

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL Centro de Micro y Nanoelectrónica



Día 1:

- Presentación de KiCad.
- Editor de Esquemático: Presentación y práctica simple.
- Editor de PCB: Presentación y práctica simple.
- Visor de gerber: Presentación y práctica simple.

Esta presentación corresponde al primer día del curso dictado por INTI-CMNB en relación al Proyecto CIAA.

Autor del material: Diego Brengi

Revisión: Noelia Scotti

Capacitadores: Diego Brengi, Noelia Scotti y Diego Alamon

Versión 1.0 30/11/15









Introducción a KiCad

Autor inicial: Jean-Pierre Charras.

Un desarrollador del LIS (Laboratorio de Imágenes y Señales) y profesor en IUT de Saint Martin d'Hères (Francia), en el campo de ingeniería eléctrica y procesamiento de señales.

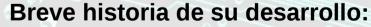
Licencia: GPL

URL: http://kicad-pcb.org/

Nombre oficial: KiCad

Logo actual:





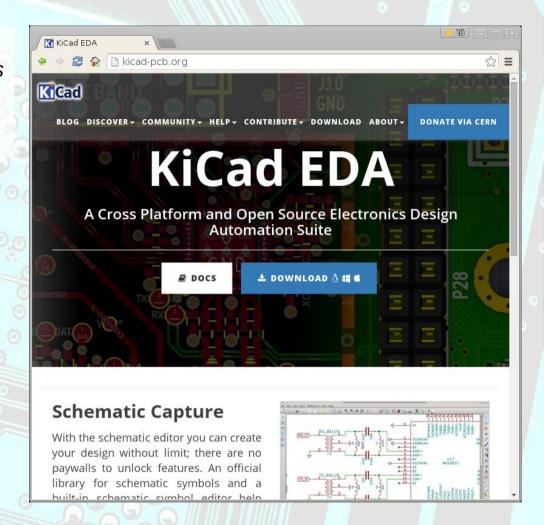
1992: Inicia su desarrollo

2003/2004: Se comienza a utilizar por otros usuarios

2005: Se abre un proyecto en Sourceforge (no oficial) y se potencia su desarrollo.

2009: El desarrollo pasa a alojarse en Launchpad (oficial actual).

2013: El CERN se involucra en el desarrollo de KiCad y realiza aportes relevantes.



Introducción a KiCad

Ventajas principales

- · Disponibilidad del código fuente.
- Gratuito.
- Formatos abiertos y documentados.
- Formatos en modo texto (ascii).
- Multiplataforma: Linux, Windows y Mac.
- Utilizado en la mayoría de los proyectos actuales Open Source y/o Hardware Libre actuales.

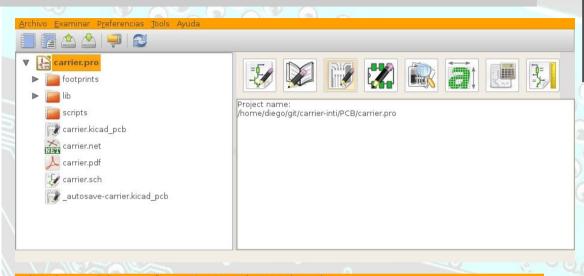
Desventajas

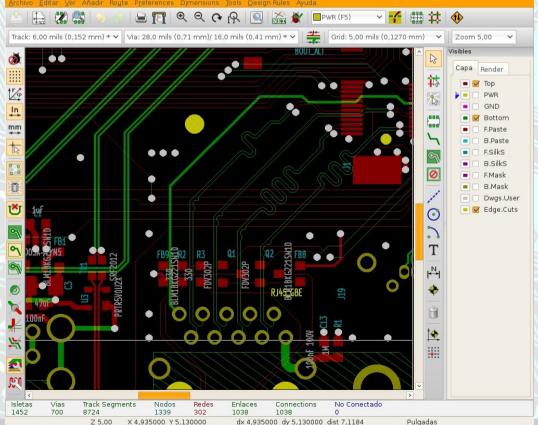
- Documentación cambiante.
- Cambios constantes en formatos (mejoras).
- Diferencias entre distintas versiones.
- Necesita seguir mejorando su interfaz.
- Necesita incorporar funcionalidades para optimizar tiempos y para circuitos más complejos.









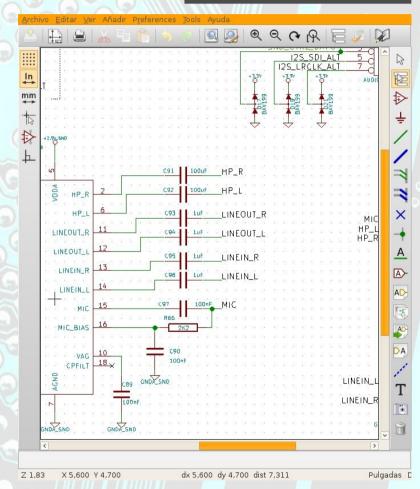


Administrador de proyecto:

Punto de entrada, maneja los archivos de un proyecto, proporciona los iconos lanzadores y algunas de las configuraciones generales.

Eeschema:

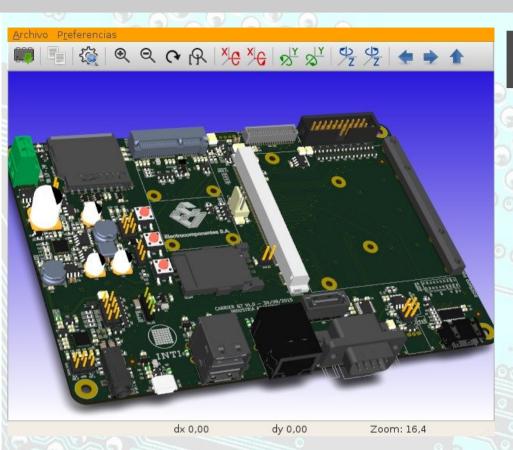
Ingreso de esquemático.



Pcbnew:

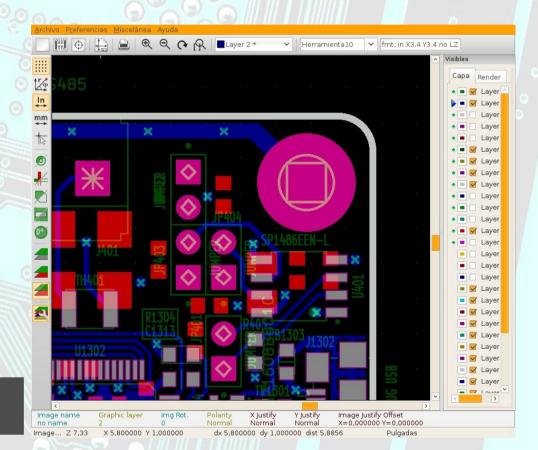
Diseño del PCB.





Visor 3D:

Visualizar un diseño en 3D interactivo.

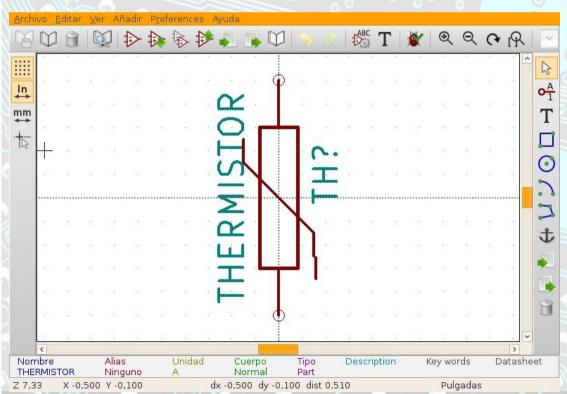


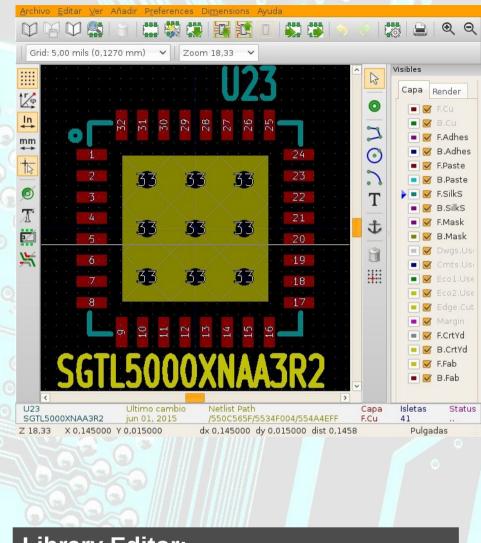
GerbView:

Visualización de archivos Gerber.

Footprint Editor:

Editor de footprints (huellas o módulos).

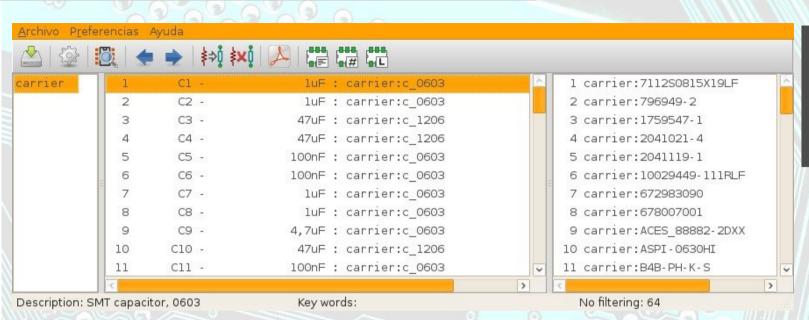




Library Editor:

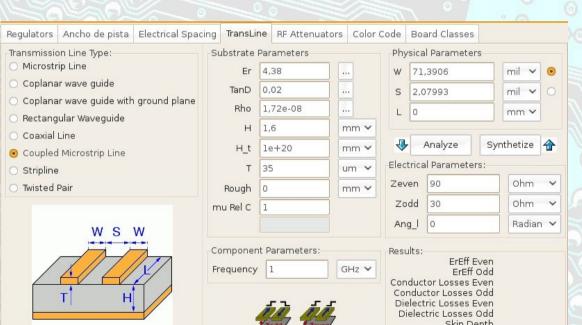
Editor de bibliotecas y símbolos de esquemático.





Cvpcb:

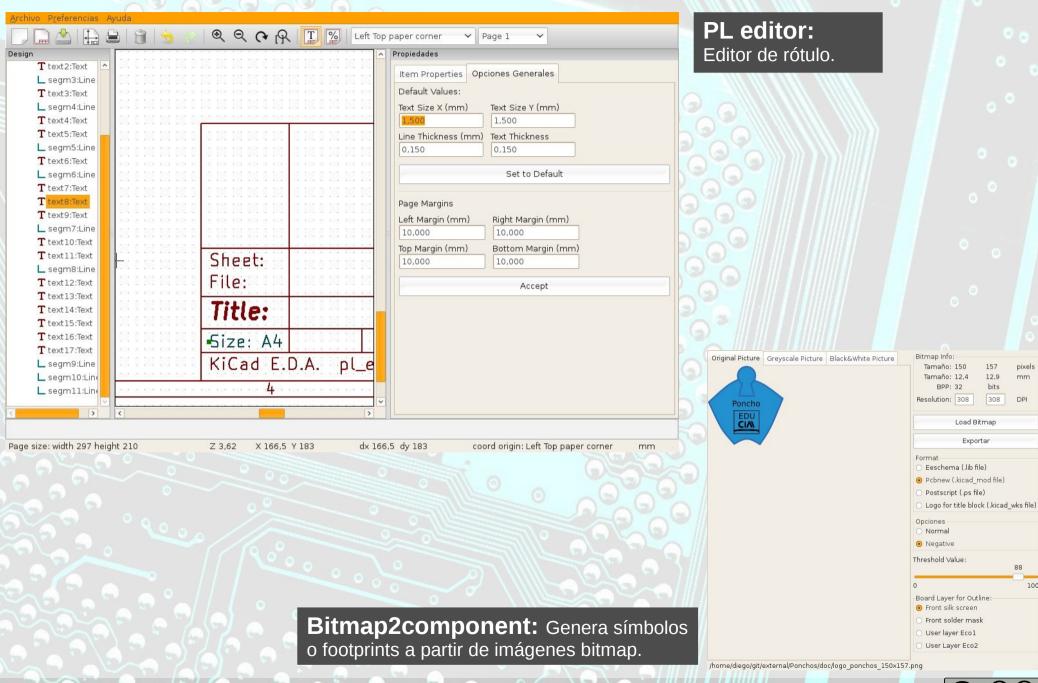
Ayuda a asociar símbolos del esquemático con su correspondiente encapsulado.



Calculadora:

Asiste con varios cálculos de electrónica y electricidad.





Versiones estables

El desarrollo de KiCad se lleva en un sitio que brinda una plataforma para proyectos libres (similar a Sourceforge):

https://launchpad.net/



El código de KiCad se maneja mediante Bazaar, un sistema de revisiones (similar a GIT):

http://bazaar.canonical.com/

Las versiones se identifican por el número)
de versión en bazaar y por la fecha en que	е
se compilan.	

Las versiónes estables compiladas para Windows y Linux se pueden bajar del siguiente enlace:

http://downloads.kicad-pcb.org/archive/

FECHA	VERSIÓN
	BZR2356
	BZR2668
	BZR2932
	BZR2986
	BZR3044
	BZR3256
31/05/2013	BZR4019
	BZR4022



Desarrollo y versiones

Product series, Focus of Development:

This is the main development branch. Members of team "kicad-product-committers" may write to this branch. At various points in time it goes stable for a period of replication.

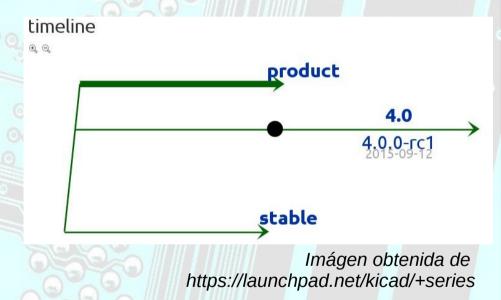
4.0 series Pre-release Freeze:

Latest releases: 4.0.0-rc1

This is the version 4 stable release branch.

Stable series Active Development:

You may make releases from this branch *at any moment*. Anything in here is thought to be fit for making into a release. Whereas some projects might use a tar file to publish a stable version, we are using a branch so that you can more easily update your release snapshot as you see fit.



Otras versiones precompiladas

Compilaciones periódicas automáticas (para Ubuntu):

https://code.launchpad.net/~js-reynaud/+archive/ubuntu/ppa-kicad

Compilaciones periódicas automáticas para Windows:

http://downloads.kicad-pcb.org/windows/

Versión en Debian estable (Jessie): 0.20140622+bzr4027 (Instalar con apt-get)

Versión en Ubuntu vivid :

0.20141025+bzr4029-2 (Instalar con apt-get)

Release Candidate

Recientemente salió la siguiente versión:

2015 **Release Candidate** Branch And RC1 - **BZR 6188** o también **4.0.0 RC1**. Esta rama se congelará en funcionalidades y trabajará para convertirla en una versión estable.

http://kicad-pcb.org/post/2015-release-candidate/

https://launchpad.net/~js-reynaud/+archive/ubuntu/kicad-4



Compilando el código fuente

Debido a la gran cantidad de dependencias que presenta Kicad, su compilación no es sencilla. Para poder compilarlo (sin tener los conocimientos y la experiencia previa de un desarrollador de KiCad) se utilizan herramientas que facilitan la tarea.

BAJO GNU/LINUX

Si queremos compilar el código fuente, seleccionando una versión en particular, hay un script BASH que realiza la descarga, la compilación y la instalación en un sistema GNU/Linux.

Si todo funciona bien el script instala las dependencias (Ubuntu/Debian), baja el código fuente, compila y finalmente instala.

Este script instala KiCad dentro de /usr/local/

En un sistema Debian pueden convivir la versión instalada en /usr/local y la versión de paquete instalada en el sistema principal (/usr/bin, /usr/lib, etc.).

BAJO WINDOWS

Para sistemas Windows, puede utilizarse la siguiente herramienta:

https://launchpad.net/kicad-winbuilder

kicad-install.sh

Set this to STABLE or TESTING REVISION=\$STABLE

Set this to STABLE or TESTING REVISION=6188



Cambios relevantes en KiCad

Dic 2012

Cambio del formato de archivo de PCB y de Footprint: Formato del PCB .brd → .kicad_pcb Formato .mod → .kicad_mod

Sep 2013

Push&Shove.

2014

Cambios en formato de librerías de footprints (.pretty y .kicad_mod)

Jun 2014

Router interactivo.

Jul 2014

Mejoras en el editor de módulos.

Mar 2015

Líneas diferenciales.

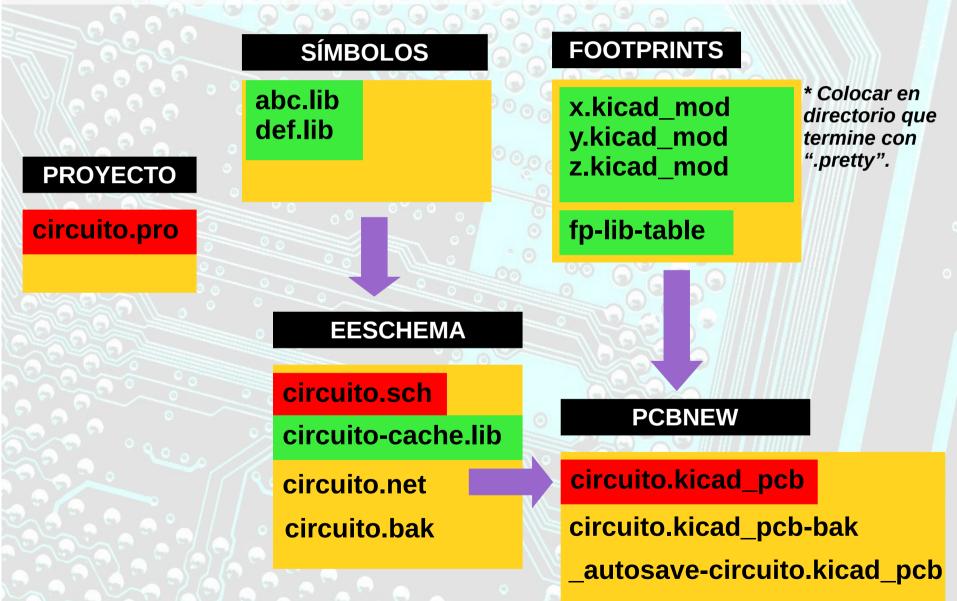
Mar 2015

Cambio en bibliotecas por defecto del esquemático. Resistores y capacitores más compactos.



Flujo de Archivos (básico)

Algunos de los archivos que podemos encontrar en un proyecto Kicad. En rojo los más importantes a cuidar (pérdida de información). En verde los que conviene cuidar.

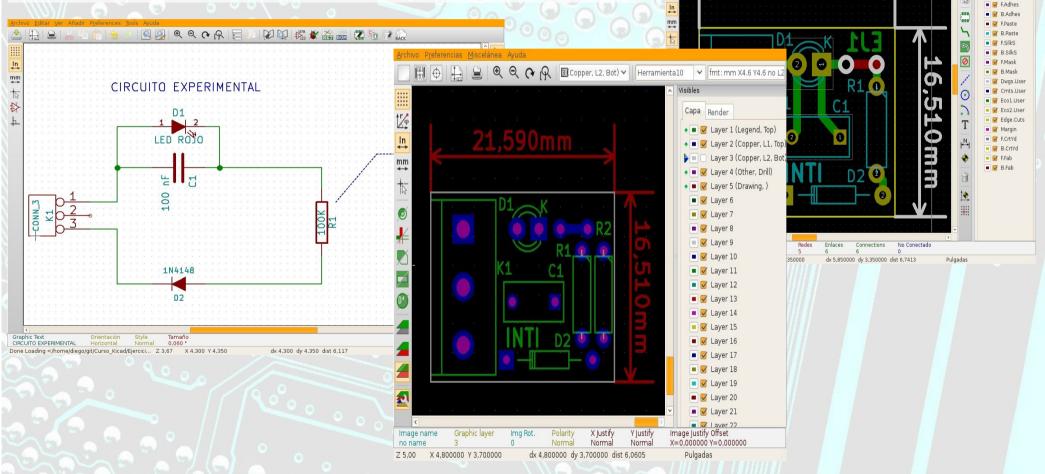




Ejercicio 1 - Ejercicio Introductorio

EJERCICIO 1 - Introducción a KiCad

Se realiza un diseño simple para recorrer todo el flujo de trabajo en KiCad, sin profundizar en los detalles, las herramientas más complejas o menos utilizadas.



El ejercicio resuelto se puede consultar en:

https://github.com/INTI-CMNB/Curso-KiCad-Intro

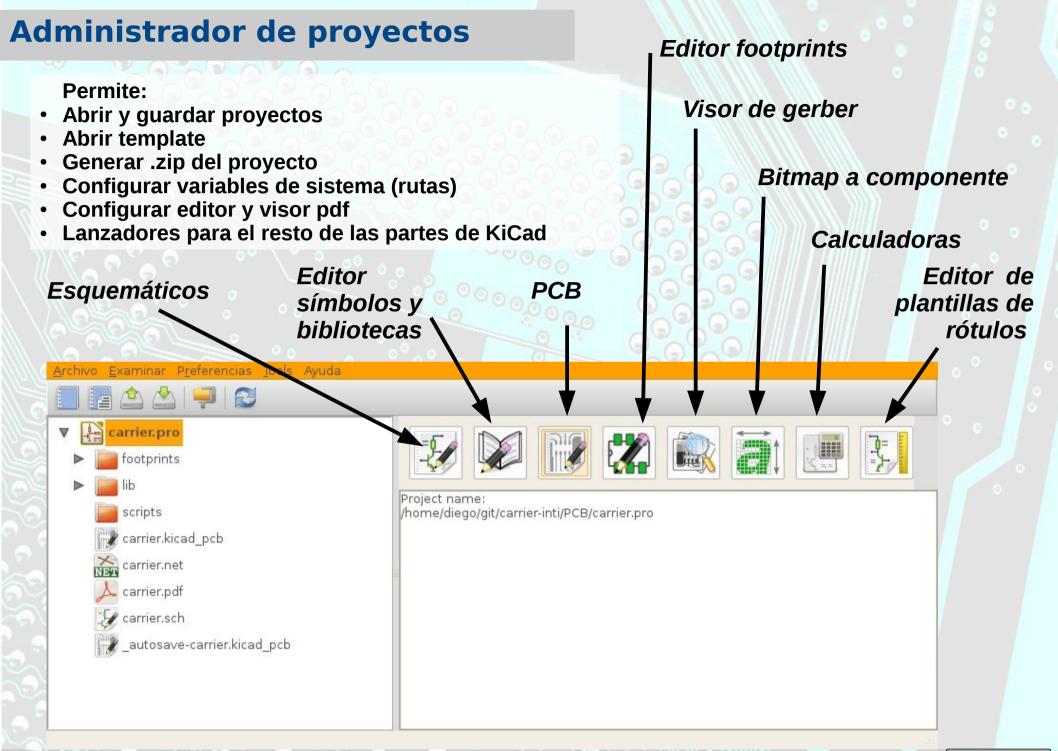


🚊 🛜 🔍 🔍 🕟 🔯 🏔 🛣 🔳 E.Cu (PgUp) 🗸 🍱 💢 🚯

Track: 9,84 mils (0,250 mm) * 🗸 Via: 23,6 mils (0,60 mm)/ 15,7 mils (0,40 mm) * 🗸 📛 | Grid: 25,00 mils (0,6350 mm) 🔻 Zoom 7,33

Administrador de Proyectos







Administrador de proyectos

Estos cuadros verdes contienen las instrucciones a seguir para realizar el ejercicio.

Ejercicio:

- 1)Crear una carpeta nueva (vacía). Para este ejercicio usar como nombre de la carpeta: Apellido_Nombre, evitando los espacios y acentos.
- 2) Abrir proyecto nuevo con el mismo nombre que la carpeta.
- 3) Observar los archivos creados.
- 4)En el administrador de proyectos configurar un editor de texto (estilo block de notas o Notepad++).
- 5) Abrir el esquemático y el pcb recién creados con el editor de textos.

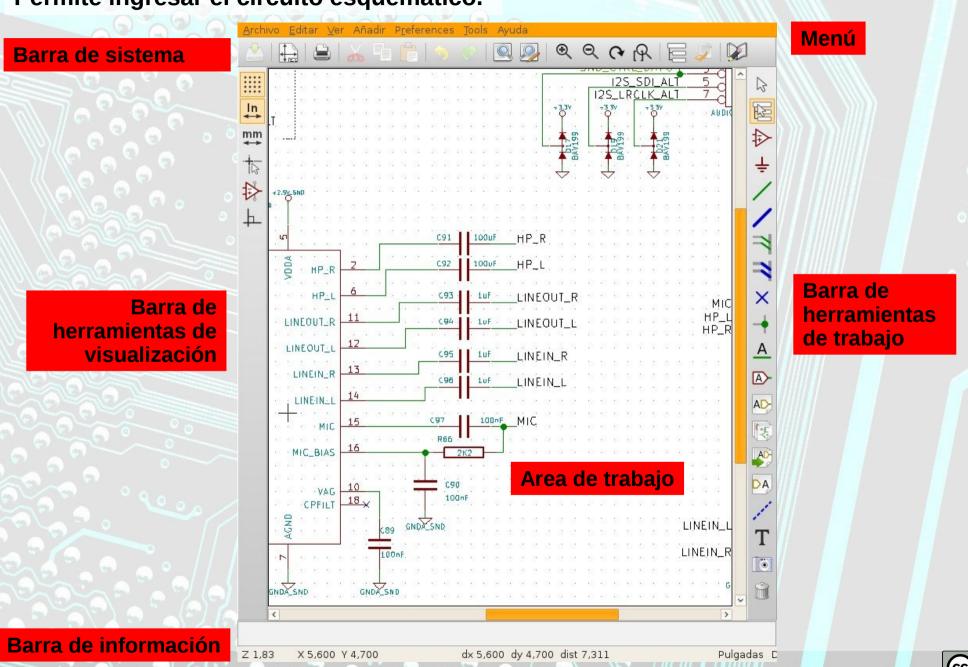


Editor de Esquemáticos (Eeschema)



Eeschema - Editor de Esquemáticos

Permite ingresar el circuito esquemático.



Curso Kicad - INTI - CMNB - Diego Brengi - Noelia Scotti - Diego Alamon



Eeschema - Barra de herramientas de visualización



- Visualización de grilla
- Pulgadas
- Milímetros
- Tipo de cursor
- Mostrar pines ocultos
- Solo líneas verticales u horizontales

En verde las opciones para investigar y probar en el primer ejercicio.



Eeschema - Barra de herramientas de trabajo

Curso Kicad - INTI - CMNB - Diego Brengi - Noelia Scotti - Diego Alamon

En verde las opciones para realizar y probar en el primer ejercicio.

Cursor general Subir/bajar jerarquía Colocar símbolo nuevo Colocar símbolo de alimentación Cables **Buses** Entrada de cable Entrada de bus Sin conexión Unión **Colocar Etiqueta para nodo (local) Colocar Etiqueta global** Crear etiqueta jerárquica en esquemático Crear nueva hoja jerárquica Importar pin dentro de hoja jerárquica Crear pin jerárquico en hoja jerárquica Línea de dibujo Colocar texto **Colocar imagen bitmap Borrar elemento**





Eeschema - Barra de sistema

Copiar

Nuevo esquemático
Abrir esquemático
Guardar
Rótulo y tamaño de página
Imprimir
Cortar

Pegar
Dehacer
Rehacer
Buscar

Buscar y reemplazar Zoom in

Zoom out Redibujar

Q

P P

€

Zoom a pantalla

Navegador de jerarquía Editor de bibliotecas de símbolos Navegador de bibliotecas de símbolos **Electrical Rule Check** Anotación (Numerar componentes) ERC

En verde las opciones

para realizar y probar

en el primer ejercicio.

₩?A 123

Generar BOM (Bill of Materials)

Main X

Editor de Footprints CVPCB

Editor de PCB (Pcbnew) Importar .cmp

Las opciones en azul solamente cuando se lanza eeschema por separado.



Eeschema - menú

Archivo Editar Ver Añadir Preferences Tools Ayuda

Este menú repite la mayoría de las opciones disponibles en los íconos. Aunque posee algunas opciones solamente accesibles desde aquí:

ARCHIVO

Trazar

PREFERENCIAS

- Bibliotecas
- Colores
- Opciones de edición
- Idioma
- Edición de shortcut keys

AYUDA

Versión de KiCad

Barra de información inferior. Coordenadas relativas y absolutas e información contextual, por ejemplo del componente seleccionado.

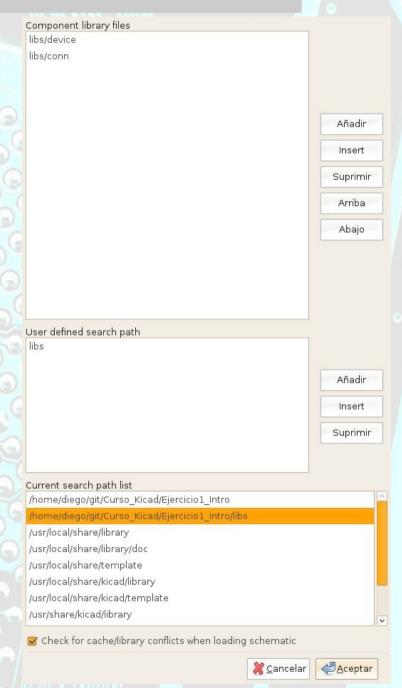
Referencia R1	Valor 100K	Comp. R	Biblioteca device	Módulo footprints_ej1:R3-LARGE_PAE	Description S Resistance		
Net count = 33			Z 3,67	X 4,500 Y 3,700	dx 4,500 dy 3,700	dist 5,826	Pulgadas No tool selected



Ejercicio 1 - Configurar las bibliotecas de símbolos

Para el ejercicio utilizaremos las bibliotecas de símbolos provistas en el subdirectorio "libs". En este ejercicio solo necesitamos las siguientes bibliotecas:

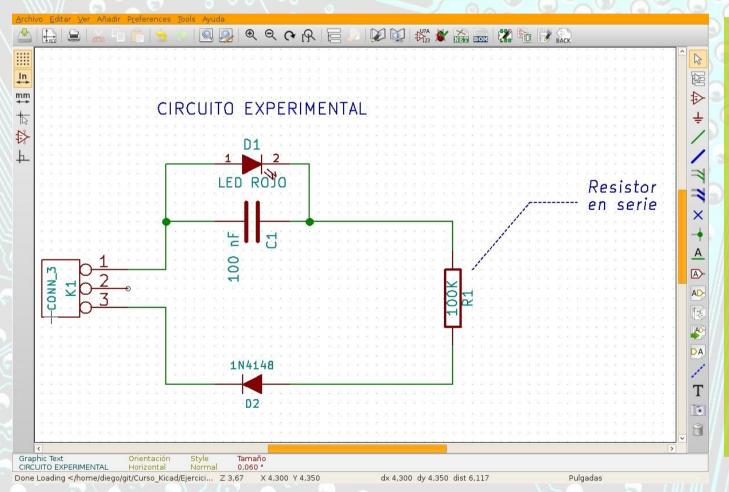
- device: Dispositivos discretos más comunes.
- conn: Conectores genéricos.
 - 1) Abrir Eeschema y entrar a la configuración de bibliotecas.
 - 2) Eliminar todas las bibliotecas.
 - 3) Agregar una ruta de búsqueda de usuario (relativa al directorio de proyecto).
 - 4) Agregar las dos bibliotecas de símbolos que se utilizarán en el ejercicio.





Ejercicio 1 - Esquemático

El ejercicio consiste en ingresar el siguiente circuito para ir descubriendo y probando las distintas herramientas, siguiendo las instrucciones y el orden de operaciones a continuación. Cada operación o paso se muestra en pantalla y luego se dan unos minutos para que cada participante la realice e investigue un poco el software.



- 1) Completar rótulo.
- 2) Colocar Símbolos.
- 3) Colocar conexiones.
- 4)Borrar y colocar uniones.
- 5) Mover símbolos.
- 6)Drag, espejado y rotación.
- 7) Numeración de componentes.
- 8)Completar el campo valor.
- 9) Textos y líneas.
- 10)Chequeo ERC.
- 11)Flag NC.
- 12)Generación de netlist.



Eeschema - Hotkeys

Tecla	Operación
A	Añadir componente
M	Mover elemento
R	Rotar elemento
E	editar elemento
G	Arrastrar elemento
V	Editar valor del componente
W	Comenzar cableado
K	Finalizar cableado
Q	Añadir flag de no conectado
Т	Añadir texto
CTRL-Z	Deshacer
[DEL]	Borrar
[CTRL]+S	Guardar esquemático

Más teclas en Preferencias->Hotkeys



Ejercicio 1 - Inspección del archivo Netlist

```
(design
    (source
/home/diego/git/Curso_Kicad/Ejercicio1_Intro/intro.sch)
    (date "mar 03 nov 2015 20:39:48 ART")
    (tool "Eeschema (2015-09-12 BZR 6188)-product")
    (sheet (number 1) (name /) (tstamps /)
     (title_block
        (title "Ejercicio1 Curso KiCad")
        (company "INTI - CMNB")
        (rev 1.0)
        (date 2015-11-03)
        (source intro.sch)
```

El archivo netlist simplemente guarda la información ingresada en un formato texto de texto plano. Se puede reconstruir un circuito esquemático solamente con el archivo netlist.

```
(components
  (comp (ref C1)
  (value "100 nF")
  (libsource (lib device) (part C))
  (sheetpath (names /) (tstamps /))
  (tstamp 5638F4A6))
```

```
(nets

(net (code 1) (name "Net-(D2-Pad1)")

(node (ref R1) (pin 2))

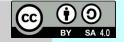
(node (ref D2) (pin 1)))

(net (code 2) (name "Net-(D2-Pad2)")

(node (ref K1) (pin 3))

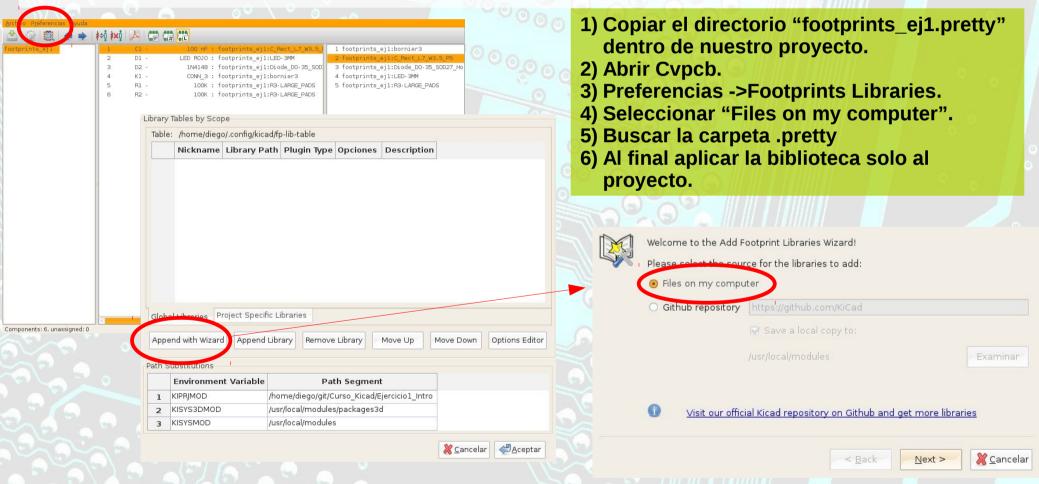
(node (ref D2) (pin 2)))
```

- 1) Abrir desde el administrador de proyectos el archivo netlist.
- 2)Observar las secciones "design", "components", "libparts" y "nets".



Ejercicio 1 - Asociación de footprint con Cvpcb

- Hay varios mecanismos para asignar el footprint. En este ejercicio utilizaremos primero el Cvpcb.
- Vamos a suponer que los footprints a utilizar ya han sido seleccionados y nos proporcionan un directorio con los mismos.
- Los directorios de footprints deben terminar obligatoriamente con la extensión ".pretty" para ser considerados por KiCad.



Ejercicio 1 - Asociación de footprint con Cvpcb

Filtros:

- Por keyword
- Por nro. pines
- Por biblioteca

- 1) Probar el filtro por número de pines.
- 2) Realizar la asociación de símbolos con sus respectivos footprints.
- 3) Guardar los cambios.
- 4) En el Eeschema regenerar el netlist.





Ejercicio 1 - Asociación de footprint

Volvemos a revisar el netlist.

```
(components
  (comp (ref C1)
   (value "100 nF")
  (footprint footprints_ej1:C_Rect_L7_W3.5_P5)
  (libsource (lib device) (part C))
  (sheetpath (names /) (tstamps /))
  (tstamp 5638F4A6))
```

Se creó el archivo fp-lib-table que guarda localmente las bibliotecas de footprints utilizadas.

```
(fp_lib_table
  (lib (name footprints_ej1)
  (type KiCad)
  (uri "$(KIPRJMOD)/footprints_ej1.pretty")
  (options "")
  (descr ""))
)
```



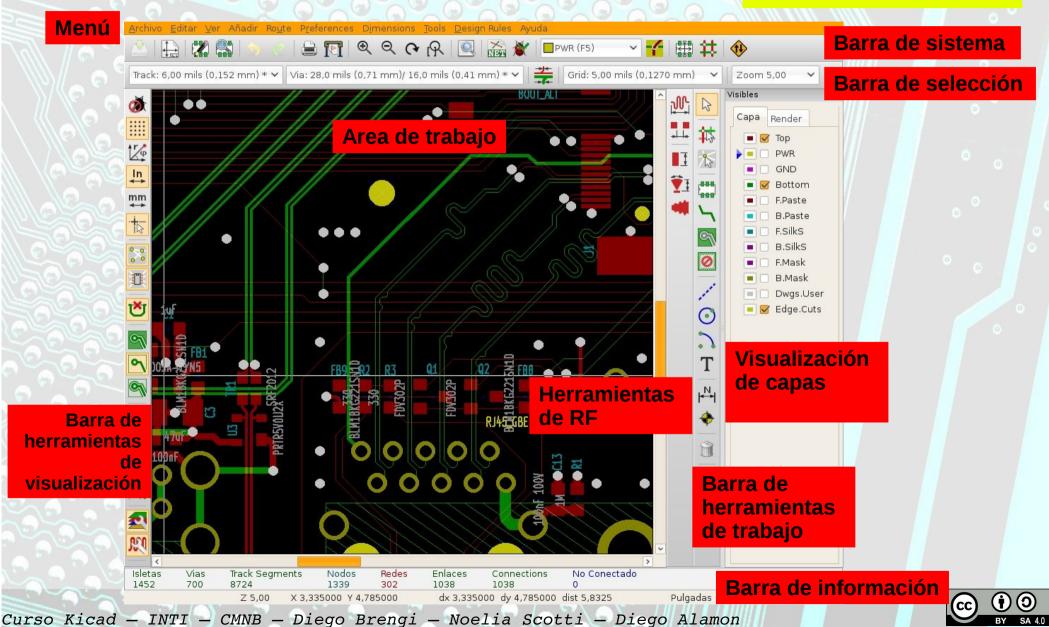
Editor de PCB (Pcbnew)



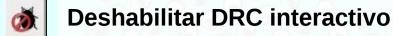
Pcbnew - Editor de PCB

Permite desarrollar el circuito impreso. Toma la información del netlist. El resultado final son los archivos gerber para fabricación.

La unidad más pequeña que maneja KiCad es 1 nanómetro.



Pcbnew - Barra de herramientas de visualización



Visualización de grilla

Coordenadas polares (relativas)

Pulgadas

In

mm

Milímetros

Tipo de cursor

Ocultar/mostrar ratnest

Ratnest al mover footpints

Deshabilitar auto delete tracks redundantes

Mostrar zonas de cobre

No mostrar zonas de cobre

Mostrar solo contorno de zonas de cobre

Mostrar solo contorno de los pads

Mostrar solo contorno de las vías

Mostrar solo contorno de las pistas

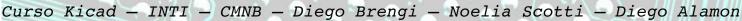
Modo de alto contraste

Mostrar/ocultar el panel de capas

Mostrar/ocultar el panel de herramientas RF

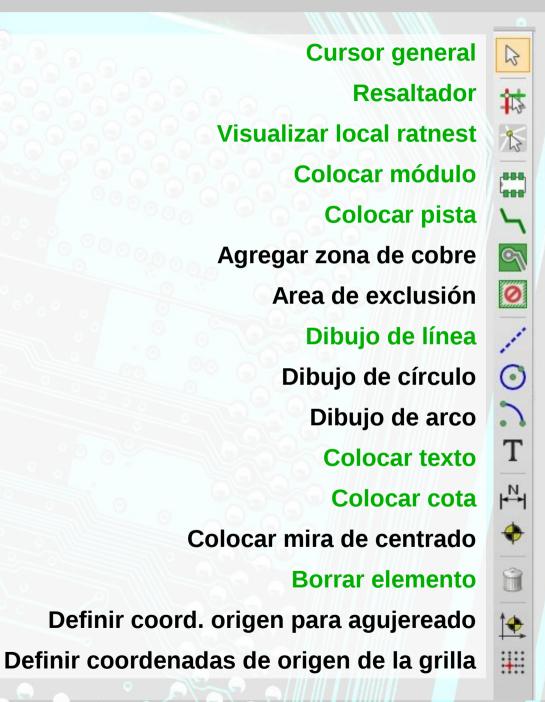
En verde las opciones para probar en el primer ejercicio.





Pcbnew - Barra de herramientas de trabajo

En verde las opciones para realizar y probar en el primer ejercicio.





Pcbnew - Paneles a la derecha

Panel de herramientas para RF

Permite realizar dibujos con dimensiones ingresadas por el usuario



Control de visualización de capas y otros elementos

Posee dos solapas:

Solapa de visualización de capas (de fabricación)

- · Capas de cobre.
- Capas de serigrafía.
- Capas de máscaras.

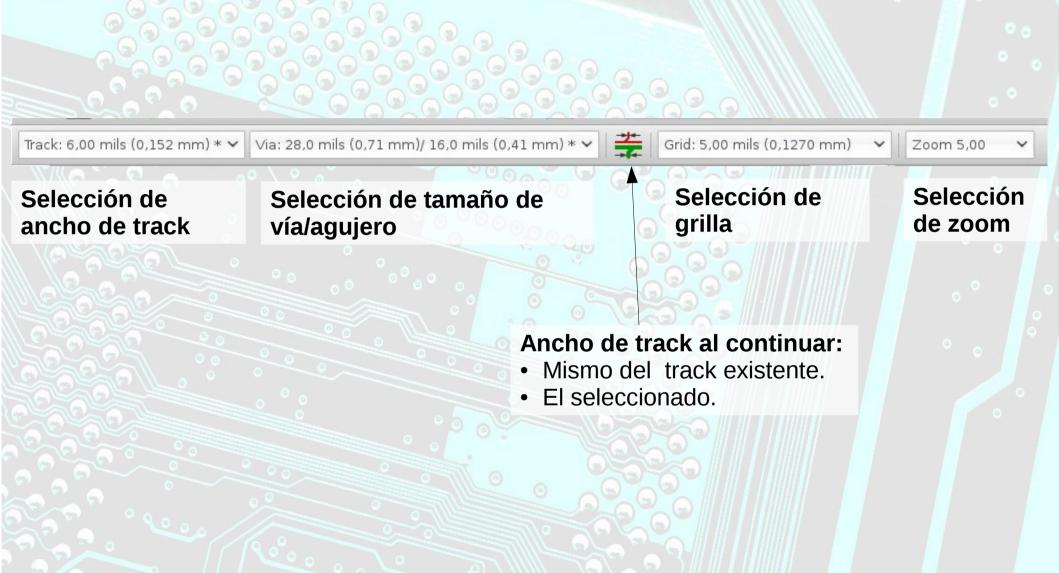
Solapa de renderizado

- Footprints.
- · Pads, vías.
- Textos.
- Valores y referencias.



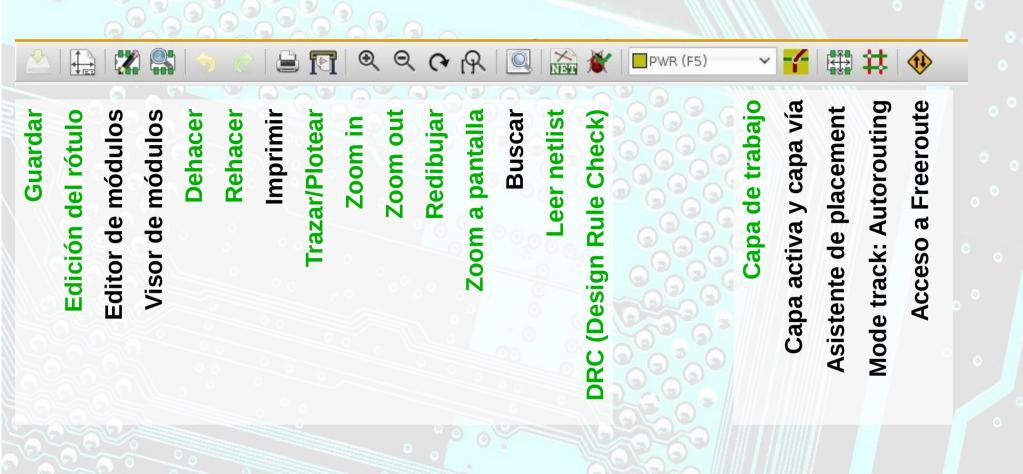


Pcbnew - Barra de selección





Pcbnew - Barra de sistema



Pcbnew - Barra de Menú

Archivo Editar Ver Añadir Route Preferences Dimensions Tools Design Rules Ayuda

Muchas de las opciones del menú poseen un ícono que realiza la misma funcionalidad. Se mencionan a continuación algunas opciones solo accesibles mediente el menú:

ARCHIVO

Fabrication outputs

EDITAR

Cleanup tracks and vias Swap layers Tamaños de textos de referencias y valores

VER

Visor 3D

Cambiar a OpenGL

ROUTE

Par diferencial

Tune (track, diff track, etc.)

PREFERENCIAS

Asistente de bibliotecas de footprints Bibliotecas de footprints

Generales, visualización, Hotkeys.

Macros

DIMENSIONES

Textos, pads, pads clearance

DESIGN RULES

Reglas de diseño

Configuración de capas

AYUDA

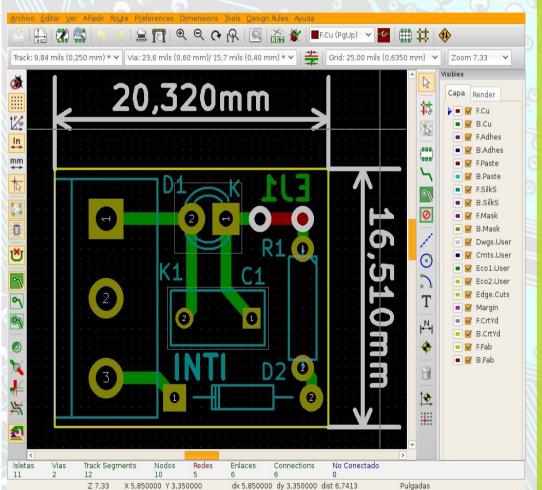
Versión de KiCad

Barra información de elementos y de coordenadas.

	Control of their	The second second second							
Isletas	Vias	Track Segments	Nodos	Redes	Enlaces	Connections	No Conectado		The state of the s
1452	700	8724	1339	302	1038	1038	0		
21		Z 5,00 X 3,335000 Y 4,785000		dx 3,335000 dy 4,785000 dist 5,8325			Pulgadas		

Ejercicio 1: Editor de PCB

El ejercicio consiste en ingresar el siguiente circuito para ir descubriendo y probando las distintas herramientas, siguiendo las instrucciones y el orden de operaciones a continuación. Cada operación se muestra de a una y luego se dan unos minutos para que cada participante la realice e investigue un poco.



- 1)Rótulo.
- 2)Lectura de Netlist.
- 3) Manejo de grilla y recomendaciones.
- 4) Mediciones relativas.
- 5)Separación de componentes y ubicación.
- 6) Capas importantes.
- 7) Ubicación de componentes.
- 8) Configuración de vías y pistas.
- 9) Margen global.
- 10)Dibujar el borde de PCB.
- 11)Ruteo.
- 12)Dibujar cotas en mm.
- 13)Ejecutar el DRC.
- 14)Acomodar la serigrafía.
- 15)Mover el diseño dentro de la hoja.
- 16)Textos en cobre y serigrafía.
- 17)BOM simple.

Algunas pautas:

Grilla de posicionado en 25 mils, pistas de 32 mils, Margen de 32 mils, Vía de 65/32 mils (puente obligatorio).



Pcbnew - Hotkeys

Tecla	Operación
M	Mover elemento
R	Rotar elemento
E	editar elemento
G	Arrastrar elemento
[End]	Mouse Left Doble Click
[Enter]	Mouse Left Click
[CTRL]-U	Cambiar de unidades (mm y ")
[PgUP]	Seleccionar capa top
[PgDwn]	Seleccionar capa bottom
[bkspc]	Borrar segmento
[CTRL]-Z	Deshacer
[DEL]	Borrar pista o footprint
[CTRL]+S	Guardar esquemático
	Cambiar postura de pista

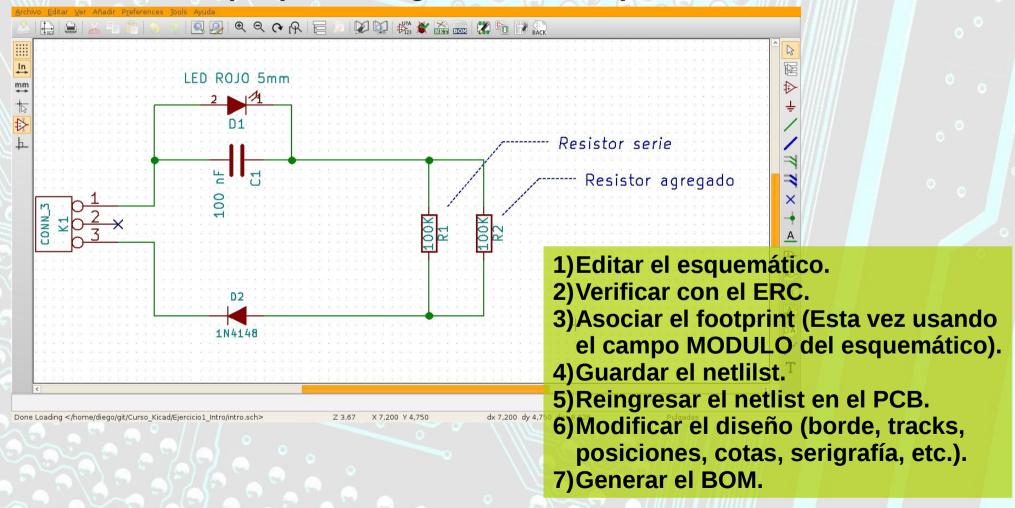
Más teclas en Preferencias->Hotkeys



Ejercicio 1: Modificaciones

En un diseño real puede ser necesario modificar o adaptar el circuito original.

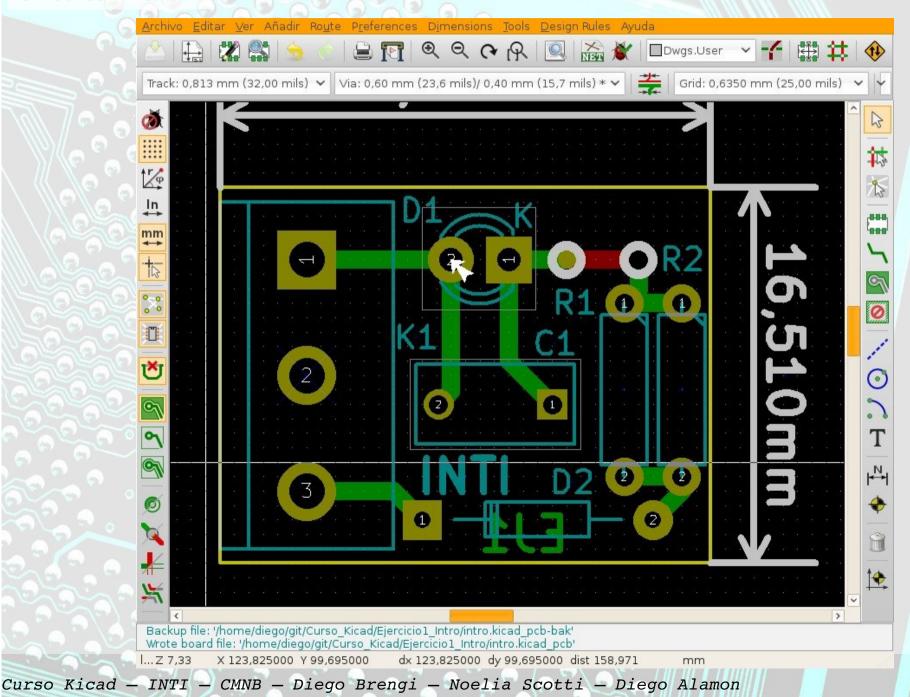
Para este ejercicio, colocaremos otro resistor en paralelo a R1 y volvemos a repetir todos los pasos necesarios para llegar al nuevo circuito (Se permite agrandar el PCB).





Ejercicio 1: Modificaciones

Circuito final



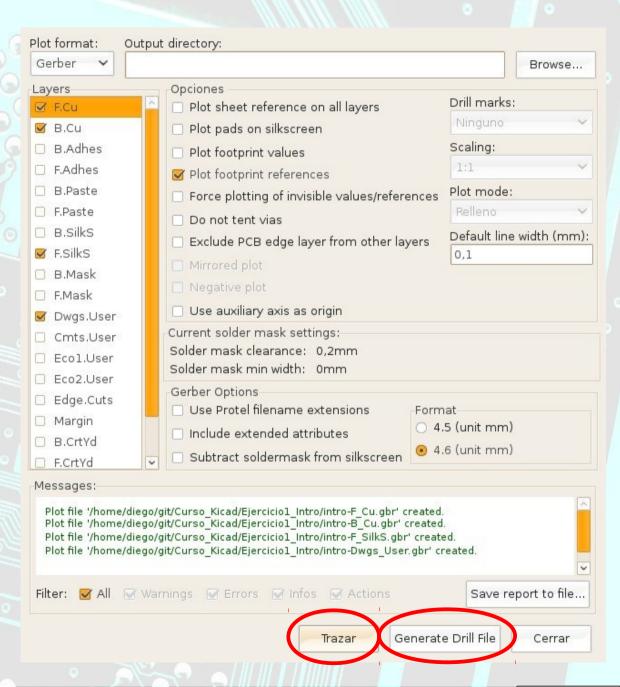


Visor de archivos Gerber (GerbView)



Ejercicio 1: Generación de archivos Gerber

Para enviar a fabricar un circuito es necesario enviarle al fabricante los archivos Gerber y el archivo de taladrado. La generación se hace desde el Pcbnew.





Ejercicio 1: Generación de archivos Gerber

Para este ejercicio se generaron los siguientes archivos:

- PROY-B_Cu.gbr
- PROY-Dwgs_User.gbr
- PROY-F_Cu.gbr
- PROY-F_SilkS.gbr
- PROY.drl

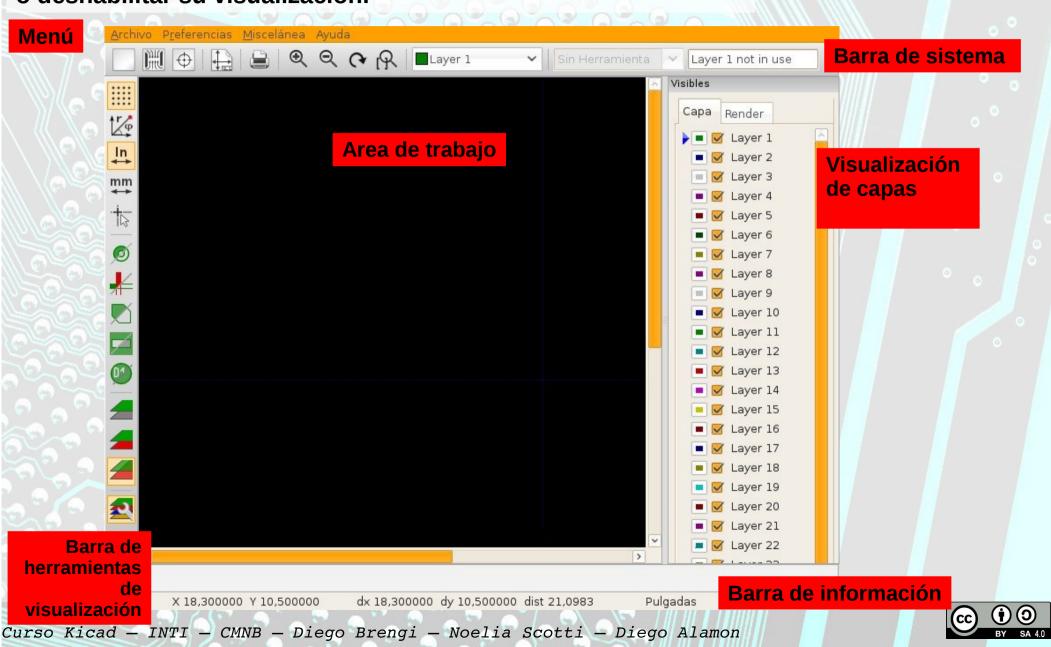
Para el proceso de fabricación y ensamblaje se generan normalmente más gerber como por ejemplo Paste, Adhes, Mask, etc.

En el siguiente paso veremos como se utiliza el GerbView para visualizar estos archivos gerber.



GerbView - Visor de archivos Gerber

Permite visualizar y verificar los archivos gerber generados. Se puede cargar más de un archivo al mismo tiempo y habilitar o deshabilitar su visualización.

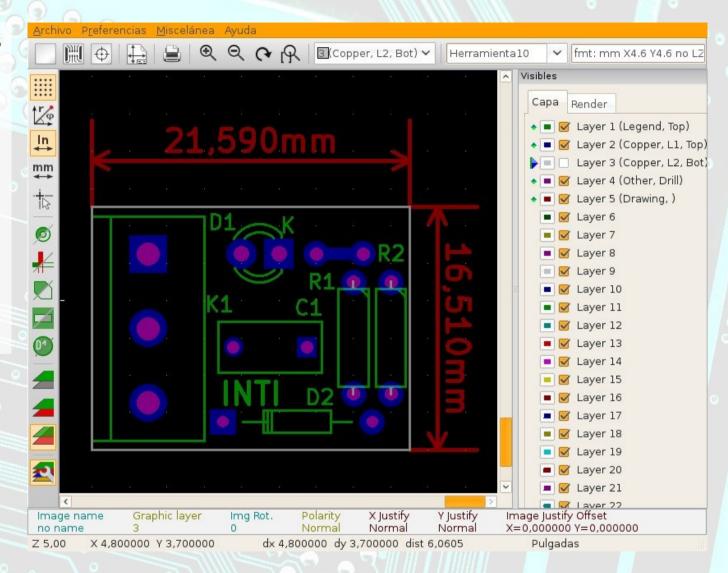


Ejercicio 1: Visualización de archivos Gerber

Abrir todos los archivos gerber.

Usar SHIFT o CTRL en el diálogo de abrir archivo y seleccionar todos los gerber.

También se puede cargar el archivo de taladrado.



- 1)Observar en que consiste cada capa.
- 2)Investigar las opciones del visor de archivos gerber.



Flujo de Archivos (parte 2)

PROYECTO circuito.pro **SÍMBOLOS** abc.lib **EESCHEMA** circuito.sch circuito-cache.lib circuito.net circuito.bak

Algunos de los archivos que podemos encontrar en un proyecto Kicad. En <mark>rojo</mark> los más importantes a cuidar (pérdida de información). En <u>verde</u> los que conviene cuidar.

x.kicad_mod y.kicad_mod z.kicad_mod fp-lib-table

Modelo 3D

x.wrl

PCBNEW

circuito.kicad_pcb
circuito.kicad_pcb-bak
_autosave-circuito.kicad_pcb

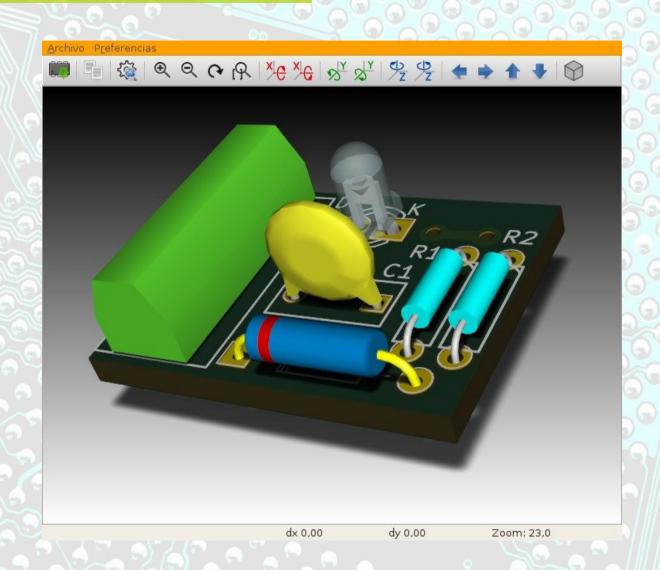
GERBVIEW

circuito-B_Cu.gbr circuito-Dwgs_User.gbr circuito-F_Cu.gbr circuito-F_SilkS.gbr circuito-xx.gbr circuito.drl



Ejercicio 1: Extras

- 1)Completar la vista 3D.
- 2) Generar otros reportes.

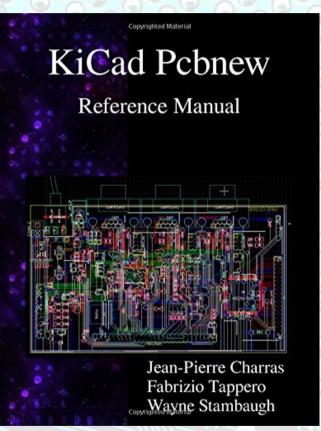


Bibliografía

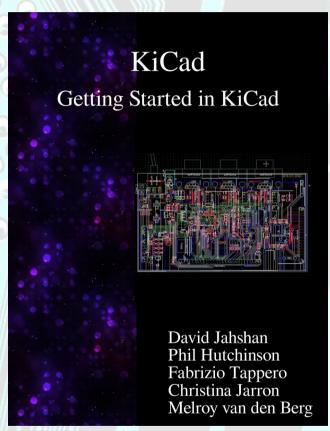
KiCad Eeschema Reference Manual (Inglés). 18 jul 2015. Jean-Pierre Charras (Autor). Fabrizio Tappero (Autor).

KiCad Eeschema Reference Manual Jean-Pierre Charras Fabrizio Tappero opyrighted Material

KiCad Pcbnew Reference Manual (Inglés). 18 jul 2015. Jean-Pierre Charras, Fabrizio Tappero y Wayne Stambaugh.



KiCad - Getting Started in KiCad (Inglés). 14 nov 2015. David Jahshan, Phil Hutchinson, Fabrizio Tappero, Christina Jarron y Melroy van den Berg.



Las portadas de los libros se obtuvieror de http://www.amazon.es/, consultar con la editorial y los autores para la utilización de las imágenes.

Documentación Oficial de KiCad http://kicad-pcb.org/help/documentation/



Imágenes de esta presentación

Las imágenes de clipart se tomaron de: https://openclipart.org/

Carátula principal:

Foto titulada "Circuit" de Yuri Samoilov bajo licencia CC-BY disponible en

https://www.flickr.com/photos/yusamoilov/14011462899/

Fondo de la presentación:

Foto titulada "computer motherboard tracks" de Creativity103 bajo licencia CC-BY disponible en:

https://www.flickr.com/photos/creative_stock/5228433146/

El Logo INTI es de uso exclusivo del Instituto Nacional de Tecnología Industrial y debe removerse en versiones derivadas.

Los demás logos corresponden a proyectos de Software Libre u Open Source.

Todas las capturas de pantalla fueron realizadas por los autores y están bajo la misma licencia que esta presentación.

El resto de las imágenes se cita la fuente debajo de cada una.





INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL Centro de Micro y Nanoelectrónica



Esta presentación posee licencia: (CC BY-SA 4.0)

Attribution-ShareAlike 4.0 International https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/



Autor del material: Diego Brengi

Revisión: Noelia Scotti

Capacitadores: Diego Brengi, Noelia Scotti y Diego Alamon

