

Guión para el desarrollo de la sesión 2 del taller de iniciación a los PCBs de MakerAlc.

Objetivos de la sesión: explicar ¿qué es un PCB?, ¿qué herramientas se utilizan para diseñar un PCB?, y explicar cómo se hace el esquema de un PCB usando KiCad (un programa para el diseño de PCBs).

¿Qué es un PCB?

PCB son las siglas de placa de circuito impreso (Printed Circuit Board). Todos los dispositivos electrónicos (o la gran mayoría) se construyen mediante el uso de uno o varios PCBs.



Placa de circuito impreso o PCB.

A día de hoy gracias a la reducción de los costes de fabricación de los PCBs (menos de \$1 para un PCB de dos capas) y a la disponibilidad de herramientas gratuitas de calidad para el diseño de PCBs, es viable para cualquier persona diseñar y mandar a fabricar sus propios PCBs.

Las funciones principales de un PCB son:

- Servir de soporte para los componentes electrónicos que forman un circuito electrónico.
- Mediante las pistas (líneas de cobre) del PCB realizamos las conexiones eléctricas entre los distintos componentes que forman un circuito electrónico.
- El PCB puede servir como disipador de calor, para ayudar a sacar el calor que generan los componentes electrónicos (que así lo requieran) durante su funcionamiento.

¿Qué herramientas se utilizan para el diseño de un PCB?

Para el diseño de PCBs se requiere el uso de un programa de diseño electrónico como puede ser [KiCad](#), [Diptrace](#), [Eagle](#), [Altium](#), [Orcad](#), etc.. En este taller vamos a usar KiCad, un programa gratuito y con las características suficientes, como para llegar a hacer con él tanto PCBs sencillos como PCBs más avanzados o complejos.

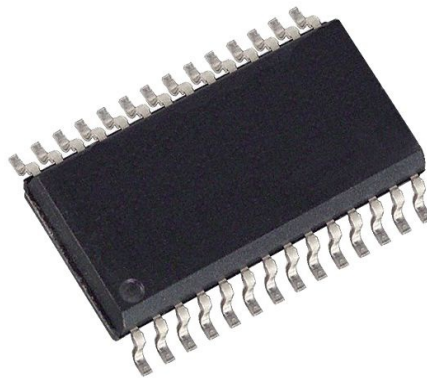
Todos los programas de diseño electrónico suelen tener como mínimo 3 partes o herramientas:

- Librerías de componentes.
- Esquema: representa de forma gráfica las conexiones de un circuito eléctrico.
- Layout del PCB: materializa las conexiones del esquema en forma de PCB.

Detallamos cada una de las partes.

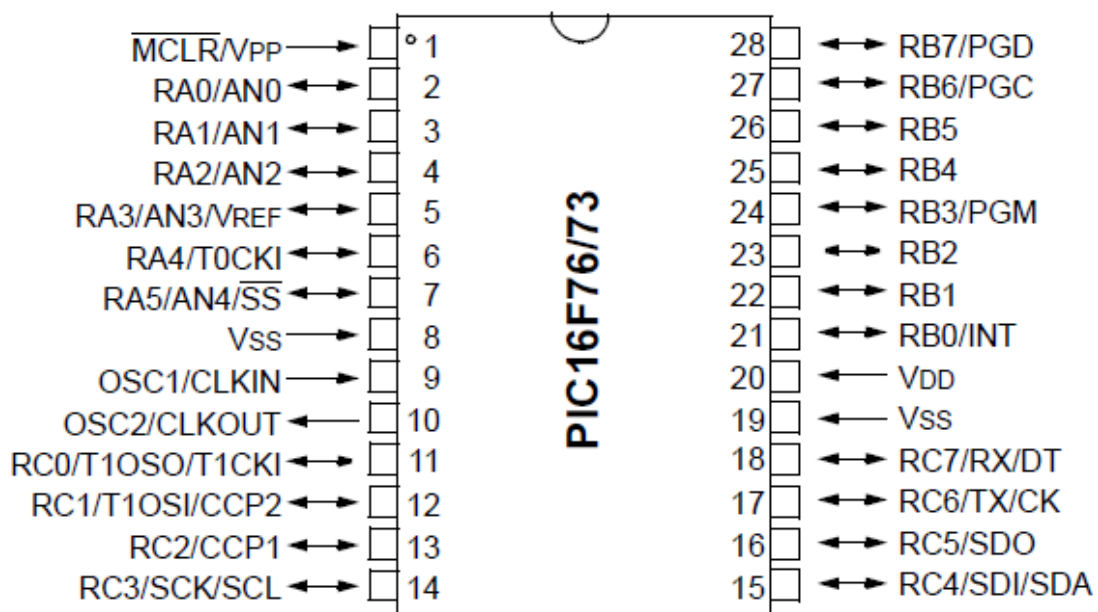
Las librerías de componentes: están compuestas por los símbolos y por las huellas de los distintos componentes electrónicos que existen, componentes que vamos a usar en nuestro PCB.

Un símbolo representa a un componente electrónico en el esquema. Como ejemplo vamos a ver el siguiente componente electrónico, un circuito integrado: microcontrolador PIC16F76.



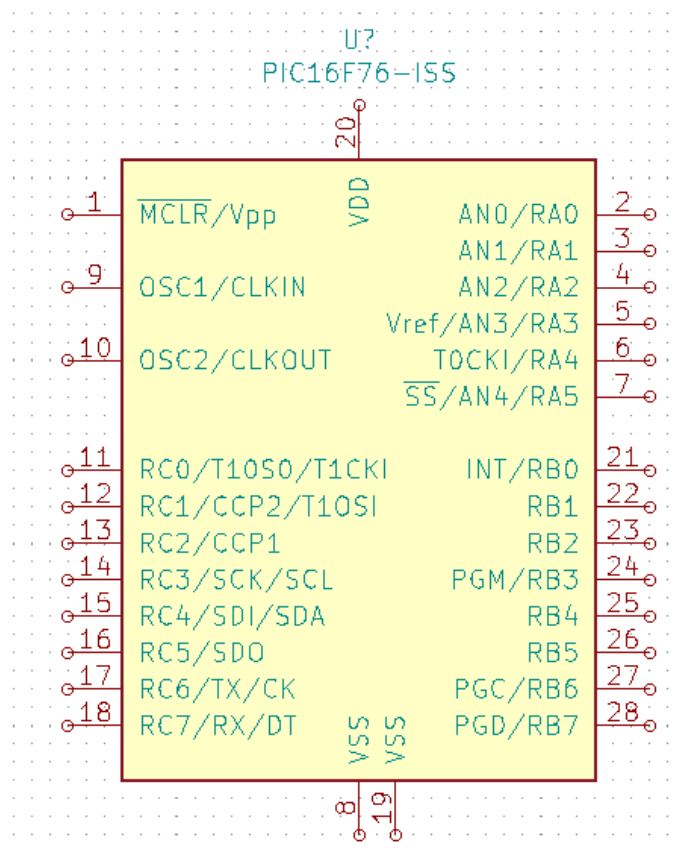
Circuito integrado PIC16F76

Si miramos en su hoja de características: [PIC16F76](#), podemos ver el nombre, la posición (numeración) y lo que hace cada uno de sus pines (patas).



Pines del PIC16F76

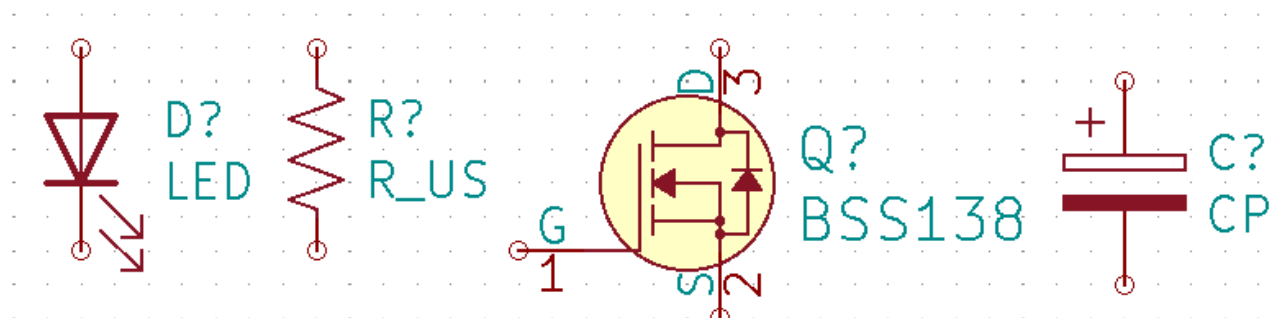
El símbolo de un componente sería un dibujo como el que encontramos en la hoja de características, dibujo que contiene el nombre y posición (numeración) de cada uno de los pines del componente electrónico, y que lo usamos para representar al componente en un esquema.



Símbolo de PIC16F76.

El símbolo de un circuito integrado por lo general va a ser un rectángulo como el de la imagen anterior con sus pines, pudiendo colocar los pines numerados en cualquier posición del rectángulo.

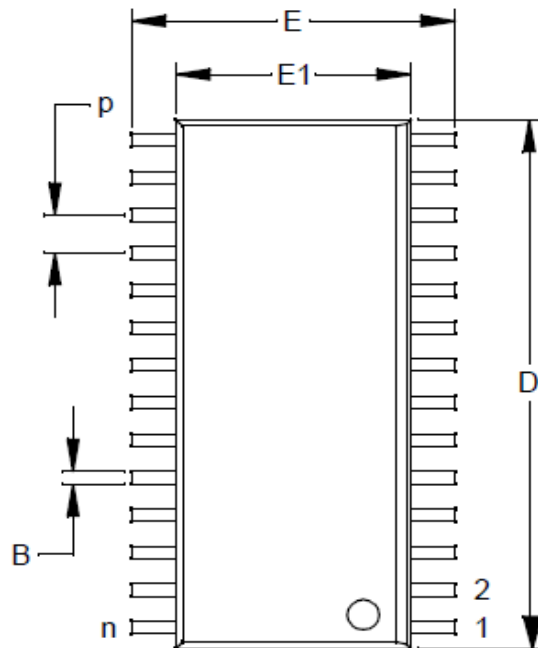
De esta forma mediante un rectángulo con sus pines podríamos representar el símbolo de cualquier componente electrónico, pero lo habitual es que muchos componentes electrónicos de los que conocemos previamente la existencia y función de cada uno de sus pines o terminales, usan unos dibujos estandarizados como símbolos, dibujos que nos permiten identificar de forma gráfica donde está un pin sin la necesidad de requerir unas letras o una numeración que identifique a cada pin.



Símbolos: LED, Resistencia, MOSFET N, Condensador polarizado.

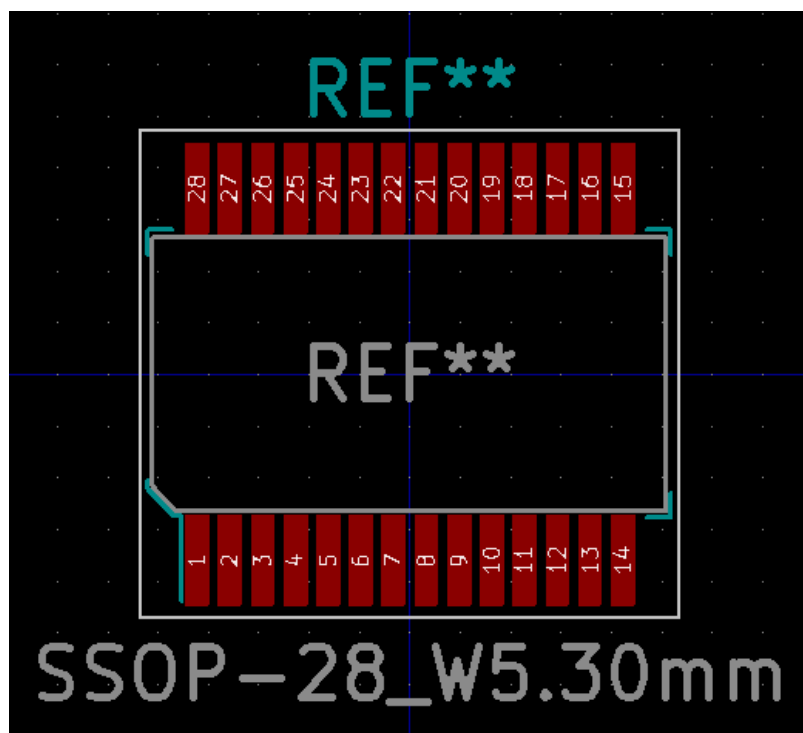
La otra parte de las librerías de componentes electrónicos son las huellas, que representan a un componente electrónico en el layout. Para explicar lo que es una huella vamos a ver un ejemplo usando el circuito integrado PIC16F76.

En la hoja de características del [PIC16F76](#) podemos encontrar sus dimensiones físicas, donde vemos las dimensiones del componente y el tamaño y posición de cada uno de sus pines o patas, los pines del componente electrónico son sus conexiones eléctricas con el mundo exterior.



Dimensiones del PIC16F76.

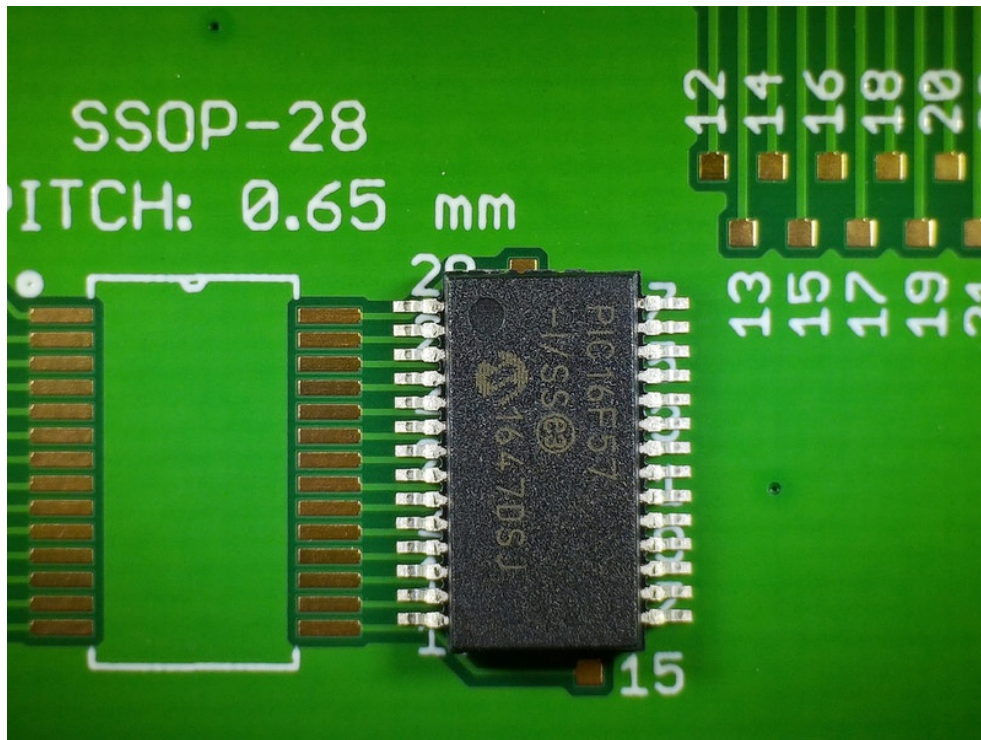
La huella del PIC16F76 sería la siguiente:



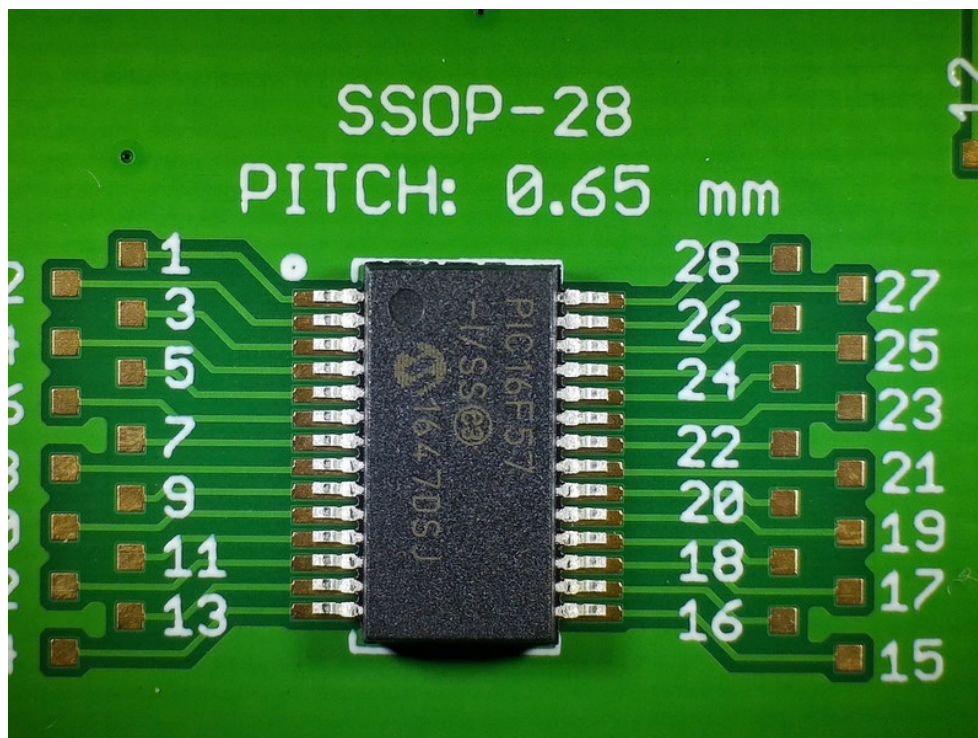
Huella o footprint de un PIC16F76.

La huella de la imagen anterior contiene el contorno del cuerpo o encapsulado del componente electrónico (líneas grises) y los PADS (en rojo).

Los PADS son una superficie de cobre en el PCB sobre los que se sueldan los pines o terminales de un componente electrónico, y sirven para fijar físicamente mediante soldadura el componente electrónico al PCB, al mismo tiempo que se hace una conexión eléctrica entre el PCB y los pines o terminales de un componente electrónico.



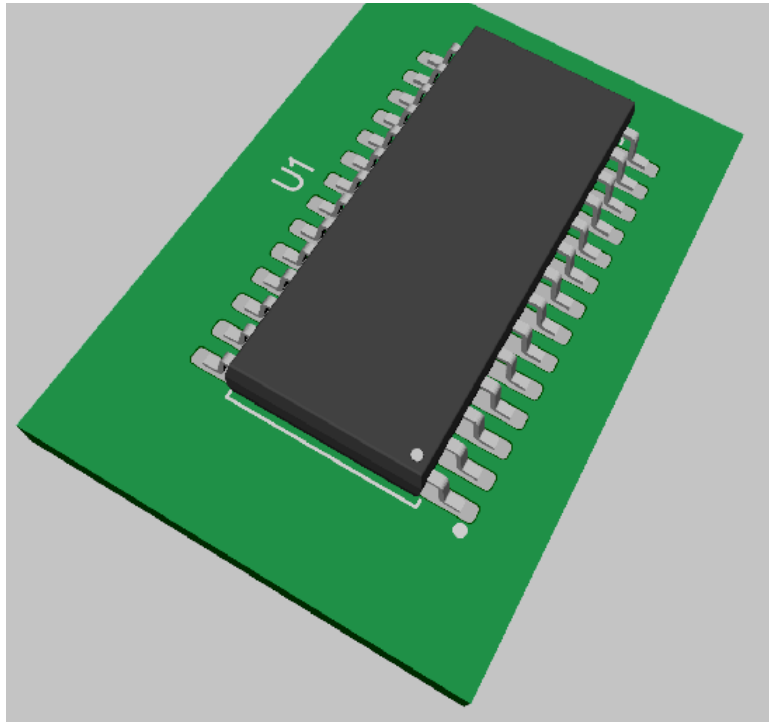
Componente al lado de su huella en el PCB.



Componente encima de su huella en el PCB.

Haciendo conexiones con pistas de cobre entre los PADS de los componentes electrónicos que encontramos en el PCB, formamos un circuito eléctrico.

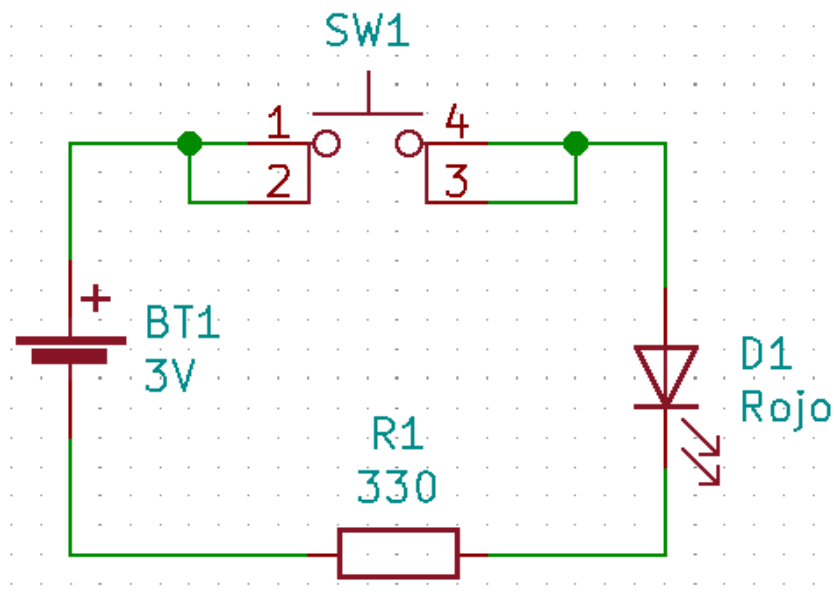
En la mayoría de programas hoy en día, las huellas de los componentes electrónicos tienen asociado un modelo 3D del componente al que representan, de tal forma que nos permiten sacar un modelo en 3D del PCB que vamos a fabricar con sus componentes, para su mejor visualización o para poder verificar su integración mecánica con otros componentes del dispositivo electrónico, como pudiera ser si el PCB va en el interior de una carcasa, ver que ningún componente choca con la carcasa.



Modelo en 3D del PIC16F57.

Todo símbolo de un componente electrónico en el esquema tendrá asociada una huella en el layout del PCB.

Herramienta para dibujar un esquema: un esquema eléctrico (o electrónico) representa de forma gráfica las conexiones entre los distintos elementos que conforman un circuito eléctrico.



Esquema electrónico con batería, botón, LED y resistencia.

En la imagen anterior hemos realizado un esquema electrónico muy simple, formado por una batería, un pulsador (o botón), un diodo LED y una resistencia.

Cada componente electrónico del circuito es representado en el esquema por medio de un símbolo, y tiene un identificador único, que no puede compartir con ningún otro componente. En este caso tenemos la batería con el identificador **BT1**, el botón **SW1**, el diodo LED **D1**, y la resistencia **R1**.

Junto al componente y su identificador es muy habitual (pero no necesario) encontrar el valor del componente, o información adicional sobre este. En este caso podemos ver que junto a la batería encontramos su valor de tensión (3V), junto a la resistencia su valor de 330 Ohmios, y junto al LED se indica el color (rojo).

Cada componente electrónico representado por un símbolo en el esquema tiene una huella (footprint) asociada, huella que como veíamos antes se corresponde con las dimensiones físicas del componente, y que se usará en el layout del PCB para materializar el esquema con sus conexiones en un PCB.

Symbol : Footprint Assignments		
1	BT1 -	3V : Battery:BatteryHolder_Keystone_105_1x2430
2	D1 -	Rojo : LED_THT:LED_D5.0mm_Clear
3	R1 -	330 : Resistor_SMD:R_1206_3216Metric
4	SW1 -	SW_MEC_5E : Button_Switch_THT:SW_TH_Tactile_Omron_B3F-10xx

En el programa de diseño electrónico cada símbolo se asocia con una huella (footprint).

Herramienta para el layout del PCB: todos los programas de diseño electrónico cuentan con una herramienta para dibujar o hacer un PCB.

Una vez que hemos realizado el esquema, el programa de diseño electrónico lo convierte a un fichero, el cual contienen las huellas, y las conexiones entre los pines o terminales de las distintas huellas asociadas a los símbolos que hemos puesto en el esquema.

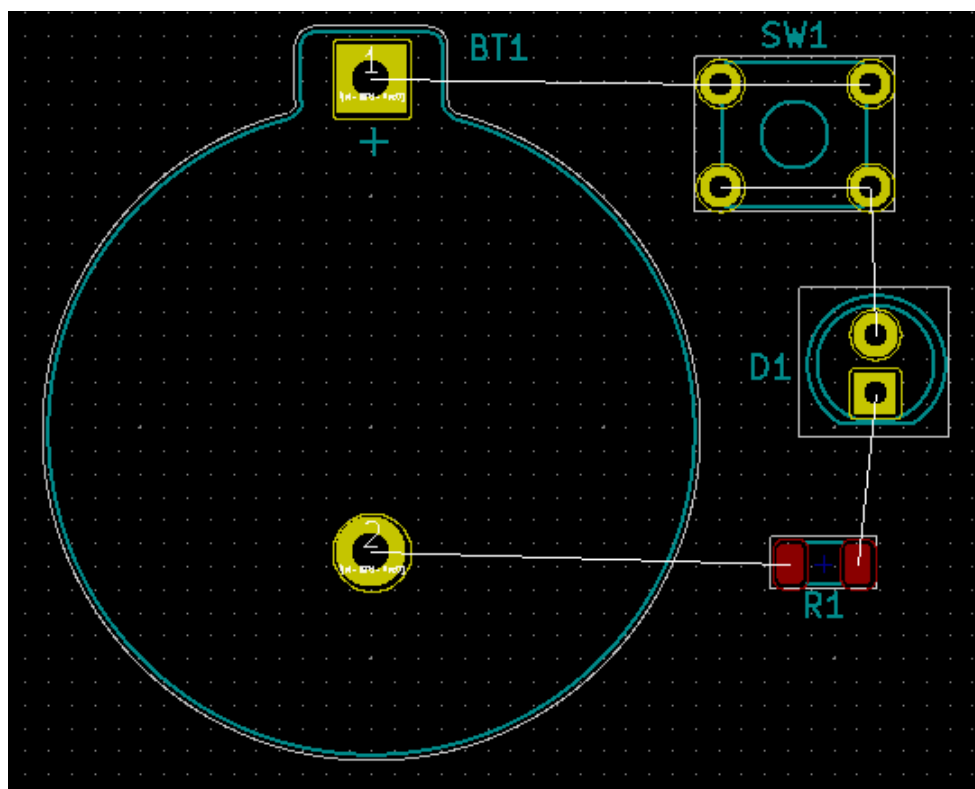
Fichero que abrimos con la herramienta para dibujar el PCB del programa de diseño electrónico, con la que podemos convertir el esquema con sus conexiones en un PCB, el cual mandaremos a fabricar para implementar físicamente el circuito.

En la página siguiente tenemos una imagen que nos muestra lo que veríamos en la herramienta del programa de diseño para el layout del PCB, si cargamos el fichero de conexiones generado por el esquema anterior de una batería, un pulsador, un diodo LED y una resistencia. Veríamos las huellas asociadas a los 4 componentes con sus PADS, y las conexiones entre los pads de los distintos componentes representadas por líneas blancas.

También hay que observar que existen dos tipos de componentes, los componentes de montaje superficial (SMD) y los componentes de agujero pasante (THT).

Por ejemplo la resistencia **R1** es un componente de montaje superficial (SMD), sus terminales se sueldan sobre los pads de su huella (en rojo en la imagen) sin que estos atraviesen el PCB.

Mientras que el resto de componentes son componentes de agujero pasante (THT), sus pads en amarillo tienen un agujero en el centro, para soldar el componente en el PCB sus pines o terminales se meten en esos agujeros de los pads, atravesando el PCB.



Herramienta para el layout del PCB.

Como hemos dicho, las líneas en blanco representan las conexiones entre las huellas de los distintos componentes que hemos puesto y conectado en el esquema, sustituyendo estas líneas por pistas de cobre en el PCB, materializamos las conexiones eléctricas entre las huellas de los componentes del esquema.

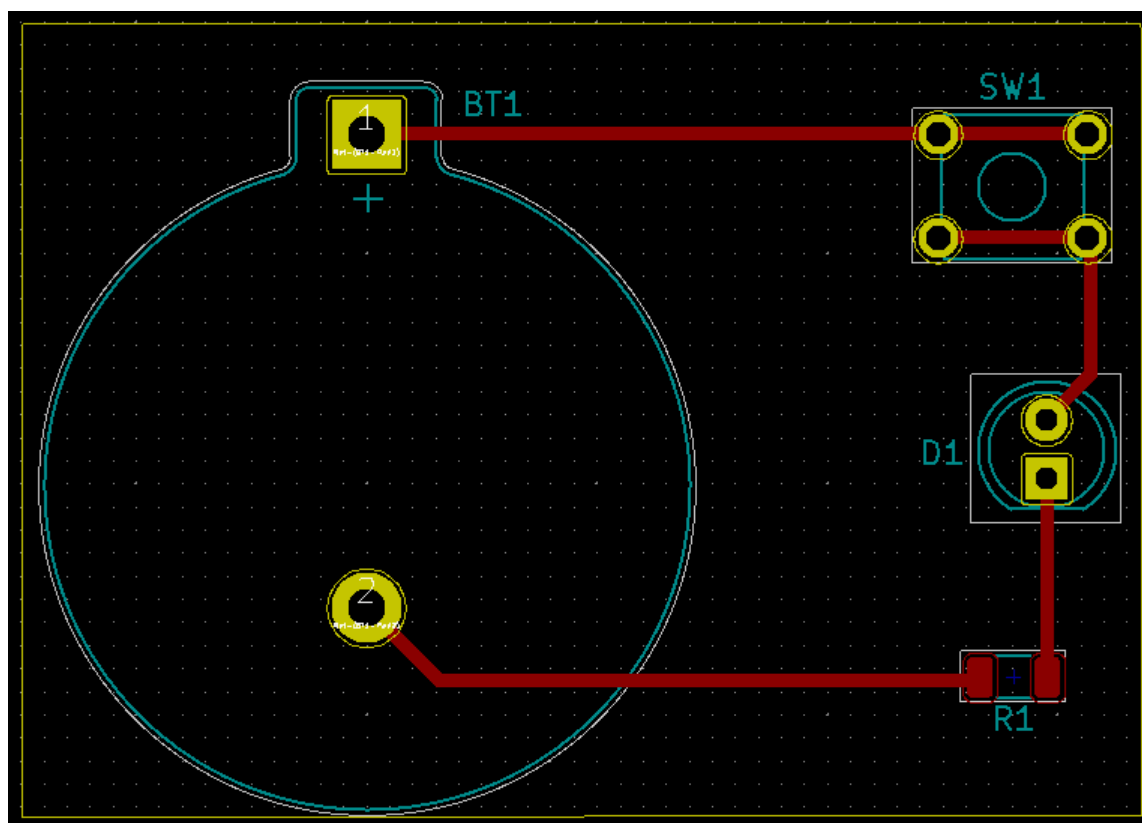
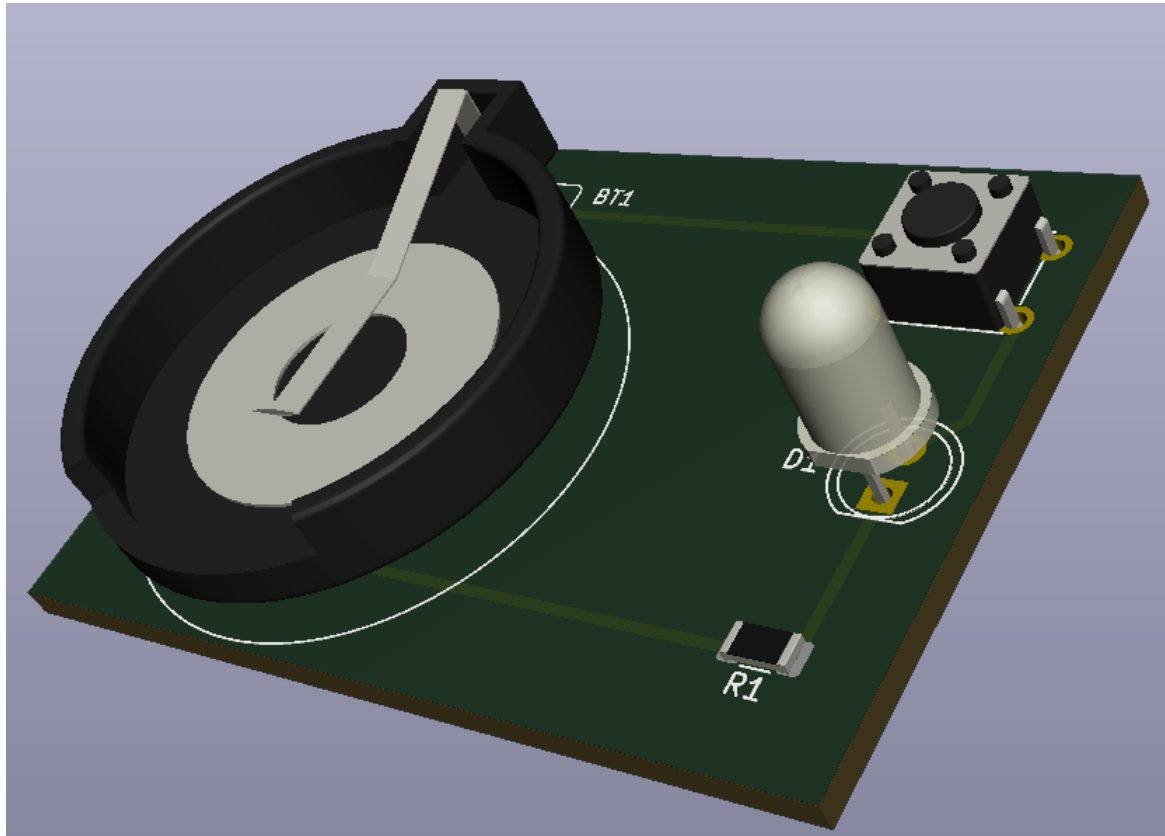


Ilustración 1: Mediante pistas (líneas en rojo) conectamos los componentes del PCB.

Una vez que hemos diseñado el PCB podemos visualizar su representación en 3D, y podemos exportarla para ser usada en otros programas de diseño mecánico, con objeto de verificar que las dimensiones del PCB y sus componentes son las adecuadas.

En la siguiente imagen vemos el modelo en 3D del PCB anterior, podemos observar como el componente R1 es de montaje superficial, y el resto de componentes son de agujero pasante, donde sus terminales atraviesan el pad de su huella en el PCB para ser montados en este.



A la hora de ensamblar un PCB, es más fácil, económico y rápido de soldar, usar componentes de montaje superficial frente a componentes de agujero pasante.

Resumiendo todo lo anterior: todos los programas de diseño electrónico suelen contar como mínimo con herramientas para dibujar un esquema, realizar el layout de un PCB a partir de un esquema, y con librerías de componentes electrónicos para usar con las herramientas anteriores.

Las **librerías de componentes** contienen el símbolo y la huella de cada componente electrónico. El símbolo se usa en el **esquema** para representar a los componentes, y para hacer las conexiones entre los pines o terminales de los distintos componentes que forman el circuito eléctrico.

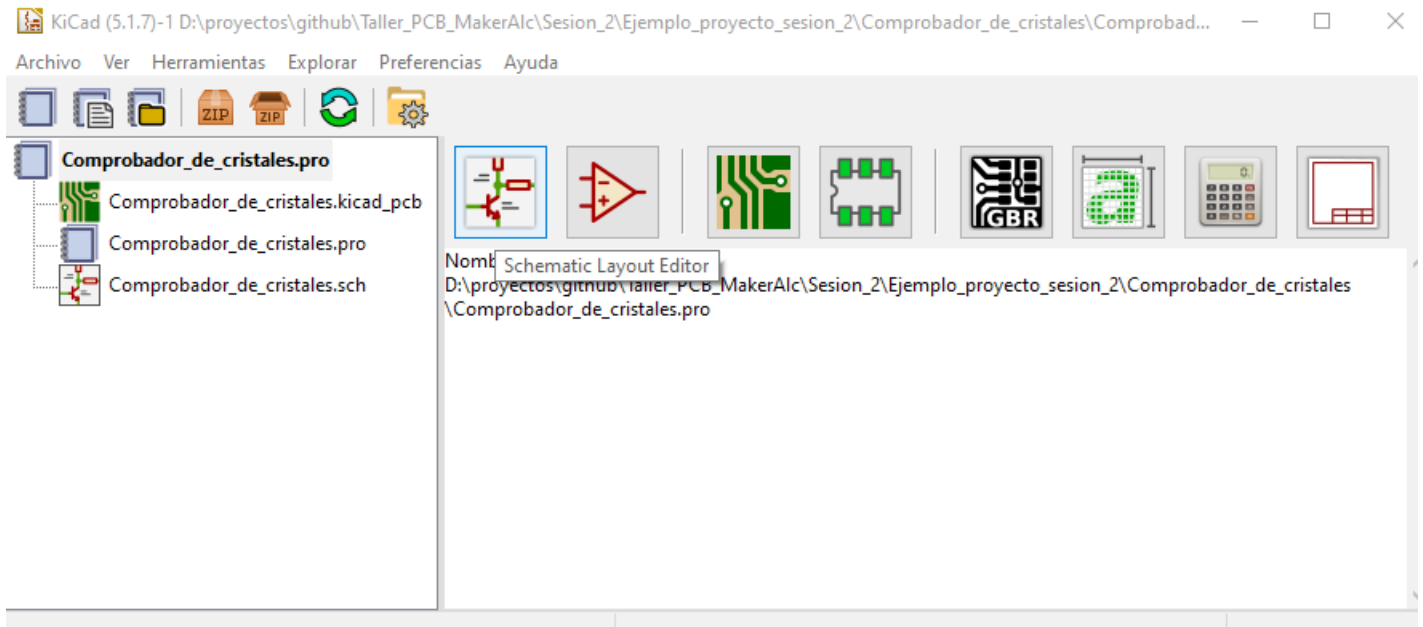
Una vez que se tiene el esquema, ese esquema se convierte a un fichero de conexiones que utiliza la herramienta para el **layout del PCB**. Los símbolos de los componentes electrónicos del esquema se convierten a sus huellas asociadas en el layout, y las conexiones entre los símbolos del esquema se mantiene en el layout. Dibujando el PCB convertimos las distintas conexiones entre los componentes del esquema en pistas de cobre en el PCB, pistas que conectan físicamente en el PCB a los distintos componentes que forman el circuito.

A continuación vamos a mostrar como dibujar un esquema en KiCad, usando la herramienta que KiCad tiene para ello.

KiCad: Schematic Layout Editor.

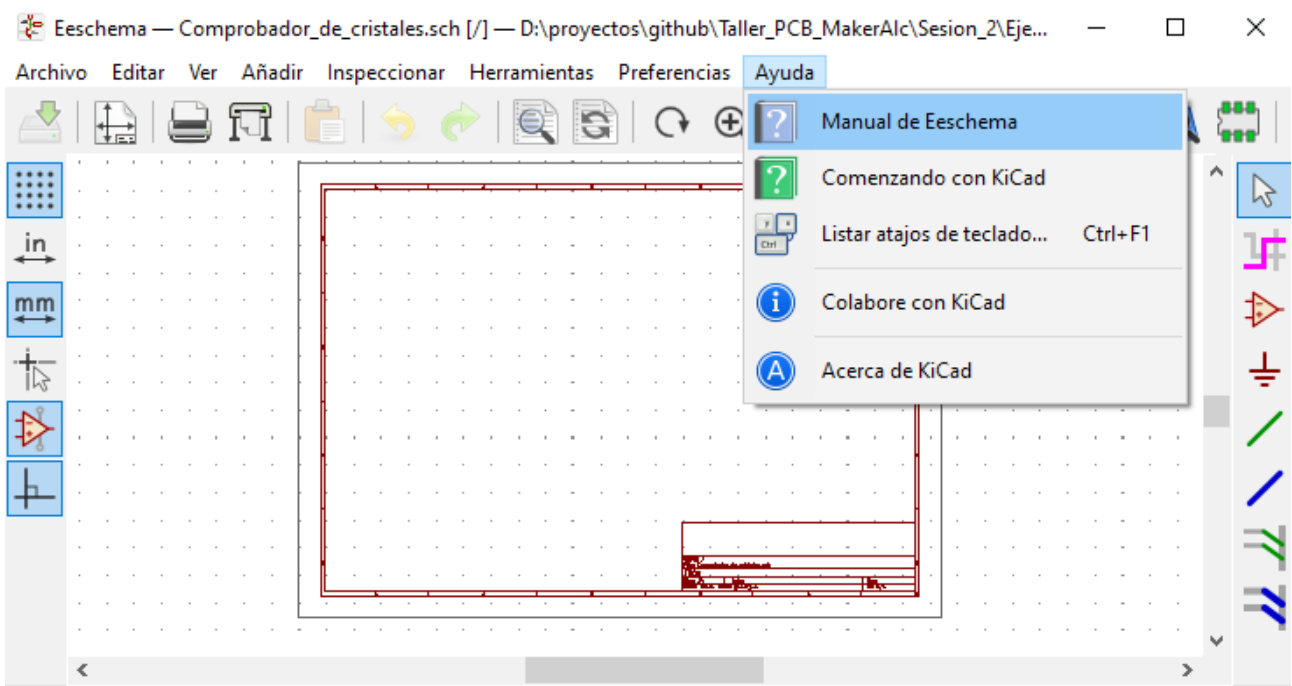
Como programa de diseño electrónico vamos a usar [KiCad](#), dentro de KiCad la herramienta para dibujar un esquema se denomina **Schematic Layout Editor**.

Para explicar esta herramienta vamos a crear un nuevo proyecto en KiCad, para ello abrimos KiCad y vamos a **Archivo --> Nuevo --> Proyecto**, seleccionamos la carpeta donde vamos a guardar el proyecto y le damos el nombre que queramos al esquema o pcb que vamos a hacer en este proyecto.



Nuevo proyecto en KiCad creado.

A la izquierda vemos los ficheros que se han creado dentro del proyecto, el fichero con la extensión `.kicad_pcb` se corresponde con la herramienta para dibujar PCBs, y el fichero con la extensión `.sch` es nuestro esquemático. Para abrir el esquema pulsamos el primer botón "Schematic Layout Editor".

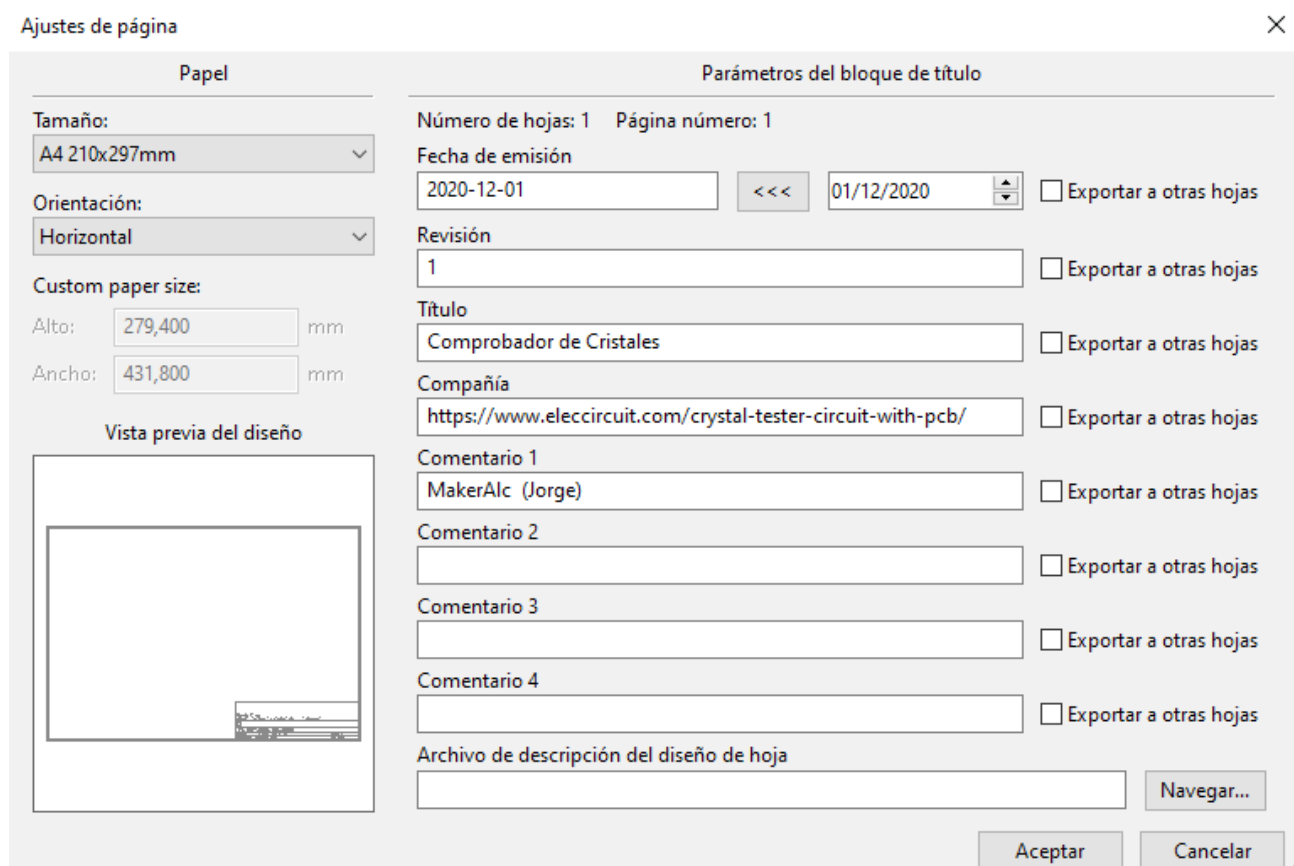


Herramienta para dibujar un esquema en KiCad.

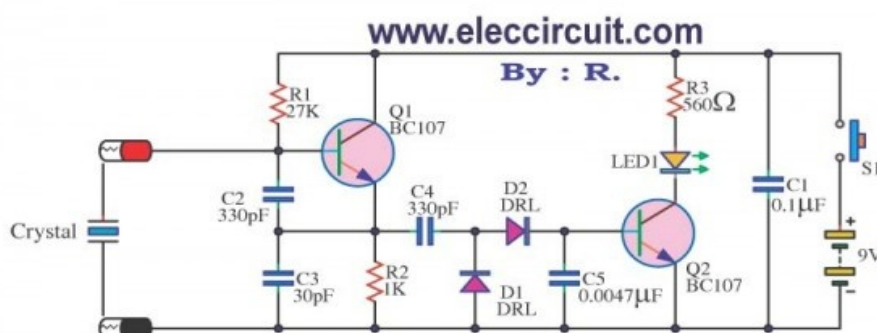
En la imagen anterior vemos la herramienta para crear un esquema en KiCad, pulsando en **Ayuda** encontramos dos manuales: "**Manual de Eeschema**" y "**Comenzando con KiCad**", si abrimos este último podemos ver una imagen con los pasos que tenemos que seguir para crear un PCB desde cero, se añade esta **imagen en la siguiente página** para comentarla en la sesión del taller.

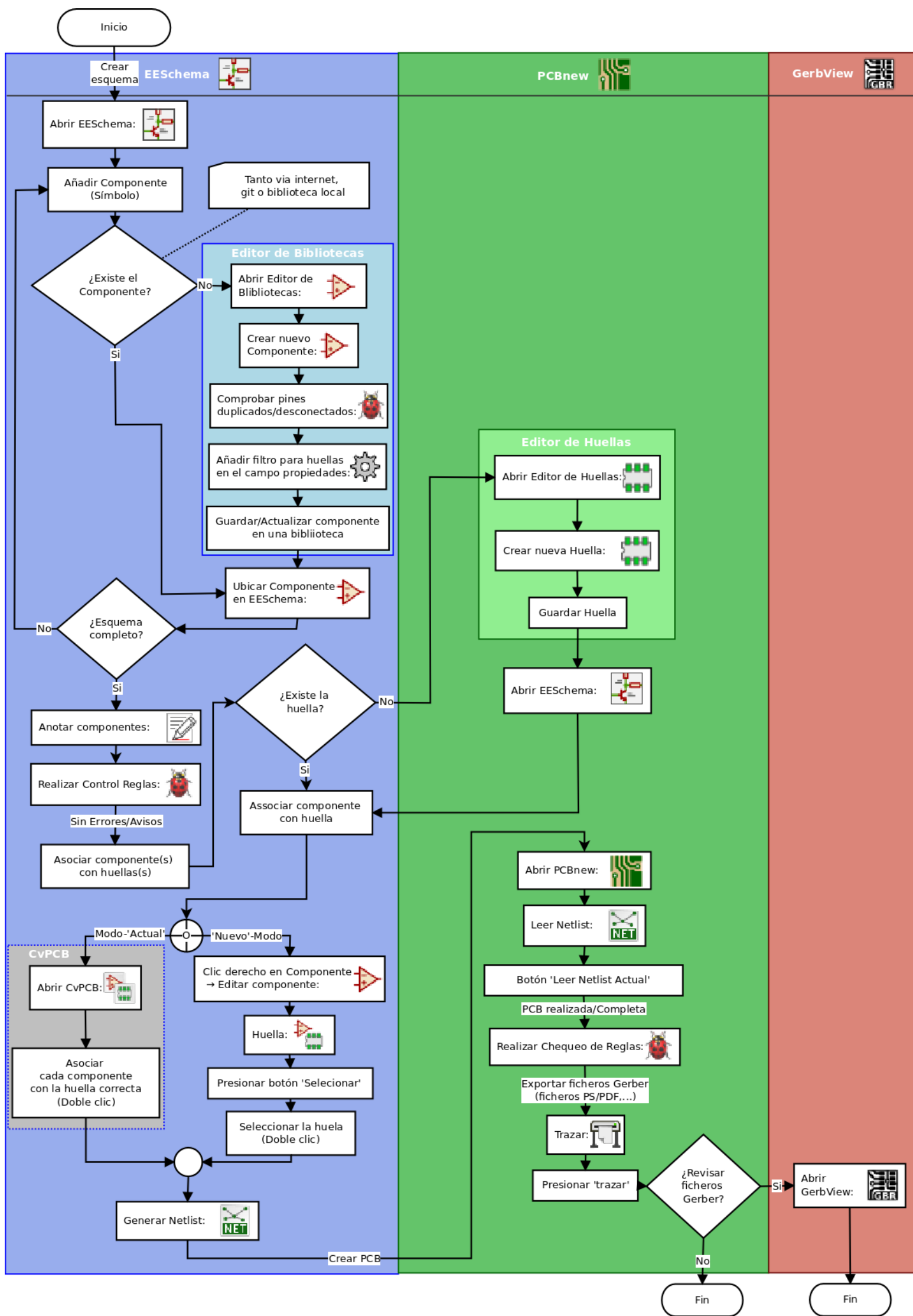
Todos los botones y los menús de la herramienta para dibujar el esquema están documentados en los dos manuales anteriores, por lo que en este documento no pasamos a reproducirlos. Comentaremos los botones principales y el uso de las "hotkeys" durante en el desarrollo de la sesión del taller, en la que crearemos un esquema sencillo con los componentes que encontramos en las librerías de KiCad.

Una buen hábito a la hora de comenzar un esquema es irse a **Archivo --> Opciones de página**, establecer las dimensiones de la página (es importante si lo vamos a imprimir en papel) y añadir información sobre el esquema que se va a dibujar.

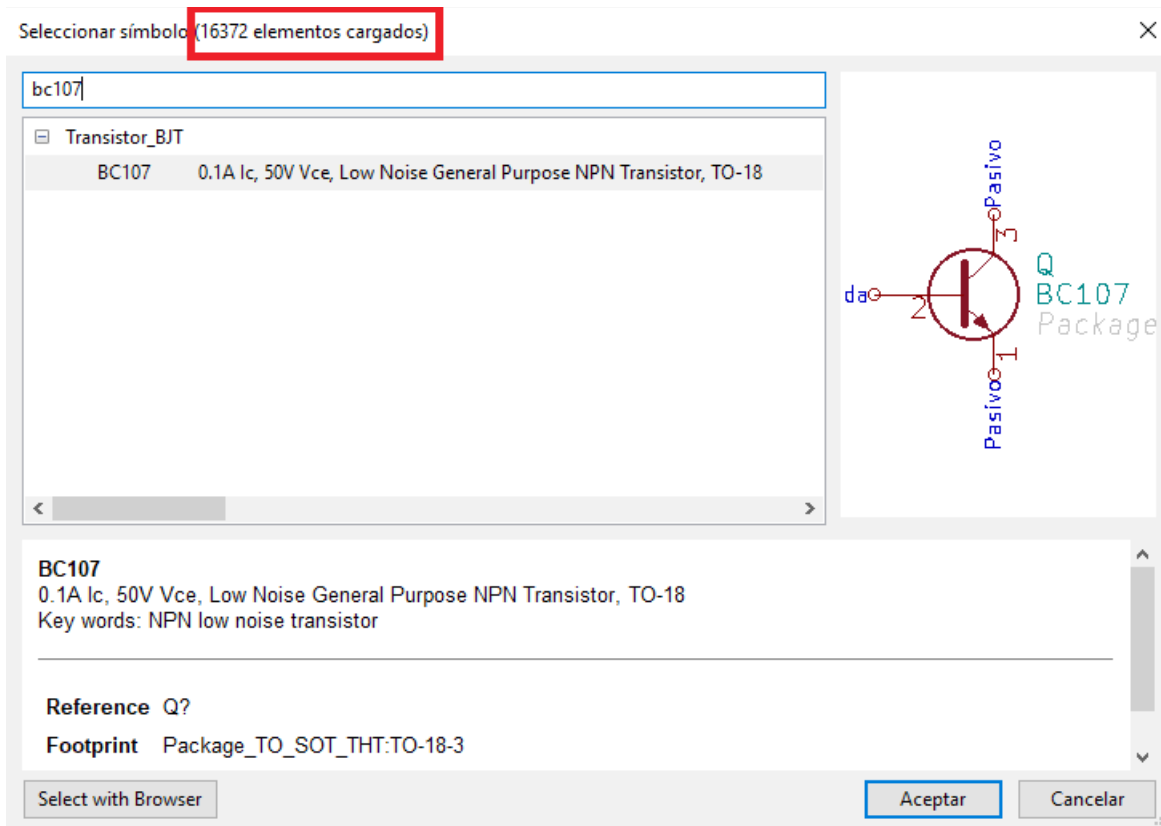


Para el desarrollo de la sesión vamos a realizar en KiCad un esquema comentado en el grupo del taller, está en la siguiente página <https://www.eleccircuit.com/crystal-tester-circuit-with-pcb/>.



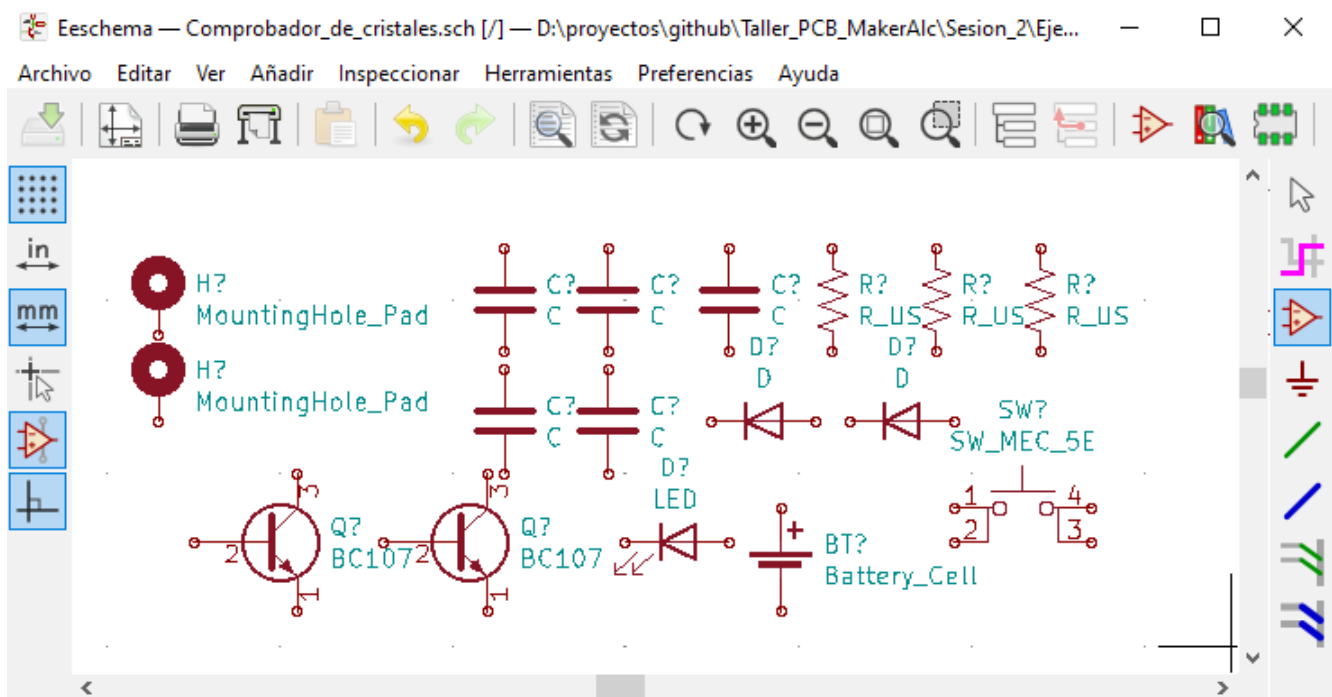


Para agregar símbolos al esquema pulsamos botón "**Añadir símbolo**" y pinchamos con el ratón en la página del esquema, o pulsamos su **tecla rápida "A"**. Al hacer esto abrimos la librería de componentes de KiCad con los símbolos, donde podemos buscar los símbolos de los componentes que vamos a usar en el circuito para añadirlos al esquema (ejemplo en la sesión del taller). Pulsando la **tecla ESC** del teclado salimos del modo o botón seleccionado en KiCad.



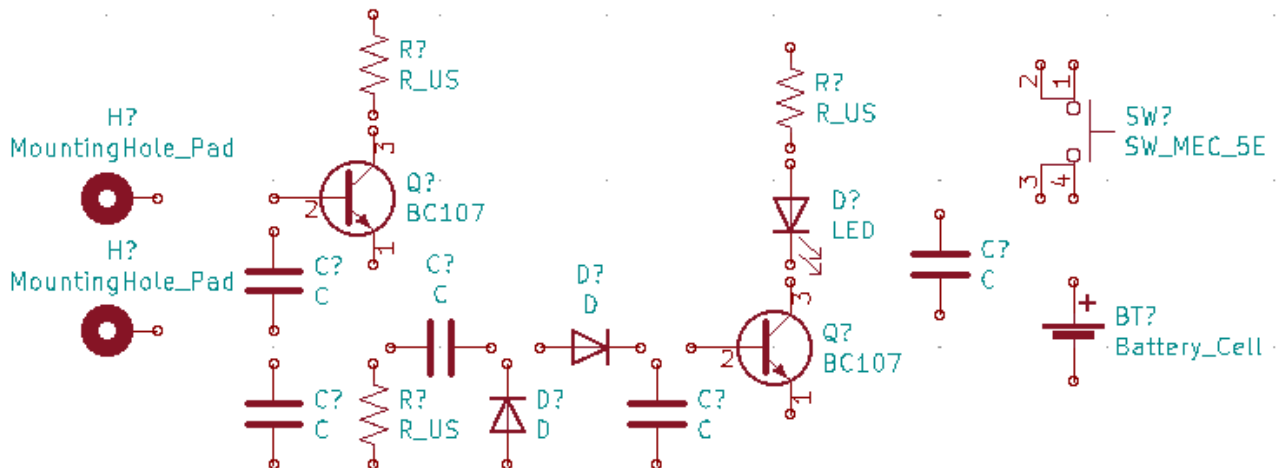
Libería de símbolos de KiCad

Se añaden todos los símbolos de los componentes que vamos a usar en el circuito.



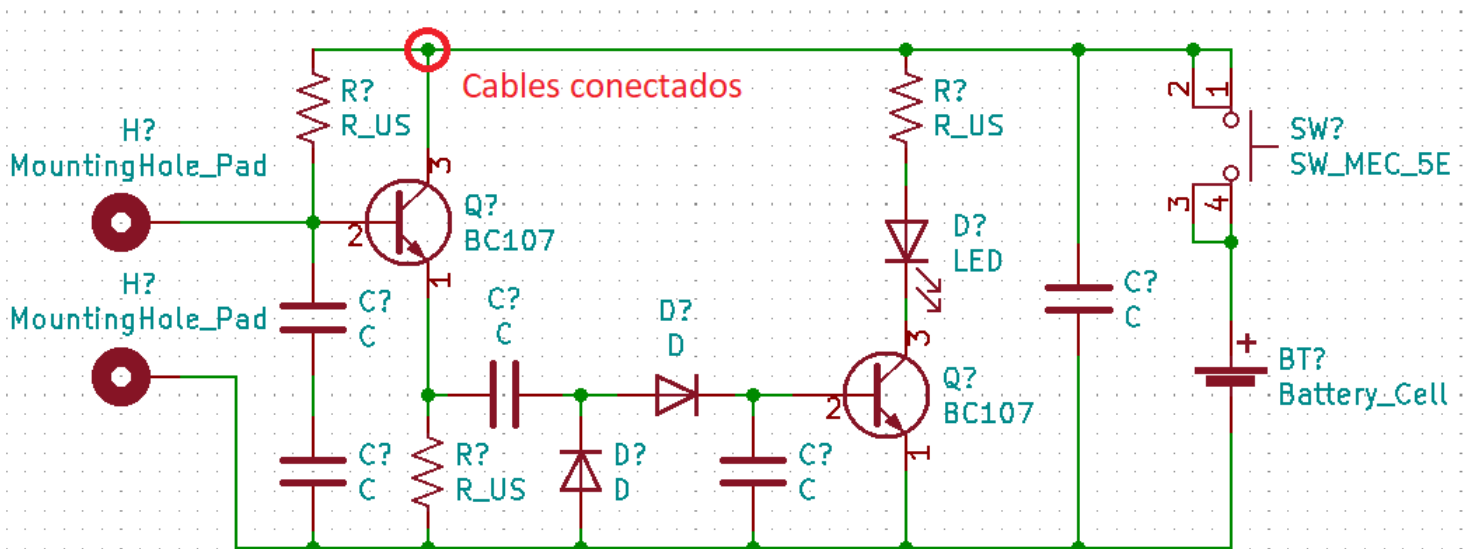
Símbolos de nuestro circuito añadidos en el esquema.

Lo siguiente es colocar los símbolos en su posición en el esquema, para mover un símbolo ponemos el ratón sobre él y pulsamos la **tecla M**, y para rotarlos y orientarlos mientras los movemos pulsamos la **tecla R**.



Símbolos colocados en el esquema.

A continuación unimos los terminales o pines de los símbolos mediante cables, usando el botón "añadir línea" (tecla W) y pinchando sobre el círculo en el extremo de cada terminal, vamos haciendo las conexiones entre los componentes del circuito.



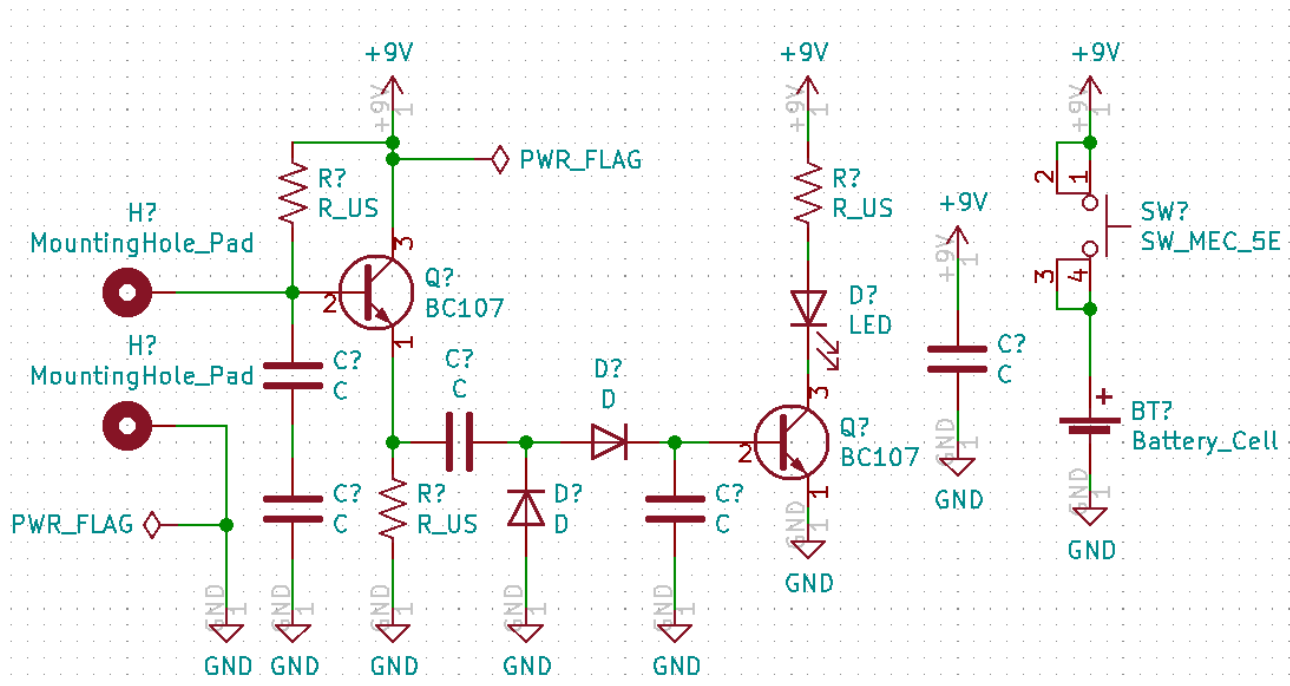
Circuito eléctrico completado.

Cuando dos cables verdes se tocan, si no hay un punto verde como se ve en rojo en la imagen superior, no estarían conectados eléctricamente.

Hemos realizado las conexiones de los componentes mediante cables, pero en función del tamaño del esquema y para facilitar la lectura de este, esas conexiones también se pueden realizar mediante los botones de etiquetas y de buses. En la sesión del taller se mostraran dos esquemas donde se usan etiquetas y buses para conectar los componentes.

Con las conexiones directas mediante cables estarían todas las conexiones eléctricas del circuito hechas, pero cuando tenemos circuitos más grandes, con más componentes, es habitual usar los símbolos de tierra y voltaje (estos símbolos del esquema no se corresponden con un componente real, son como una etiqueta) para llevar las tensiones de alimentación a varios puntos del esquema, reduciendo la longitud de los cables para realizar dicha tarea y facilitando la lectura del esquema.

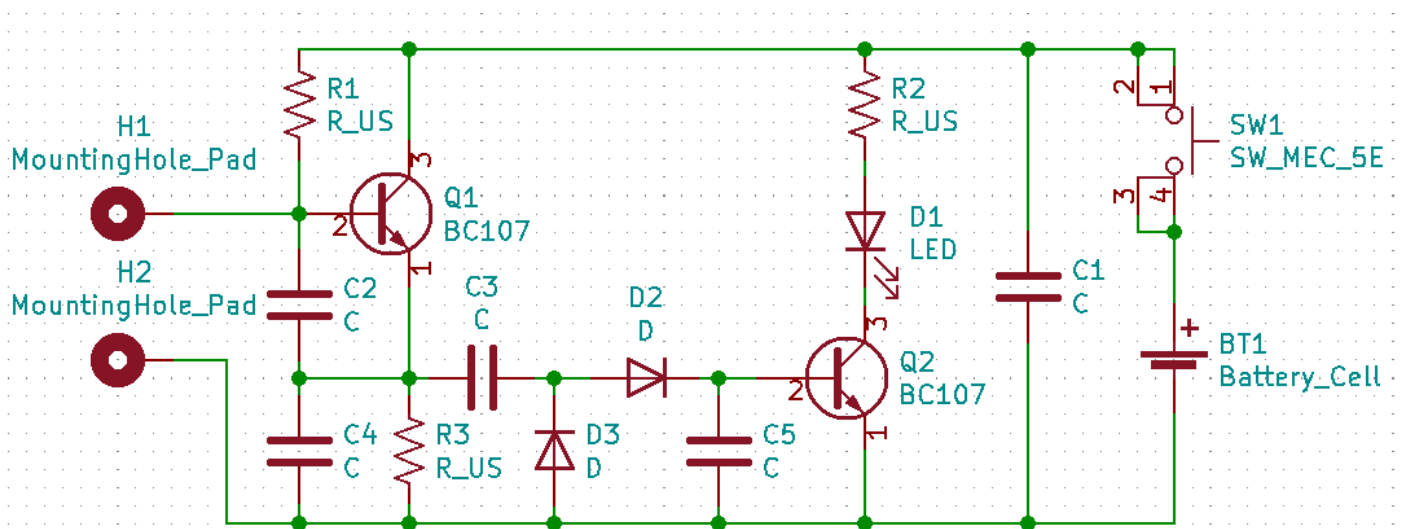
En la siguiente imagen vemos el esquema anterior, conectando la alimentación mediante símbolos de alimentación en lugar de cables. Para este esquema tan pequeño no es práctico hacerlo mediante símbolos de alimentación (ya que no mejora la visualización del esquema), pero si lo es en esquemas más grandes, donde muchos componentes están conectados a una misma alimentación.



Esquema anterior conectando las alimentaciones mediante símbolos en lugar de cables directos.

Cuando se usan símbolos de alimentación, hay que conectar a cada símbolo de alimentación el flag "PWR_FLAG", no tiene utilidad física ni eléctrica, pero los utiliza KiCad en su herramienta de comprobación de errores y si no están esos FLAGS, da un error.

Una vez que tenemos el esquema conectado, pulsamos el **botón "Anotar símbolos del esquema"** de la barra superior, para asignar un identificador a cada símbolo. Una vez hecho este paso cada símbolo tiene un identificador único, compuesto por letras y un número.



Se anotan los componentes para asignarles a cada uno un identificador único.

Si ponemos el ratón sobre un símbolo y pulsamos la **letra E**, abrimos la ventana de propiedades del símbolo, donde por ejemplo podemos añadir el valor de cada componente, para que se visualice este valor en el esquema.

Propiedades del símbolo

Nombre	Valor	Mostrar	H Align	V Align	Cursiva	Negrita	Text Size
Referencia	R1	<input checked="" type="checkbox"/>	Izquierda	Centrado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,270 mm
Valor	R_US	<input checked="" type="checkbox"/>	Izquierda	Centrado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,270 mm
Huella		<input type="checkbox"/>	Centrado	Centrado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,270 mm
Hoja de datos	~	<input type="checkbox"/>	Centrado	Centrado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,270 mm

Símbolo
 Library Reference: Device:R_US
 Unidad:
☐ Alternate symbol (DeMorgan)

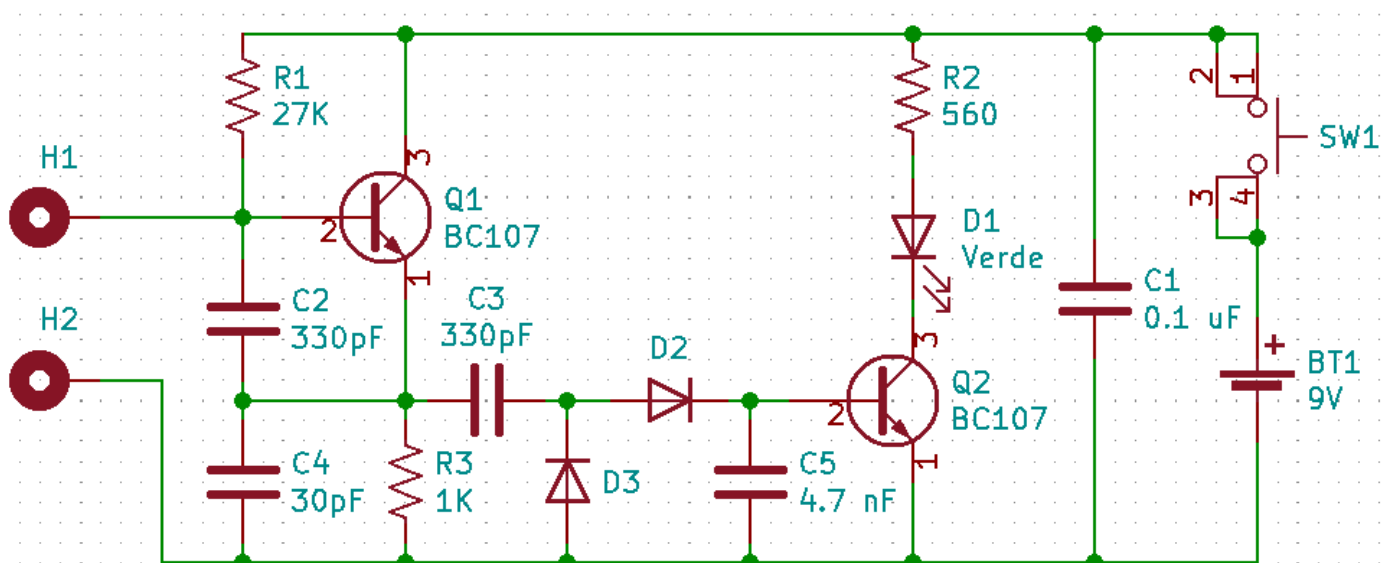
Orientación
☒ 0
☐ +90
☐ +180
☐ -90

Aspect
☒ Por defecto
☐ Invertir eje X
☐ Invertir eje Y

Unique ID: 5FC80B65

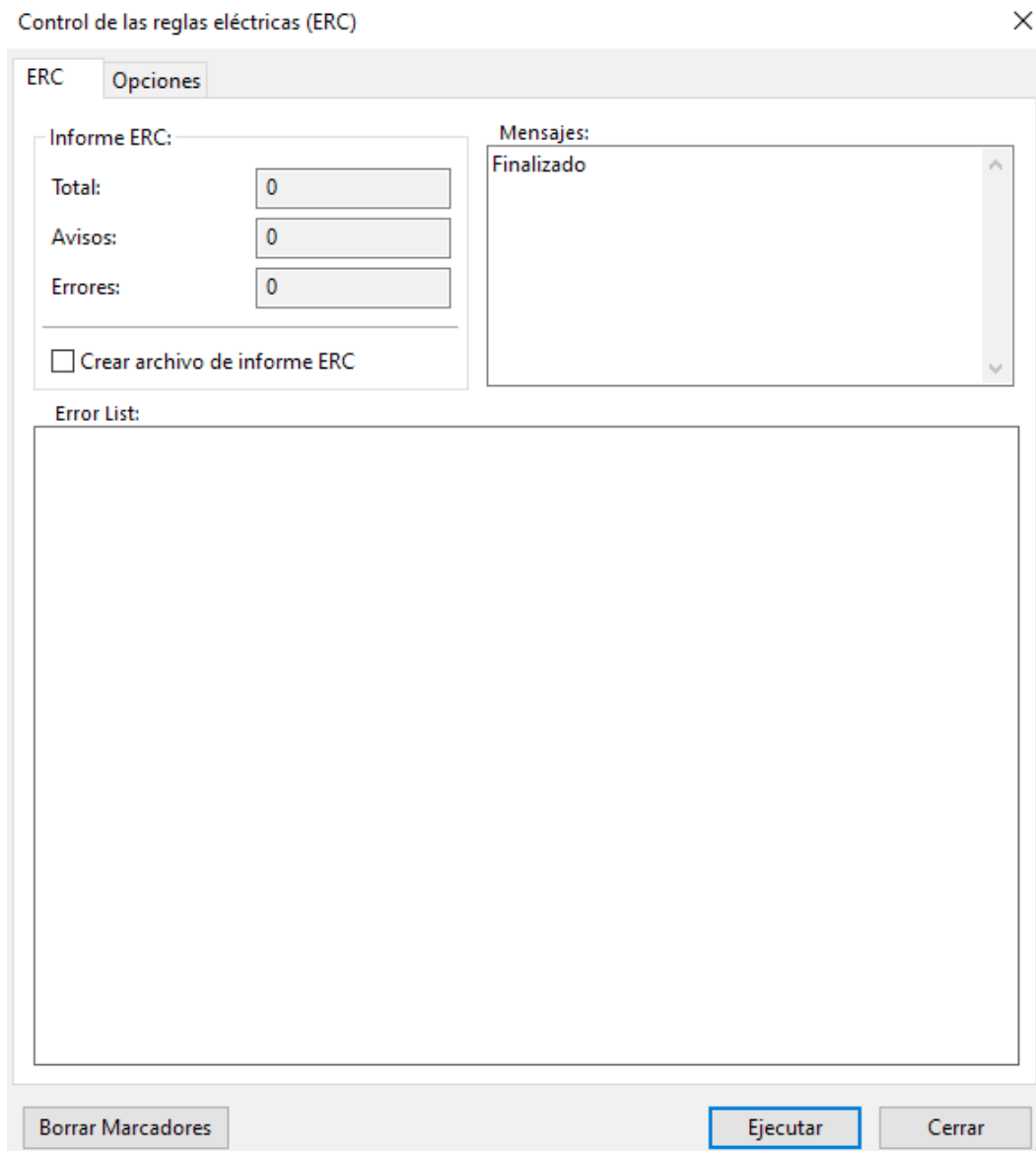
Ventana de propiedades de un símbolo.

Completamos el esquema añadiendo el valor de los componentes.



Esquema con el valor de los componentes.

Pulsamos el **botón** de la barra superior "**Realizar control de las reglas eléctricas**" y comprobamos que no hay errores en el esquema.

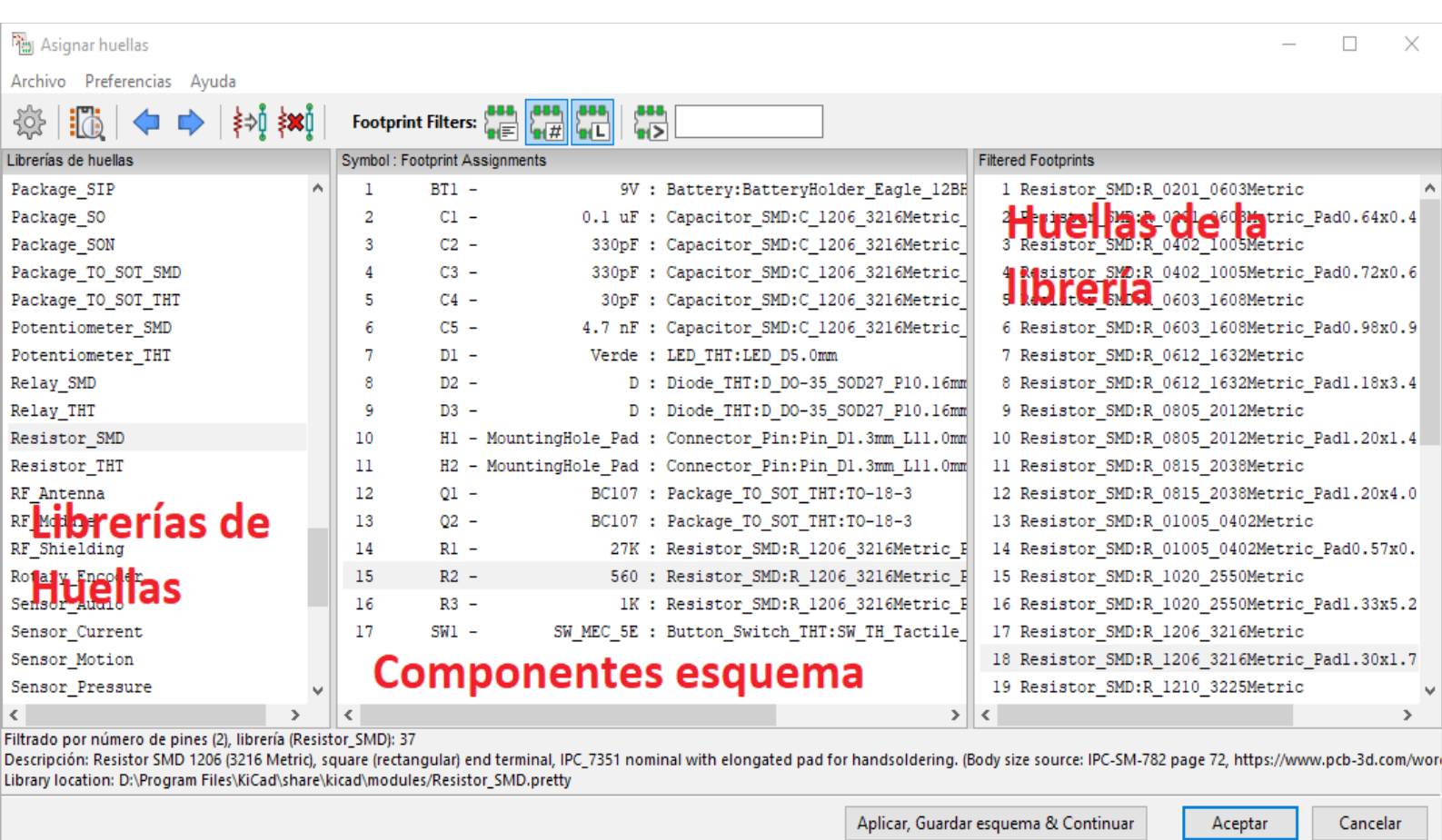


Para terminar el esquema tenemos que asociar los símbolos del esquema, con las huellas que queremos usar para que representen a esos componentes en la herramienta de Layout del PCB.

Para ello pulsamos el **botón "Asignar huellas a símbolos en el esquema"**. Los símbolos y las huellas deben tener el mismo número de pines o terminales, y se asociará el pin o terminal 1 de la huella con el pin o terminal 1 del esquema, el 2 con el 2, y así sucesivamente.

En la siguiente página podemos ver la ventana que se abre al pulsar este botón: en la columna de la izquierda tenemos las distintas librerías de huellas del programa de diseño electrónico, en la columna del centro encontramos los símbolos del esquema, cada uno con su identificador, y en la columna de la derecha tenemos las huellas de cada librería.

Para cada símbolo del esquema (columna del centro) tenemos que hacer la asociación con una huella de la columna de la izquierda.



Ventana donde asociamos cada símbolo a una huella.

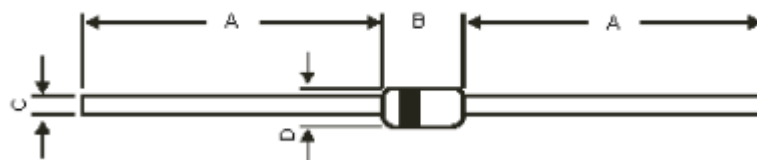
Cuando no sabemos que huella corresponde a un componente electrónico, tenemos que buscar su datasheet. Por ejemplo si nos dicen que los diodos D2 y D3 se corresponde con la referencia 1N4148, podemos ir a uno de los siguientes distribuidores de componentes electrónicos:

- [Mouser.](#)
- [Farnell.](#)
- [Digikey.](#)

Metemos la referencia del componente en el buscador, en este caso el [1N4148](#), y consultamos su [hoja de características](#) (o datasheet), donde encontramos toda la información sobre el componente, incluyendo sus dimensiones mecánicas y el encapsulado que usa para poder asignarle una huella en el PCB.

En este caso encontramos que el diodo 1N4148 tiene un encapsulado DO-35.

DO-35 Glass Axial Package



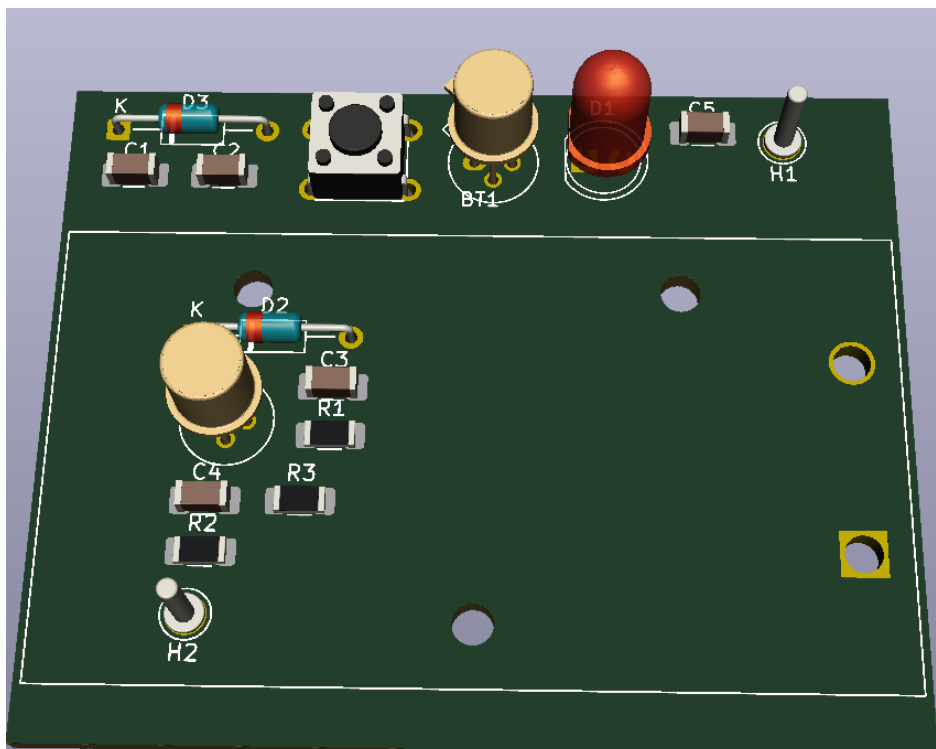
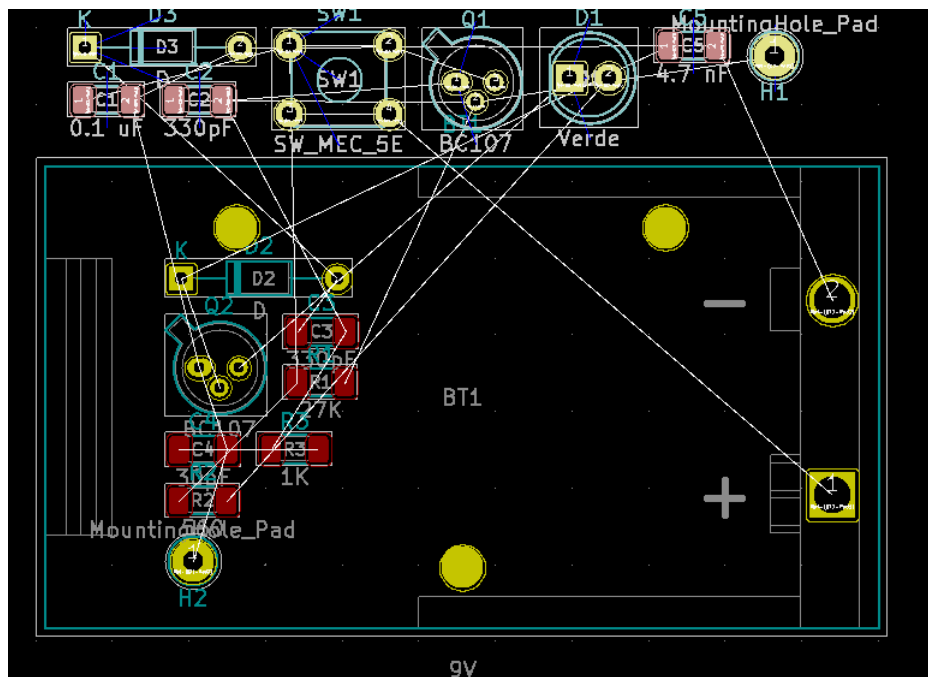
Dimensions	Minimum	Maximum
A	25.40	-
B	3.03	4.44
C	0.46	0.56
D	1.52	2.29

Dimensions : Millimetres

Antes de mandar a fabricar un PCB, hay que tener cuidado con las huellas que se asignan a cada símbolo, ya que si no coinciden con las dimensiones reales del componente no podremos soldarlo al PCB. Sobre este punto de las huellas y encapsulados volveremos a él en la sesión 3 del taller, donde se verá la herramienta del programa de diseño electrónico para dibujar el PCB.

Por último y para terminar, tenemos que generar el fichero que tiene las huellas y las conexiones de todos los símbolos, y que cargará el programa de dibujo de PCBs para que podamos materializar el PCB. Para ello pulsamos el **botón "Generar listado de redes"** en la barra superior y lo guardamos en la carpeta del proyecto.

Este fichero lo abriremos con la herramienta de dibujar PCBs del programa de diseño electrónico, para convertir nuestro esquema en un circuito impreso, hablaremos sobre ello en la siguiente sesión.



Nota: en las librerías de componentes y huellas que vienen con KiCad, no siempre vamos a encontrar el símbolo o la huella del componente que necesitemos, por lo que tendremos que descargar e importar librerías de terceros, o crearnos nuestras librerías propias de componentes. Dejo este punto para sesiones posteriores, cuando estemos más familiarizados con la herramienta de dibujo del PCB.