



CONOCER LOS RAYOS

La radiación infrarroja fue descubierta casualmente por el astrónomo inglés William Herschel, conocido por haber localizado, en el año 1800, el séptimo planeta del sistema solar, conocido con el nombre de Urano.

En uno de sus experimentos Herschel proyectó sobre una pared la **luz solar** haciéndola pasar previamente por un **prisma** de vidrio para poder observar su **espectro luminoso**. Sobre la pared se materializaron todos los colores del arco iris, partiendo del **violeta**, pasando por el **azul, verde, amarillo, naranja**, hasta llegar al rojo (ver Fig.1).

Sobre estas franjas de colores fue posicionando, por pura curiosidad, un **termómetro** de mercurio.

Observó como la **temperatura** variaba según lo iba desplazando a través de los **colores**. De hecho vio con sorpresa que, después del color **rojo oscuro**, entrando en la franja del **color negro**, el **calor aumentaba** considerablemente.

Sin saberlo descubrió que el **espectro solar** continuaba más allá del **rojo**. Puesto que no había colores perceptibles por el **ojo humano** los denominó "**rayos invisibles**". Hoy en día estos rayos son universalmente conocidos y denominados como **infrarrojos** o **IR**.

En los tiempos de **Herschel** nadie se dio cuenta de las importantes implicaciones de este descubrimiento. Hubo que esperar hasta la **II Guerra Mundial** para que este sector de la Física se desarrollara, debido a sus aplicaciones militares.

En **Alemania**, cuando el país estaba sometido a continuos bombardeos aéreos, los civiles se asombraban al ver circular vehículos militares de **noche** con los **faros apagados** en la más completa oscuridad. Los alemanes instalaron en sus vehículos focos de rayos infrarrojos que podían verse con unas **gafas adecuadas**.

También utilizaron **rayos infrarrojos** en lugar de **ondas radio** para comunicarse entre barcos y entre tanques, evitando así que sus mensajes fueran interceptados por las fuerzas hostiles.

Posteriormente proyectaron **sensores** que detectaban los **rayos infrarrojos** emitidos por objetos, como, por ejemplo, **coches** o **vehículos blindados**. Estos detectores se demostraron un arma mortal ya que permitieron a los aviones localizar y destruir **tanques** y otros **vehí-**

culos, aunque estuvieran camuflados o fueran simulaciones de madera y plástico.

Durante la batalla de **El Alamein (1942)** las fuerzas Aliadas se apoderaron de un repetidor de **rayos infrarrojos**. Una vez **copiado** también empezaron a utilizarlo con fines bélicos.

Acabada la II Guerra Mundial las principales potencias siguieron experimentando con armas basadas en rayos infrarrojos. En la **década** de los **50** ya contaban con **misiles aire-aire** y **tierra-aire** capaces de derribar cualquier aeronave que atravesara su territorio.

Muchos todavía recuerdan el avión espía americano **U2** pilotado por **Powers** que fue derribado el **1 de Mayo de 1960** por un misil **SAM-2** mientras sobrevolaba **Rusia**.

Estos resultados finales fueron precedidos de muchos fracasos previos. En las primeras pruebas los **misiles** con **sensores infrarrojos** presentaron muchos defectos. A menudo los misiles, en vez de dirigirse hacia los aparatos hostiles, se dirigían hacia el **Sol** o hacia otras **fuentes de calor**.

INFRARROJOS

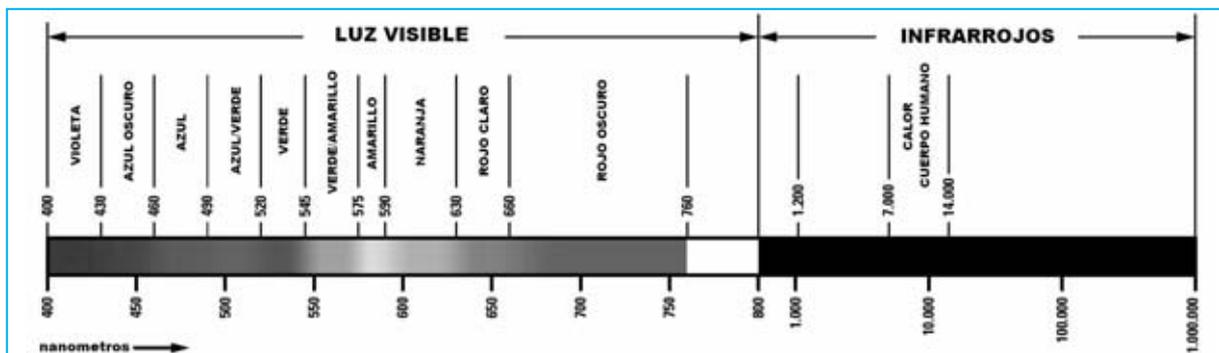


Fig.1 La luz visible es solo una parte del espectro electromagnético, la incluida entre 400 y 760 nanómetros, que es percibida por el hombre como colores. El violeta tiene la longitud de onda más pequeña (frecuencia más grande), mientras que el rojo tiene una longitud de onda más grande (frecuencia más pequeña).

Las longitudes de onda más grandes que las correspondientes al rojo, es decir las superiores a 760/800 nanómetros corresponden a las radiaciones infrarrojas.

En esta parte del espectro electromagnético se encuentran las longitudes de onda situadas entre 7.000 y 14.000 nanómetros, correspondientes al calor generado por el cuerpo humano.

Este inconveniente se producía porque los **sensores infrarrojos** instalados en los misiles eran sensibles a **toda la gama** de frecuencias infrarrojas, incluidas las producidas por las **radiaciones solares**.

Para eliminar este inconveniente se realizaron **sensores** sensibles a determinadas frecuencias, como las producidas por el **calor** de los **reactores** de los aviones. De esta forma el misil solo se dirige hacia estas fuentes, incluso siguiendo su trayectoria aunque cambien rápidamente de dirección.

Cuando se obtuvieron resultados satisfactorios se derribaron un gran número de aviones enemigos, ya que los **misiles** se dirigían con precisión hacia el avión que emitía la **frecuencia infrarroja** a la que el sensor estaba ajustado.

Obviamente para limitar estas pérdidas cada vez más alarmantes se diseñaron eficaces **contramedidas**.

La más común era el uso de **bengalas infrarrojas (infrared flares)** que emitían la misma frecuencia que los reactores del avión, al lanzarlas los misiles las perseguían, **engañándolos**. Estas bengalas emiten una enorme cantidad de **rayos infrarrojos**, mayor que la producida por el propio avión.

Otros tipos diferentes de **sensores de rayos infrarrojos** fueron utilizados en **Vietnam** para localizar a los miembros del **Vietcong** por la **noche** en la espesura de la selva.

En la selva fueron diseminados una infinidad de **sensores de rayos infrarrojos** sensibles a longitudes de onda entre **7.000 y 14.000 nanómetros**, correspondientes al **calor** emitido por el **cuerpo humano** (ver Fig.1).

Cuando los **Vietcong** pasaban junto a estos **sensores** se activaban unos pequeños **transmisores** que emitían **señales de radio** a los **aviones espía** que sobrevolaban la zona. Esta información se pasaba a los cazabombarderos y a los helicópteros de combate.

Aunque los rayos infrarrojos se han utilizado mucho en la realización de armas defensivas y ofensivas, también han tenido un enorme desarrollo en **aplicaciones civiles**.

Sensores infrarrojos similares a utilizados en **Vietnam** para detectar el **calor del cuerpo humano** emitido por los **Vietcong** se utilizan hoy en día en nuestras **viviendas** como **sistemas antirobo**.

Sin los **rayos infrarrojos** tampoco podríamos cambiar el **canal** o el **volumen** de nuestra **TV** con el **mando a distancia** mientras estamos cómodamente sentados en el sillón.

Los **rayos infrarrojos** se utilizan también para **abrir automáticamente puertas mecánicas** cuando una persona se acerca, como las presentes en las grandes superficies comerciales.

DIODI TRASMITTENTI a RAGGI INFRAROSSI

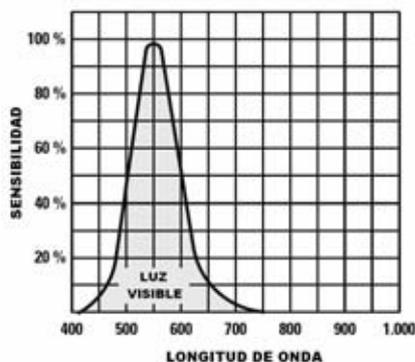


Fig.2 La luz visible corresponde al rango de 400 a 760 nanómetros. El ojo es más sensible a una longitud de onda de 550 nanómetros.

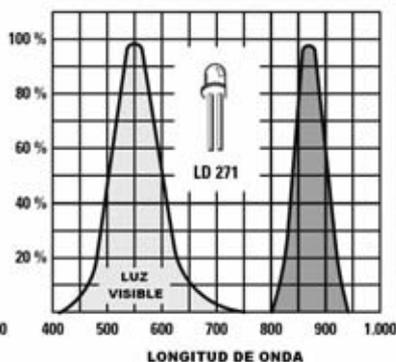


Fig.3 El diodo LED IR LD.271 emite rayos infrarrojos en el rango comprendido entre 810 y 950 nanómetros.

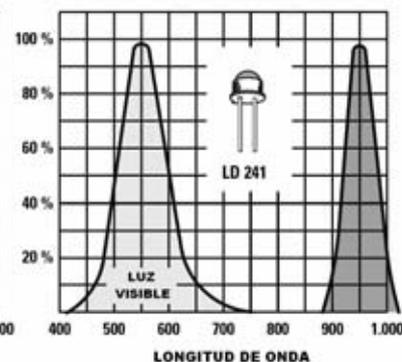


Fig.4 El diodo LED IR LD.241 emite rayos infrarrojos en el rango comprendido entre 880 y 1.100 nanómetros.

DIODI RICEVENTI a RAGGI INFRAROSSI

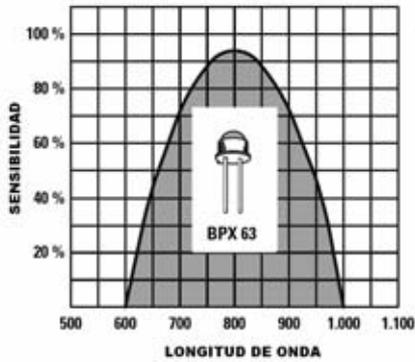


Fig.5 El fotodiodo infrarrojo BPX.63 es sensible a longitudes de onda incluidas entre 600 nanómetros y 1.000 nanómetros.

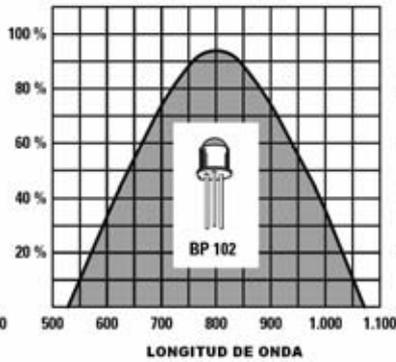


Fig.6 El fotodiodo infrarrojo BP.102 es sensible a longitudes de onda incluidas entre 550 nanómetros y 1.050 nanómetros.

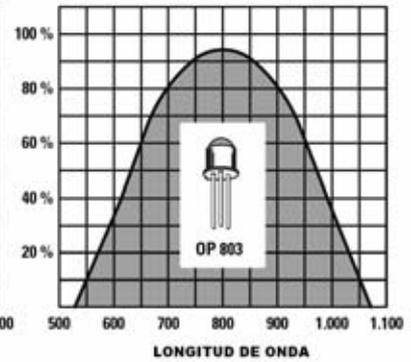


Fig.7 El fotodiodo infrarrojo OP.803 es sensible a longitudes de onda incluidas entre 550 nanómetros y 1.050 nanómetros.

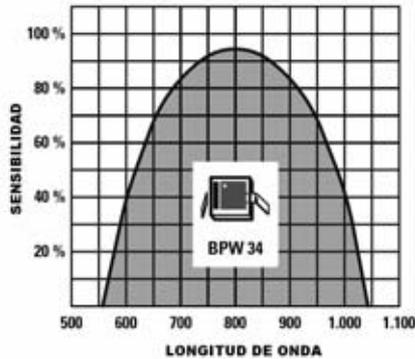


Fig.8 El fotodiodo infrarrojo BPW.34 es sensible a longitudes de onda incluidas entre 550 nanómetros y 1.050 nanómetros.

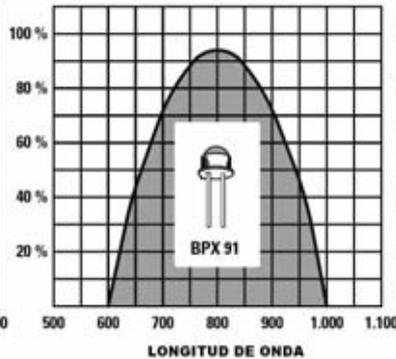


Fig.9 El fotodiodo infrarrojo BPX.91 es sensible a longitudes de onda incluidas entre 600 nanómetros y 1.000 nanómetros.

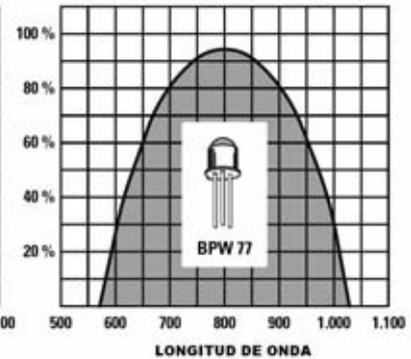


Fig.10 El fotodiodo infrarrojo BPW.77 es sensible a longitudes de onda incluidas entre 580 nanómetros y 1.050 nanómetros.

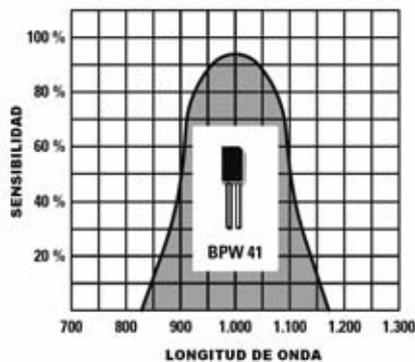


Fig.11 El fotodiodo infrarrojo BPW.41 es sensible a longitudes de onda incluidas entre 830 nanómetros y 1.170 nanómetros.

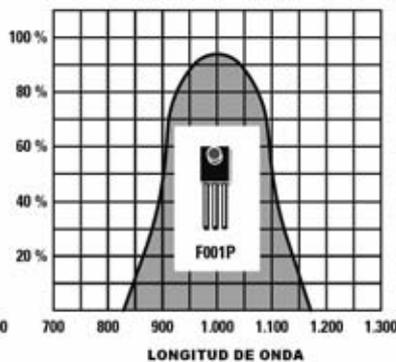


Fig.12 El fotodiodo infrarrojo F001P es sensible a longitudes de onda incluidas entre 830 nanómetros y 1.170 nanómetros.

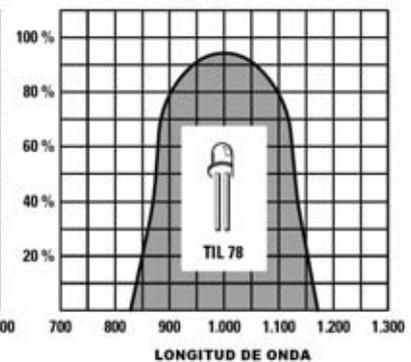


Fig.13 El fotodiodo infrarrojo TIL.78 es sensible a longitudes de onda incluidas entre 830 nanómetros y 1.170 nanómetros.

Fig.14 Para determinar la sensibilidad de un fotodiodo infrarrojo basta con conectarlo a un amplificador de tensión CC y luego controlar un instrumento de medida conectado a su salida.

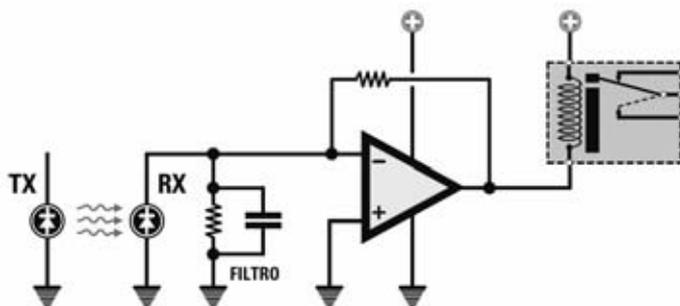
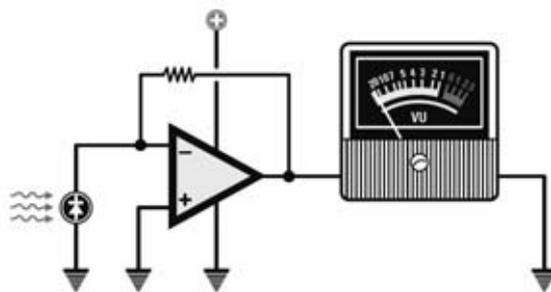
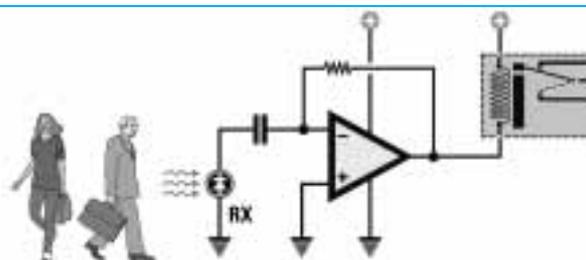


Fig.15 Para realizar barreras de rayos infrarrojos hay que enfrentar un emisor infrarrojo (diodo LED infrarrojo) y un receptor infrarrojo (fotodiodo infrarrojo), modulando la señal para evitar interferencias. Cuando se interrumpa el haz de rayos entre emisor y receptor se activa un relé.

Fig.16 Los fotodiodos diseñados para detectar las longitudes de onda emitidas por el calor del cuerpo humano (entre 7.000 y 14.000 nanómetros) se suelen utilizar como sistemas antirrobo o para abrir automáticamente puertas motorizadas.



Asimismo se pueden realizar **barreras invisibles** que disparan una **alarma** cuando una persona o un animal interrumpen la barrera.

También están muy difundidas las **videocámaras** sensibles a los **rayos infrarrojos** utilizadas para realizar vigilancia en la más completa **oscuridad**, viéndose las imágenes en un monitor corriente como si estuvieran iluminadas. También se pueden adquirir **prismáticos** sensibles a los rayos infrarrojos.

En cuanto a los **componentes electrónicos**, los **diodos emisores (LED)** y **receptores (fotodiodos) de rayos infrarrojos** tienen precios realmente asequibles, pudiéndose utilizar para múltiples aplicaciones.

Una última curiosidad. Muchos **reptiles** disponen de **sensores** sensibles a los **infrarrojos**, captando longitudes de onda entre **6.000 y 14.000 nanómetros** que les permiten detectar, incluso en la oscuridad absoluta, la presencia de una presa.

FRECUENCIAS de la RADIACIÓN INFRARROJA

Observando la tabla de la Fig.1 se puede apreciar que en cuanto se supera la barrera de las **frecuencias visibles** al ojo humano, correspondientes a **longitudes de onda** entre los **400 nanómetros** del color **violeta** y los **760 nanómetros** del color **rojo oscuro**, se entra en la gama de la radiación **infrarroja**, con longitudes de onda incluidas entre **800 y 1.000.000 nanómetros**.

En la práctica todo lo que irradia **calor**, una **llama**, una **plancha**, una **lámpara**, un **motor de explosión** o **nuestro cuerpo**, emite diferentes **frecuencias de rayos infrarrojos**.

Hay elementos metálicos que absorben el **calor** generado por otras fuentes externas (**Sol**, **llamas**, etc.), y, una vez calentados, ellos mismos se vuelven **fuentes de radiación infrarroja** que un **sensor IR** es capaz de detectar.

Las empresas que construyen **diodos emisores (LED)** y **diodos receptores (Fotodiodos)** para **rayos infrarrojos** suelen indicar la **sensibilidad** de sus componentes en **micrometros**. Las conversiones se realizan con estas sencillas operaciones:

nanometros x 1.000 = micrometros
micrometros : 1.000 = nanometros

En la tabla de la Fig.1 se puede observar que el **calor** emitido por el **cuerpo humano** produce **rayos infrarrojos** con longitudes de onda situadas entre **7.000** y **14.000 nanometros**.

SENSORES de RAYOS INFRARROJOS

Muchos **sensores** de **rayos infrarrojos** para uso civil tienen formas similares a las de los **diodos LED** tradicionales, siendo sensibles a radiaciones con longitudes de onda situadas entre **760** y **14.000 nanómetros**.

En cambio los **sensores militares** tienen formas más específicas e incluyen microamplifi-

cadores en **SMD**, como por ejemplo el **F001P** (ver Fig.12).

Puesto que las radiaciones **infrarrojas** son emitidas por cualquier fuente de **calor**, el sensor capta todo, incluido el calor generado por una **plancha** común, por un **horno**, por el Sol o por una **lámpara de filamento**.

Cuando se desea medir la **cantidad** de **rayos infrarrojos** emitida por una **fuentes** se puede conectar a la salida del **sensor** un **amplificador de continua** (ver Fig.14). En este caso si frente al sensor, por ejemplo, se pone una plancha encendida, la aguja del instrumento se desviará hacia el máximo, **proporcionalmente** a la cantidad de calor generado.

Para realizar **barreras de protección** utilizando **rayos infrarrojos** se suele **modular** la señal infrarroja **emitida** con una frecuencia de unos **7.000 Hertzios**, conectando al **receptor (Fotodiodo IR)** un **filtro** (ver Fig.15) que deje pasar solo esta frecuencia, no siendo sensible a ninguna otra señal.



Fig.17 Las ojivas de los misiles aire-aire y tierra-aire disponen de ultrasensibles sensores de rayos infrarrojos capaces de detectar el calor generado por los reactores de una nave hostil y así poder perseguirla. Para evitar el impacto de estos misiles "inteligentes" se diseñaron contramedidas como las bengalas emisoras de rayos infrarrojos (infrared flares).

(Rev.189), un circuito que nos avisa cuando alguien intenta introducirse en nuestra vivienda.

DIODOS LED INFRARROJOS

Los **diodos emisores de rayos infrarrojos (LED infrarrojos)** suelen emitir radiaciones infrarrojas con longitudes de onda entre **760 y 1.200 nanómetros** (ver Fig.3-4).

Puesto que nuestros **ojos** solo perciben longitudes de onda incluidas entre **400 y 760 nanómetros** (ver Fig.1) la **radiación** emitida por los **diodos LED infrarrojos no es visible**.

FOTODIODOS INFRARROJOS

Los **diodos receptores infrarrojos (fotodiodos infrarrojos)** de uso civil suelen detectar radiaciones infrarrojas con longitudes de onda entre **500 y 1.200 nanómetros**.

Casi todos los **sensores** comerciales de **rayos infrarrojos** se construyen para no **detectar** el calor emitido por **radiadores, planchas, etc.** ya que esto haría imposible su utilización como sistema antirrobo.

Únicamente los sensores diseñados para detectar el calor emitido por el **cuerpo humano** se diseñan para detectar radiaciones infrarro-

jas con longitudes de onda entre **7.000 y 12.000 nanómetros**.

Los **sensores militares**, no disponibles en los comercios, son sensibles a los rayos infrarrojos emitidos por los **reactores** de los **aviones** y al calor generado por los **motores de explosión**.

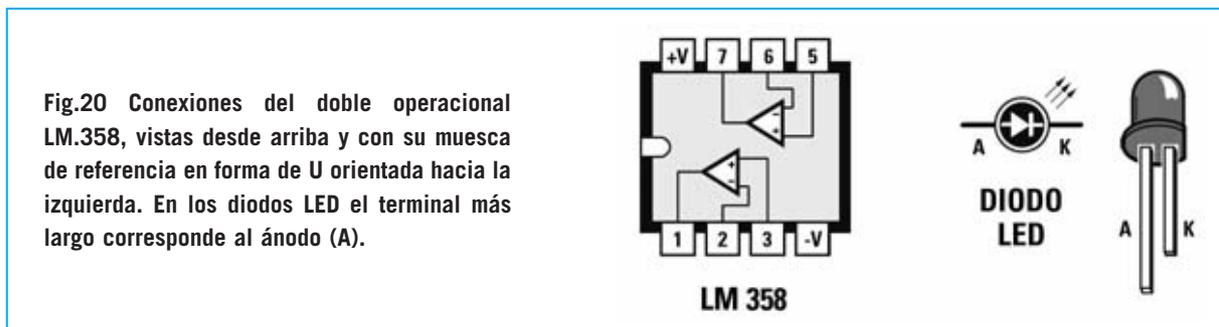
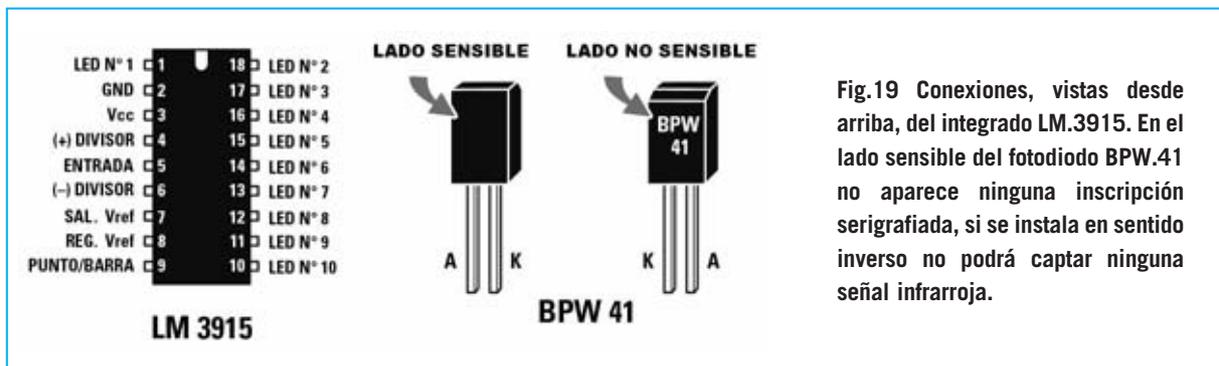
En las Figs. 5-13 se reproducen las **curvas de sensibilidad** de los **fotodiodos infrarrojos** más comunes.

DETECTOR de RAYOS INFRARROJOS

Una vez expuestos los principios referentes a las **radiaciones infrarrojas** proponemos un circuito capaz de **detectar rayos infrarrojos**, siendo de gran utilidad para realizar interesantes y útiles experimentos.

Como sensor de **rayos infrarrojos** hemos utilizado el fotodiodo **BPW.41**, que tiene su sensibilidad máxima a **1.000 nanómetros**, como se puede apreciar en la Fig.11.

Este fotodiodo también es **sensible** a los **rayos infrarrojos** emitidos por el **Sol** (incluso aunque haya nubes), a la llama de un **mechero**, a la luz emitida por las **lámparas de filamento** y a todo tipo de **mando a distancia para TV**. De hecho



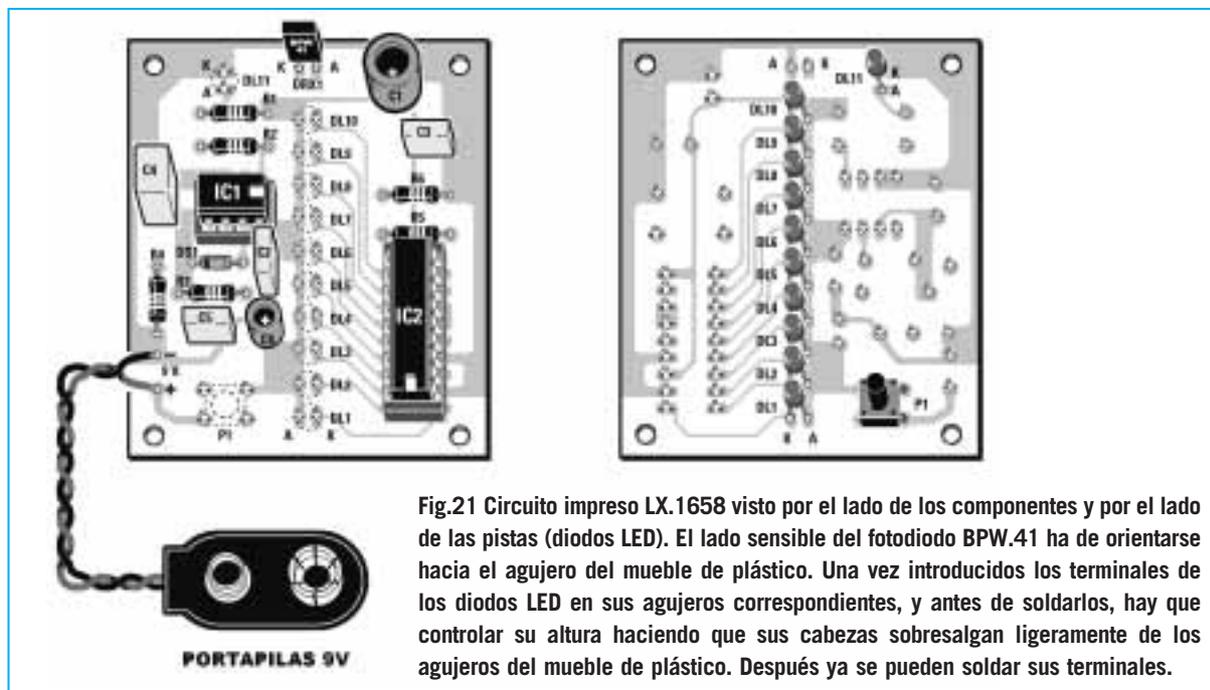


Fig.21 Circuito impreso LX.1658 visto por el lado de los componentes y por el lado de las pistas (diodos LED). El lado sensible del fotodiodo BPW.41 ha de orientarse hacia el agujero del mueble de plástico. Una vez introducidos los terminales de los diodos LED en sus agujeros correspondientes, y antes de soldarlos, hay que controlar su altura haciendo que sus cabezas sobresalgan ligeramente de los agujeros del mueble de plástico. Después ya se pueden soldar sus terminales.

este fotodiodo se suele utilizar por los Servicios Técnicos para controlar el funcionamiento de los mandos a distancia que utilizan infrarrojos, ya que es capaz de detectar los rayos infrarrojos emitidos por un cualquier diodo LED IR.

En cambio, el sensor **BPW.41 no detecta** el calor emitido por el **cuerpo humano** ni el emitido por una **plancha**.

El esquema eléctrico del **Detector de rayos infrarrojos** se muestra en la Fig.18. A la entrada inversora del operacional **IC1/A** se conecta el sensor **BPW.41 (DRX1)** que, en función de la cantidad de **rayos infrarrojos** que capta, proporciona en el terminal de salida una tensión que puede oscilar entre **0,25 y 5,5 voltios**.

Esta tensión, aplicada a la entrada **no inversora** del operacional **IC1/B**, utilizado como **rectificador ideal**, permite obtener en su salida una **tensión continua** proporcional a la intensidad de la señal captada por el fotodiodo **BPW.41**.

La señal rectificada por **IC1/B** es aplicada al terminal de entrada del integrado **LM.3915 (IC2)**, un **Vu-Meter logarítmico** que controla **10 diodos LED**.

A título informativo indicamos seguidamente la **tensión continua** que se ha de aplicar al ter-

minal de entrada (5) de **IC2** para hacer encender los **diodos LED**:

- Diodo DL1 = 0,25 voltios**
- Diodo DL2 = 0,34 voltios**
- Diodo DL3 = 0,48 voltios**
- Diodo DL4 = 0,68 voltios**
- Diodo DL5 = 0,97 voltios**
- Diodo DL6 = 1,37 voltios**
- Diodo DL7 = 1,95 voltios**
- Diodo DL8 = 2,75 voltios**
- Diodo DL9 = 3,90 voltios**
- Diodo DL10 = 5,50 voltios**

Para alimentar el **Detector de rayos infrarrojos** hemos utilizado una **pila común de 9 voltios**. Puesto que el consumo con los diodos LED apagados está alrededor de **9 mA** y con todos los diodos LED encendidos en torno a **100 mA**, el circuito tiene una elevada autonomía.

REALIZACIÓN PRÁCTICA

Todos los componentes se montan en el circuito impreso **LX.1658**, instalándolos tal como se muestra en el esquema práctico de la Fig.21 y en las fotografías correspondientes.

La primera operación que aconsejamos realizar es el montaje de los **zócalos** para los integrados **IC1-IC2**. Una vez soldados todos los terminales

se puede continuar el montaje con la instalación de las **resistencias** y de los **condensadores**, teniendo la precaución de respetar la **polaridad** en los condensadores **electrolíticos (C1 y C6)**.

A continuación se puede montar el diodo **DS1**, orientando su franja negra de referencia hacia la izquierda (ver Fig.21).

Llegado este punto, en el lado **opuesto** del circuito impreso (lado de las **pistas**), se instala el pequeño pulsador **P1**. En este mismo lado del impreso hay que instalar todos los **diodos LED**, sin soldar de momento sus terminales (el terminal más **largo**, el ánodo, ha de ser introducido en los agujeros conectados a la tensión positiva de la pila de **9 voltios**).

Todos los diodos LED situados en la columna central son **rojos**, mientras que el diodo LED **DL11**, situado a la derecha, es **verde**.

Una vez introducidos todos los diodos LED, **sin soldarlos**, hay que instalar el circuito impreso en el mueble, de forma que los diodos LED queden hacia **abajo**.

Ahora hay que hacer salir las cabezas de los diodos LED por cada agujero. Una vez que estén correctamente **alineados** se puede proceder a soldar sus terminales.

Después de instalar los diodos LED a la altura correcta hay que quitar el circuito del interior del mueble, ya que hay que montar el fotodiodo **BPW.41** en el lado de los componentes.

Como se muestra en la Fig.19, este fotodiodo solo tiene un **lado sensible** (el lado que **no** tiene ninguna inscripción serigrafiada). Para posibilitar que los **rayos infrarrojos** incidan en el lado sensible del fotodiodo hay un **agujero** de unos **6-7 mm** en la pared frontal del mueble de plástico. El lado sensible se ha de orientar hacia este agujero.



Fig.22 Interior del mueble de plástico con el circuito impreso montado e instalado. El circuito se fija en la base del mueble utilizando tornillos metálicos. Es importante verificar que el lado sensible del fotodiodo BPW.41 esté orientado hacia el agujero del mueble.



Fig.23 Una vez cerrado el mueble de plástico los diodos LED sobresalen ligeramente de la superficie. Para que queden correctamente instalados es aconsejable soldar sus terminales después de haber alineado todos los diodos LED.



Fig.24 Para controlar si funciona correctamente el Detector de rayos infrarrojos LX.1658 solo hay que utilizar un mando a distancia de rayos infrarrojos y ponerlo a unos 10 cm del agujero del fotodiodo BPW.41. Actuando sobre el pulsador P1 y sobre las teclas del mando a distancia varios diodos LED rojos se encenderán. Cuanto más se separe el mando a distancia menos diodos LED rojos se encenderán.

Ya solo queda realizar la conexión de los cables del **portapilas** e instalar, en sus correspondientes zócalos, los dos **circuitos integrados**, orientando su muesca de referencia en forma de **U** tal como se muestra en la Fig.21.

Una vez finalizado el montaje es conveniente **verificar** el funcionamiento circuito antes de cerrar el mueble contenedor.

Presionando **P1** se ha de encender el diodo LED **verde DL11**.

A continuación, sin dejar de presionar **P1**, hay que coger el **mando a distancia** del televisor y situarlo frontalmente a unos **10 cm** del agujero del mueble. Al accionar los pulsadores del mando se han de **encender** algunos diodos LED del **Detector LX.1658**.

En el caso de que no se encienda ningún diodo LED hay que verificar que se han montado correctamente el fotodiodo IR **BPW.41** y los **diodos LED**.

Si todo funciona correctamente a medida que se **aleje** el mando a distancia del Detector se encenderán cada vez **menos** diodos LED.

REVISTAS con proyectos de RAYOS INFRARROJOS

Quienes dispongan de los números anteriores de nuestra revista pueden consultar los artícu-

los que exponen proyectos basados en radiación infrarroja. A continuación se indican las **revistas** y los **proyectos** más significativos que funcionan con **rayos infrarrojos**.

- Rev. 27** LX.617-8 Barrera de rayos infrarrojos
- Rev. 39** LX.766 Alarma por infrarrojos
- Rev. 47** LX.817-8 Transmisor-Receptor IR de 4 canales
- Rev. 54** LX.827 Antirrobo por infrarrojos
- Rev. 74** LX.924-5-6 Cronómetro para autopistas
- Rev.121** LX.1135 Interruptor por infrarrojos
- Rev.133** LX.1186-7 Transmisor-Receptor IR
- Rev.156** LX.5006-7 Barrera de rayos infrarrojos
- Rev.167** LX.1327 Tacómetro a rayos infrarrojos
- Rev.167** LX.1338 Interruptor a rayos infrarrojos
- Rev.189** LX.1423 Antirrobo para el hogar
- Rev.195** LX.1454-5 TX-RX a rayos infrarrojos
- Rev.234** LX.1568 Barrera de rayos infrarrojos
- Rev.252** LX.1628 Repetidor RF para mandos a distancia IR

PRECIO de REALIZACIÓN

- LX.1658:** Precio de todos los componentes necesarios para realizar el **Detector de rayos infrarrojos** (ver Figs.21-22-23), incluyendo circuito impreso y mueble contenedor perforado37,85 €
- LX.1658:** Circuito impreso4,80 €

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.