

# **Diseño y desarrollo de circuitos impresos con KICAD**

**Miguel Pareja Aparicio**



Diseño y desarrollo de circuitos impresos con KICAD  
Miguel Pareja Aparicio

ISBN: 978-84-937769-1-6

EAN: 9788493776916

Copyright © 2010 RC Libros  
© RC Libros es un sello y marca comercial registrado

**Diseño y desarrollo de circuitos impresos con KICAD.** Reservados todos los derechos. Ninguna parte de este libro incluida la cubierta puede ser reproducida, su contenido está protegido por la Ley vigente que establece penas de prisión y/o multas a quienes intencionadamente reprodujeren o plagiaren, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución en cualquier tipo de soporte existente o de próxima invención, sin autorización previa y por escrito de los titulares de los derechos de la propiedad intelectual.

RC Libros, el Autor, y cualquier persona o empresa participante en la redacción, edición o producción de este libro, en ningún caso serán responsables de los resultados del uso de su contenido, ni de cualquier violación de patentes o derechos de terceras partes. El objetivo de la obra es proporcionar al lector conocimientos precisos y acreditados sobre el tema tratado pero su venta no supone ninguna forma de asistencia legal, administrativa ni de ningún otro tipo, si se precisase ayuda adicional o experta deberán buscarse los servicios de profesionales competentes. Productos y marcas citados en su contenido estén o no registrados, pertenecen a sus respectivos propietarios.

RC Libros  
Calle Mar Mediterráneo, 2  
Parque Empresarial Inbisa, N-6  
28830 SAN FERNANDO DE HENARES, Madrid  
Teléfono: +34 91 677 57 22  
Fax: +34 91 677 57 22  
Correo electrónico: [info@rclibros.es](mailto:info@rclibros.es)  
Internet: [www.rclibros.es](http://www.rclibros.es)

Diseño de colección, cubierta y pre-impresión: Grupo RC  
Impresión y encuadernación: Gráficas Deva, S.L.  
Depósito Legal: M-  
Impreso en España

14 13 12 11 10 (05)

# Introducción

Cualquier técnico electrónico o aficionado (electrónica, robótica, informática, etc.) se hallará en algún momento de su vida, con la necesidad de realizar una placa de circuito impreso. Puede hallar multitud de aplicaciones que le faciliten las tareas de diseño, pero ¿qué aplicación debe utilizar?

Pues si tiene formación técnica, lo más seguro es que conozca aplicaciones de pago, y para un usuario o empresario que no realice placas de circuito impreso de forma asidua, ese gasto no será viable. En consecuencia, se describe en esta obra la aplicación libre *Kicad*.

*Kicad* es una aplicación muy sencilla de utilizar, si el usuario ha trabajado con alguna aplicación de diseño electrónico (editor de esquemas o editor de placa de circuito impreso); de lo contrario no es excesivamente complejo siguiendo los pasos que se muestran en cada capítulo, incluso si no ha trabajado con ninguna otra aplicación de diseño de placas de circuito impreso. Además, dispone de la opción de visualización en 3D, que es de gran ayuda para el posterior montaje o para ser incluida en la documentación del diseño o proyecto, y la capacidad que tiene de integración entre las versiones de distintas plataformas (*Linux* y *Windows*).

Como la obra se destina a aficionados o técnicos novatos se incluye en el capítulo 1 una serie de anotaciones o definiciones relacionadas con aplicaciones de diseño de placas de circuito impreso. El lector puede pasarlas por alto si le son familiares y pasar directamente a los siguientes capítulos.

Los capítulos 2 y 3 tratan la edición de esquemas y la creación de la placa de circuito impreso.

En algunos casos será necesario crear nuevos componentes, para ello se incluye el capítulo 4 en el que se describe cómo crear un nuevo símbolo y módulo, dejando para el capítulo 5 la modificación de cada módulo en su representación en 3D.

En el capítulo 6 se analizan a los archivos *Gerber* y algunas notas sobre la implementación de la placa de circuito impreso.

Para completar la obra, se incluye el capítulo 7 con aplicaciones relacionadas con *Kicad*.

En resumen, encontrará en esta obra toda la información para realizar su propia placa de circuito impreso con la aplicación libre *Kicad* sin tener que realizar ninguna consulta externa. Además, se ha pretendido reducir al máximo (sin dejar nada sin comentar) y mostrando una buena cantidad de ejemplos. Como apoyo a la docencia, se ha incluido un último apartado en cada capítulo para realizar tareas por parte del alumno, para que el profesor pueda supervisar los conceptos vistos.

#### NOTA IMPORTANTE:

En la obra se incluye el texto:

“...clic en “Numerar componentes” (icono u de la figura 3.1)...”

El texto entre comillas es el texto que aparece al colocar el cursor sobre el icono en cuestión.

Entre paréntesis se incluye un icono con una letra que se corresponde con la que aparece en la figura adyacente. En el ejemplo se corresponde con el icono u que se indica directamente en la figura 3.1.

Para facilitar la localización de la figura en la obra, se incluye al final, después de la bibliografía, un índice de ilustraciones con el número de página en donde se encuentra con la leyenda que define a la figura.

En el ejemplo, tras consultar el índice de ilustraciones se puede saber que se encuentra en la página 51:

“Figura 3.1.- Barra de herramientas superior EEschema. 51”
--

## CAPÍTULO 1

# CONCEPTOS GENERALES

### 1.1. INTRODUCCIÓN

Se han incluido en este capítulo definiciones que se utilizarán a lo largo de la obra para la creación de placas de circuito impreso por ordenador. Aunque en posteriores capítulos nos centraremos en una aplicación concreta, *Kicad*, este capítulo es más generalista y trata temas que se pueden aplicar a cualquier otra aplicación.

### 1.2. FOOTPRINT, HUELLA O MÓDULO

Un *footprint*, huella o módulo, es la representación gráfica que se utiliza para la conexión del componente sobre la placa de circuito impreso, suele ir acompañada de unos taladros rodeados de cobre (denominados *pads*, ver apartado 1.4) que interconectan sus terminales y de unos dibujos (denominados obstáculos) que dan información al creador sobre su tamaño y colocación.

La traducción literal de la palabra *footprint* es huella dactilar, por eso en algunos libros (principalmente traducciones del inglés) se le llama huella. Aunque en otros libros se le llama módulo o directamente con la palabra *footprint*.

En este y posteriores capítulos se va a utilizar módulo.

En la figura 1.1 se pueden ver varios módulos utilizados para transistores.

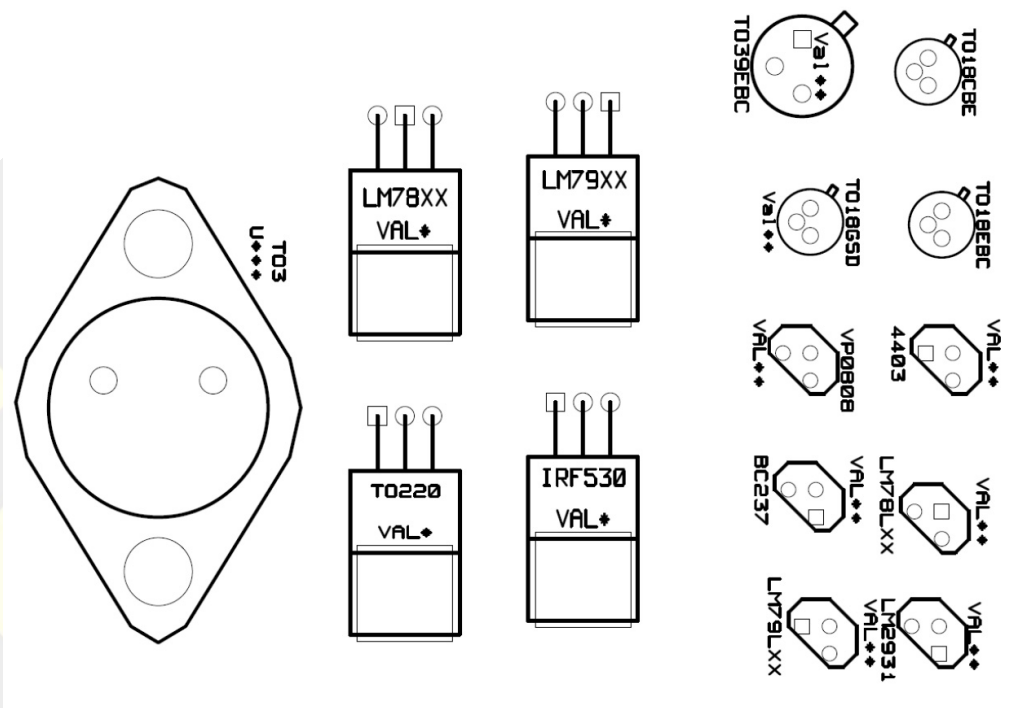


Figura 1.1. Módulos para transistores.

### 1.3. ENCAPSULADOS

Los encapsulados es el componente físicamente. Aunque existe una clara relación con el módulo, se tratan de conceptos distintos. Debido a que hay una cantidad de componentes que presentan los mismos encapsulados, por ejemplo: transistores con distintas características (intensidad, tensión, etc.) a la vista son iguales (excepto por la numeración que los identifica).

Por ejemplo, en la figura 1.1 se muestran los módulos para transistores y en la figura 1.2 se muestran los encapsulados para transistores. Con este ejemplo el lector puede ver a simple vista la diferencia entre uno y otro término.

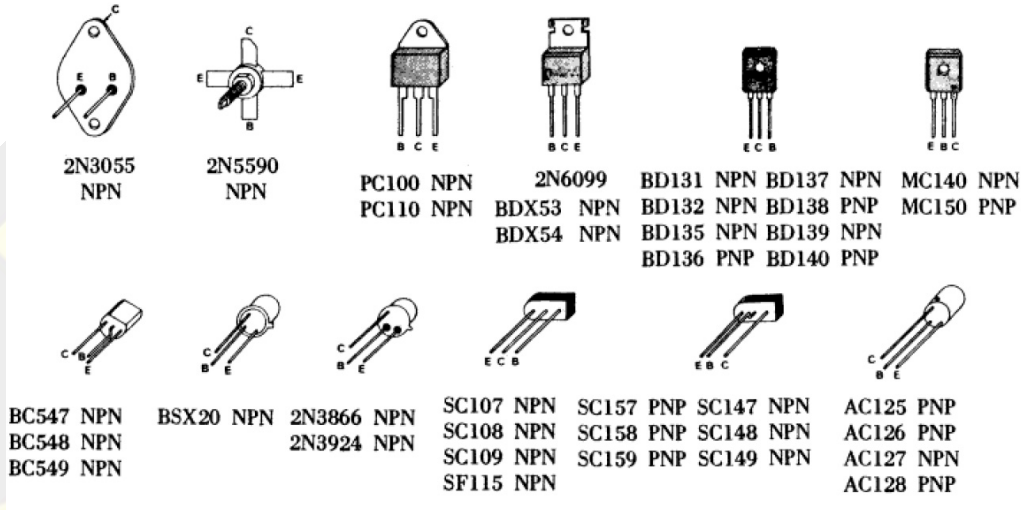
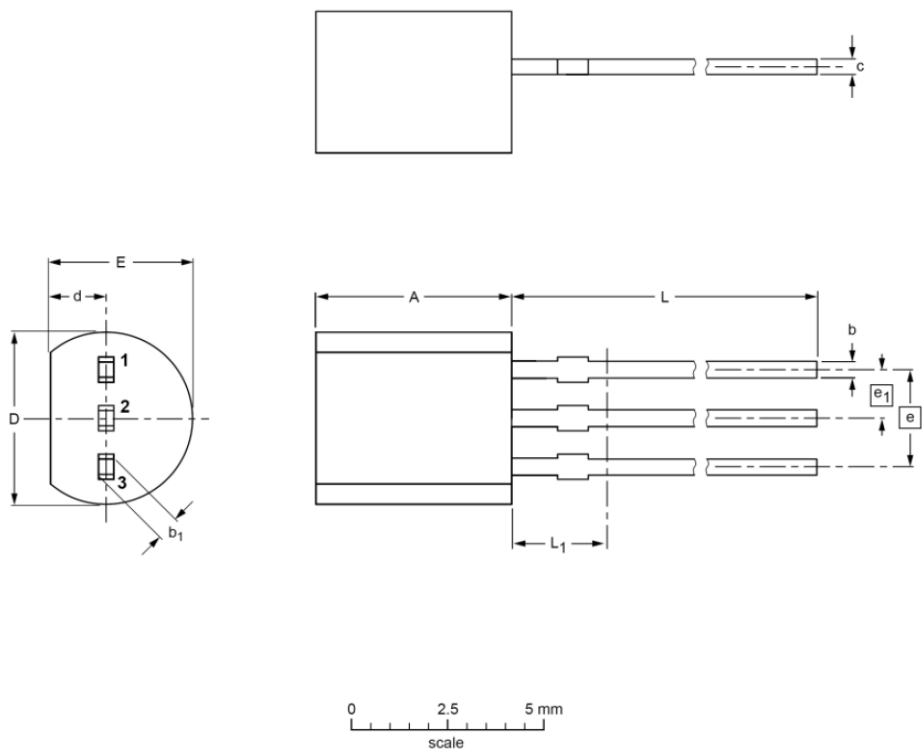


Figura 1.2. Encapsulados para transistores.

Cuando se crea una placa de circuito impreso, se puede tener la necesidad de crear un nuevo módulo, puesto que puede que no esté disponible en la aplicación a utilizar (ver capítulo 5). En consecuencia se debe consultar el encapsulado del componente para diseñar su módulo (ver apartado 1.2), el cual se utilizará para el diseño de la placa de circuito impreso.

Para realizar el estudio del encapsulado, se puede partir del componente real y con una regla milimetrada se toman las medidas necesarias, o se puede recurrir a las hojas de características del componente.

Cuando se recurre a las hojas de características, se dispone de un apartado denominado *Package Dimensions*, en donde se encuentran todas las medidas del componente; por ejemplo, en la figura 1.3 se muestra el encapsulado de un transistor NPN de propósito general.



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A	b	b <sub>1</sub>	c	D	d	E	e	e <sub>1</sub>	L	L <sub>1</sub> <sup>(1)</sup> max.
mm	5.2 5.0	0.48 0.40	0.66 0.55	0.45 0.38	4.8 4.4	1.7 1.4	4.2 3.6	2.54	1.27	14.5 12.7	2.5

Figura 1.3. Encapsulado bc549.

Así conviene estar familiarizado con la conversión de milímetros a décimas de pulgadas, y viceversa. Las pulgadas son una unidad de medida de longitud que equivale a la medida del dedo pulgar, se representa por: “, pulg., in (inches). Una pulgada equivale a 25,4 milímetros, los milímetros se representan como mm. Para ajustar la medida, se puede utilizar una décima de pulgada, que equivale a 2,54 mm (esta medida es la que corresponde con las hojas de papel milimetrado). Otro ejemplo se muestra en la figura 1.4, en la que se muestran las medidas de un transistor NPN de media potencia y donde se incluyen las medidas en pulgadas y milímetros (tabla de la derecha).



Tomando las referencias del encapsulado, se procederá a la elección o creación del módulo.

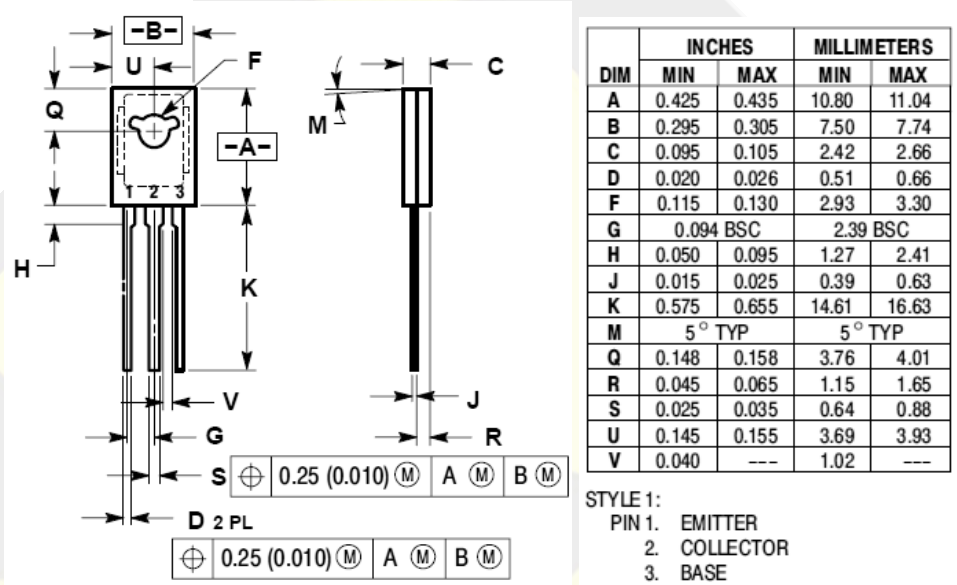


Figura 1.4. Encapsulado bd137.

1.4. PADS, NODOS O ISLETAS

Los *Pads*, nodos o isletas, se corresponden con la interconexión de cada uno de los pines de los componentes a la placa de circuito impreso. Dependiendo de la aplicación o documentación se utilizará una u otra denominación.

En este libro se va a utilizar la denominación de isleta, por considerarla como mejor definición.

Las isletas son de diferentes tipos: cuadradas, redondas, ovaladas o para SMD. En función del tipo, hay que definir sus medidas. Hay que tener en cuenta que los módulos tienen definido el tamaño de las isletas y después, para un diseño en cuestión, debe ser modificado.

Por ejemplo, en la figura 1.5 se muestran las medidas a utilizar en una isleta redonda definida por los diámetros interior (diámetro *d*) y exterior (diámetro

D). Dependiendo de la aplicación a utilizar, el diámetro interior se puede definir como diámetro del taladro (diámetro  $d$ ), puesto que es el hueco necesario para la colocación de los pines del componente.

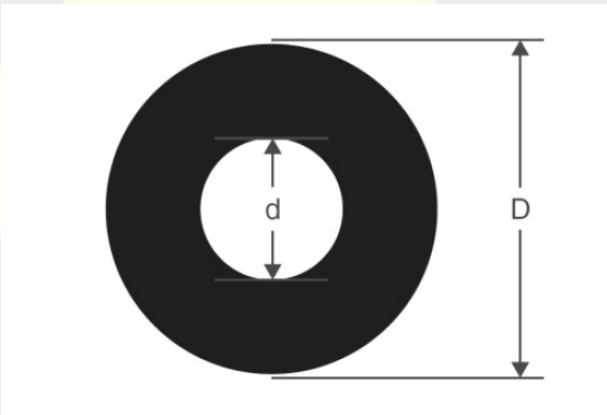


Figura 1.5. Isleta redonda.

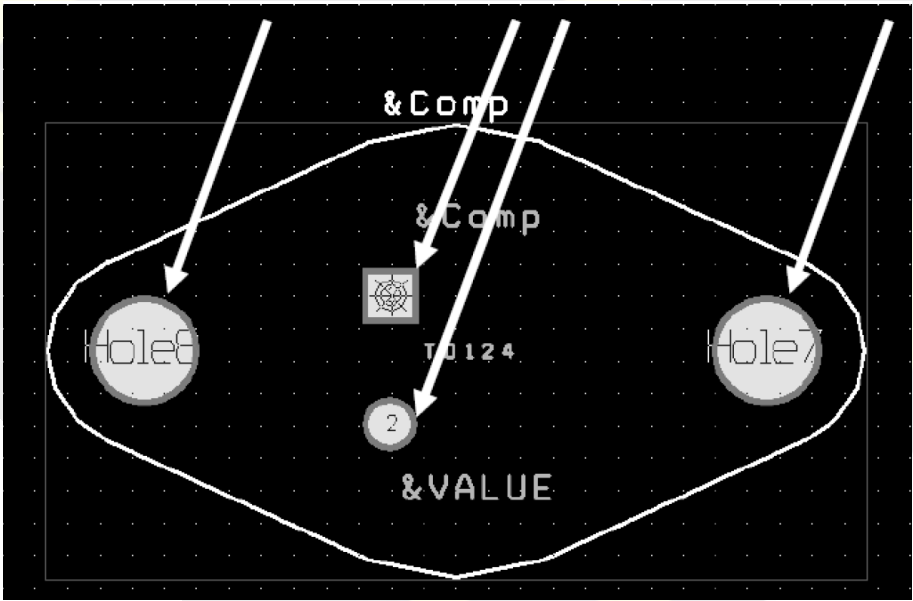


Figura 1.6. Isletas del componente.

En la figura 1.6 se indican las isletas del componente *TO124*. Se puede apreciar la isleta cuadrada para el pin 1 del transistor, cómo el pin 2 es de menor tamaño, además de dos isletas para los tornillos de sujeción del transistor al disipador como si fueran taladros, que se corresponden con el pin 3 del transistor.

Existen unos tipos de isletas especiales denominados: taladros de fijación y vías (ver apartado 1.14).

- Taladros de fijación: se utilizan para la sujeción de la placa de circuito impreso, situándose en la periferia unas isletas con un tamaño del taladro (valor aproximado de 3 mm).
- Vías: se usan para la interconexión de pistas (ver apartado 1.5) situadas en distintas capas (ver apartado 1.12); asimismo, se pueden utilizar para el mismo fin los pines de los componentes.

## 1.5. PISTAS

Las pistas son las uniones de cobre que interconectan físicamente los pines de los componentes en la placa de circuito impreso.

En las diferentes aplicaciones se representan como líneas que interconectan las isletas o nodos. Dependiendo de la aplicación y de las capas (ver apartado 1.8), se pueden identificar con uno u otro color desde la ventana de edición de la aplicación utilizada.

En la figura 1.7 se puede ver un ejemplo (se trata de un pequeño diseño de un regulador de fase *-dimmer-* para el control de luminarias) para que el lector aprecie tanto las isletas (ver apartado 1.4) como las pistas que conforman las partes del diseño de una placa de circuito impreso con el ordenador.

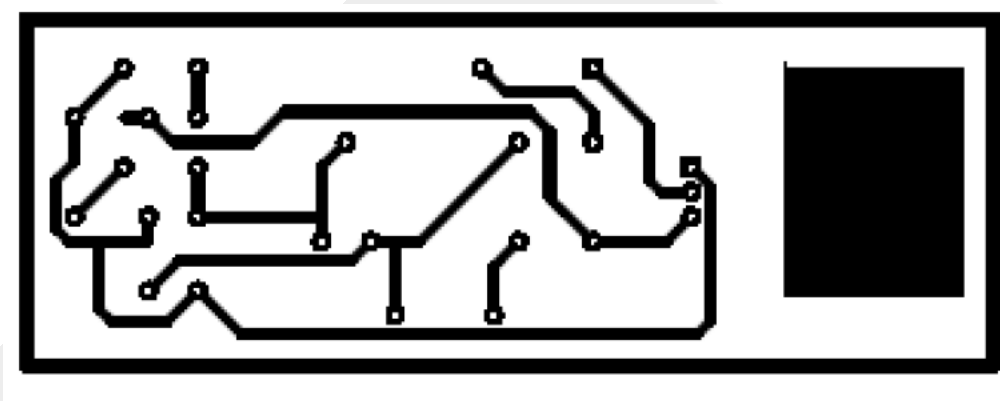


Figura 1.7. Pistas e isletas.



Figura 1.8. Implementación física.

Hay que comentar que el proceso de implementación de la placa de circuito impreso es la realización de las líneas negras que se pueden ver en la figura 1.6; después, las pistas se convertirán en líneas de cobre que servirán de unión entre los componentes que irán situados en las isletas mediante soldadura de cobre.

Así pues, en la figura 1.8 se muestra el resultado real de la implementación de la placa de circuito impreso de la figura 1.7 junto a la colocación de todos los componentes. En el diseño se ha elegido la colocación en una estructura de aluminio para su posterior instalación y protección del circuito impreso, siendo solo visible por parte del usuario del circuito el botón del potenciómetro, además de disponer de un interruptor externo (colocado en una caja universal empotrada) de puesta en marcha.

También se puede apreciar que se debe dejar un cierto espacio para la colocación de los radiadores, tal y como se puede ver en la figura 1.7, dicho espacio puede estar determinado por su módulo.

En consecuencia, se debe tener en cuenta para la situación de las diferentes pistas.

## 1.6. ELECCIÓN DEL ANCHO DE PISTA

El ancho de las pistas dependerá de la corriente; por ejemplo, para una placa de recubrimiento de 35 micras acepta unos valores de corriente en función del ancho:

- Para una intensidad de 2 amperios, se puede utilizar un ancho de pista de 0,8 milímetros.
- Para una intensidad de 5 amperios, se puede utilizar un ancho de pista de 2 milímetros.
- Para una intensidad de 10 amperios, se puede utilizar un ancho de pista de 4,5 milímetros.

A la vista de lo dicho anteriormente, resulta evidente que las pistas de alimentación serán más gruesas, porque circula más corriente.

Otra clasificación indica el rango de corrientes que acepta en función del ancho de la pista, tomando como referencia un recubrimiento de 35 micras:

- Para un ancho de pista de 0,5 milímetros, se acepta una corriente máxima de 0,5 amperios.
- Para un ancho de pista de 1,5 milímetros, se acepta una corriente de 2 a 4 amperios.
- Para un ancho de pista de 4 milímetros, se acepta una corriente de 8 a 10 amperios.

A continuación, se muestra una tabla en donde se relaciona el aumento de temperatura que se produce en una pista, en función de: las características de la capa de cobre (denominado como recubrimiento), la anchura de la pista y la corriente que circula. Se muestra el aumento de temperatura para: 10, 20 y 30 grados centígrados de las pistas de cobre.

	ANCHURA DE PISTA (mm)						
Recubrimiento 35μm	0,36	0,40	0,72	1,14	1,78	2,50	3,50
Recubrimiento 70μm			0,36	0,60	0,90	1,30	1,75
$\Delta T^{\circ} \rightarrow 10^{\circ}C$	0,90	1,00	1,80	2,70	3,70	4,70	5,70
$\Delta T^{\circ} \rightarrow 20^{\circ}C$	1,20	1,30	2,70	3,80	5,20	6,80	8,30
$\Delta T^{\circ} \rightarrow 30^{\circ}C$	1,80	1,90	3,50	4,60	6,20	8,20	10,5
INTENSIDAD ADMISIBLE (A)							

Por ejemplo, consultando la tabla anterior, si se dispone de una placa de circuito impreso con recubrimiento de 35 micras, las pistas tendrán una anchura de 2,50 milímetros; entonces al circular una corriente de 6,80

amperios, se producirá un aumento de temperatura en la pista de 20 grados centígrados.

También se puede recurrir a la gráfica que se muestra en la figura 1.9 para un recubrimiento estándar de 35 micras, en la que teniendo en cuenta el aumento de temperatura previsible y la corriente, se obtiene el valor del ancho de pista (indicado en el eje vertical como ancho del conductor).

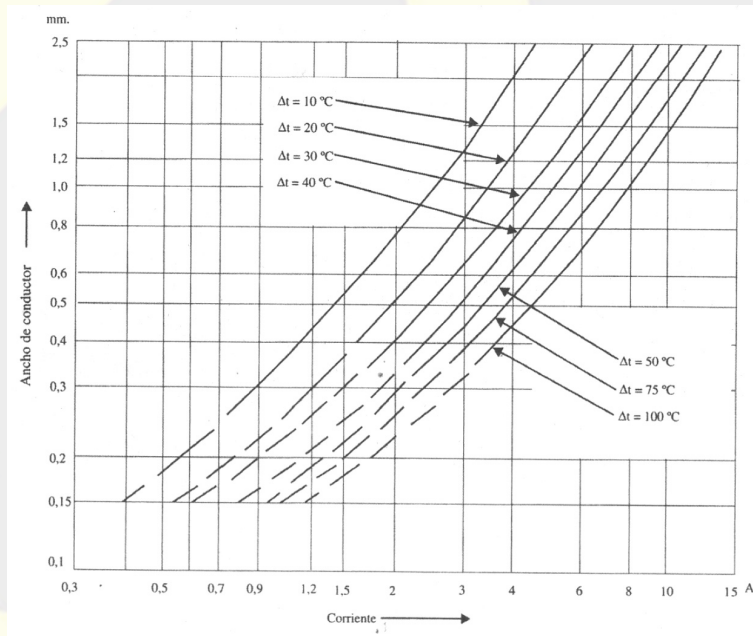


Figura 1.9. Elección de ancho de pista.

Resumiendo y para obtener unas reglas genéricas:

- Para corrientes menores a 300 miliamperios, un valor mínimo de ancho de pista de 0,5 milímetros. Se puede aceptar 0,3 milímetros si se utiliza la técnica de microfresado.
- Para mayores corrientes, se puede escoger la norma de 0,5 milímetros de ancho de pista por cada amperio, como valor límite o mínimo. Algunos autores recomiendan la norma de 1 milímetro de



ancho de pista por cada amperio para un valor estándar de recubrimiento de cobre de la placa de circuito impreso de 35 micras.

- La anchura mínima de las pistas de alimentación será de 2 milímetros.

El estándar general para el diseño de circuitos impresos, ANSI-IPC 2221, recomienda el cálculo del ancho de pista mediante la siguiente ecuación:

$$Ancho = \left( \frac{I}{k1 \cdot \Delta T^{k2}} \right)^{\frac{1}{k3}} / (L \cdot 1,378)$$

En donde:

- I: se corresponde con la corriente máxima, en amperios (A).
- $\Delta T$ : se corresponde con el incremento de temperatura máximo (°C).
- L: se corresponde con el grosor de la capa de cobre, en onzas por pie cuadrado, valor estándar de 35 micras se corresponde con una onza por pie cuadrado (oz/ft²).
- k1: se corresponde con la constante de 0,0150 para pistas internas y 0,0647 para pistas externas.
- k2: se corresponde con la constante de 0,5453 para pistas internas y 0,4281 para pistas externas.
- k3: se corresponde con la constante de 0,7349 para pistas internas y 0,6732 para pistas externas.

El resultado se obtiene en milésimas de pulgadas (mil), para que sirva de ayuda un milímetro equivale a 2,54 milésimas de pulgada.

En la siguiente dirección web, se dispone de una calculadora:

<http://circuitcalculator.com/wordpress/2006/01/31/pcb-trace-width-calculator/>



También hay que tener en cuenta la separación mínima entre las zonas conductoras (las pistas) en función de la tensión de trabajo. A continuación, se muestra una tabla en la que se puede apreciar la separación mínima en milímetros en función de la tensión.

TENSIÓN (V)	SEPARACIÓN MÍNIMA (mm)
0 a 30	0,317
31 a 50	0,444
51 a 150	0,571
151 a 300	0,825
301 a 500	1,587
>500	0,003 mm/V

Por ejemplo, consultando la tabla anterior, la separación mínima será de 0,317 milímetros. Aunque como norma general de diseño se recomienda una distancia mínima de 0,4 milímetros.

## 1.7. ELECCIÓN DEL ANCHO DE PAD, NODO O ISLETA

En función del tamaño de pista elegido (apartado 1.6), se determinará el tamaño de la isleta o *Pad* (apartado 1.4):

- El tamaño exterior de la isleta será, como mínimo, dos veces el tamaño de la pista que lo conecte.
- Si el tamaño de la pista es de 5 o 6 milímetros, se escogerá un tamaño externo de isleta igual al ancho de la pista que lo conecte.

Los taladros que suelen utilizarse son de 0,8 a 1,2 milímetros, aunque el valor dependerá de los componentes.