puede leer ahora de la pantalla indicada "I ="



7.4 Problemas que se pueden presentar

Si el instrumento virtual no muestra ningún valor, se debe de revisar que el puerto seleccionado sea el correcto, si se utiliza un cable serial, y la computadora solo tiene un puerto serial, lo más probable es que se deba de elegir el COM1; si se utiliza un adaptador, el COM2 o COM3, dependiendo de cuál aparezca, generalmente sólo aparece en las opciones el COM1, un LPT1 y un COM X.

Si el instrumento sigue sin mostrar ningún valor hay que desconectar el cable serial y volver a conectar sin apagar el Medidor.

Si el instrumento sigue sin mostrar ningún valor hay que desconectar el cable serial cerrar el programa "Fotómetro", y repetir los pasos del inciso 7.2.

7.5 Cuidados

Elegir el puerto correcto en el menú del instrumento.

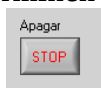


No desconectar el cable mientras se están realizando las mediciones.



Cuando se terminen de realizar las mediciones, hacer clic en el botón STOP y cerrar

el programa.



Capítulo 8 Instalación del software en la PC

8.1 Requerimientos básicos de hardware

Se recomienda que la PC cuente con procesador de 2 GHz, 256 MB de ram.

8.2 Requerimientos de software

Se recomienda Windows XP, Vista o 7.

Se necesitan 500 MB de espacio en disco para instalar el software necesario

8.3 Pasos a seguir para instalar el programa

Instalar la aplicación llamada LabVIEW85RuntimeEngineFull, seguir las instrucciones que aparecen en pantalla. Para esto es necesario descomprimir la

carpeta que tiene el icono:  LabVIEW85RuntimeEngineFull

 visa462full

Instalar visa462full, seguir las instrucciones de pantalla.

Una vez instalados el LabVIEW85RuntimeEngineFull y visa462full, el instrumento

virtual “Fotómetro.vi”  se puede guardar en cualquier carpeta de la PC para ejecutarlo desde ahí y no tener que introducir el CD cada vez que se vaya a utilizar.

Ejecutar el instrumento virtual llamado “Fotómetro.vi”

8.4 Cuidados

Hay que instalar el software que acompaña al Medidor virtual para que se pueda ejecutar correctamente.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial al programa PAPIME por su apoyo para la realización de este trabajo.

Este trabajo forma parte del proyecto PAPIME “Manual de prácticas para el laboratorio de Óptica de la carrera de Física en la Facultad de Ciencias de la UNAM”.

Bibliografía

- (1) Juan Ricardo Damián Zamacona, José Rufino Díaz Uribe, Marco Antonio Olvera López (2012), Fotómetro FT-1, Informe Técnico No. II-INME-2012-299, México, CCADET-UNAM
- (2) Marco Antonio Olvera López, (2012), Diseño y construcción de un fotómetro para láseres de baja potencia, tesis de licenciatura, México, UNAM.