



MEDIDOR de RAYOS

En este artículo presentamos un dispositivo destinado a convertirse en un compañero inseparable en los viajes y en las vacaciones en el mar o en la montaña. Se trata de un pequeño instrumento capaz de medir la intensidad de la radiación ultravioleta que permite exponerse a los rayos del sol de forma controlada, garantizando un envidiable bronceado sin poner en riesgo la salud.

Cuántas veces nos habrá sucedido que tras un agradable día en el mar, con un cielo ligeramente cubierto por alguna nube y refrescados por una agradable brisa, al llegar a casa nos encontramos con la **piel enrojecida** y **tirante**.

Este es uno de los **efectos dañinos** de una **exposición** al Sol **inadecuada**, en concreto a uno de los componentes de sus múltiples radiaciones, los **rayos ultravioletas**.

Casi todo el mundo sabe que exponerse a los rayos solares en las horas de más calor y sin

las debidas precauciones es **perjudicial** para la **salud**. Ahora bien muchas personas todavía creen que la radiación ultravioleta sólo está presente cuando el cielo está sereno, esta errada convicción es la causa más frecuente de **quemaduras** durante las **vacaciones**.

Del mismo modo hay muchas personas que no tienen en cuenta el **reflejo** producido por el **agua**, por la **arena**, por las **rocas** o por la **nieve**, un fenómeno que **potencia notablemente** el efecto de las **radiaciones UV**, haciéndolas no sólo nocivas para la piel, que

constituye la primera barrera de protección de nuestro cuerpo, sino para toda la **salud del organismo**.

Además hay que respetar un principio fundamental, **exponerse de forma gradual** a la radiación solar, cosa que no todo el mundo tiene en cuenta.

Para remediar todos estos inconvenientes, que pueden producir un simple **enrojecimiento** de la piel hasta **quemaduras muy serias**, hemos diseñado el medidor de **rayos ultravioletas** que presentamos en este artículo.

Se trata de un **pequeño dispositivo portátil** que se puede llevar fácilmente en un bolsillo ... y que no debería faltar nunca en el equipaje de quienes viajan o van de vacaciones.

En cualquier lugar que os encontréis, en el mar, en la montaña o incluso en ... la selva,

con una sencilla presión en una tecla el instrumento indicará a través de una serie de **diodos LED** cuál es la **intensidad** de la **radiación ultravioleta**, permitiendo programar de la forma más adecuada la exposición a los rayos solares.

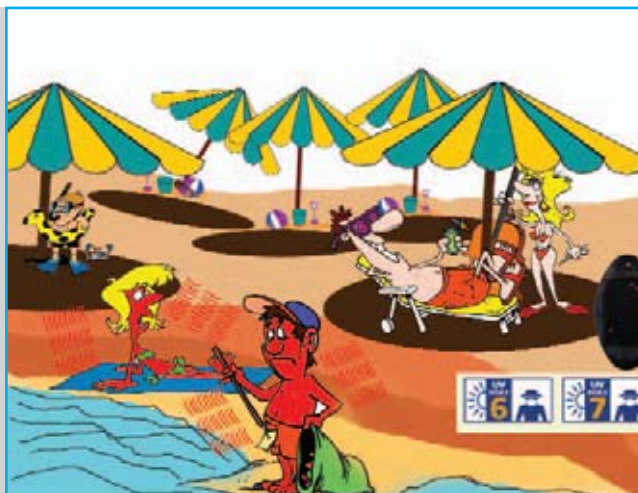
LOS RAYOS ULTRAVIOLETAS

El **Sol** irradia de forma natural, también hacia la Tierra, **radiaciones ultravioletas** con diferentes longitudes de onda. Algunas de estas radiaciones tienen efectos muy positivos, otras, en cambio, pueden ser **muy peligrosas** para el **hombre** si se superan determinados valores.

La experiencia nos enseña que si nos exponemos al **Sol** durante un **tiempo prolongado** y **sin ninguna protección** nuestra **piel se enrojece**. El tiempo límite de exposición no es igual para todo el mundo, ya que también

ULTRAVIOLETAS

Fig.1 El Sol es indispensable para la vida. Una correcta exposición a los rayos solares es muy benéfica para el organismo, pero puede volverse nociva para la salud si no se toman las precauciones necesarias. Es muy importante tomar el Sol de forma gradual, utilizar cremas protectoras UV y hacerlo en las horas cuando la radiación ultravioleta no sea demasiado intensa.



depende de características personales.

Puesto que los **efectos dañinos** de la **radiación UV** pueden ser **muy graves** es muy importante establecer objetivamente la **cantidad de radiación UV** que podemos recibir.

Por este motivo la **comunidad científica internacional** ha definido un **parámetro** que proporciona indicaciones sobre la exposición a las radiaciones ultravioletas y sobre las precauciones necesarias a tomar para defenderse. Este parámetro se denomina **UltraViolet Index**, esto es **Índice UV**.

UVA, UVB Y UVC

Como hemos expuesto hace relativamente poco, en la publicación de nuestro **Luxómetro LX.1698** (revista **Nº276**), el espectro de las **radiaciones UV** cubre el intervalo de longitudes de onda desde **100 a 400 nm**, estando dividido en tres bandas: **UV-A (315-400 nm)**, **UV-B (280-315 nm)** y **UV-C (100-280 nm)**.

No todas estas longitudes de onda llegan a la **superficie** de la Tierra y **no** todas producen los **mismos efectos** sobre la vida humana, animal y vegetal.

En general podemos afirmar que las radiaciones **UV-C** se absorben casi totalmente por la **capa de ozono**, las radiaciones **UV-B**, las **más dañinas** para el **hombre**, llegan en un pequeño porcentaje (en torno al **2-3%**) y las radiaciones **UV-A** atraviesan **sin dificultad** la atmósfera de la Tierra.

FACTORES que influyen en la radiación UV

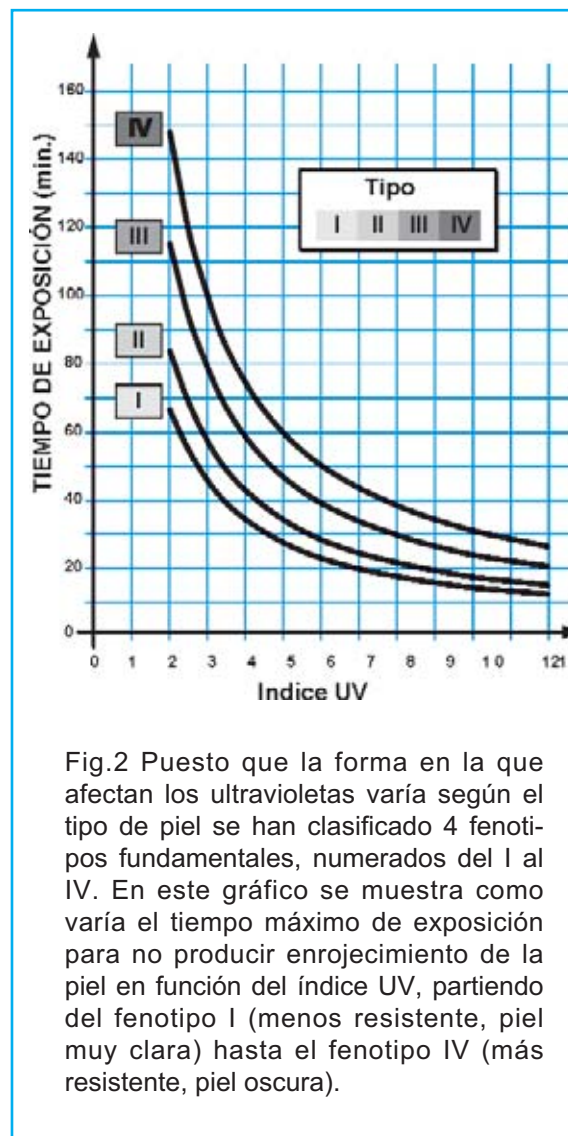
La radiación solar, y por lo tanto también la ultravioleta, se **difunde** por las moléculas de **aire** y del **vapor de agua**.

Una parte de las radiaciones solares es **dirigida**, la constituida por los rayos que no han sufrido difusión y absorción, mientras que otra parte es **difundida**. Este fenómeno, muy importante al analizar las radiaciones UV, está correlacionado con la **longitud de onda** de la **radiación**.

Por este motivo son bastantes los **factores atmosféricos** y **ambientales** que influyen en

la cantidad de rayos UV que atraviesan la atmósfera y llegan a la Tierra. Veamos los más importantes.

Altura del Sol: Cuanto **más alto** está el **Sol** en el cielo **mayor** es el nivel de **radiación UV**, por tanto los niveles de radiación varían en función



de la hora del día y a lo largo del año. También varían con la latitud, cerca de las zonas ecuatoriales el nivel de radiación es mayor.

Cobertura del cielo: Un cielo **sin nubes** permite el paso de **altos niveles** de **radiación UV**. No obstante también con un cielo cubierto, en función del tipo de nubes y de su espesor, se pueden tener niveles significativos de radiación a causa de la reflexión de los rayos UV.

Altitud: A **más altitud** menos elementos que ayuden a filtrar encontraremos, por lo que, en general, **aumenta** la exposición a la **radiación**.

Ozono: **Absorbe** todas las radiaciones **UV-C** y gran parte de las radiaciones **UV-B**. Los **niveles** de ozono **no son fijos**, ya que están muy influenciados por las **emisiones contaminantes** y además varían a lo largo del **tiempo**.

EFFECTOS sobre la SALUD

Las **radiaciones ultravioletas** tienen, en **pequeñas dosis**, **efectos saludables** para el hombre, por ejemplo son necesarias para la **producción** de **vitamina D**. En efecto **es necesaria** una exposición a la **luz solar** de unos **15-20 minutos** en **verano** y de **30-40 minutos** en **invierno** para favorecer la producción de esta sustancia tan útil para nuestro organismo.

En cambio en **dosis elevadas** las mismas radiaciones pueden resultar **muy dañinas**. Los mayores daños que las radiaciones UV producen sobre el hombre se producen en la **piel**, en los **ojos** y en el **sistema inmunitario**.

Es erróneo pensar que sólo las personas de piel clara sufren daños, ya que si bien es cierto que una **pigmentación más oscura** ofrece **mayor protección** siempre existe riesgo.

El **bronceado** y **espesamiento** de las capas más superficiales de la **piel** después de un baño de Sol son **defensas** que el organismo lleva a cabo para atenuar la penetración de los rayos UV en las capas más profundas, por lo que constituyen un primer síntoma de **posibles daños** en la **piel**.

Los daños que puede sufrir la **piel** pasan por un **envejecimiento precoz**, la **pérdida de elasticidad**, con la consiguiente formación de **arrugas**, y **alteraciones degenerativas** que pueden ir desde **pequeñas manchas** en la piel hasta la formación de **tumores malignos**.

También los **ojos**, frente a una radiación intensa, tienen mecanismos naturales de **defensa**, la **pupila se encoge** y los **párpados se cierran**. No obstante se trata de defensas limitadas, y mucho más limitadas cuanto más es fuerte la radiación reflejada (arena, agua, nieve ...).

Una **exposición aguda** provoca reacciones inflamatorias como **queratitis** y **conjuntivitis**, que si bien son **muy dolorosas** también son **reversibles**.

No sucede lo mismo con las **cataratas**. Siendo una patología asociada a la vejez tiene un gran **factor de riesgo** en la **radiación UV**.

Una **exposición fuerte y constante** a la radiación UV **debilita** el **sistema inmunitario**. El organismo es atacado más fácilmente por **infecciones**, **virus**, **bacterias** y **parásitos** ya que el sistema inmunitario no está capaz de proporcionar una adecuada protección.

Cómo determinar el ÍNDICE UV

Como cualquier otro **parámetro físico** la **radiación UV** puede **medirse** con el **instrumento adecuado**. Sin embargo la medida física **no es suficiente** para determinar los **efectos** que la radiación ultravioleta produce sobre un **ser vivo**.

Por este motivo se ha desarrollado el **Índice UV**, un indicador capaz de **cuantificar el daño** en la **piel humana** causado por la radiación UV en el momento de la medida.

Sin entrar en detalles sobre las fórmulas utilizadas para calcular este parámetro sí exponemos los **factores principales** del cálculo:

- La **intensidad** de la **radiación UV** en las longitudes de onda incluidas entre **280** y **400 nanómetros**, es decir **UVA** y **UVB**.

- La **respuesta de la piel**, evaluada midiendo el grado de **eritema**, es decir el **enrojecimiento** de la piel en función de las radiaciones.

Mientras que la respuesta de la **piel** sigue una **curva estándar**, adoptada por una comisión internacional, la intensidad de las **radiaciones UV** tiene que ser **medirse constantemente** ya que depende de numerosos factores (latitud, altitud, altura del Sol en el cielo, época del año y condiciones meteorológicas).

Combinando oportunamente estas informaciones se obtiene el **Índice universal**, denominado **Índice UV** o **UVI** (**UltraViolet Index**) y que se expresa con un valor numérico entre **1** y más

Valor UVI	
1-2	Baja
3-4-5	Moderada
6-7	Alta
8-9-10	Muy Alta
11+	Extrema

allá de 11.

Ya que este parámetro contiene información sobre los efectos provocados sobre la **piel humana** proporciona indicaciones sobre la **correcta exposición al Sol**.

Podemos considerar el **Índice UV** como un indicador que nos advierte de los **riesgos asociados** a la exposición al **Sol**. Puesto que no podemos percibir con nuestros sentidos la radiación UV nos permite adoptar **medidas de protección adecuadas** contra los **efectos dañinos** de los rayos ultravioletas.

En la tabla adjunta se muestran los valores **UVI**, de **1 a 11+**, con sus correspondientes protecciones. Por ejemplo, un valor **UVI** entre **6-7** corresponde a una **protección alta**.

Para realizar mediciones **más precisas** es conveniente realizar **varias medidas** a lo largo

de **5 minutos** y en lugar de realizar una **única medida** temporal.

Más allá del valor **3** **protegerse** es una **necesidad**. Con un valor igual o superior a **8** la **protección** tiene que ser **potenciada**, sería mejor **no estar al Sol**.

Es muy importante tener presente que el valor del **Índice UV** está calculado sobre una **respuesta media** de la **piel**. Por tanto junto al índice UV es muy importante tener presentes las **características específicas** de cada piel.

Las personas que tienen una **tez clara** o particularmente **sensible** deben tener **mucho cuidado** en adoptar también una adecuada **protección** en presencia de valores relativamente **bajos** del **Índice UV**.

NOTA: En año el **2002** la **Organización Mundial de la Salud** redactó el documento **“Global Solar UV Index, a Practical Guide”**, que constituye una guía práctica muy útil para una correcta exposición al Sol. Nosotros hemos utilizado en este artículo información contenida en este documento.

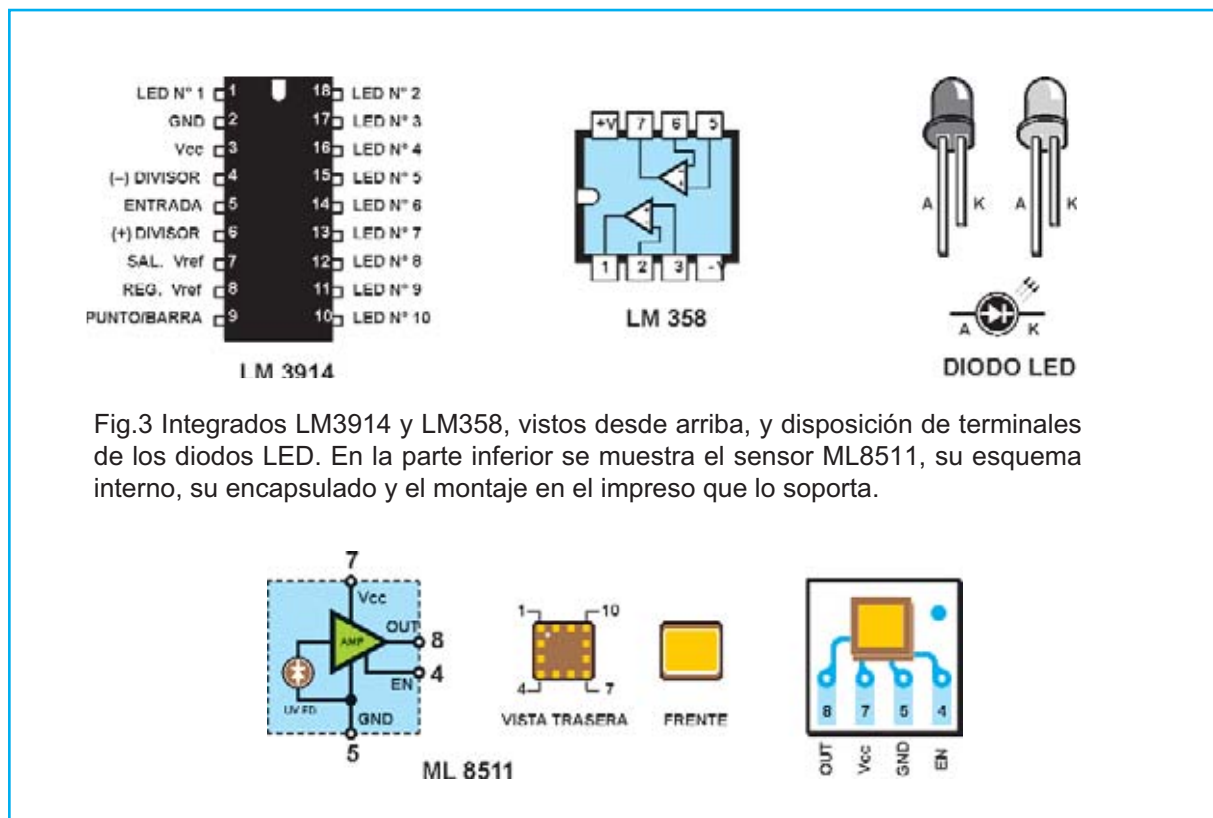


Fig.3 Integrados LM3914 y LM358, vistos desde arriba, y disposición de terminales de los diodos LED. En la parte inferior se muestra el sensor ML8511, su esquema interno, su encapsulado y el montaje en el impreso que lo soporta.

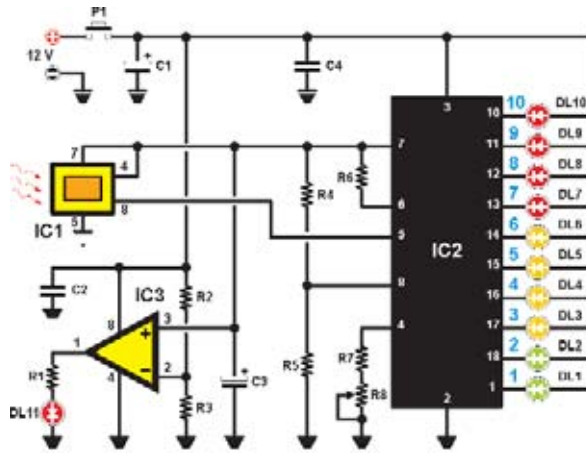


Fig.4 Esquema eléctrico del Medidor UVA-B LX.1714. Puesto que el sensor OKI ML8511 mide solo 4 mm de lado lo proporcionamos montado en un pequeño impreso más manejable. La tensión procedente del sensor se aplica al integrado IC2, que controla el encendido de los diodos LED en función de la tensión recibida del sensor.

LISTA COMPONENTES LX.1714

R1 = 1.000 ohm	R7 = 10.000 ohm 1%	C4 = 100.000 pF poliester
R2 = 100.000 ohm 1%	R8 = 10.000 ohm trimm. 20g.	DL1-DL11 = diodo Led
R3 = 100.000 ohm 1%	C1 = 100 microF. eletr.	Ic1 = sensor tipo KM 8511K
R4 = 100.000 ohm 1%	C2 = 100.000 pF poliester	Ic2 = integrado tipo LM 3914
R5 = 1.500 ohm 1%	C3 = 10 microF. eletr.	Ic3 = integrado tipo LM 358
R6 = 20.000 ohm 1%		P1 = pulsador

EL SENSOR ML8511

El **sensor** que hemos utilizado en nuestro medidor de rayos UV está fabricado por **OKI Semiconductors**.

Se trata de un minúsculo paralelepípedo de apenas **4 mm** de lado. Estas **reducidas dimensiones** nos "han obligado" a proporcionar el sensor **soldado** en un **circuito impreso adaptador**, ya que sería imposible su montaje sin disponer de técnicas y medios **SMD**.

La utilización de este sensor nos ha permitido **simplificar** al máximo el **esquema eléctrico**, que, en la práctica, se "reduce" a un simple **Vu-Meter lineal a diodos LED**. En efecto, la **tensión de salida** es directamente proporcional a la intensidad de la **radiación UV** que incide en la parte fotosensible.

El sensor está dotado de un **filtro transparente** a las frecuencias **UVA** y **UVB**, presentando su máxima sensibilidad a una **longitud de onda** de **365 nanómetros**, es decir en el **centro** de la banda **UVA**.

Este sensor **no mide** radiaciones **UVC**. De hecho si se prueba a exponerlo a una **lámpara germicida**, como las utilizadas para **borrar EPROMs**, únicamente se encenderá el primer LED verde como testimonio de que este sensor no está diseñado para detectar este tipo de radiaciones.

El sensor también contiene en su interior un **convertor corriente/tensión** cuyo fin es convertir la corriente generada por el fotodiodo interno, sensible a los UV, en una **tensión**

continua, que está disponible en el **terminal de salida (8)**.

La **tensión de alimentación** de este sensor tiene que estar incluida entre **2,7 y 3,6 voltios**. Su **absorción de corriente** es realmente pequeña, en torno a **500 microamperios**.

El sensor dispone de un **terminal de control** denominado **Enable** (ver terminal **4** en la Fig.3). Conectado a **masa** permite **inhabilitar** el funcionamiento del **sensor**, reduciendo la absorción de corriente a un valor de solo **0,1 microamperios**.

En nuestro medidor este terminal se mantiene **fijo al nivel de alimentación** para que el **sensor** siempre esté **activo**.

ESQUEMA ELÉCTRICO

En la Fig4 se puede apreciar la sencillez del esquema eléctrico conseguida gracias a las extraordinarias características del **sensor ML8511**.

El circuito se **alimenta** externamente mediante una **pila de 12 voltios**, como la utilizada en los mandos a distancia de los garajes.

Teniendo en cuenta que la absorción total del circuito es de unos **27 miliamperios** y que el instrumento solo se **enciende** para **tomar mediciones** la **autonomía** de este tipo de pilas es más que **suficiente**.

Como ya hemos expuesto el **sensor** tiene que alimentarse con una tensión incluida entre **2,7 y 3,6 voltios**. En nuestro circuito se alimenta con una **tensión estabilizada de 3,3 voltios** proporcionada por el regulador de tensión interno del integrado **LM.3914 (IC2)**.

Quienes hayan utilizado este **regulador de tensión** saben que la tensión presente en el terminal de salida (**7**) depende del valor de las resistencias **R4** y **R5**. En concreto:

$$V_{out} = \{[(R5 : R4) + 1] \times 1,25\} + (0,00012 \times R5)$$

Sustituyendo valores se obtiene:

$$\{[(1.500:1.000)+1] \times 1,25\} + (0,00012 \times 1.500) = 3,3 \text{ V}$$

Con los datos incluidos en el **Data Sheet** del sensor se obtiene una **tabla** que contiene los valores de **tensión** en la salida en función de los valores del **índice UV**.

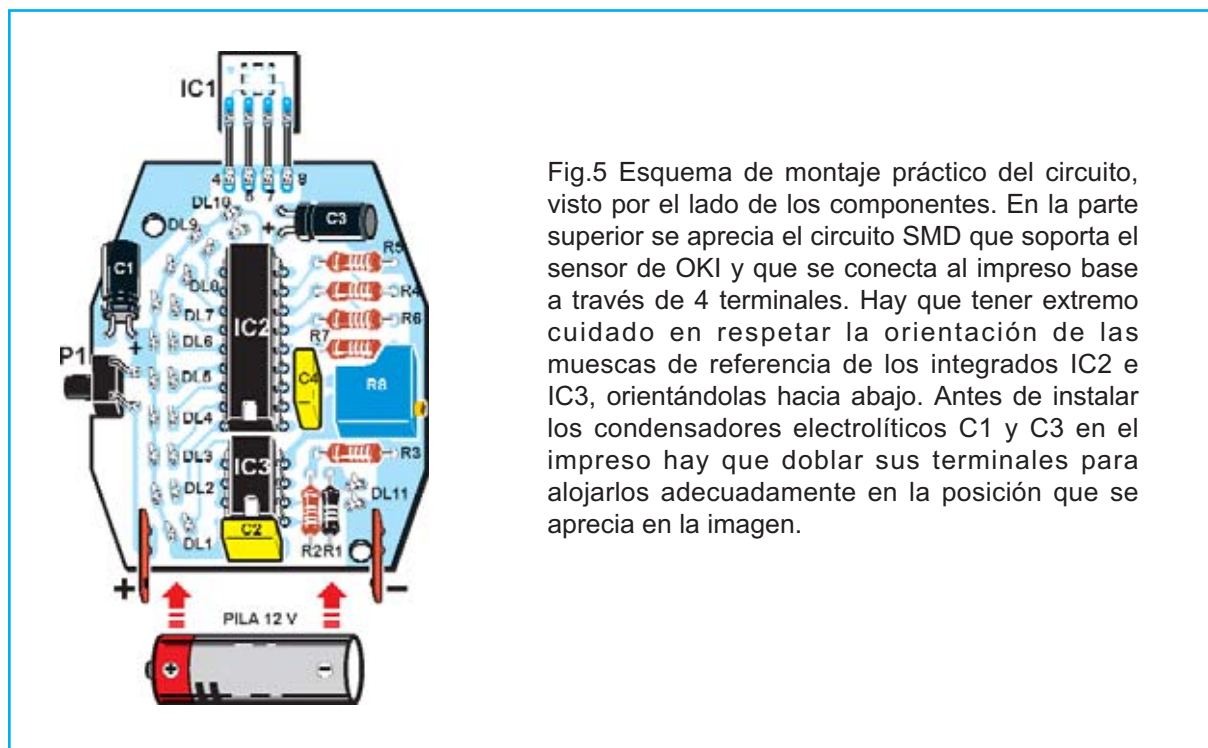
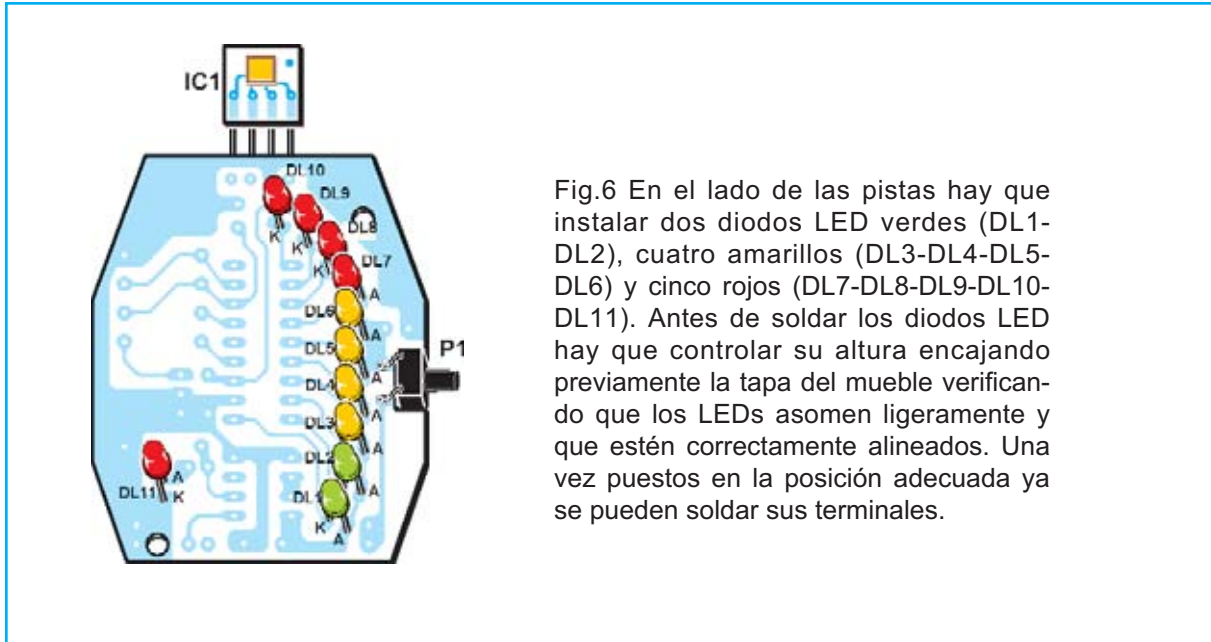


Fig.5 Esquema de montaje práctico del circuito, visto por el lado de los componentes. En la parte superior se aprecia el circuito SMD que soporta el sensor de OKI y que se conecta al impreso base a través de 4 terminales. Hay que tener extremo cuidado en respetar la orientación de las muescas de referencia de los integrados IC2 e IC3, orientándolas hacia abajo. Antes de instalar los condensadores electrolíticos C1 y C3 en el impreso hay que doblar sus terminales para alojarlos adecuadamente en la posición que se aprecia en la imagen.



Indice UV	Tensión Salida
1 ,08 Volt	1
2 ,16 Volt	1
3 ,24 Volt	1
4 ,32 Volt	1
5 ,40 Volt	1
6 ,48 Volt	1
7 ,56 Volt	1
8 ,64 Volt	1
9 ,72 Volt	1
10	1,80 Volt

Como se puede observar hay un **incremento la tensión de 0,08 voltios** por cada **unidad de incremento del índice UV**.

Mediante la resistencia **R6** y la serie formada por la resistencia **R7** con el **trimmer R8** se proporcionan los valores de tensión adecuados al **divisor interno** del integrado **LM.3914 (IC2)**, de forma que el **primer diodo LED** de la serie se encienda con una tensión de entrada de **1,08 voltios**, el **último diodo LED** se encienda con una tensión de **1,80 voltios** y un **intervalo de 0,08 voltios** entre un diodo LED y el siguiente.

En la **fase de ajuste** del circuito el **trimmer R8** permite ajustar el encendido continuo del primer LED de la escala, ajuste necesario por las inevitables **tolerancias** de los componentes.

La resistencia **R4** determina la **corriente** que fluye por los **diodos LED**. Con el valor que hemos adoptado (**1.000 ohmios**) se obtiene una corriente de **12,5 miliamperios**, que permite una **óptima luminosidad**.

La **fórmula** a utilizar para el cálculo de la corriente es:

$$I_{led} = 12,5 : R4$$

Además de los diodos LED de indicación de la medida hemos incluido uno adicional (**DL11**) que mediante su encendido señala el **bajo estado** de la **pila** para tener presente que ha de **cambiarse** cuanto antes y que la **lectura mostrada no es fiable**.

La **etapa de detección de pila baja** está constituida por un simple **comparador de tensión** realizado con un **amplificador operacional** incluido en el integrado **LM.358 (IC3)**.

Si la carga de la pila es suficiente **DL11** permanece **apagado**, en cuanto la tensión de la pila **cae** por debajo de **6,6 voltios DL11** se **ilumina** para indicar que es hora de reemplazar la pila.

El encendido de **DL11** se produce cuando la tensión presente en el terminal **2** de **IC3** (entrada **inversora**) es **inferior** a la presente en el terminal **3** (entrada **no inversora**). En la entrada **no inversora** está presente la tensión estabilizada de **3,3 voltios** mientras que en la **entrada inversora** hay una tensión igual a la **mitad de la tensión de la pila**, valor obtenido por el **divisor** formado por las resistencias **R2** y **R3**.

Cuando la **pila** está **cargada**, suponiendo que tenga un valor de tensión de **12 voltios**, en este punto hay un valor de **6 voltios**, **DL11** permanece **apagado**. Ahora bien, cuando a causa de la descarga de la pila la tensión sobre en terminal **2** de **IC3** cae por debajo de **3,3 voltios**, correspondientes a una tensión en la **pila** de **6,6 voltios**, el comparador se dispara y el diodo LED **DL11** se **enciende**.

REALIZACIÓN PRÁCTICA

Por su utilidad creemos que el **Medidor de radiación ultravioleta LX.1714** no sólo está destinado a los aficionados a la electrónica sino a todo el mundo que quiera exponerse al Sol de forma inteligente.

Por este motivo hemos pensado en un **diseño extremadamente sencillo** apoyado en las descripciones detalladas del montaje que a continuación exponemos.

La gran mayoría de componentes se montan en el lado homónimo del circuito impreso **LX.1714** (ver Fig.5), todos a **excepción** de los **11 diodos LED (DL1-DL11)**, que se montan en el lado de las **pistas** (ver Fig.6).

Es aconsejable comenzar el montaje con la instalación de los **integrados IC2** e **IC3**, orientando hacia **abajo** sus **muestras** de referencia y no utilizando mucho estaño para evitar eventuales cortocircuitos.

Es el momento de instalar la **resistencia R1 (5%)** y las **resistencias de precisión R2 a R7 (1%)**. Una vez cortado el excedente de sus

terminales hay que **guardar 4**, que serán utilizados para montar la **sonda**.

A continuación hay que instalar los **condensadores de poliéster C2-C4** y los **condensadores electrolíticos C1-C3**, respetando en estos últimos la **polaridad** de sus terminales (el terminal más **largo** corresponde al polo **positivo**) y doblándolos en **L** para instalarlos en la posición indicada en la Fig.5.

Ahora se puede montar el **trimmer R8** y el **pulsador P1** utilizado para alimentar el circuito cuando deseemos realizar una medida.

Para montar correctamente el pulsador hay que doblar sus **4 terminales** de forma que encajen en los agujeros correspondientes situados en ambas caras del circuito impreso. Una vez situado el pulsador en el impreso hay que **soldar** sus terminales teniendo mucho cuidado en **no inclinar** el **pulsador** con respecto a la **base del impreso**.

En la parte inferior del circuito impreso hay que montar las **dos lengüetas** que sustentarán la **pila de 12 voltios**, teniendo la precaución de doblarlas ligeramente hacia el interior para que mantengan firme la pila.

Ahora hay que dar la vuelta al impreso para montar los **diodos LED: Dos verdes (DL1-DL2)**, **cuatro amarillos (DL3-DL6)** y **cuatro rojos (DL7-DL11)**, teniendo mucho cuidado en respetar la **polaridad** de sus terminales (ver Fig.6). Todos han de quedar a la **misma altura** y sobresalir ligeramente por la tapa del mueble, para que esta operación se realice correctamente es aconsejable insertar los diodos LED en sus agujeros, poner la tapa para controlar su altura y, por último, soldar sus terminales.

Ya solo queda montar el **sensor UV**. Hay que comenzar posicionando la tarjeta que incluye el integrado **ML8511** de forma que asome por el agujero correspondiente de la tapa del mueble.

Una vez en su posición ya se puede montar en el impreso utilizando los **4 terminales** excedentes de las **resistencias**. En el esquema de montaje práctico se muestra cómo realizar esta operación correctamente (ver Fig.5).

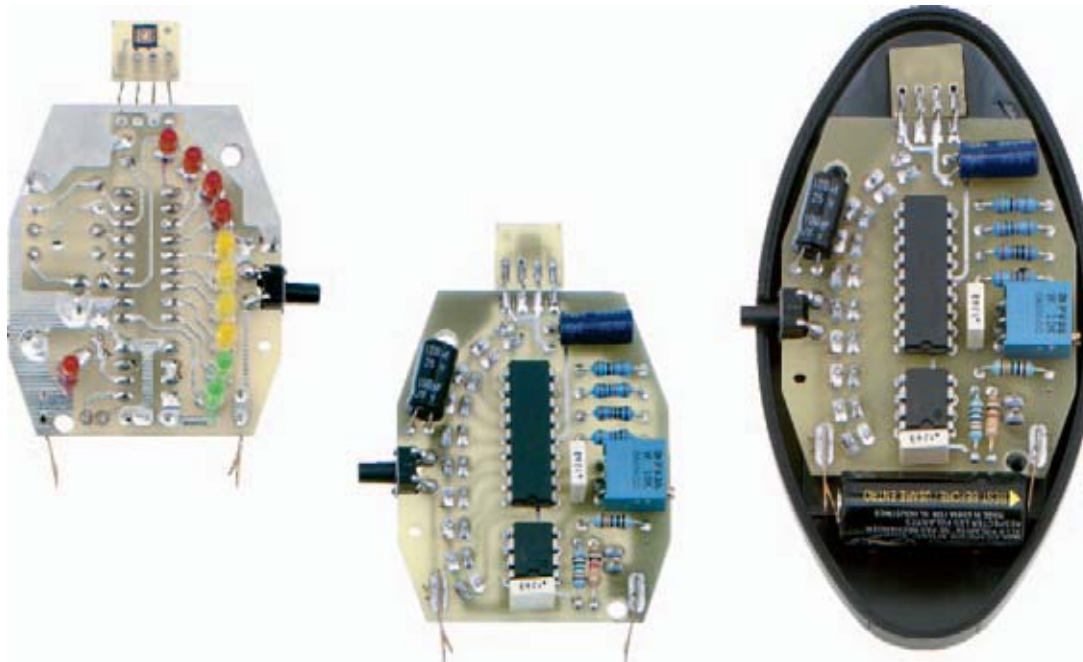


Fig.7 Fotografías de uno de nuestros circuitos impresos prototipo, visto por el lado de las pistas (izquierda), por el lado de los componentes (centro) e instalado en el mueble contenedor (derecha).

Ya se puede **probar el circuito**. Solo queda montar la **pila de 12 voltios** y **presionar el pulsador P1**.

Si os encontráis en un **sitio cerrado** seguramente se ilumine un **único diodo LED verde** como indicación de ausencia de radiación UV.

Es el momento de **ajustar el circuito**. Posicionando el medidor en **penumbra** (mejor incluso en **oscuridad**) hay que **mantener presionado P1** de forma que el circuito quede alimentado.

Ahora hay que **girar** el cursor del **trimmer R8** con un destornillador hasta que se encienda únicamente el **primer diodo LED** de color **verde**.

Para terminar de probar el circuito sólo queda **poner la tapa** y realizar una **medida** en una **zona soleada**.

El medidor está listo para realizar medidas. Dado su **pequeño tamaño** y **comodidad de uso** está listo para ser llevado en un bolsillo, en un bolso o en la guantera del coche.

PRECIO DE REALIZACIÓN

LX.1714: Precio de todos los componentes necesarios para la realización del **Medidor UVA-B** (ver Figs.5-6), incluyendo circuito impreso, mueble **MO1714** y **pila de 12 voltios**.....**56€**

CS.1714: Circuito impreso**3,40€**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.