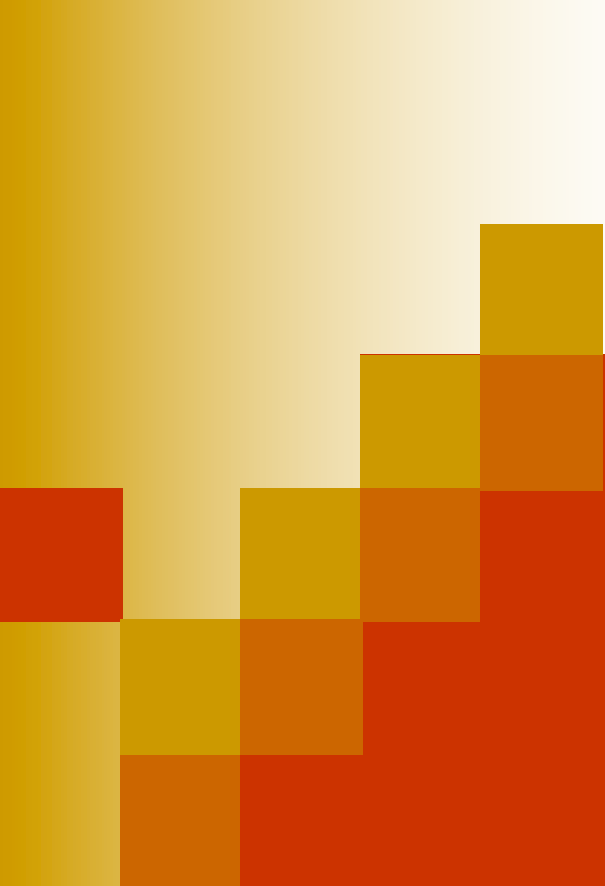




Diseño de placas asistido por computadora

Diseño Integrado de Sistemas Embebidos

Esteban Daniel Volentini

evolentini@gmail.com

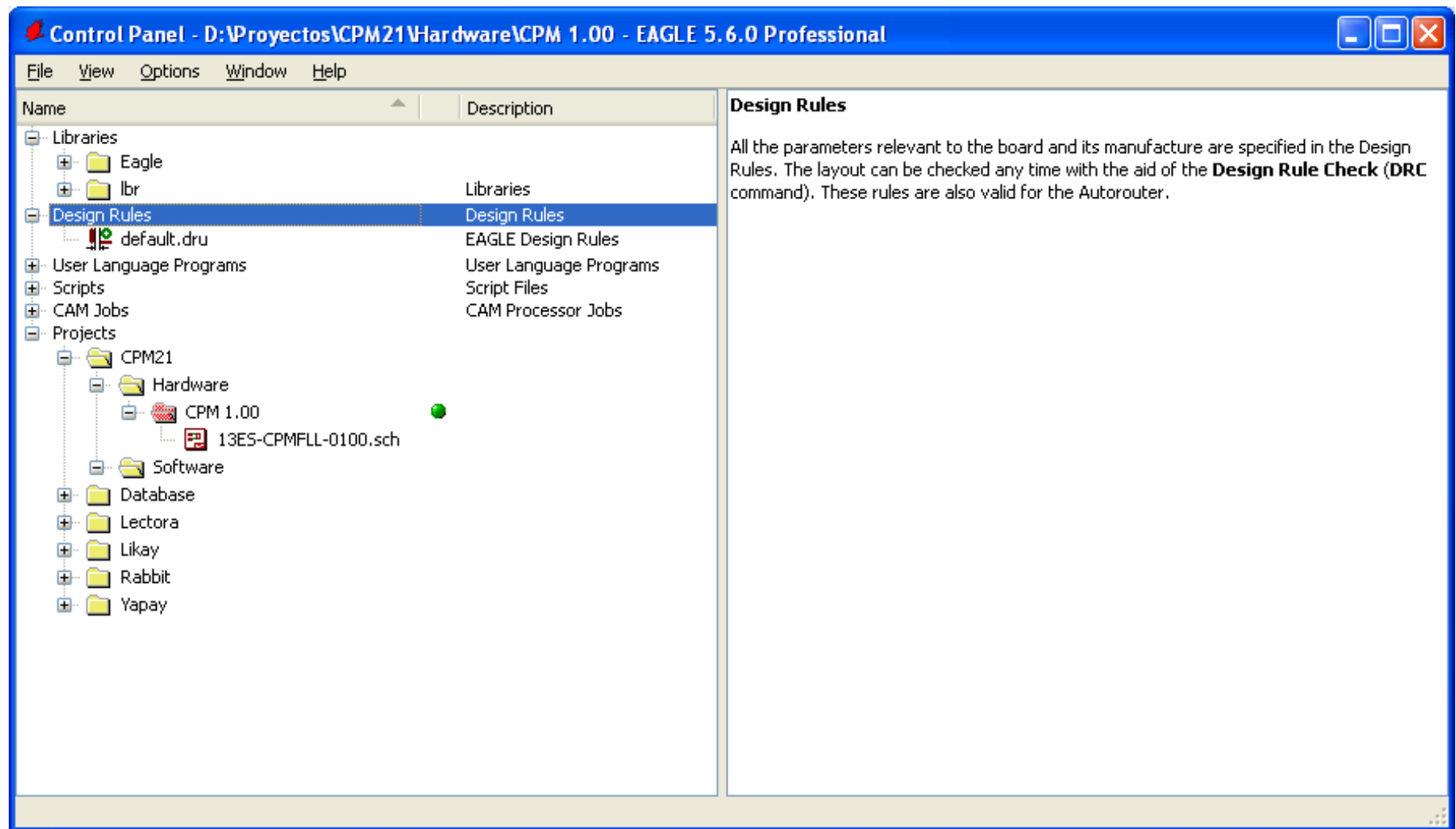
<http://www.microprocesadores.unt.edu.ar/sistemasembebidos>



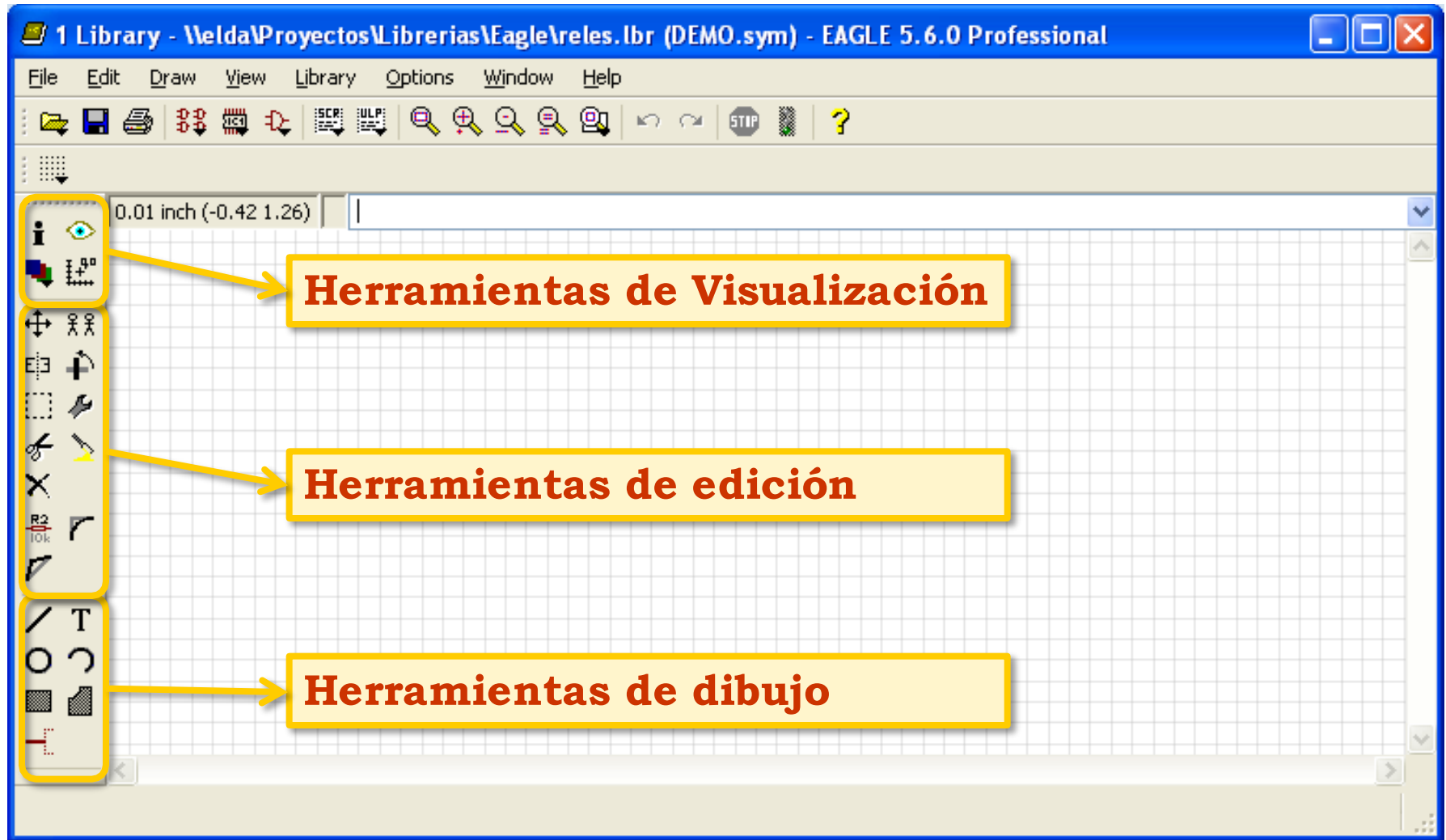
Organización del programa

- Presenta un explorador propio
 - Configuración general
 - Librerías de componentes
 - Reglas de diseño
 - Programas en Lenguaje de Usuario
 - Scripts de Automatización
 - Exportaciones a Mecanizados
 - Proyectos Personales
 - Diseños de Esquemáticos
 - Diseños de circuitos impresos

Organización del programa



Barras de Herramientas



Visualización y edición

-  Mostrar las propiedades del objeto
-  Resaltar el objeto y las líneas de conexión
-  Administrar capas
-  Establecer centro para coordenadas polares
-  Mover el objeto o grupo
-  Copiar el objeto o grupo
-  Espejar el objeto o grupo
-  Rotar el objeto o grupo
-  Selecciona un grupo de objetos
-  Cambiar las propiedades de un objeto
-  Cortar el objeto o grupo
-  Pegar los objetos o grupos previamente cortados
-  Borrar los objeto o grupo

Edición específicas

-  Agregar una parte de la librería
-  Invertir pines equivalentes de un componente
-  Reemplazar un componente por otro similar
-  Bloquear la posición del componente en la placa
-  Editar el nombre de un componente o símbolo
-  Editar el valor de un componente
-  Ajustar independientemente la posición del nombre y valor
-  Redondear un trazo en ángulo
-  Dividir un trazo en dos segmentos
-  Optimiza un trazo eliminando puntos intermedios
-  Invoca a compuertas adicionales de un componente existentes
-  Selecciona una señal (netlist) para rutearla en el impreso
-  Elimina el ruteado de una señal (netlist)

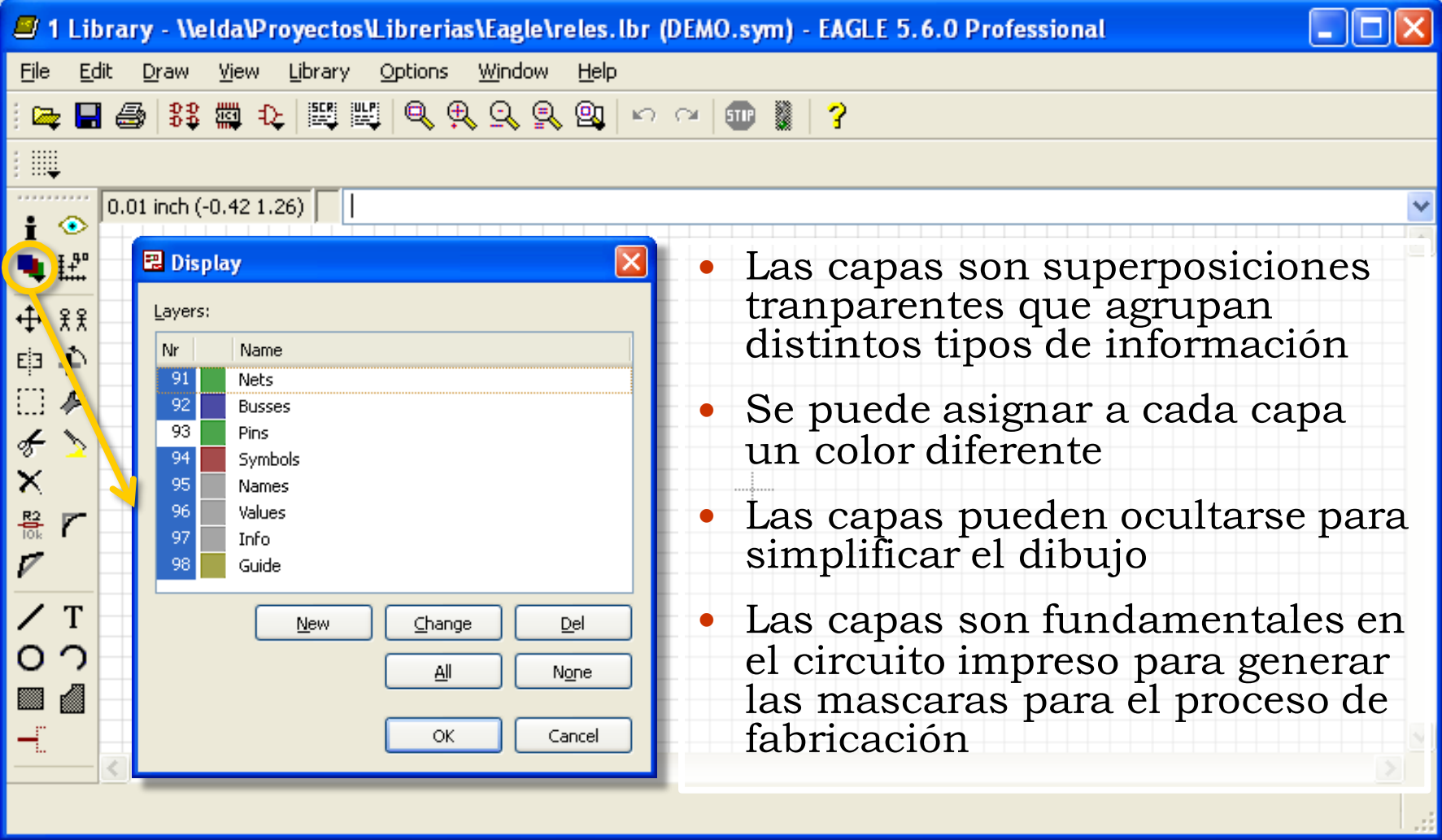
Dibujo en general

-  Trazar una línea
-  Insertar un bloque de texto
-  Trazar un círculo
-  Trazar un arco de círculo
-  Trazar un área rellena rectangular
-  Trazar un área rellena poligonal

Dibujo especificas

-  Dibujar un conjunto de señales (bus)
-  Conectar una señal (netlist)
-  Insertar un punto de interconexión de señales (junction)
-  Insertar un etiqueta con el nombre de la señal (label)
-  Editar los atributos del componente
-  Inserta un terminal (pin) en un símbolo (gate)
-  Inserta un pad convencional o una via
-  Inserta un pad de montaje superficial
-  Inserta una perforación sin metalizado
-  Inserta una señal (netlist) en el circuito impreso (no se usa)

Capas de Dibujo



1 Library - Welda\Proyectos\Librerias\Eagle\reles.lbr (DEMO.sym) - EAGLE 5.6.0 Professional

File Edit Draw View Library Options Window Help

0.01 inch (-0.42 1.26)

Display

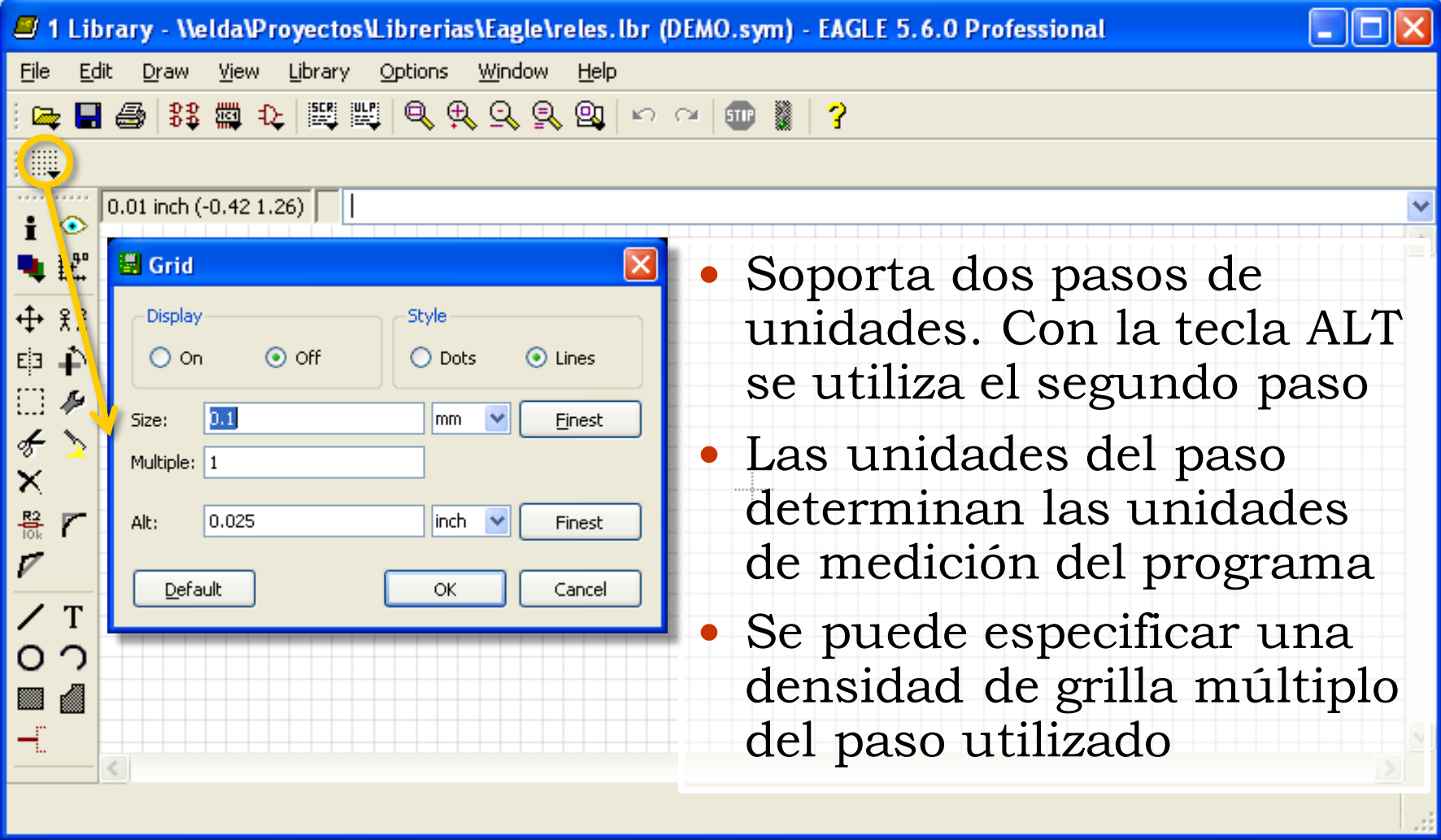
Layers:

Nr	Name
91	Nets
92	Busses
93	Pins
94	Symbols
95	Names
96	Values
97	Info
98	Guide

New Change Del All None OK Cancel

- Las capas son superposiciones transparentes que agrupan distintos tipos de información
- Se puede asignar a cada capa un color diferente
- Las capas pueden ocultarse para simplificar el dibujo
- Las capas son fundamentales en el circuito impreso para generar las mascarillas para el proceso de fabricación

Grilla y Unidades



1 Library - Velda\Proyectos\Librerias\Eagle\reles.lbr (DEMO.sym) - EAGLE 5.6.0 Professional

File Edit Draw View Library Options Window Help

0.01 inch (-0.42 1.26)

Grid

Display: ☐ On ☒ Off

Style: ☐ Dots ☒ Lines

Size: 0.1 mm

Multiple: 1

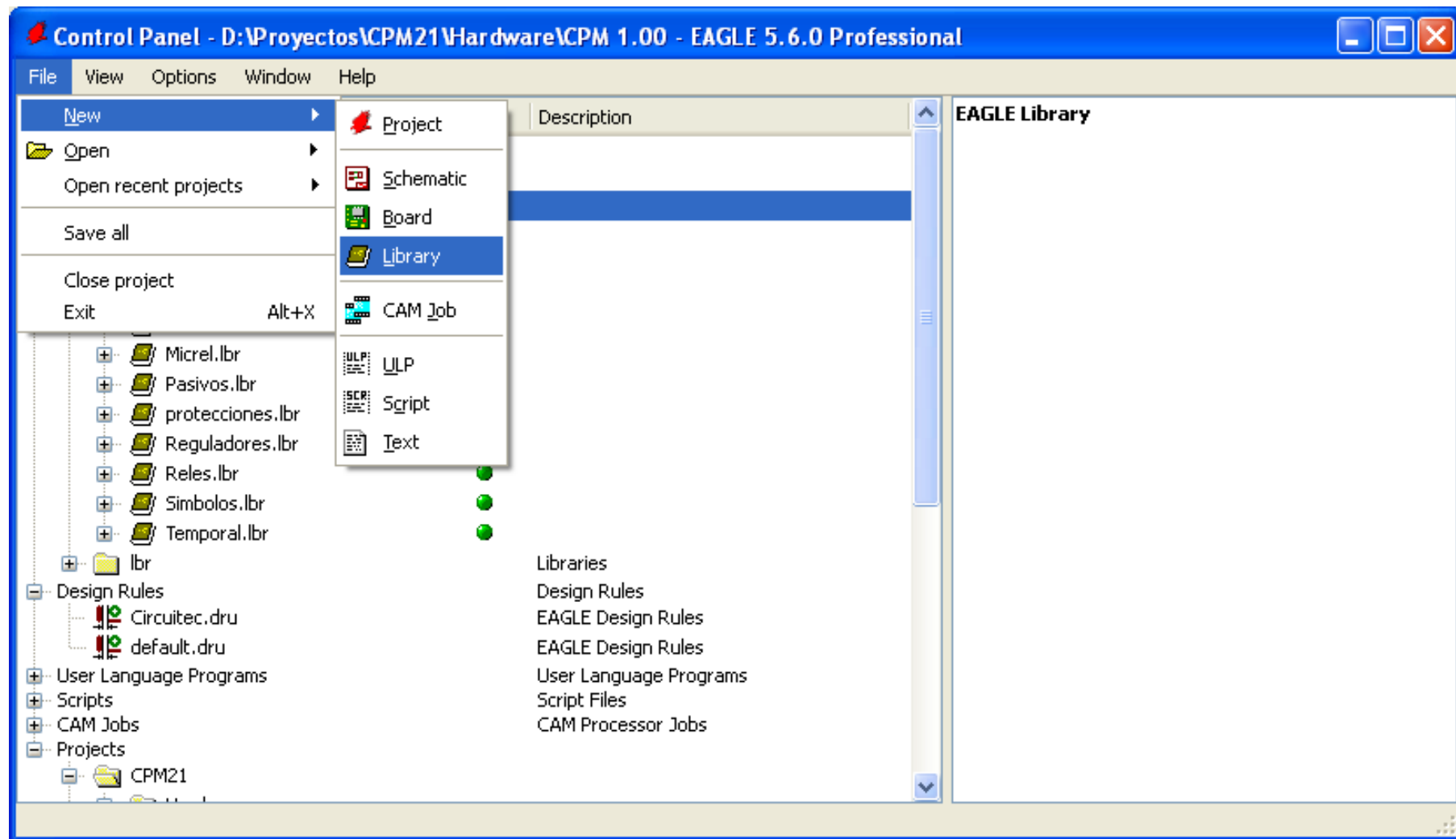
Alt: 0.025 inch

- Soporta dos pasos de unidades. Con la tecla ALT se utiliza el segundo paso
- Las unidades del paso determinan las unidades de medición del programa
- Se puede especificar una densidad de grilla múltiplo del paso utilizado

Librerías de Componentes

- Las librerías (libraries) agrupan las definiciones de los componentes
- La misma se compone de tres aspectos:
 - Símbolo eléctrico para cada uno de los tipos de compuertas o dispositivos del componentes para el diseño esquemático.
 - Encapsulado físico del componente y “pisada” del mismo en el circuito impreso.
 - Cantidad de compuertas o dispositivos y relación con el encapsulado físico en cada las variantes del componente
- Los componentes deben estar definidos antes de poder utilizarlos

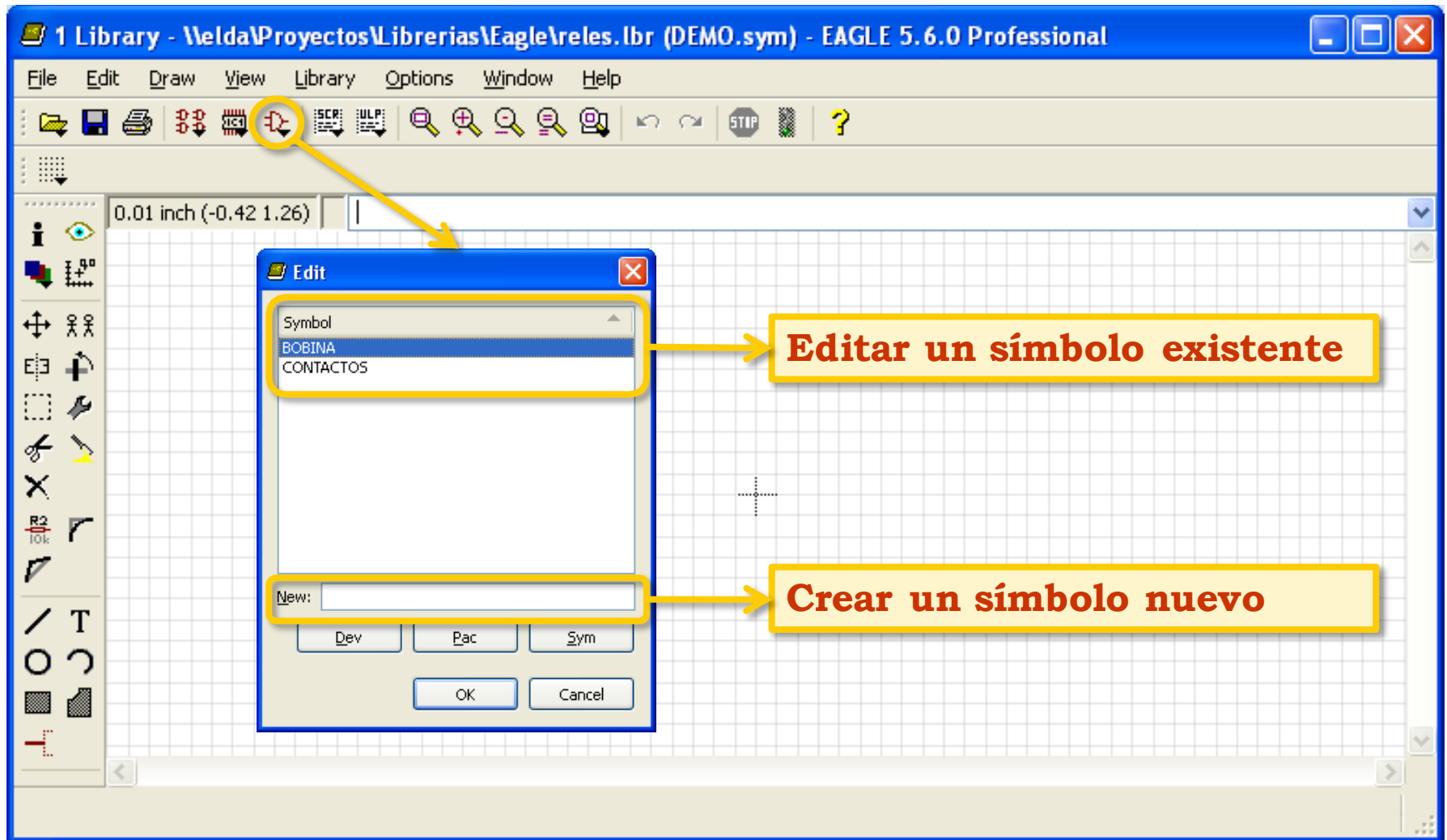
Edición de una librería



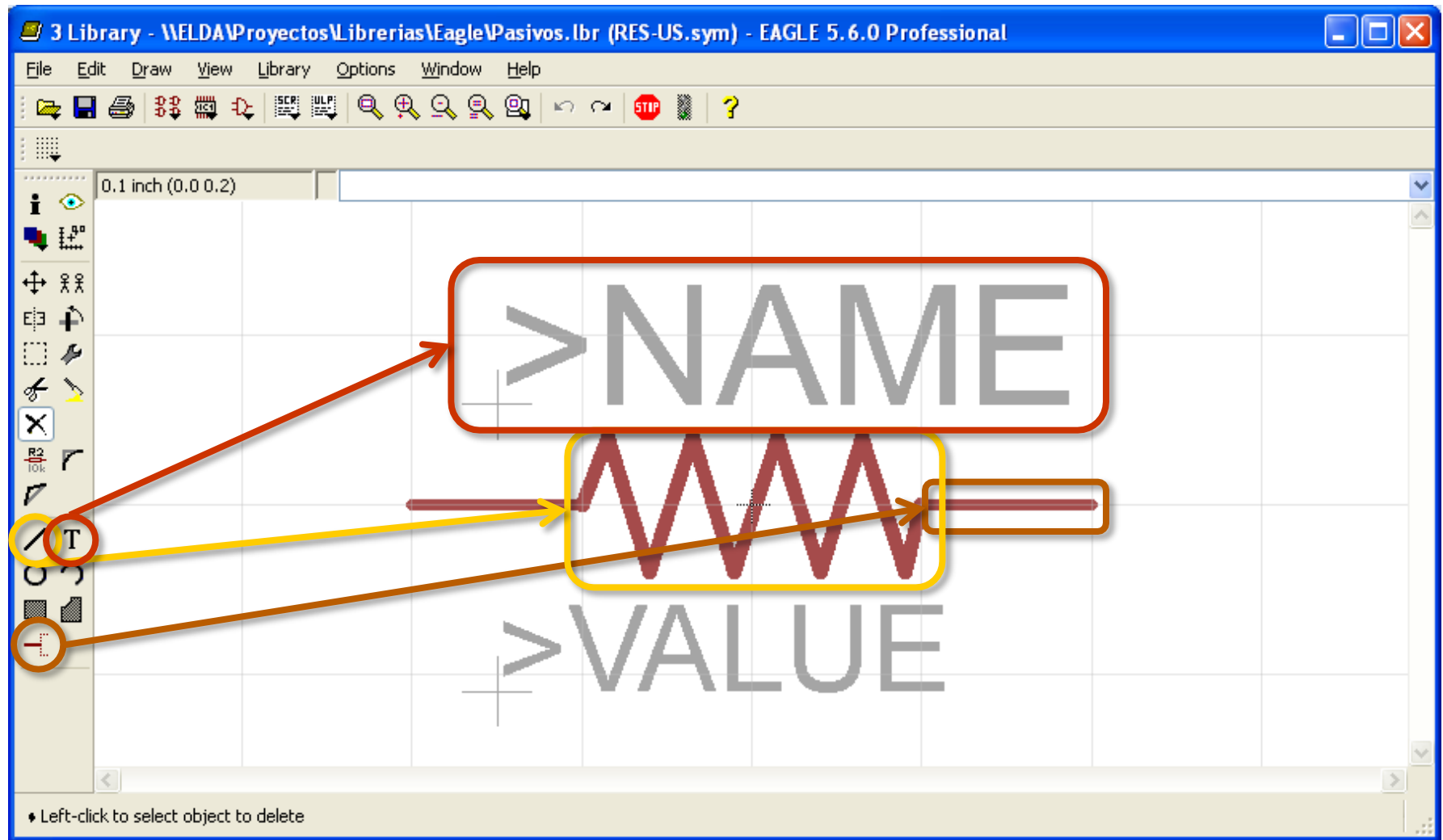
Componente: Gate

- Un símbolo (symbol) es la representación de un dispositivo (gate) con la cual se lo representa en el diagrama esquemático.
- Un componente puede tener mas de un dispositivo de un mismo tipo
- Adicionalmente un componente puede tener mas de un tipo de dispositivo
- Un mismo símbolo puede ser utilizado para varios componentes dentro de la misma librería, no así entre componentes de distintas librerías.

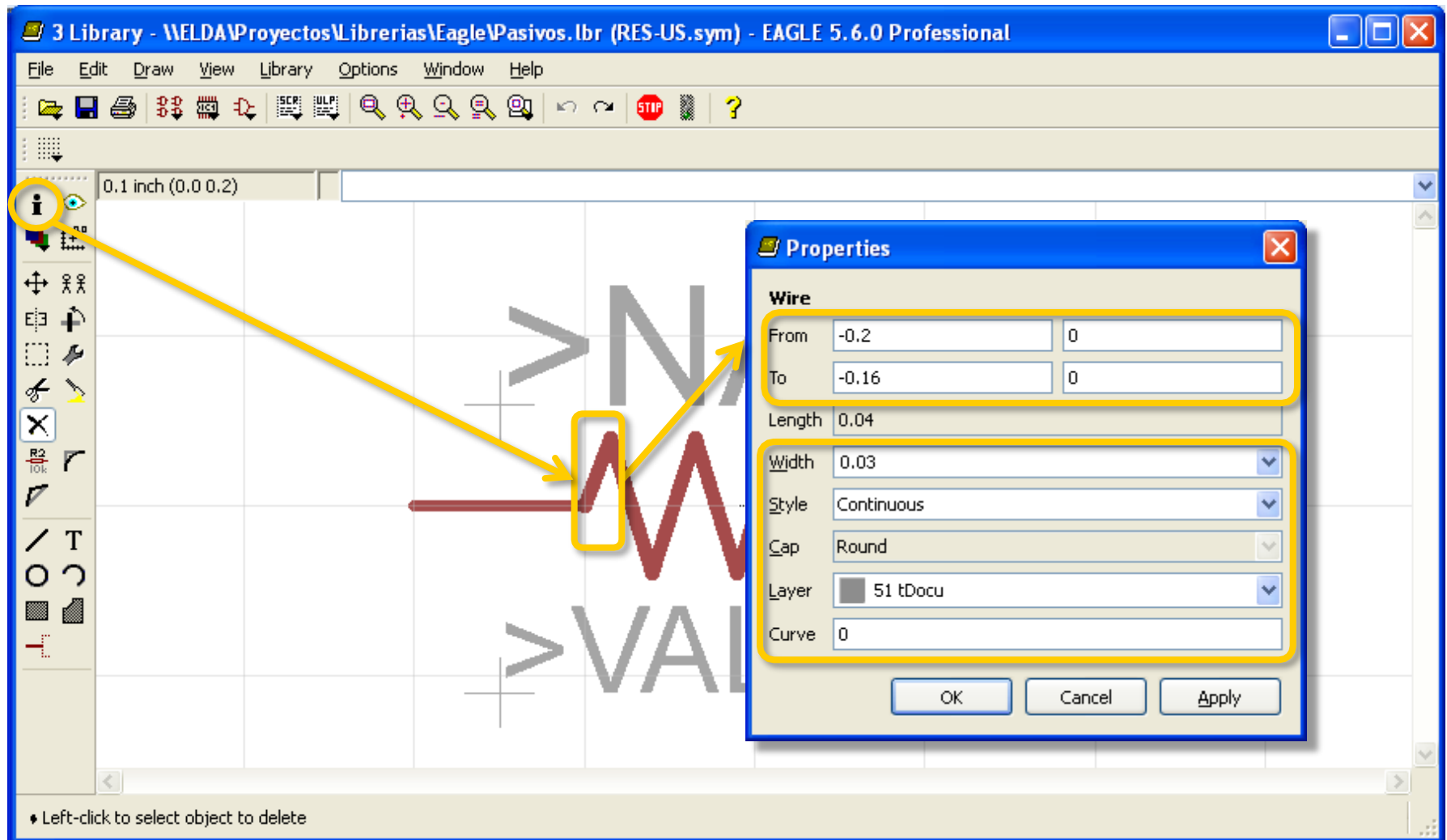
Componentes: Gate



Componentes: Gate



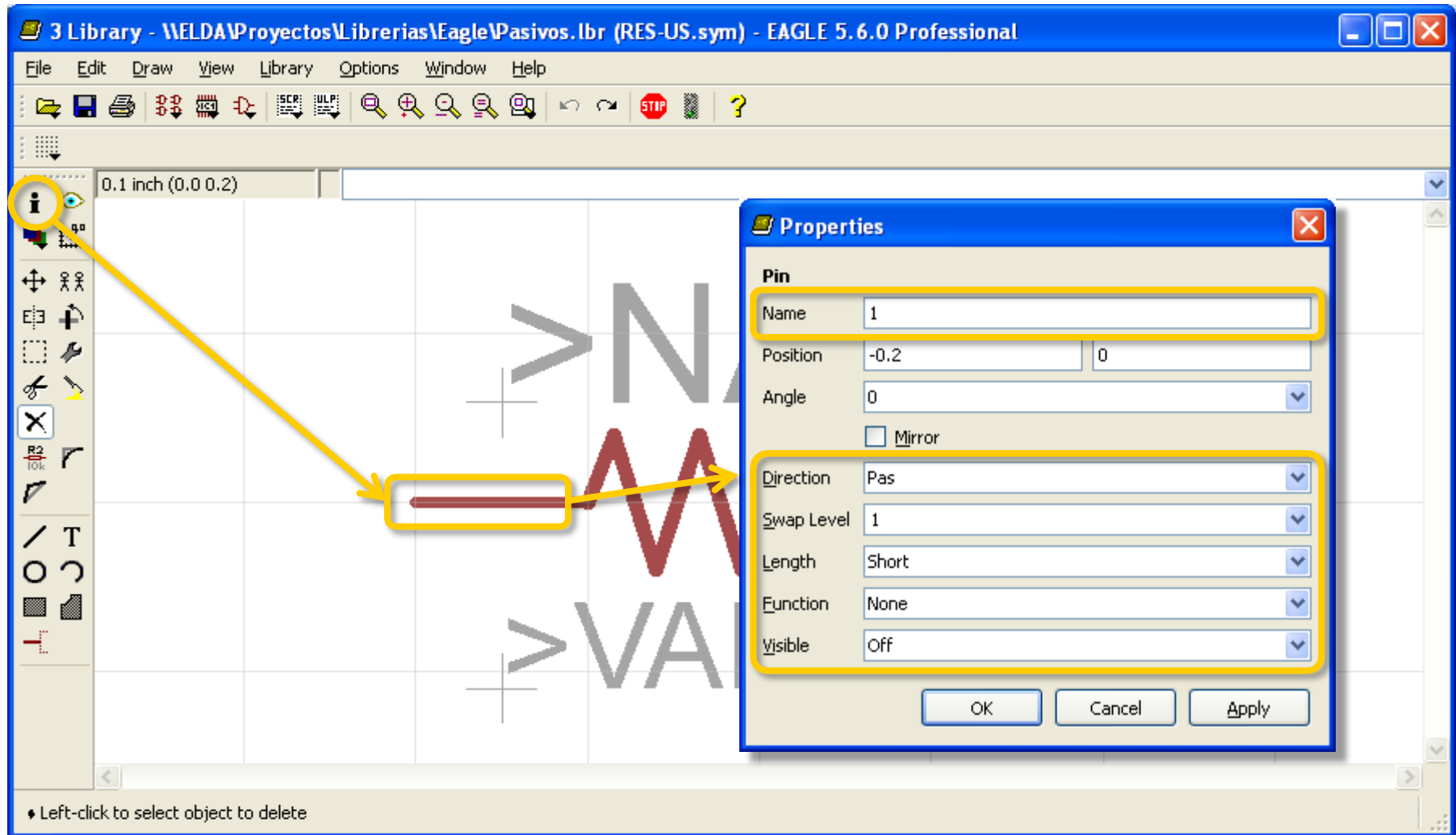
Componentes: Gate



Propiedades de las líneas

- From, To
 - Permite ingresar las coordenadas exactas de los extremos
- Width
 - Ancho del trazo
- Style
 - Tipo de trazo
- Cap
 - Redondeado de las equinas
- Layer
 - Capa en la que se debe dibujar el trazo
- Curve
 - Angulo para convertir el segmento en curva

Componentes: Gate



Propiedades de los terminales

- Nombre del pin
 - Lo identifica en forma única, no puede repetirse en el símbolo
 - Para nombrar varios pines con la misma señal se utiliza el @
- Dirección del pin
 - NC: Sin Conexión
 - In: Entrada
 - Out: Salida
 - I/O: Bidireccional
 - OC: Salida a colector abierto
 - HiZ: Salida Tri-state (con Posibilidad de alta impedancia)
 - Pas: Terminal pasivo
 - Pwr: Terminal para entrada de alimentación
 - Sup: Teminal de fuente de alimentación



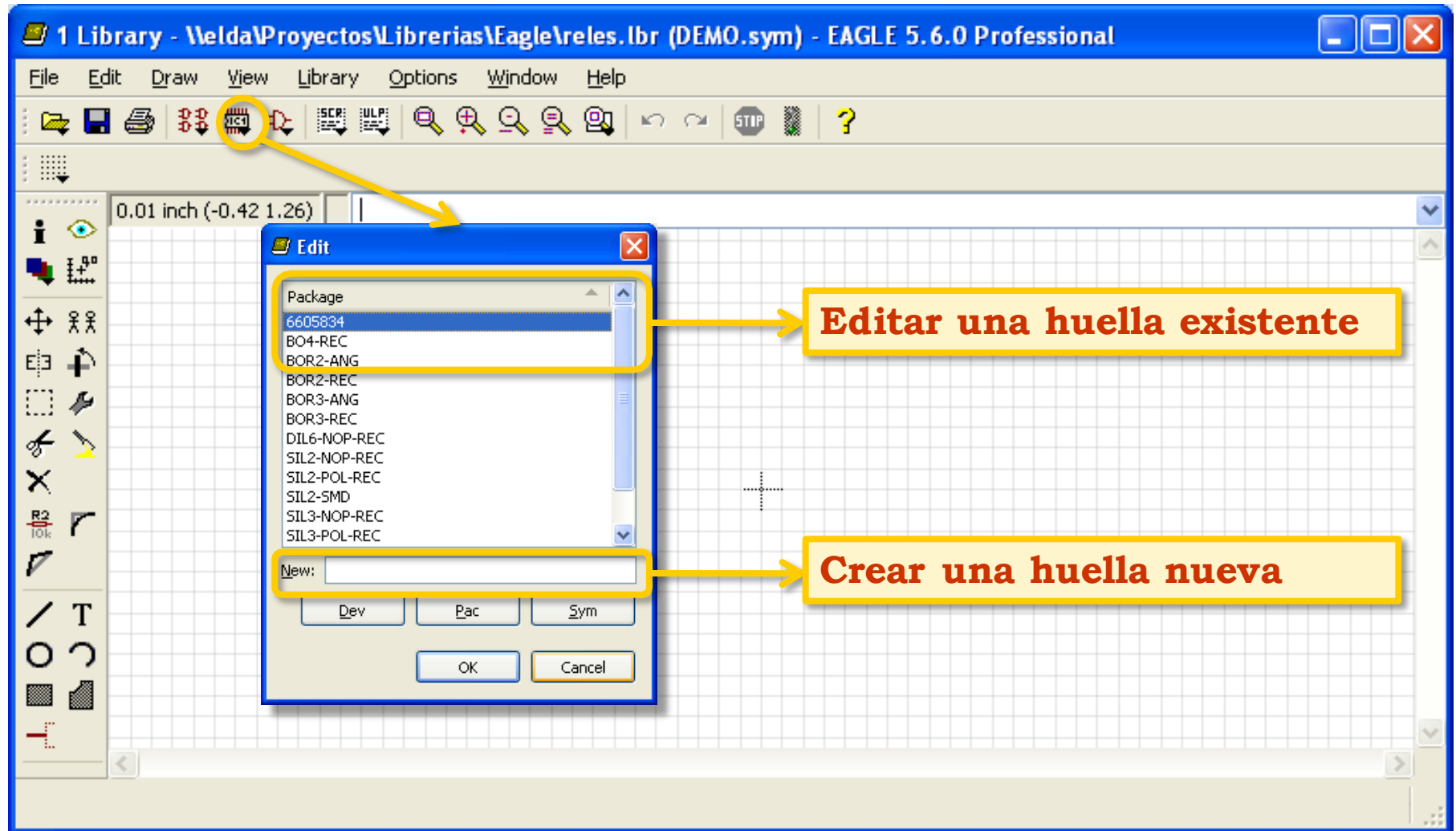
Propiedades de los terminales

- Swaplevel
 - Determina que pines son equivalentes y pueden intercambiarse
- Length
 - Largo del trazo que representa al terminal
- Function
 - Normal
 - Inversor
 - Por flanco
 - Por flanco inversor
- Visible
 - Visibilidad de las etiquetas de nombre y numero de pad

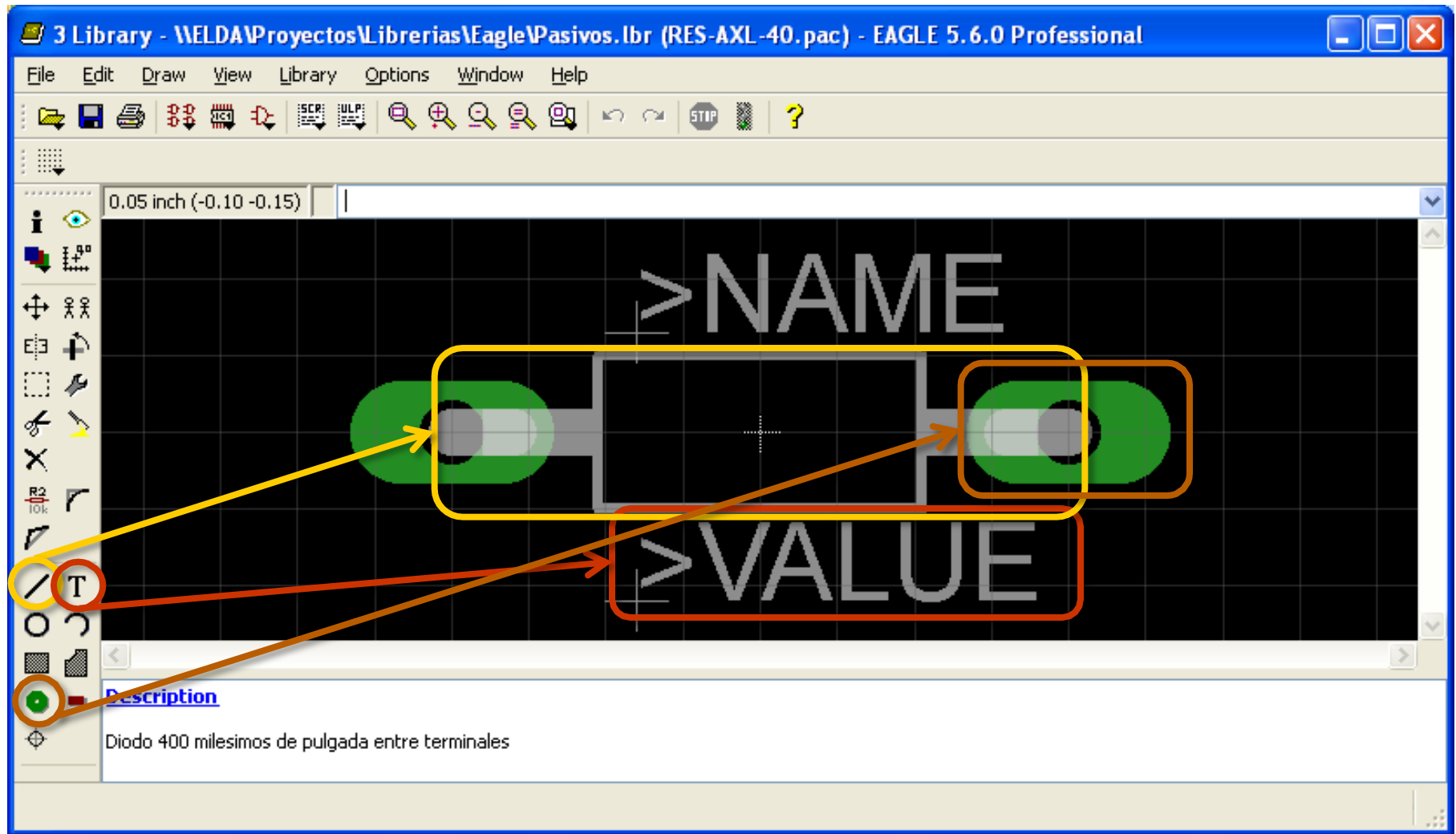
Componentes: Package

- La huella(*package*) es la ocupación de un componente (*device*) en el circuito impreso.
- Un componente puede estar disponible en mas de un encapsulado.
- Un mismo encapsulado puede generar distintos huellas sobre el impreso en función de la forma de montarlo.
- Una huella puede ser utilizado para varios componentes.

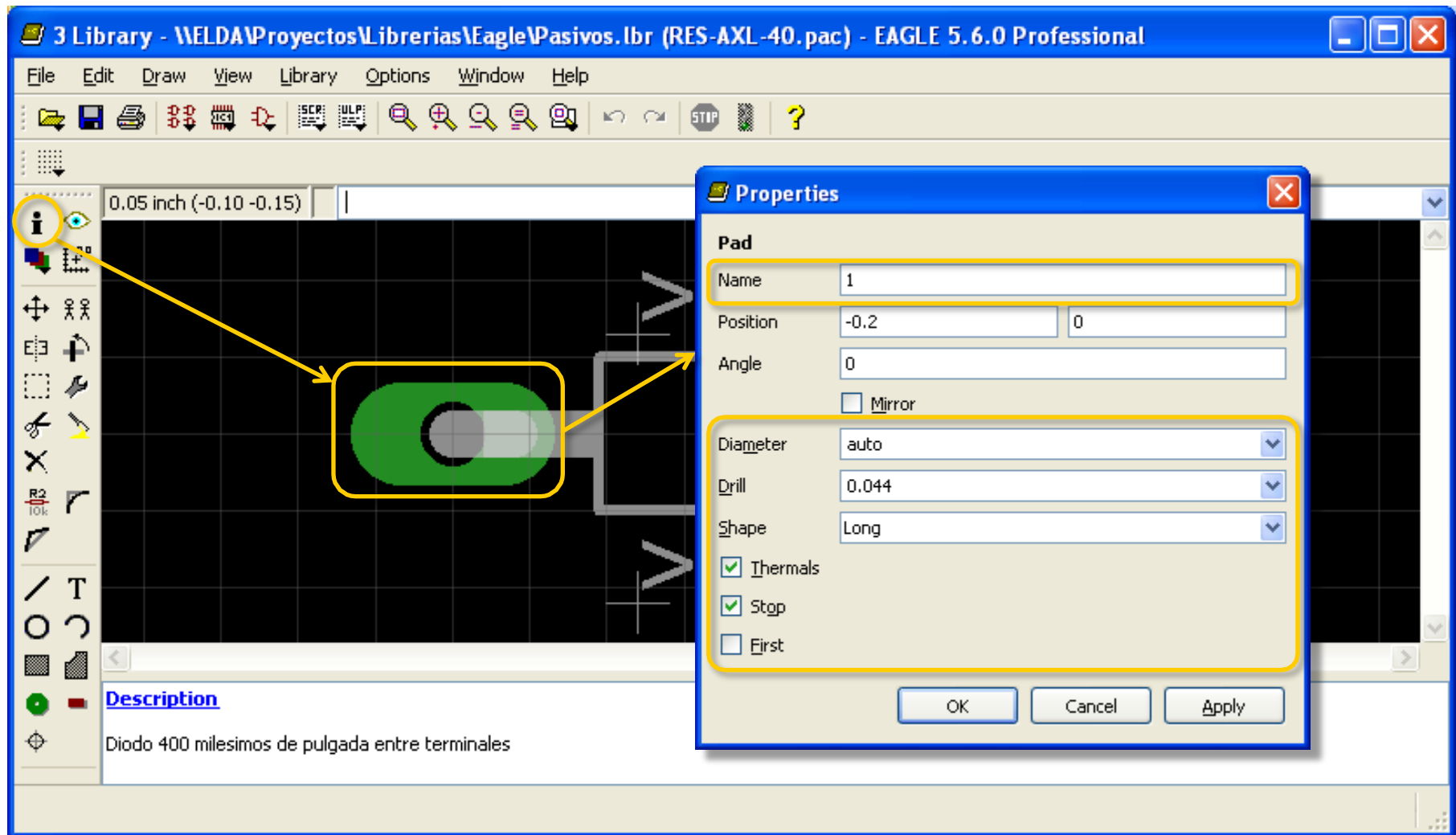
Componentes: Package



Componentes: Package



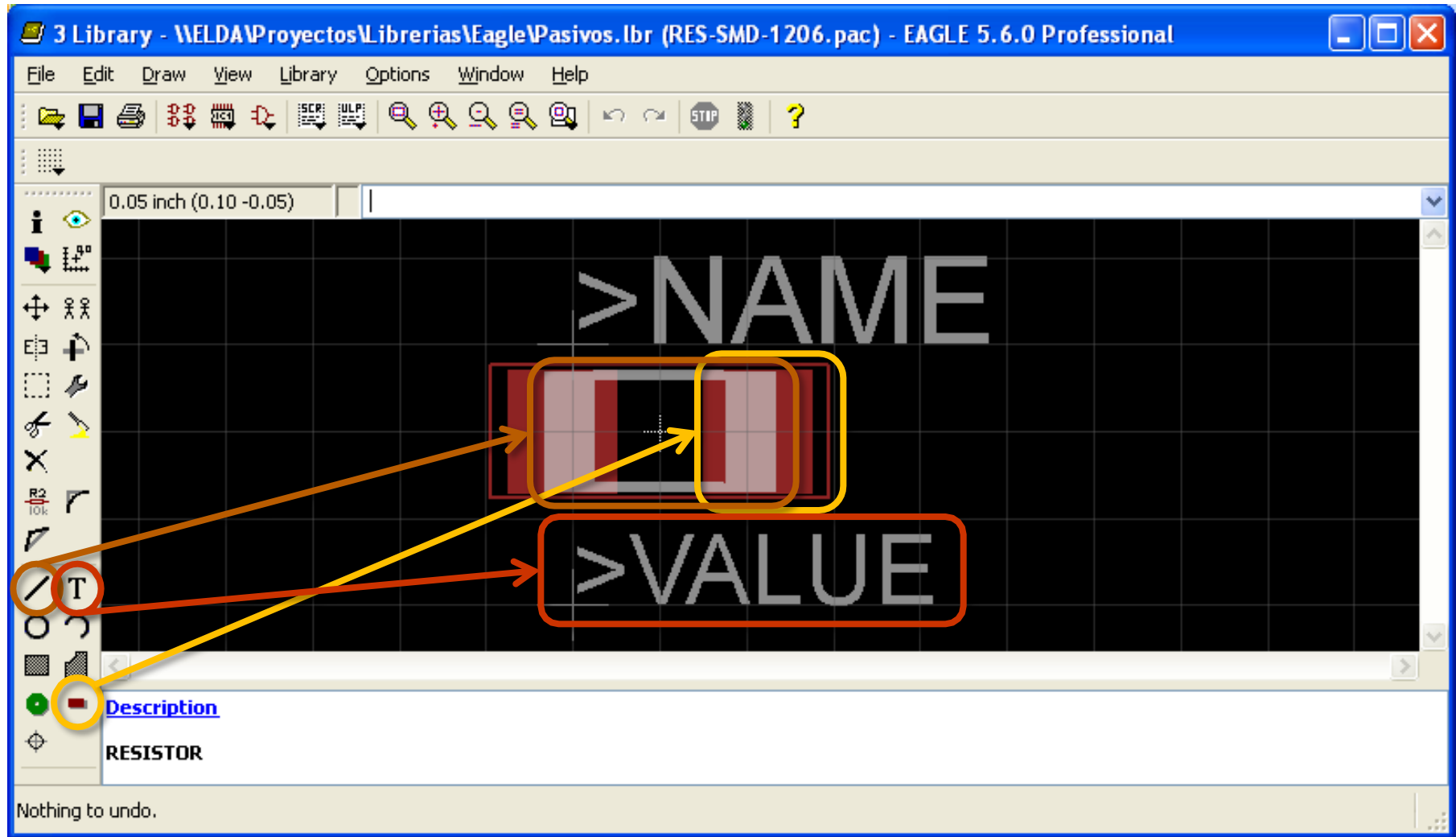
Componentes: Package



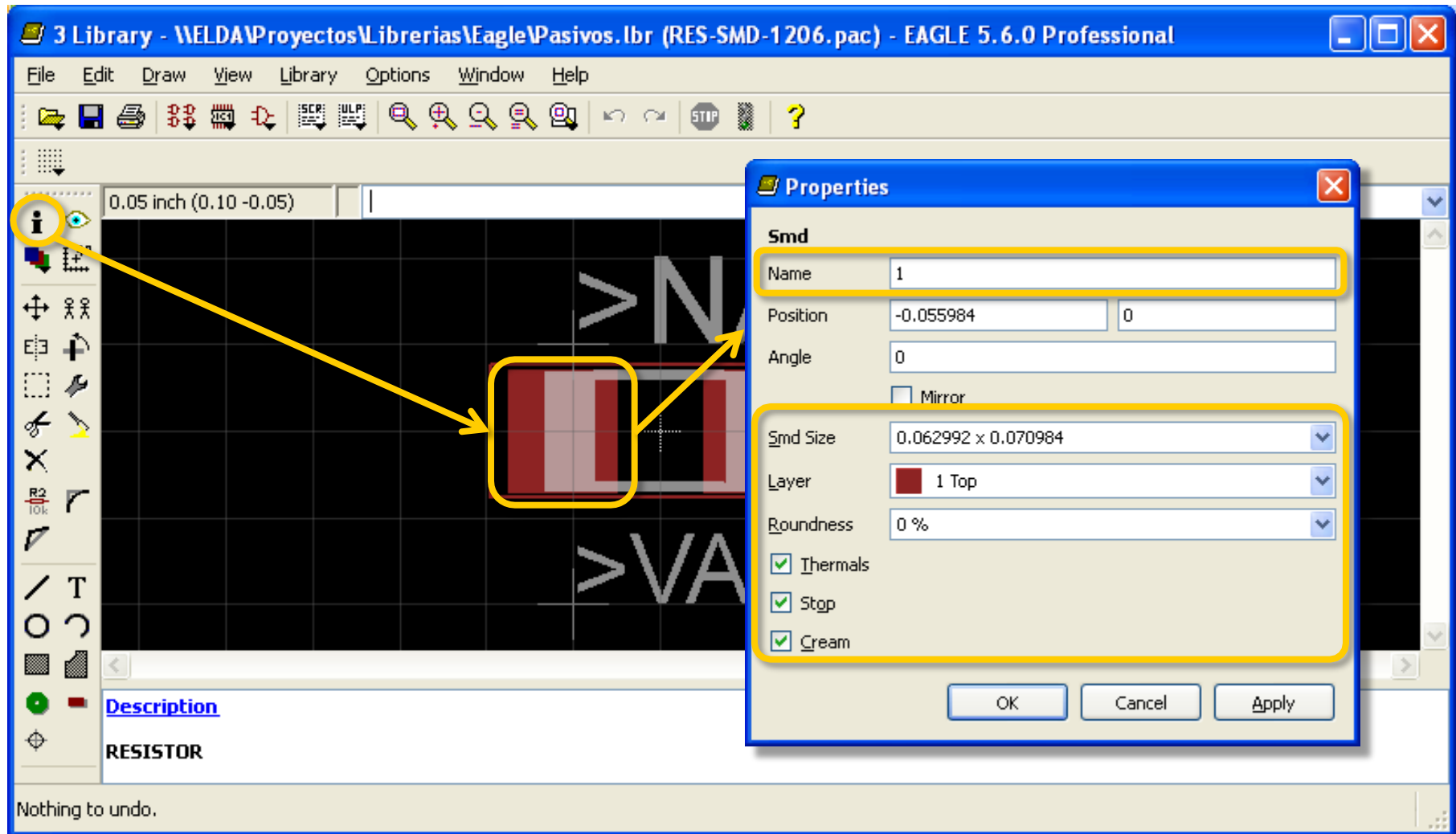
Propiedades de los Pads

- Nombre
 - Lo identifica en forma única, no puede repetirse en el encapsulado
- Diameter
 - Diámetro del pad.
 - En general se calcula automáticamente en la perforación
- Drill
 - Diámetro de la perforación
- Shape
 - Forma del pad
- Thermal
 - Indica que se realice una conexión del con aislación térmica al vincularlo a un área
- Stop
 - Indica si se debe un calado en la masca antisoldante
- First
 - Indica que se trata del primer terminal

Componentes: Package



Componentes: Package



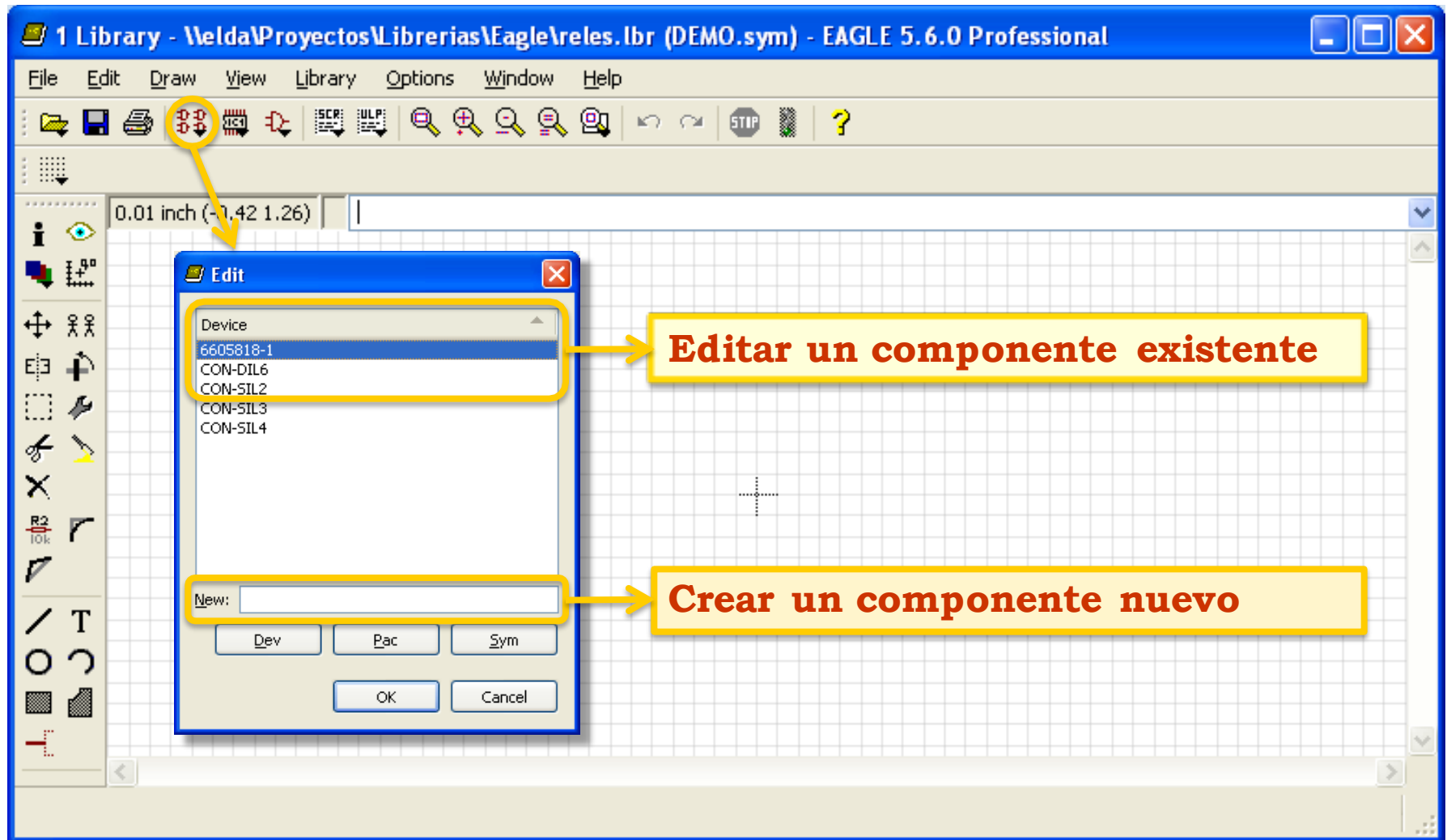
Propiedades de los Pads SMD

- Nombre
 - Lo identifica en forma única, no puede repetirse en el encapsulado
- SMD Size
 - Medidas de ancho y alto del pad
- Layer
 - Capa en la que se dibujará el pad
- Roundness
 - Porcentaje de redondeado de las equinas del pad
- Thermal
 - Indica que se realice una conexión del con aislación térmica al vincularlo a un área
- Stop
 - Indica si se debe un calado en la masca antisoldante
- Cream
 - Indica que se genere un calado en la mascara para el estaño en pasta

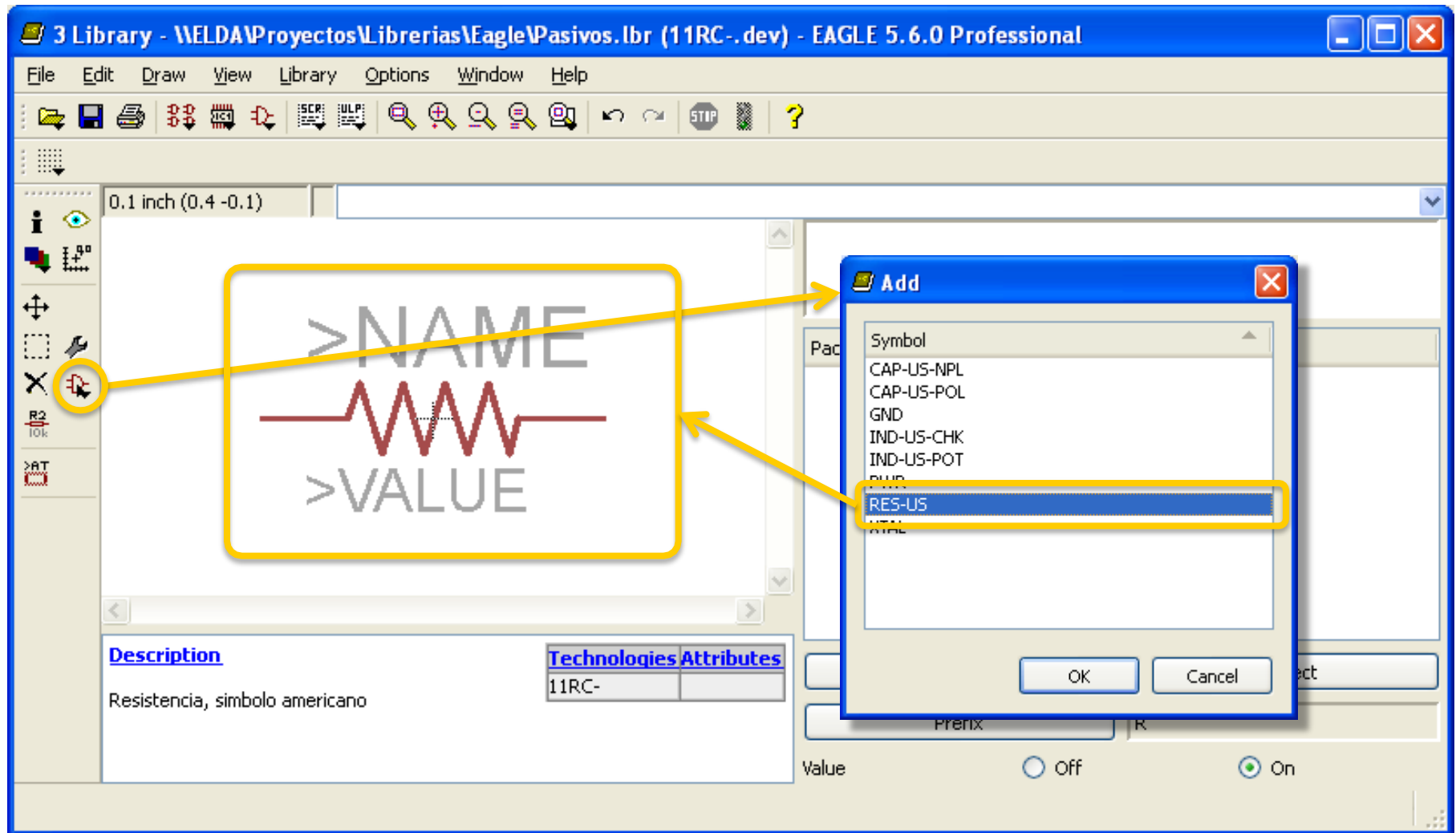
Componentes: Device

- El componente (device) es la definición de la cantidad y tipo de dispositivos (gates) vinculados con las distribución física del mismo en el encapsulado (package).
- Para un mismo dispositivo puede haber mas de una variante de huella o encapsulado.
- Adicionalmente es posible definir para el componente variantes de tecnología y determinar atributos en función de estas variantes

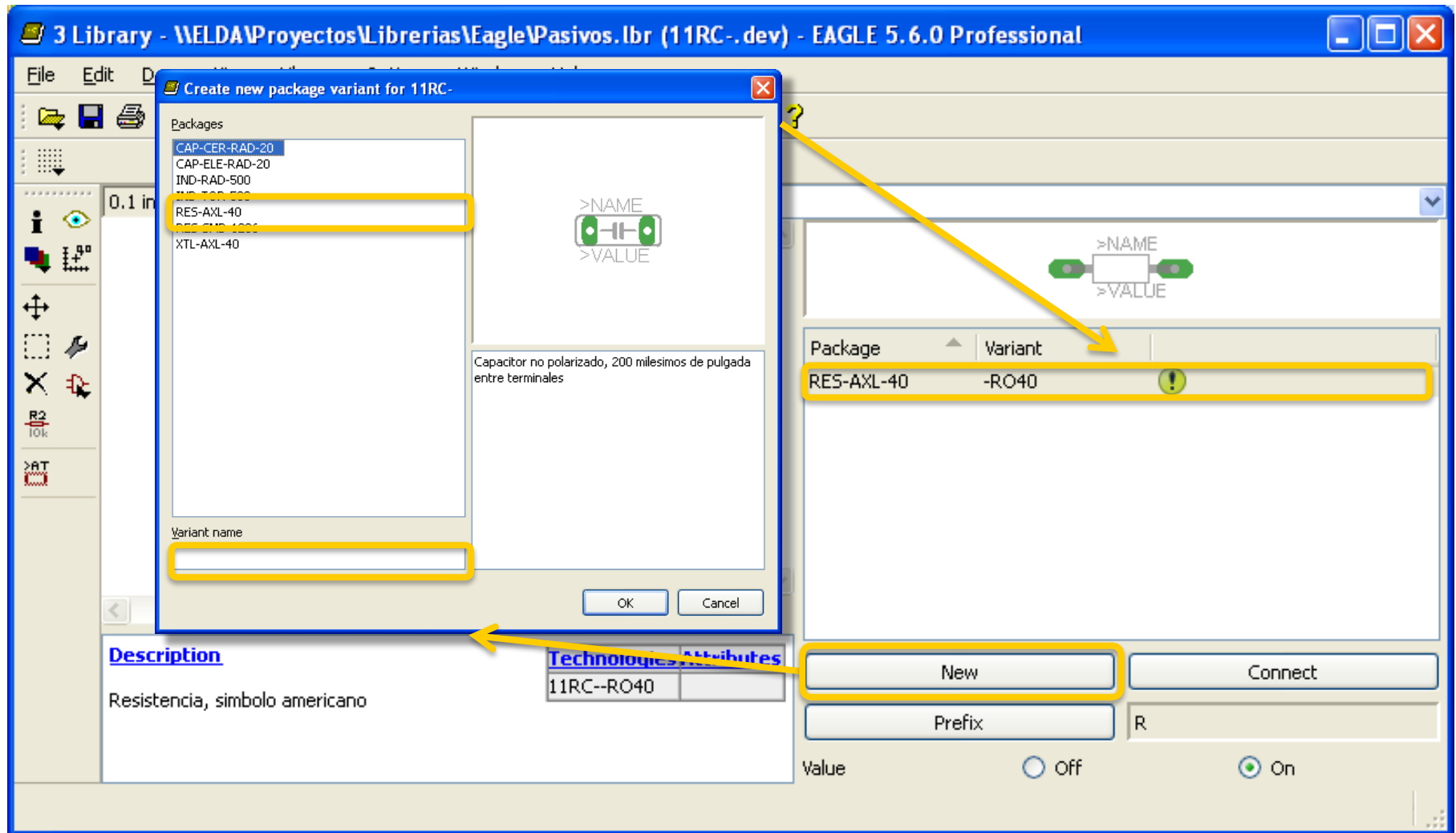
Componentes: Device



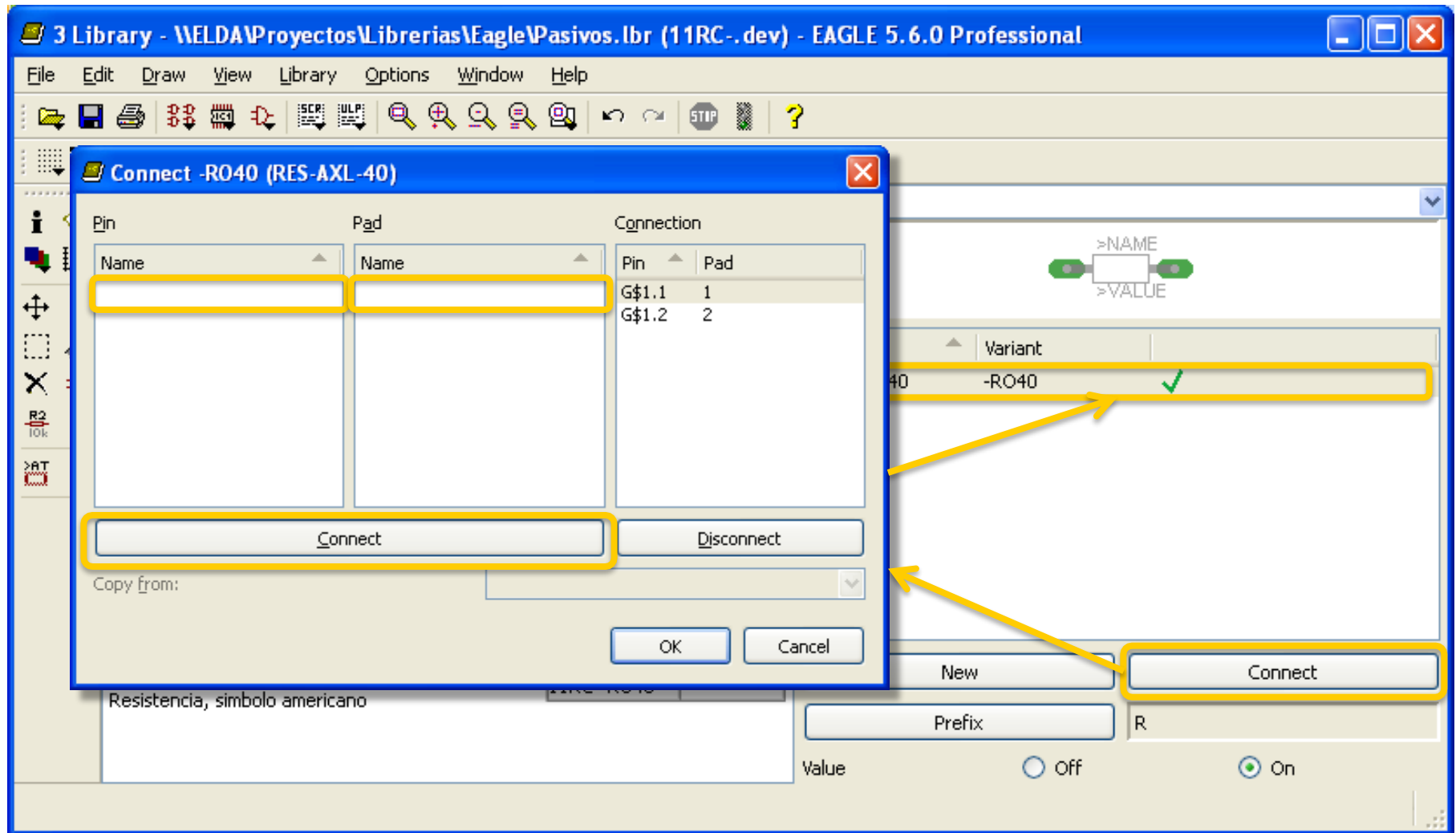
Componentes: Device



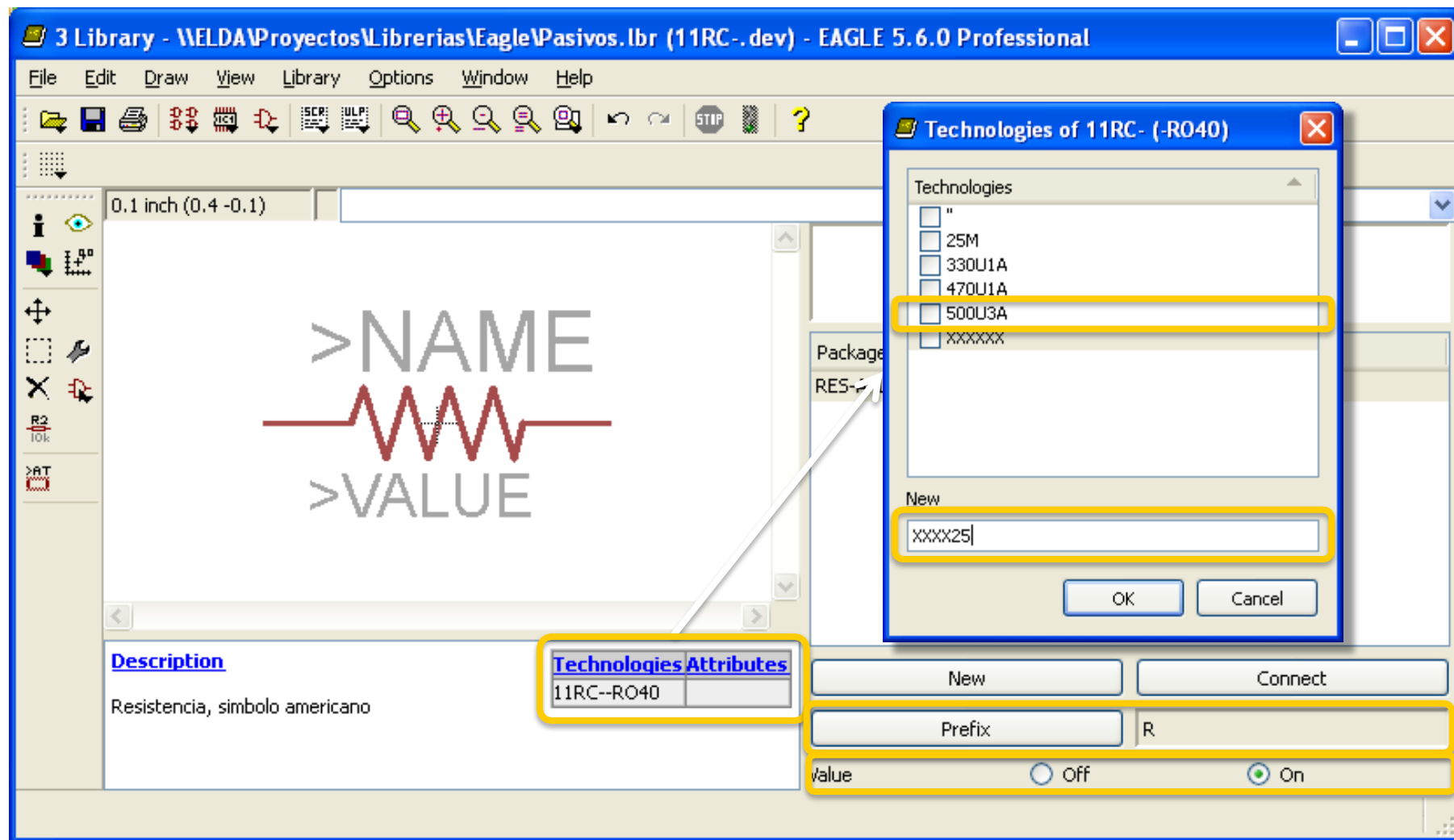
Componentes: Device



Componentes: Device



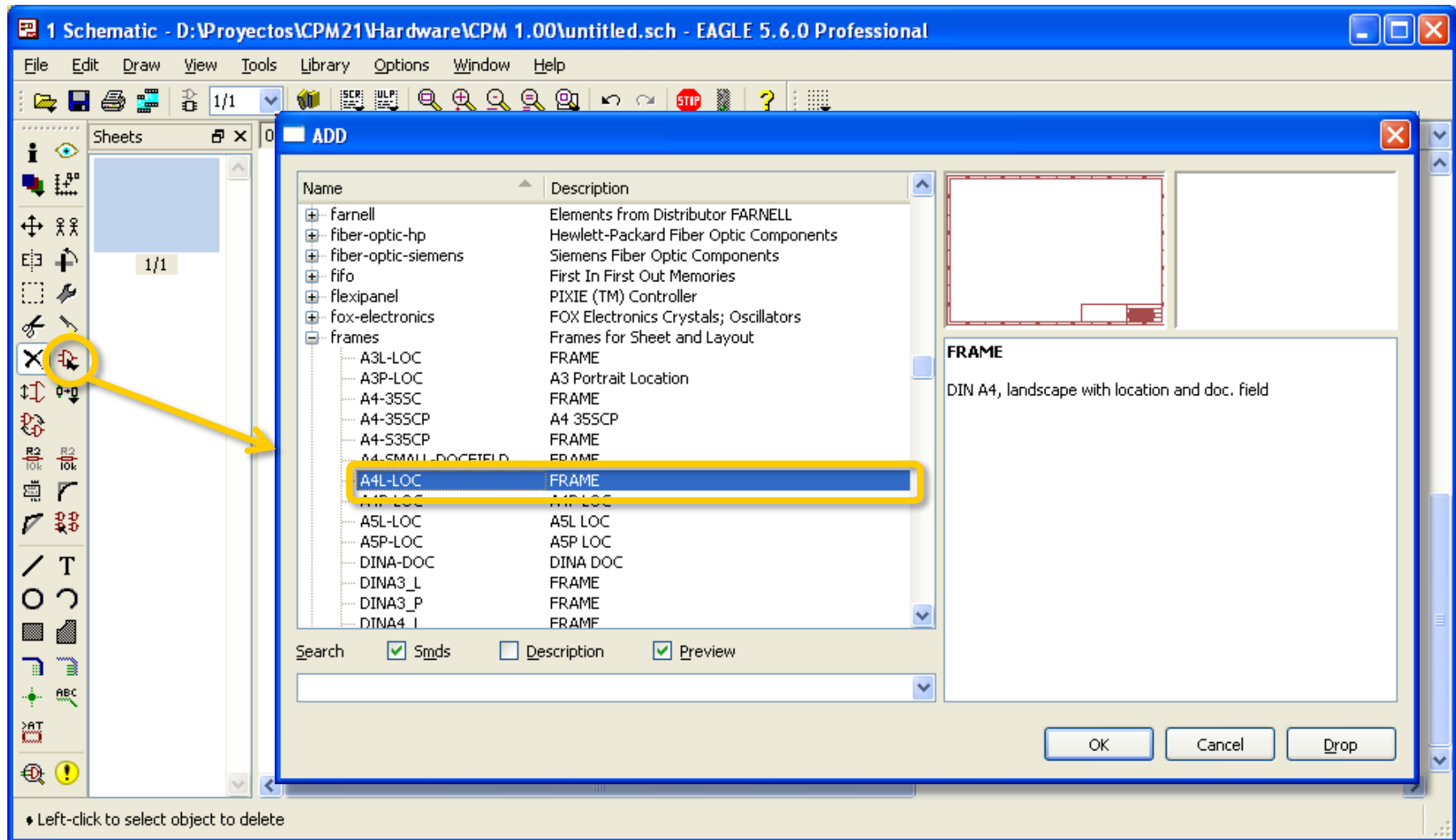
Componentes: Device



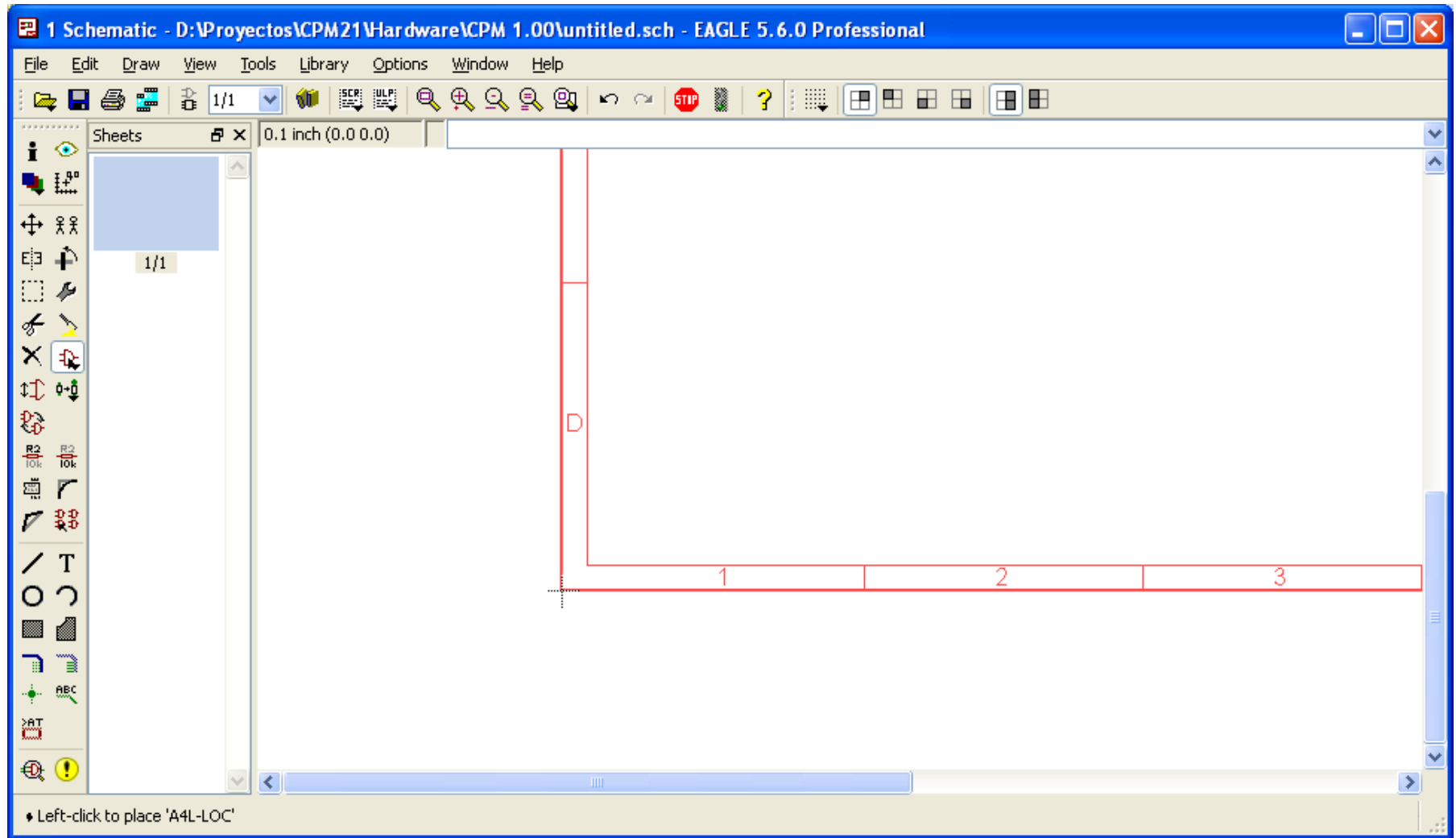
Desarrollo de un esquemático

- Presenta una o más hojas donde se desarrollan los esquemáticos.
- El tamaño de la hoja es indeterminado. En general se determina colocando un marco para delimitar el área a utilizar de la página.
- Los componentes pueden ubicarse en cualquier lugar dentro de las hojas definidas.
- Todas las hojas pertenecen a un mismo diseño, por lo que los nombres de los componentes no se pueden repetir entre hojas.

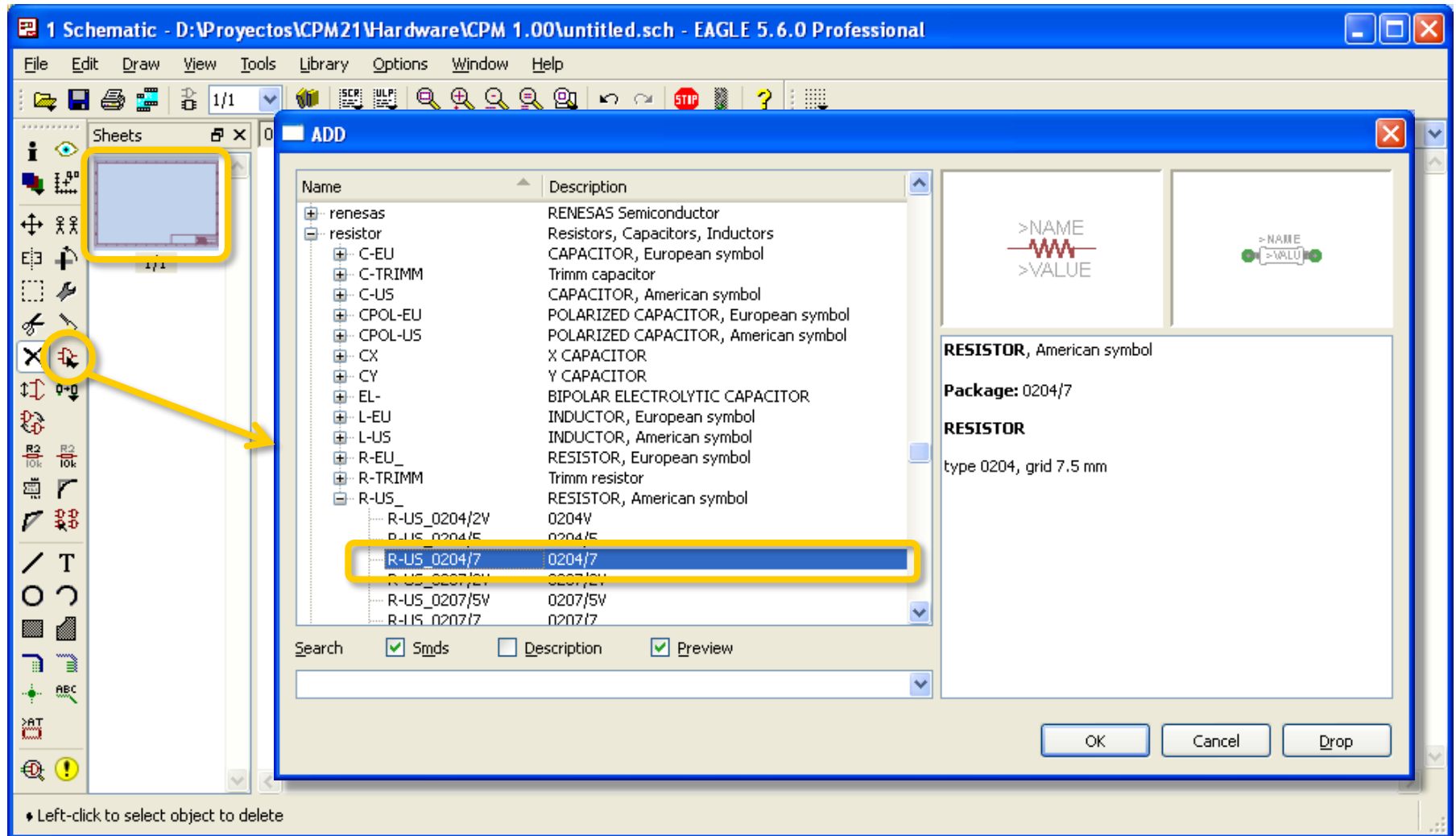
Formato de la página



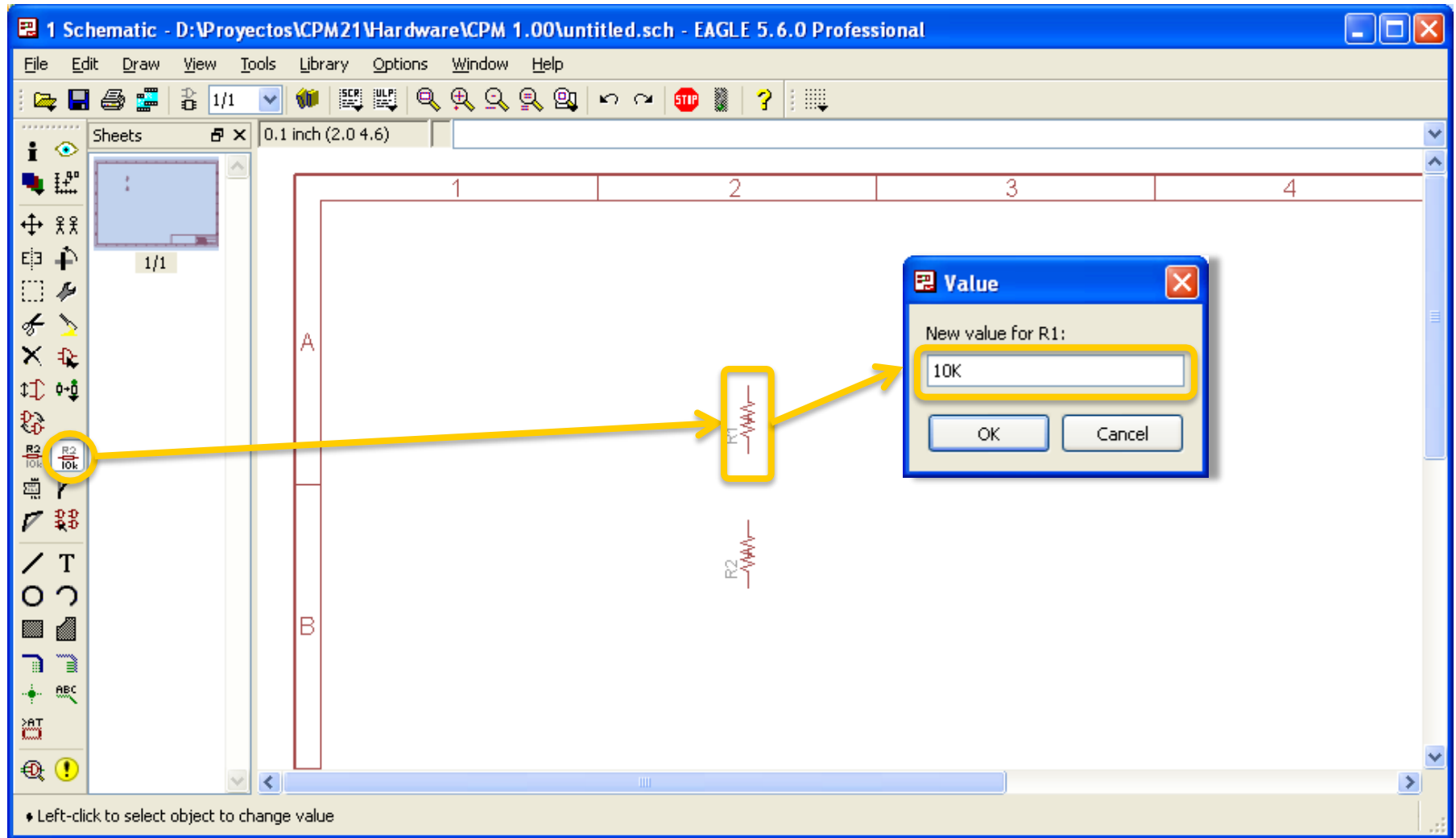
Formato de la página



Agregar un componente



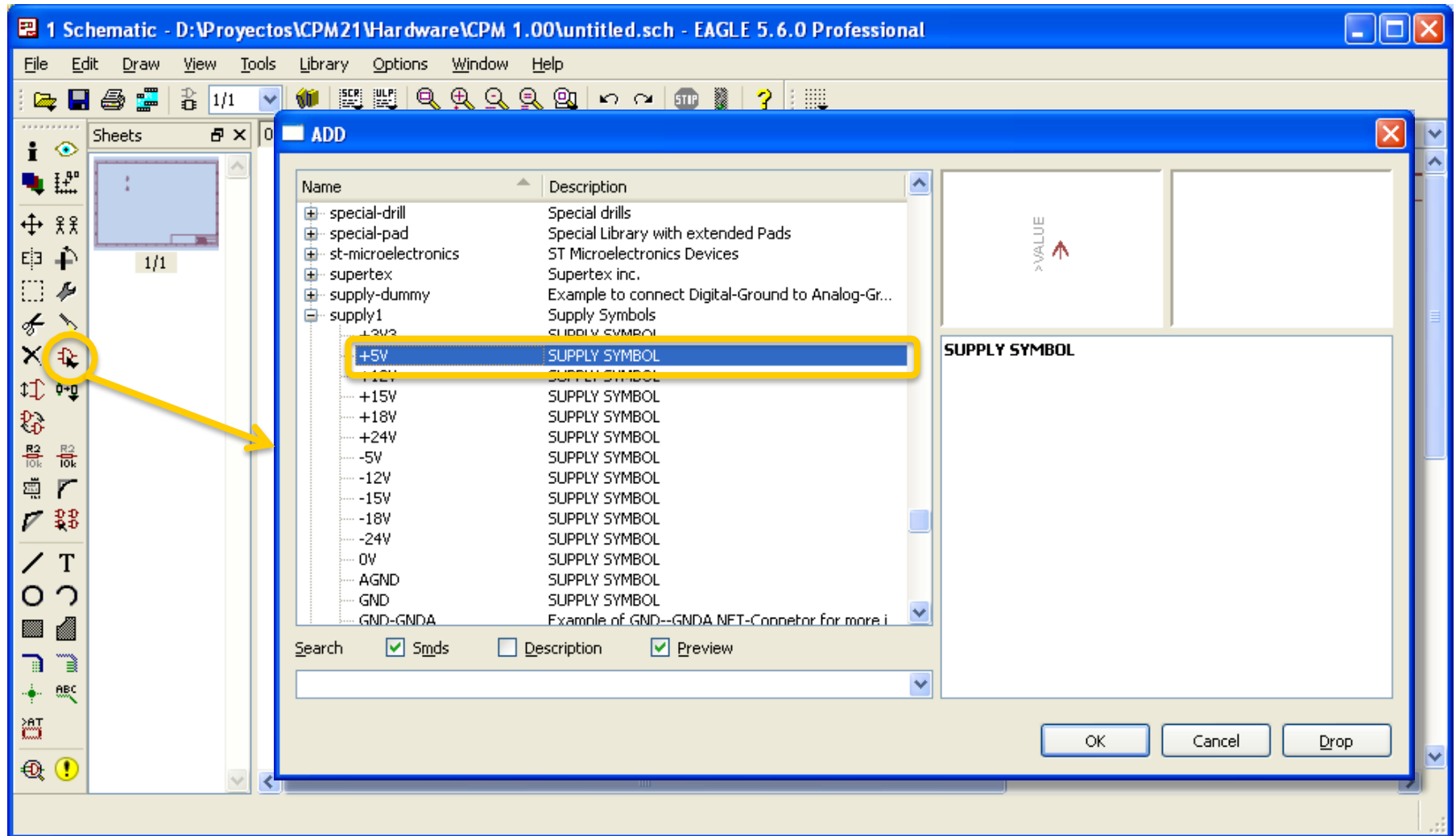
Agregar un componente



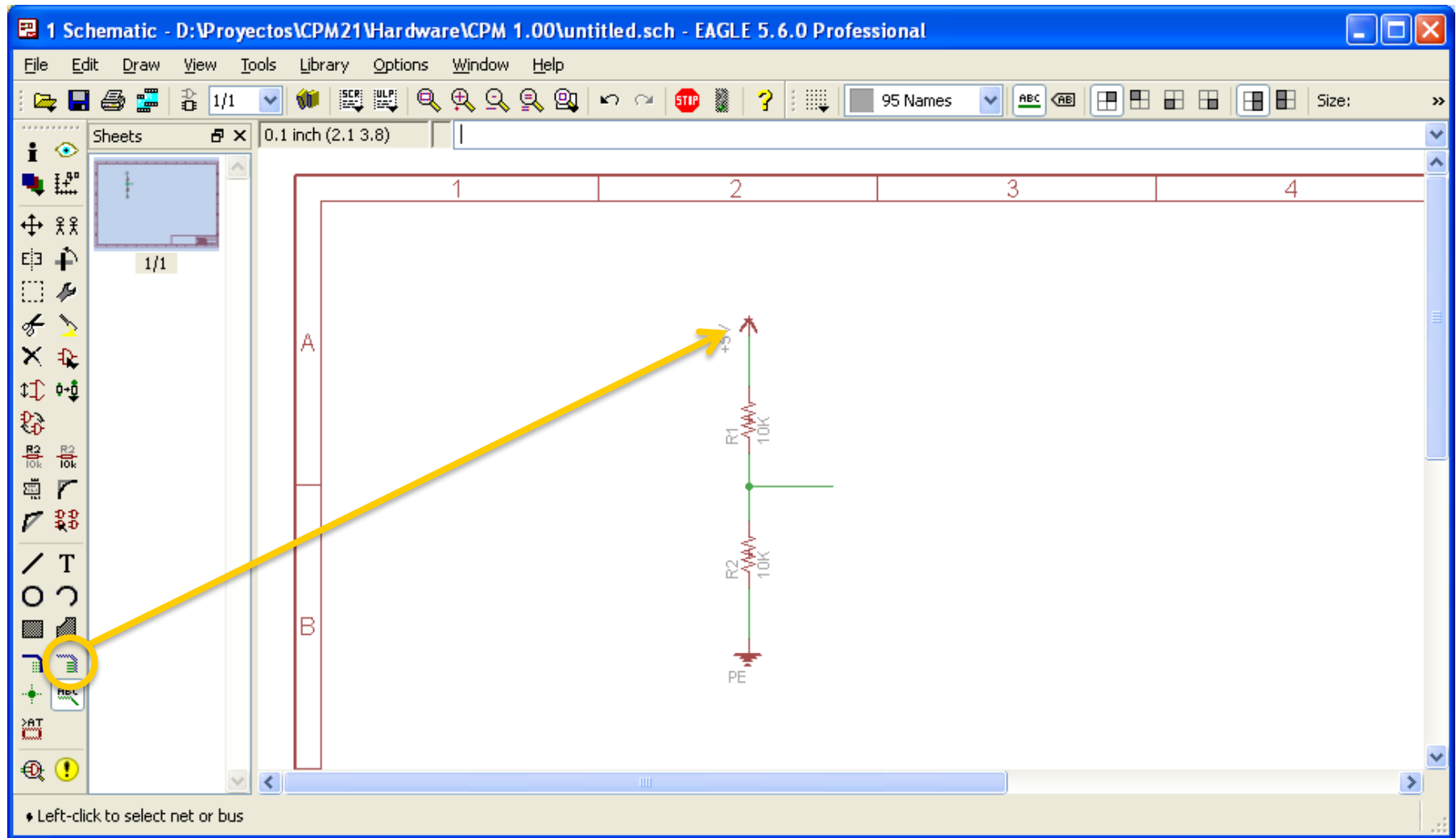
Redes de conexiones

- El conjunto de terminales interconectados determinan una red o señal (netlist).
- A cada red se le asigna un nombre automáticamente, el cual puede cambiarse.
- Dos redes con el mismo nombre están siempre conectadas aun cuando estén en distintas hojas.
- Es posible agregar rótulos con los nombre de las redes. Esto es necesario cuando las redes ocupan mas de una pagina.

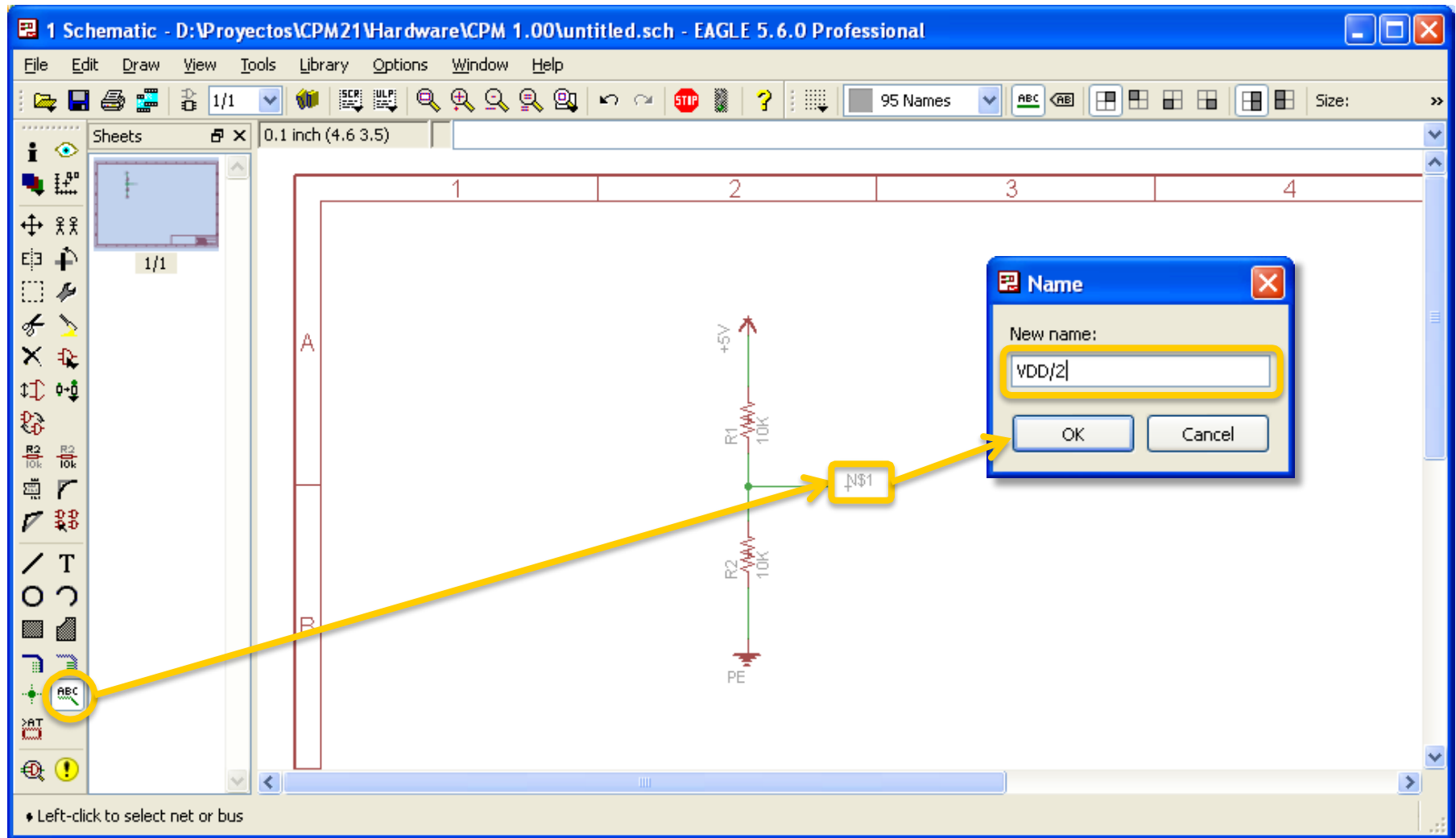
Símbolos de fuente y masa



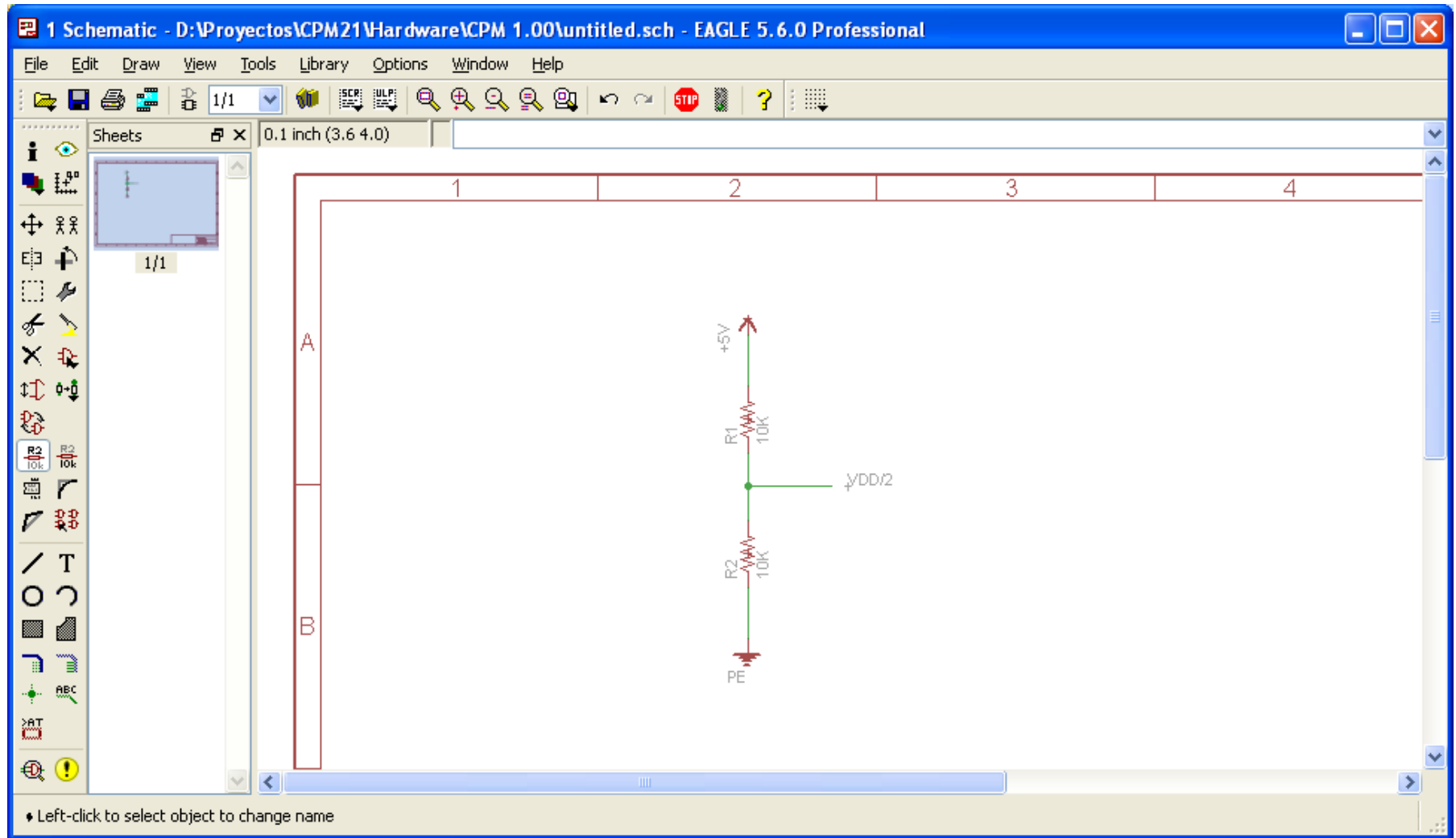
Conexión de los Componentes



Asignar nombre a las señales



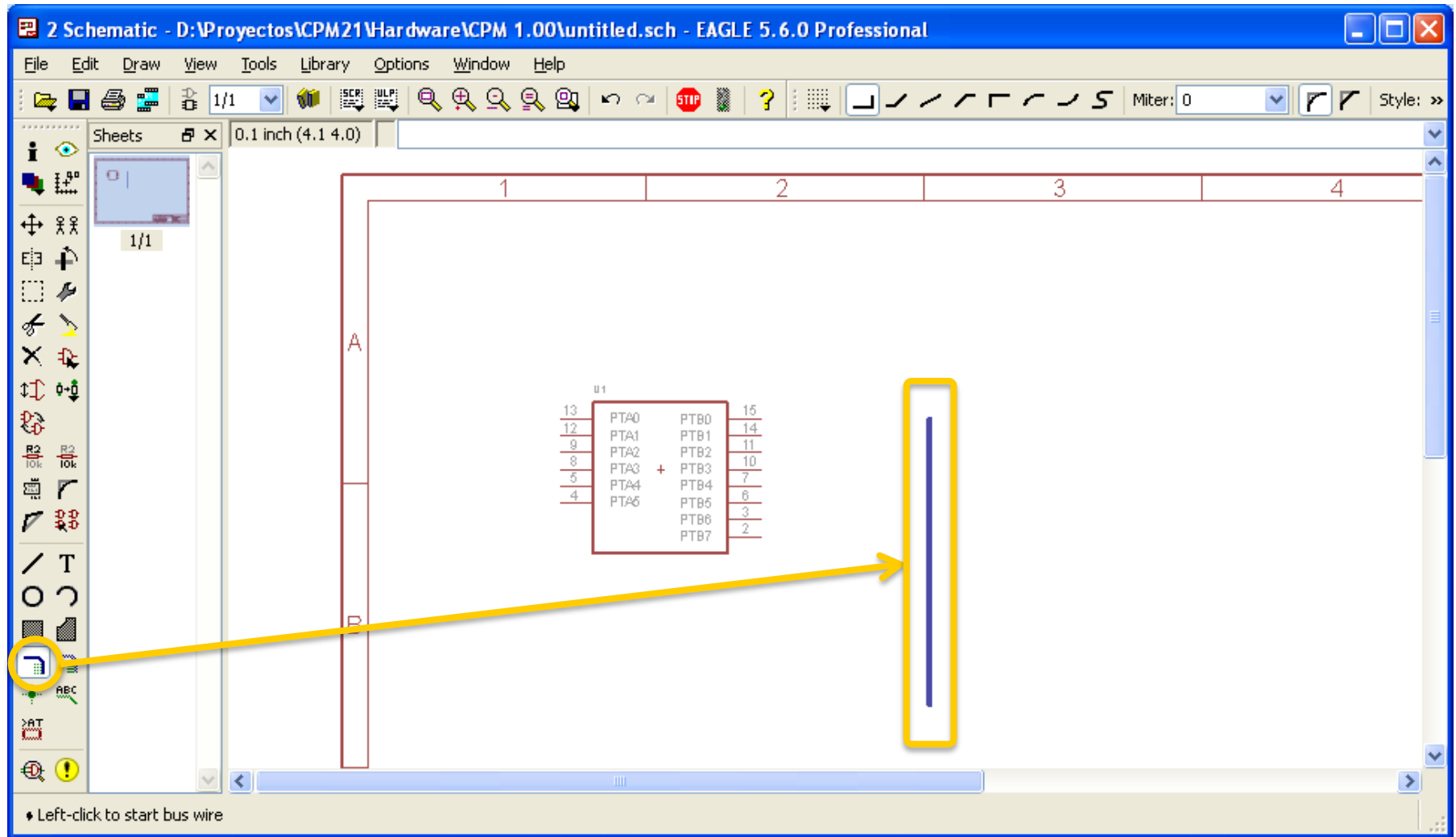
Asignar nombre a las señales



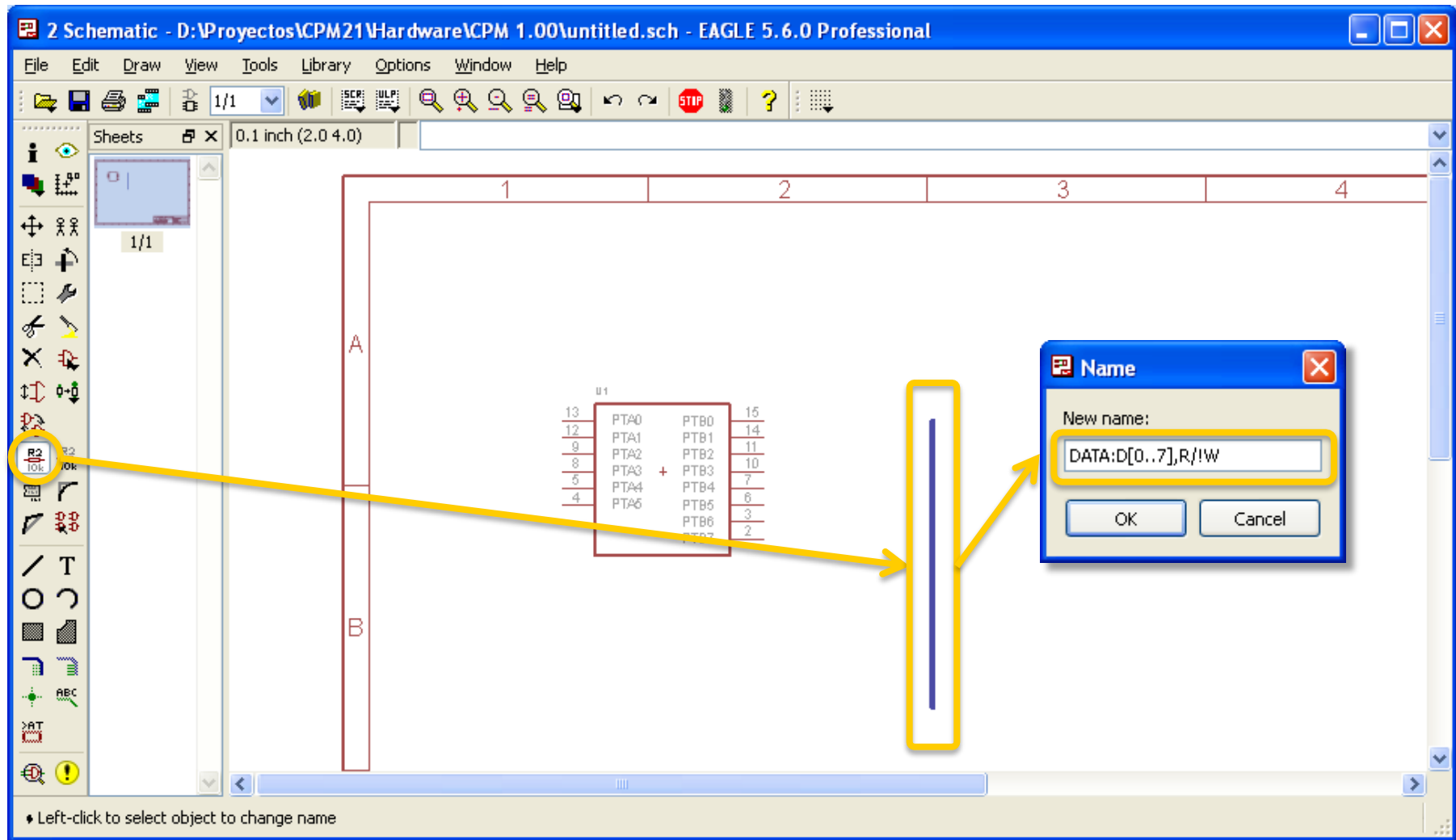
Buses de Redes

- Es posible agrupar múltiples señales en buses.
- El nombre de un bus se genera por la enumeración de las señales que lo componen.
 - Pueden enumerarse valores individuales: MREQ, IOREQ
 - Pueden especificarse un rango de valores: D[0..7]
- Al conectar el terminal de un componente al bus se debe especificar a cual de las señales se conecta.
- Se puede colocar el signo ! antes de los nombre de las señales activas en bajo.

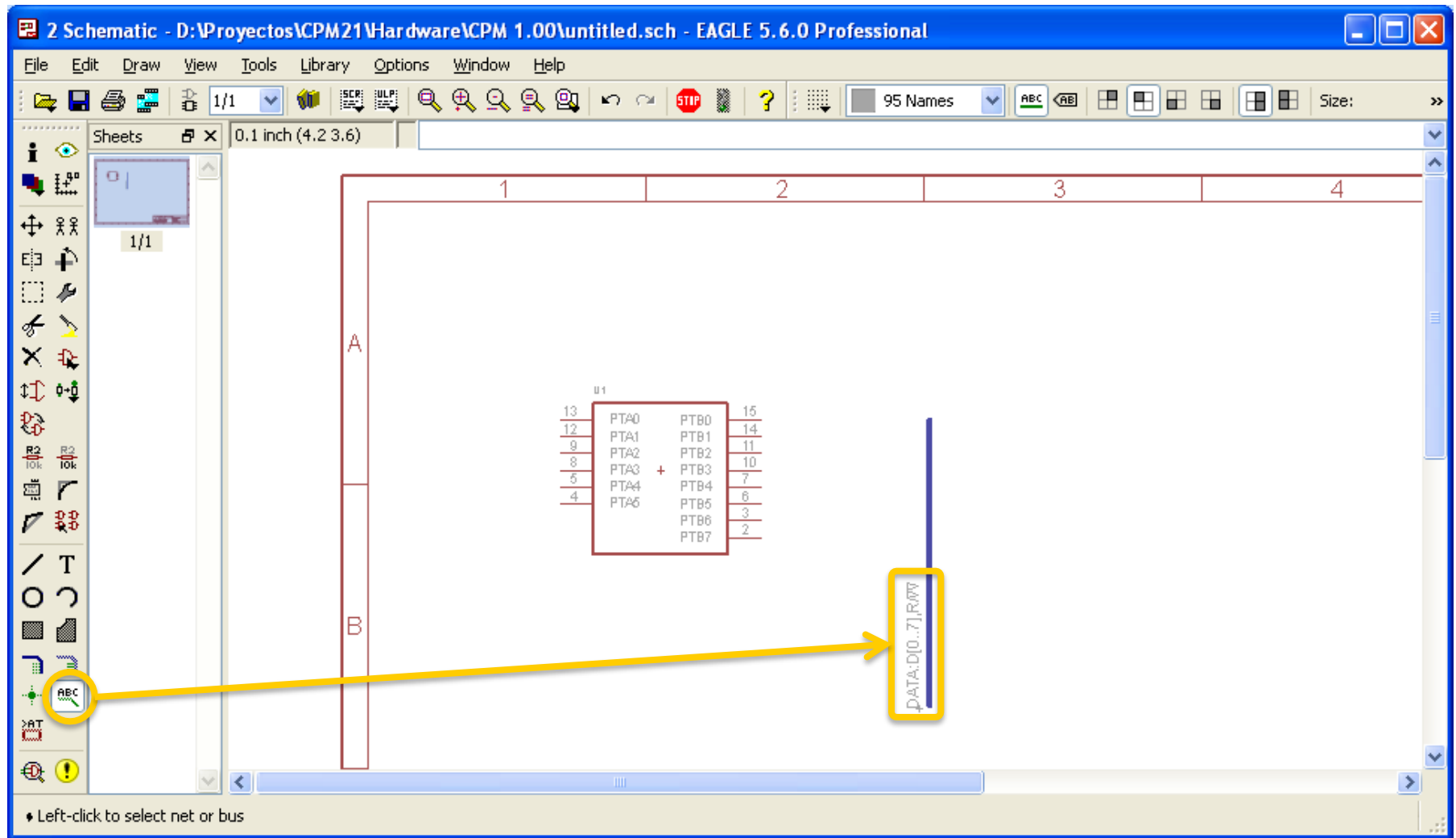
Definición de un bus de señales



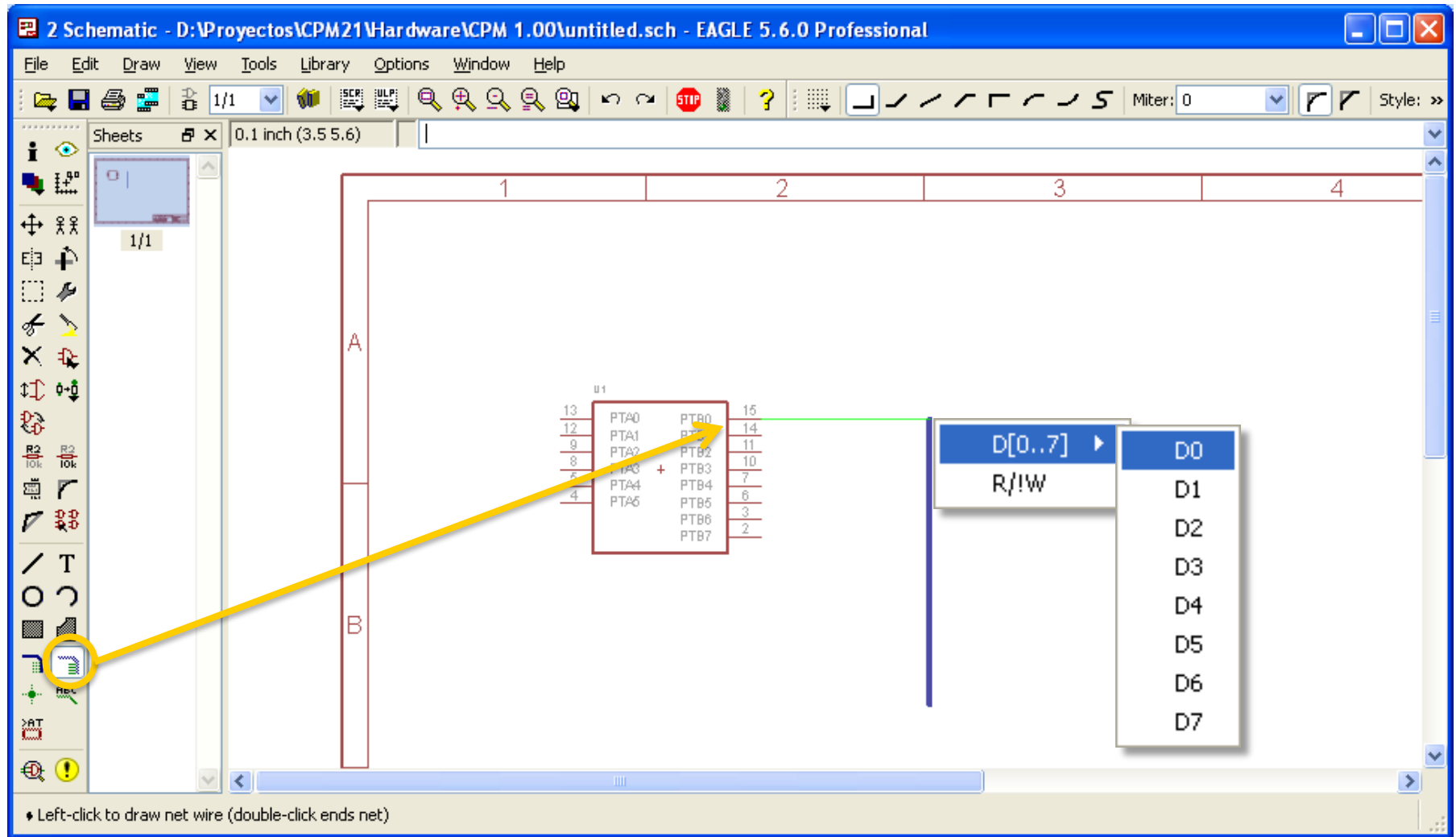
Definición de un bus de señales



Conectar una señal a un bus



Conectar una señal a un bus



Verificación de las Reglas de Conectividad

The screenshot displays the EAGLE 5.6.0 Professional interface. The main window shows a schematic titled "2 Schematic - D:\Proyectos\CPM21\Hardware\CPM 1.00\untitled.sch". A component U1 is highlighted with a yellow box, and a yellow arrow points from the "ERC" icon in the bottom-left toolbar to the "ERC Errors" dialog box.

The "ERC Errors" dialog box shows the following results:

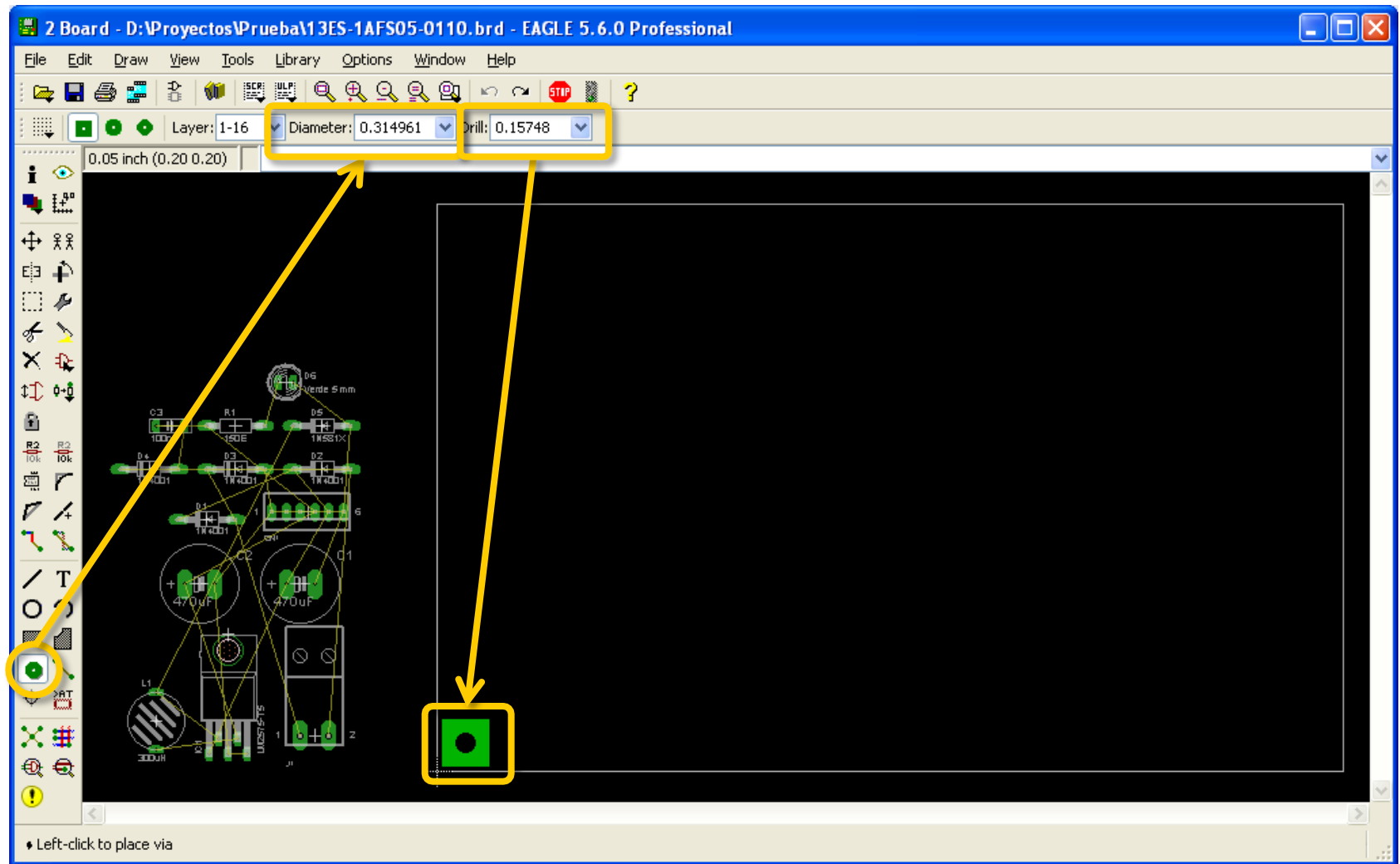
- Consistency not checked (no board loaded)**
- Errors (2)**
 - No SUPPLY for implicit POWER pin U1P VDD (1)
 - No SUPPLY for implicit POWER pin U1P VSS (1)
- Warnings (9)**
 - Only one pin on net D0 (1)
 - Only one pin on net D1 (1)
 - Only one pin on net D2 (1)
 - Only one pin on net D3 (1)
 - Only one pin on net D4 (1)
 - Only one pin on net D5 (1)
 - Only one pin on net D6 (1)
 - Only one pin on net D7 (1)
 - Part U1 has no value (1)
- Approved (0)**

At the bottom of the dialog, there are checkboxes for "Centered" (checked) and buttons for "Clear all", "Processed", and "Approve".

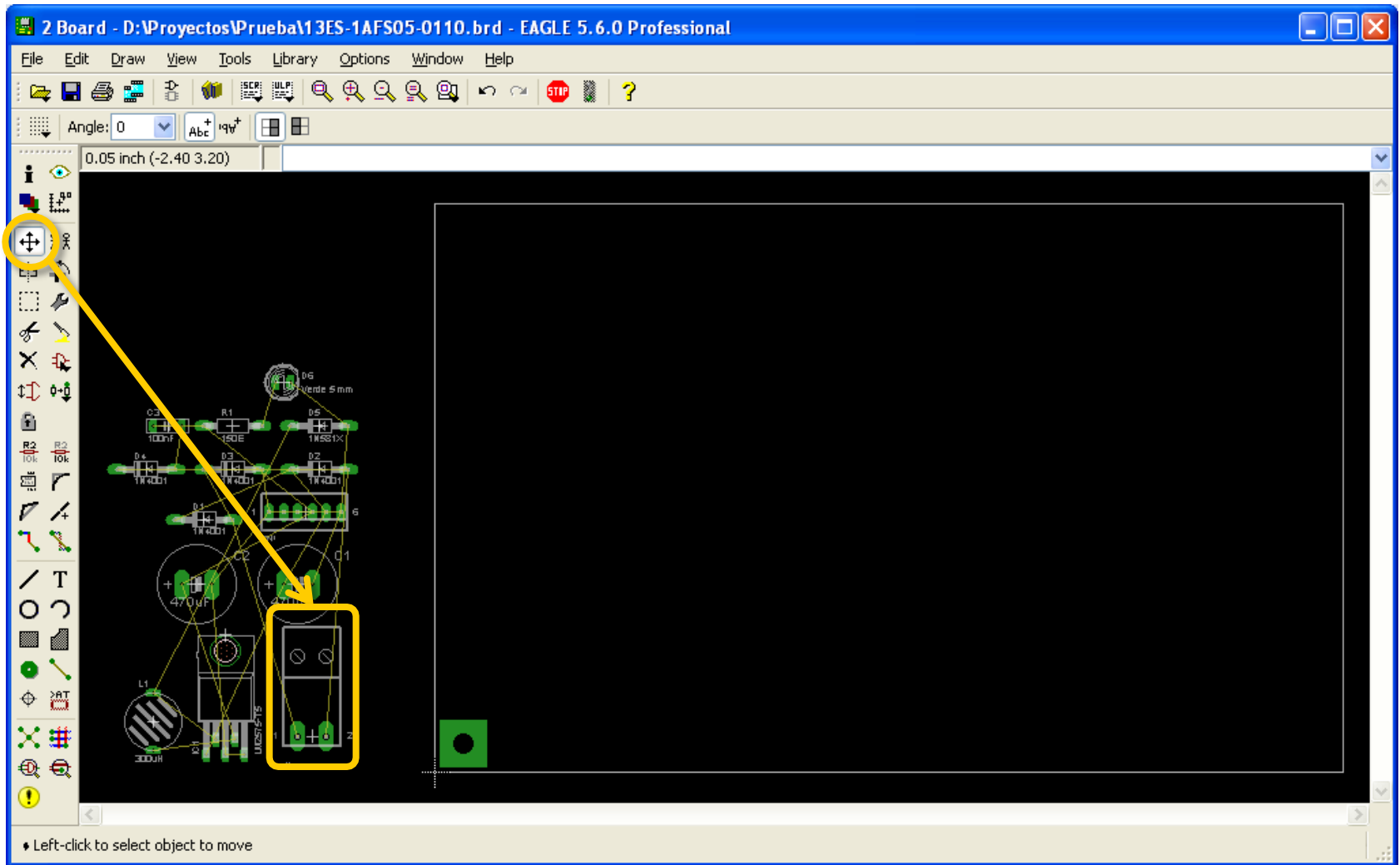
Espacio de trabajo

- Presenta un único espacio de trabajo de múltiples capas donde se desarrollan los circuitos impresos.
- Cada red de conexión del esquemático (*netlist*) determina una isla de cobre en el circuito impreso.
- Deben estar abiertos ambos archivos al mismo tiempo para que se sincronicen los cambios.
- Dispone de la opción de autoruteo.
- Mediante un programa de usuario es posible el renombrado de los componentes.
- El programa genera automáticamente un placa donde ya están colocados todos los componentes.

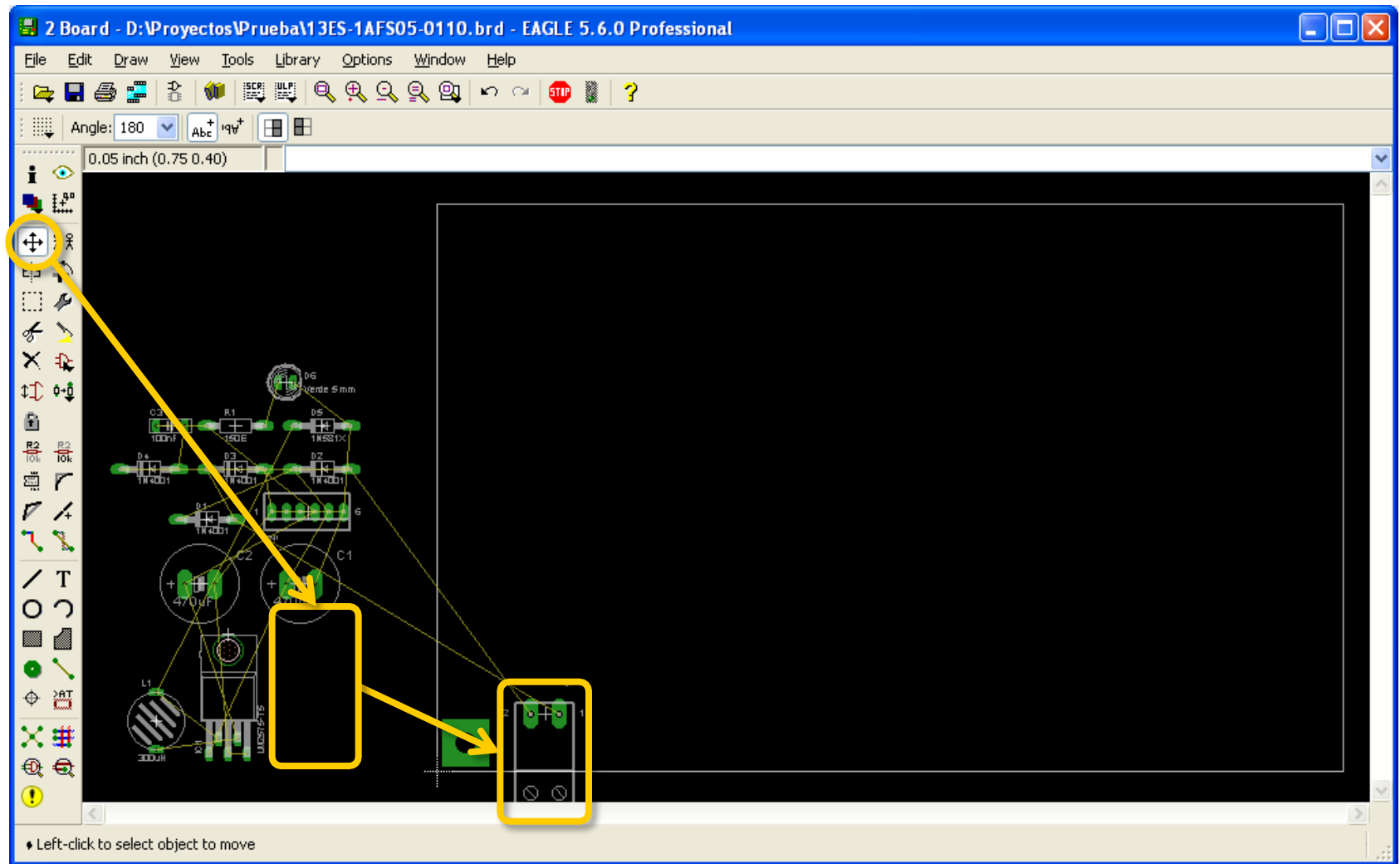
Orificios de fijación



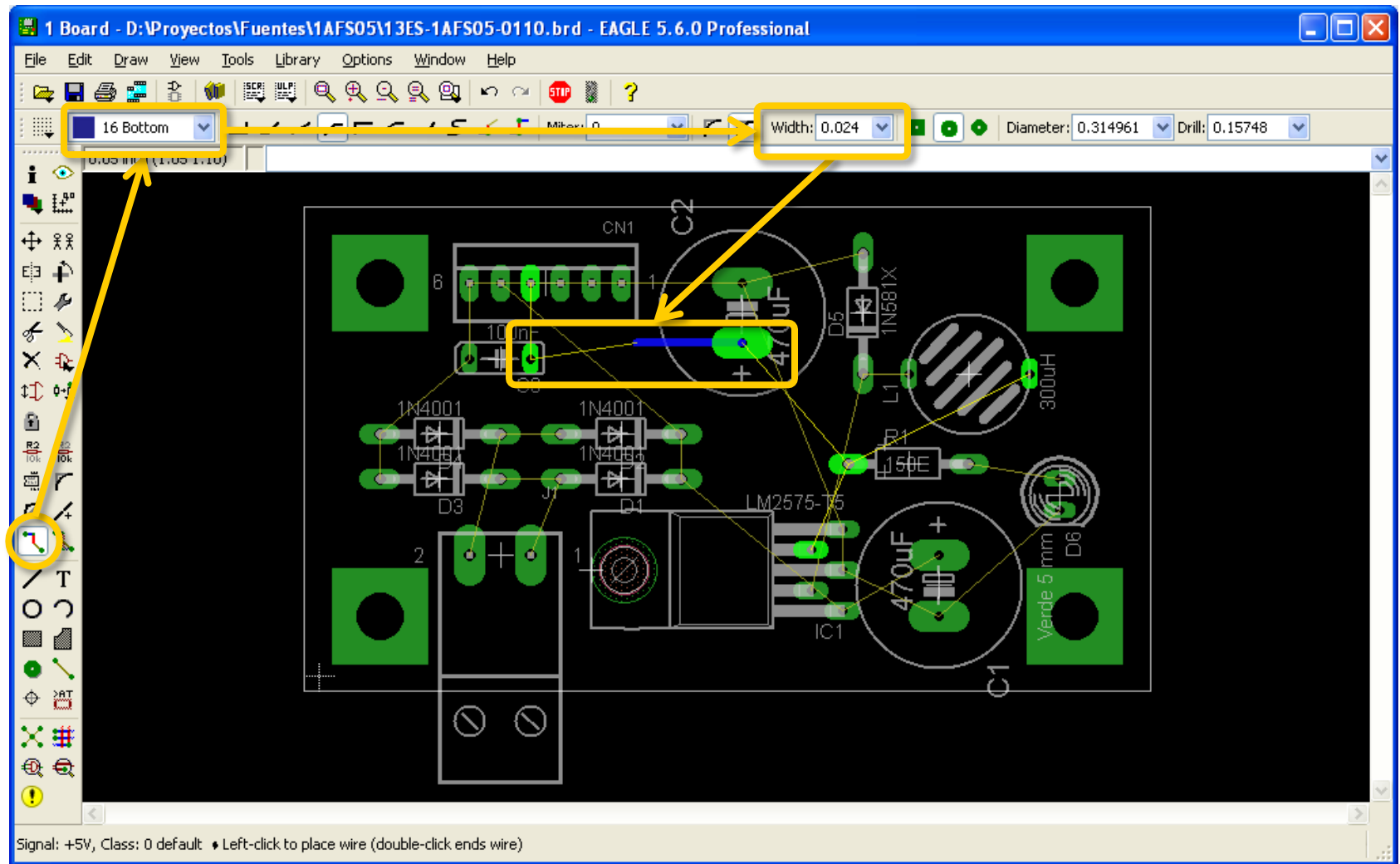
Reubicación de componentes



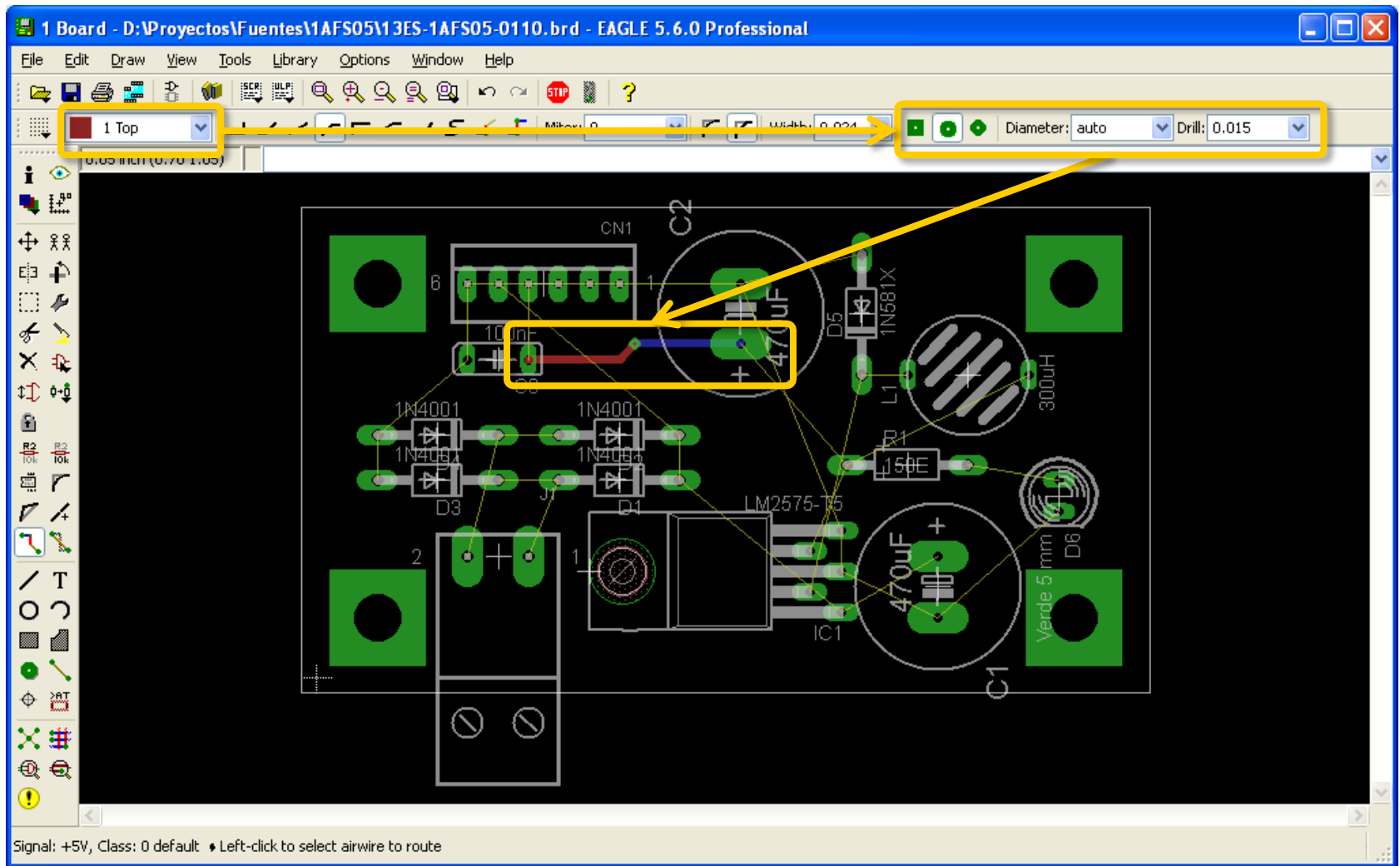
Reubicación de componentes



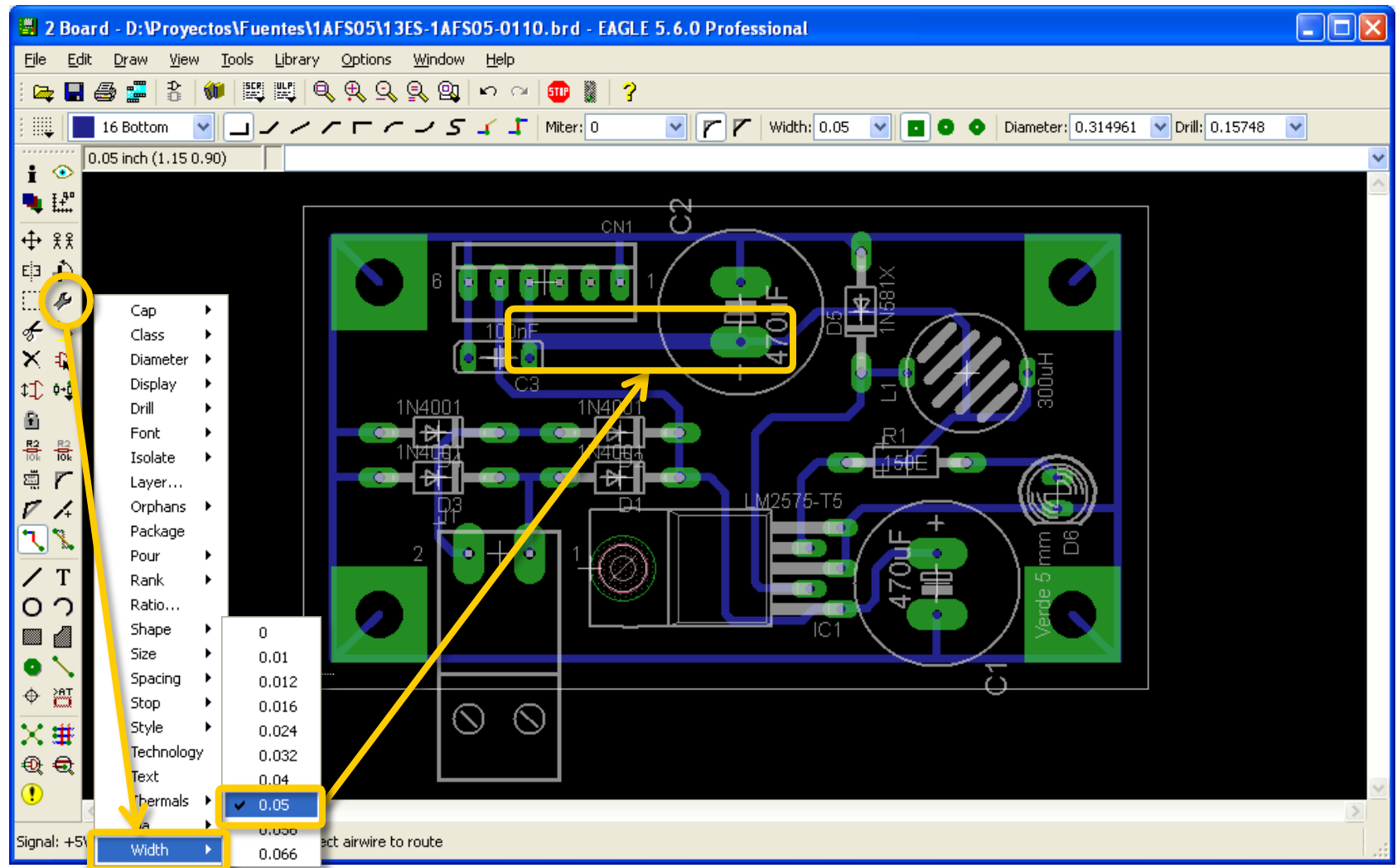
Ruteo de las señales



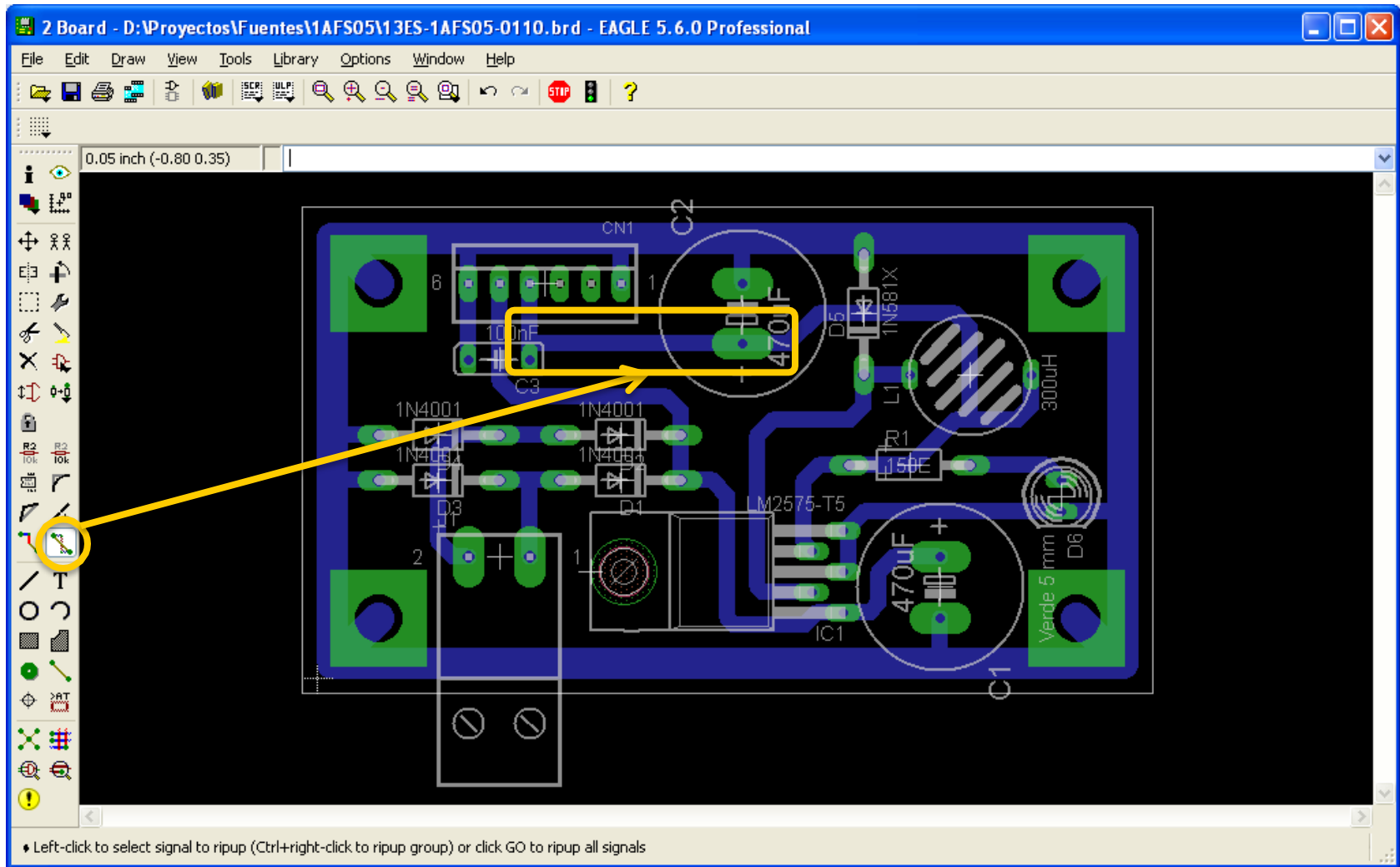
Ruteo de las señales



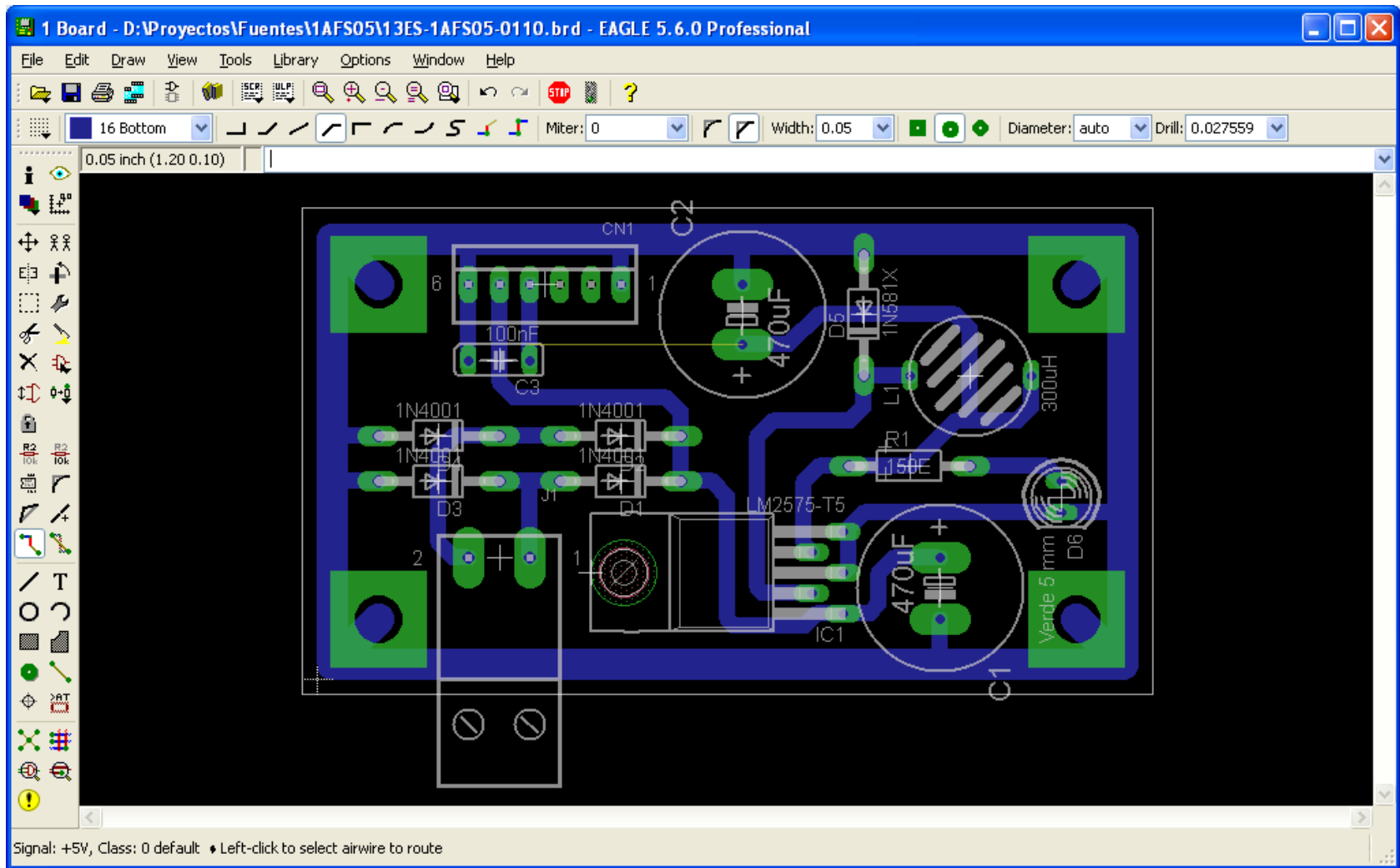
Propiedades de los objetos



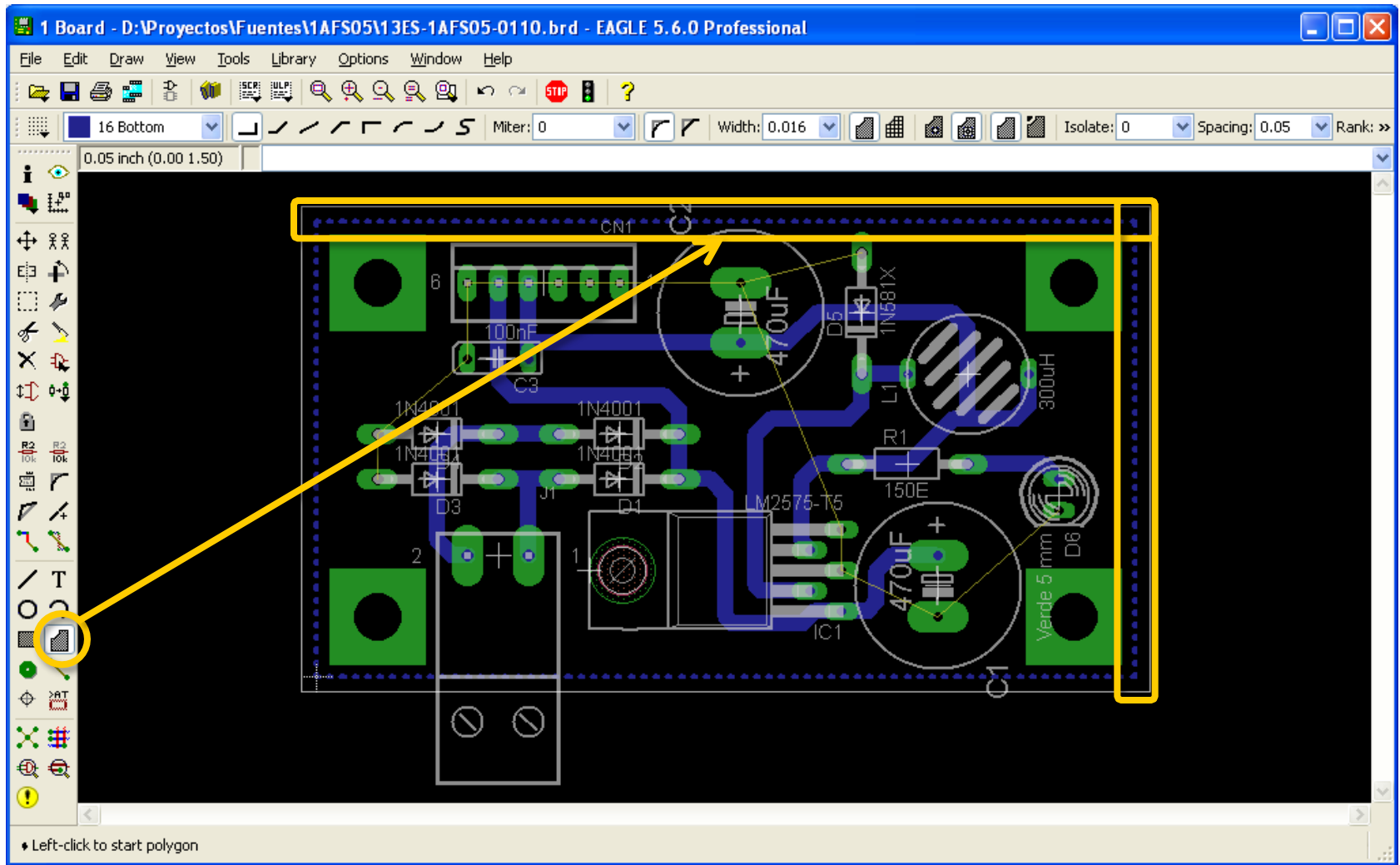
Eliminar el ruteo de una señal



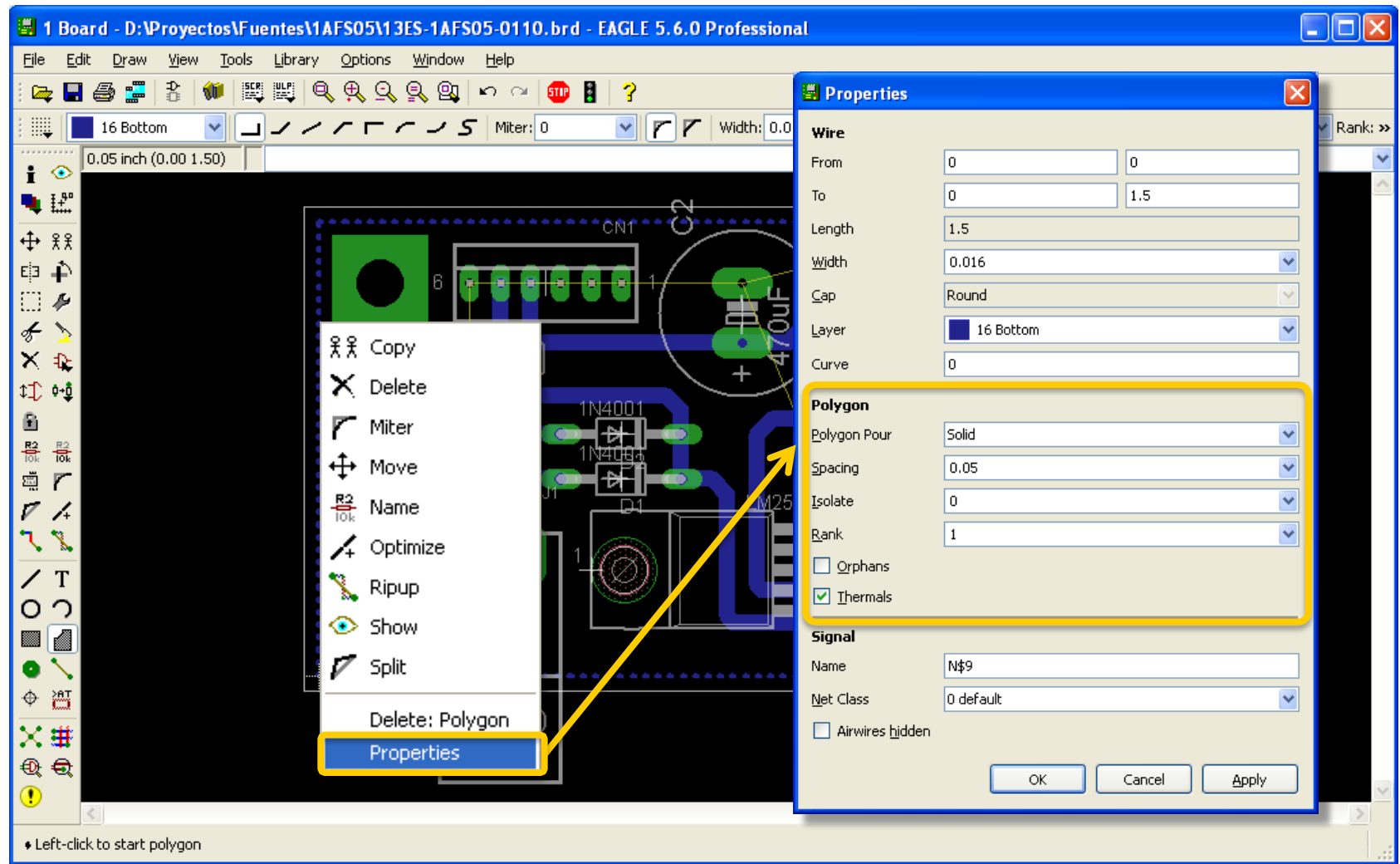
Eliminar el ruteo de una señal



Colocar un plano de masa



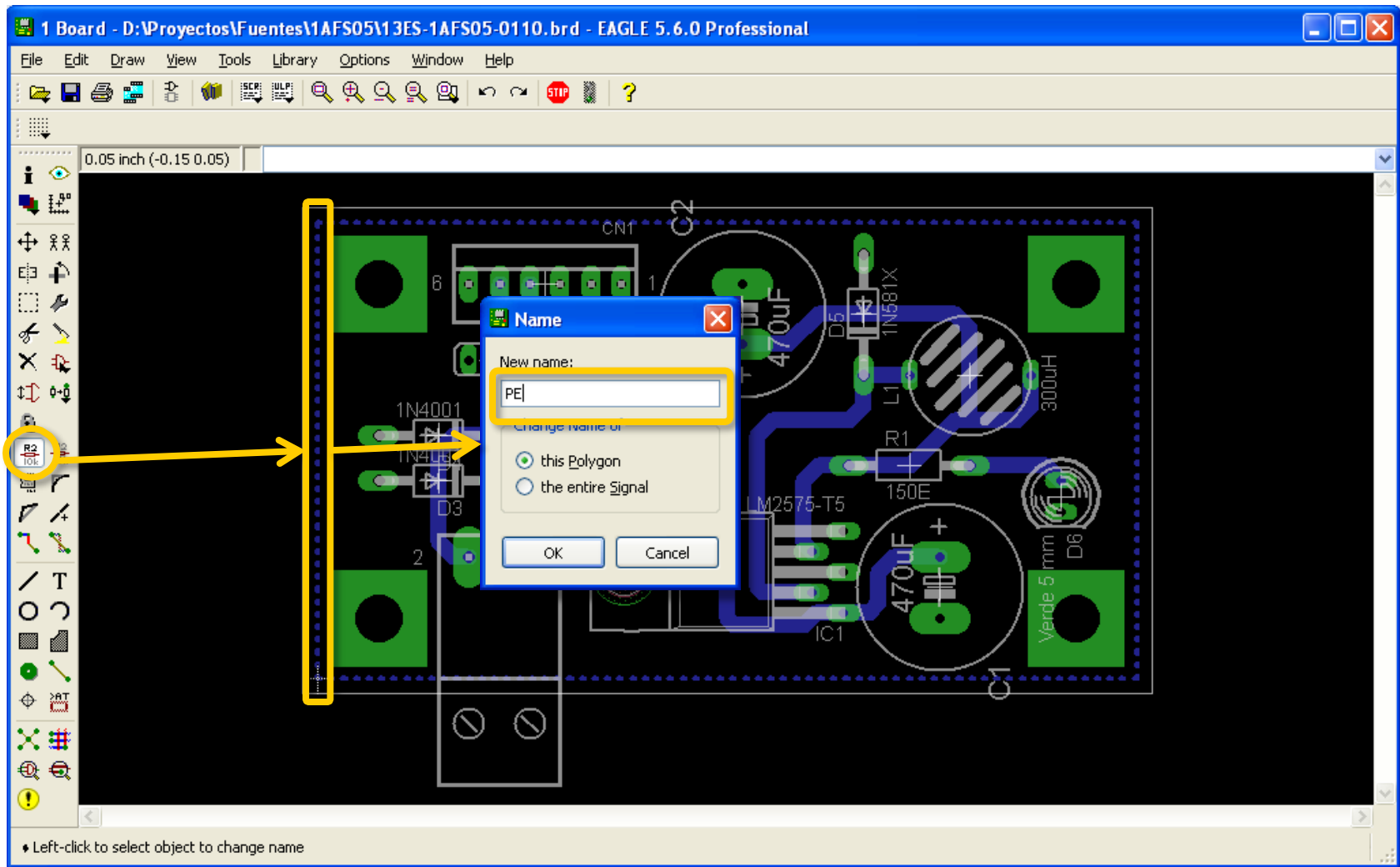
Colocar un plano de masa



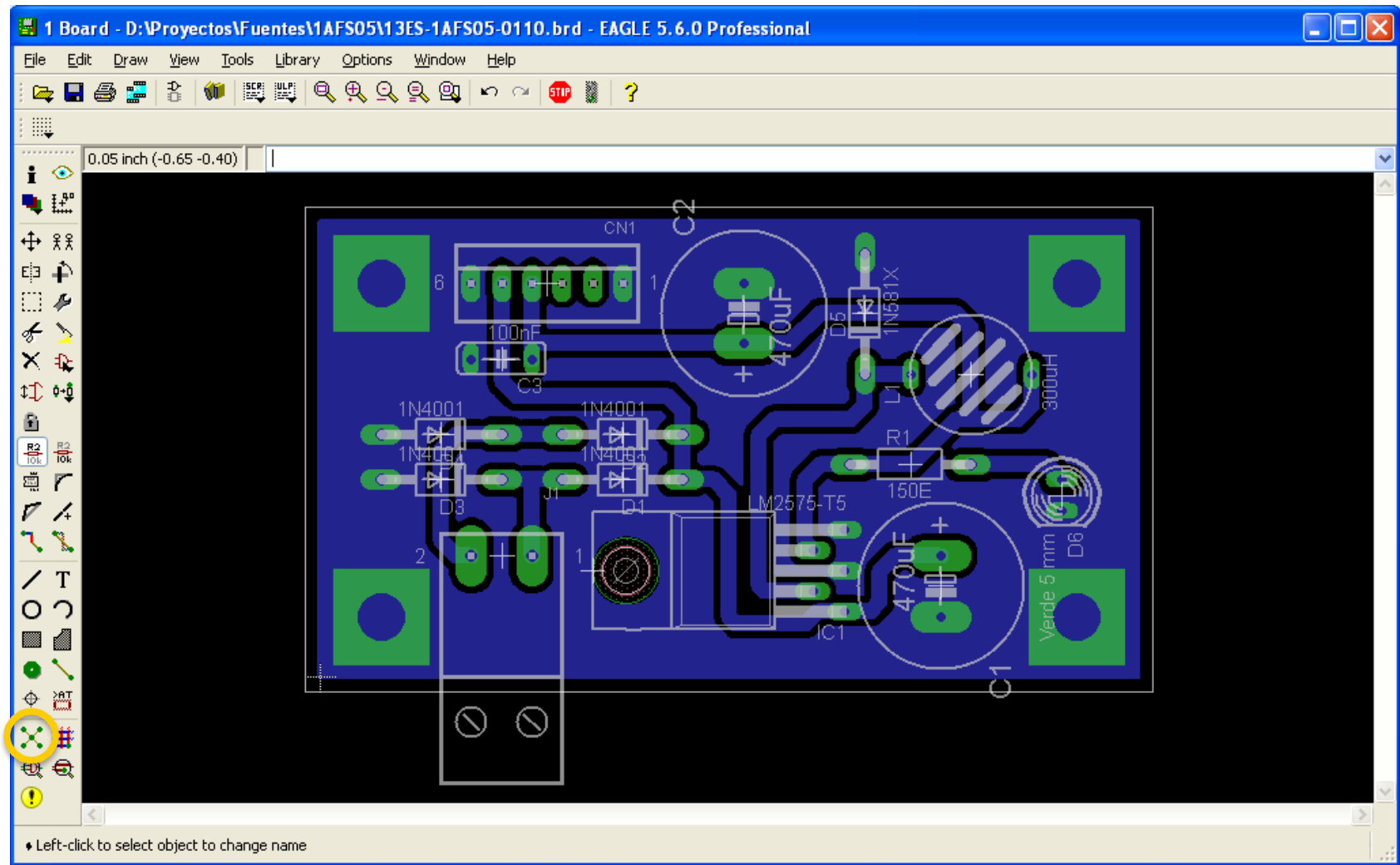
Propiedades plano de masa

- Poligon Pour
 - Determina si el plano se solido o cuadriculado
- Spacing
 - En los polígonos cuadriculados determina el espaciado entre líneas
- Isolate
 - Determina la aislación entre el plano y el resto de las señales.
 - Cuando es cero se utiliza el espaciado mínimo de las reglas de diseño.
- Rank
 - Determina el nivel de prioridades en caso de superposiciones de planos.
- Orphans
 - Determina si se eliminan o se mantienen las zonas aisladas del plano resultante.

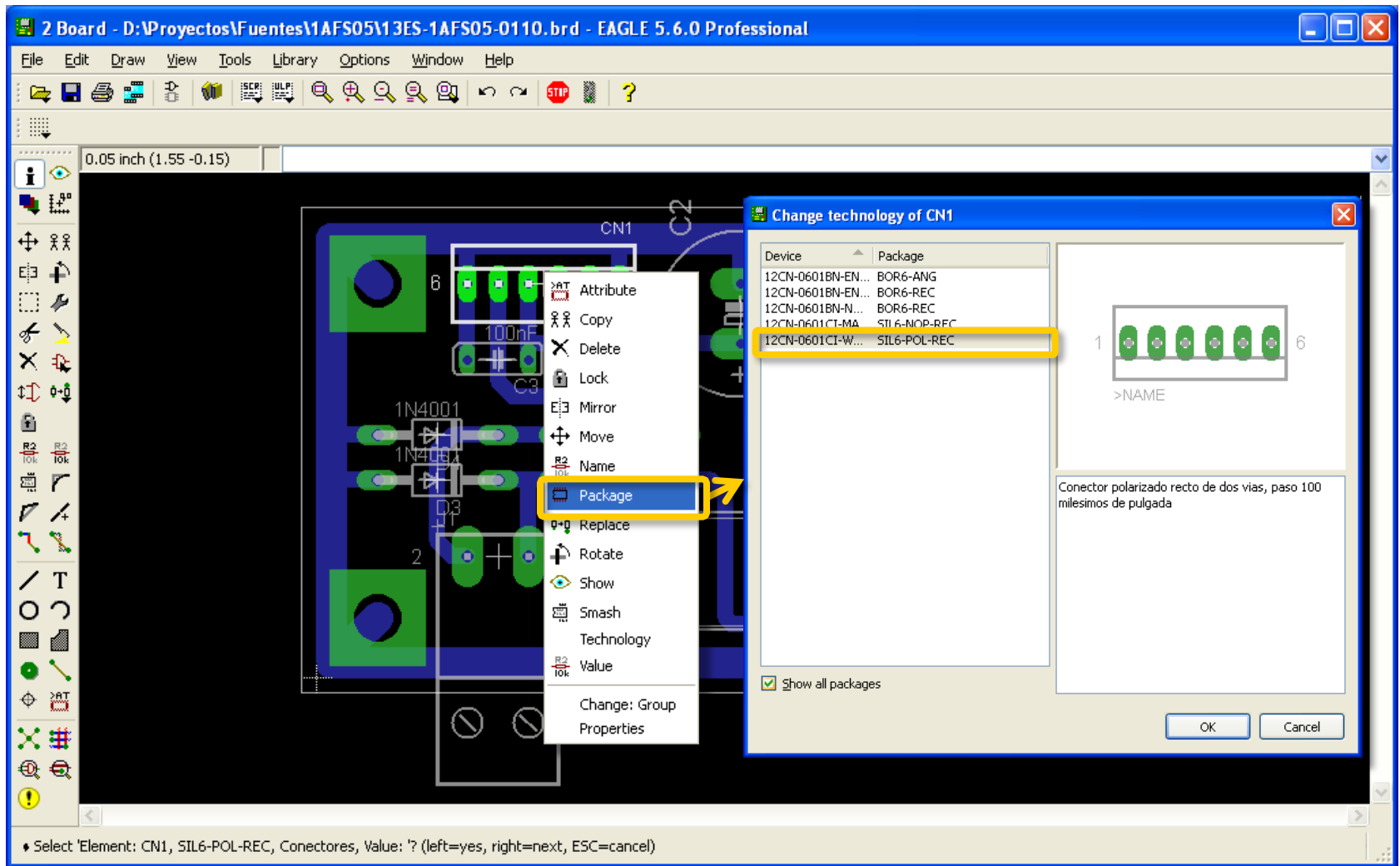
Colocar un plano de masa



Visualizar el plano resultante



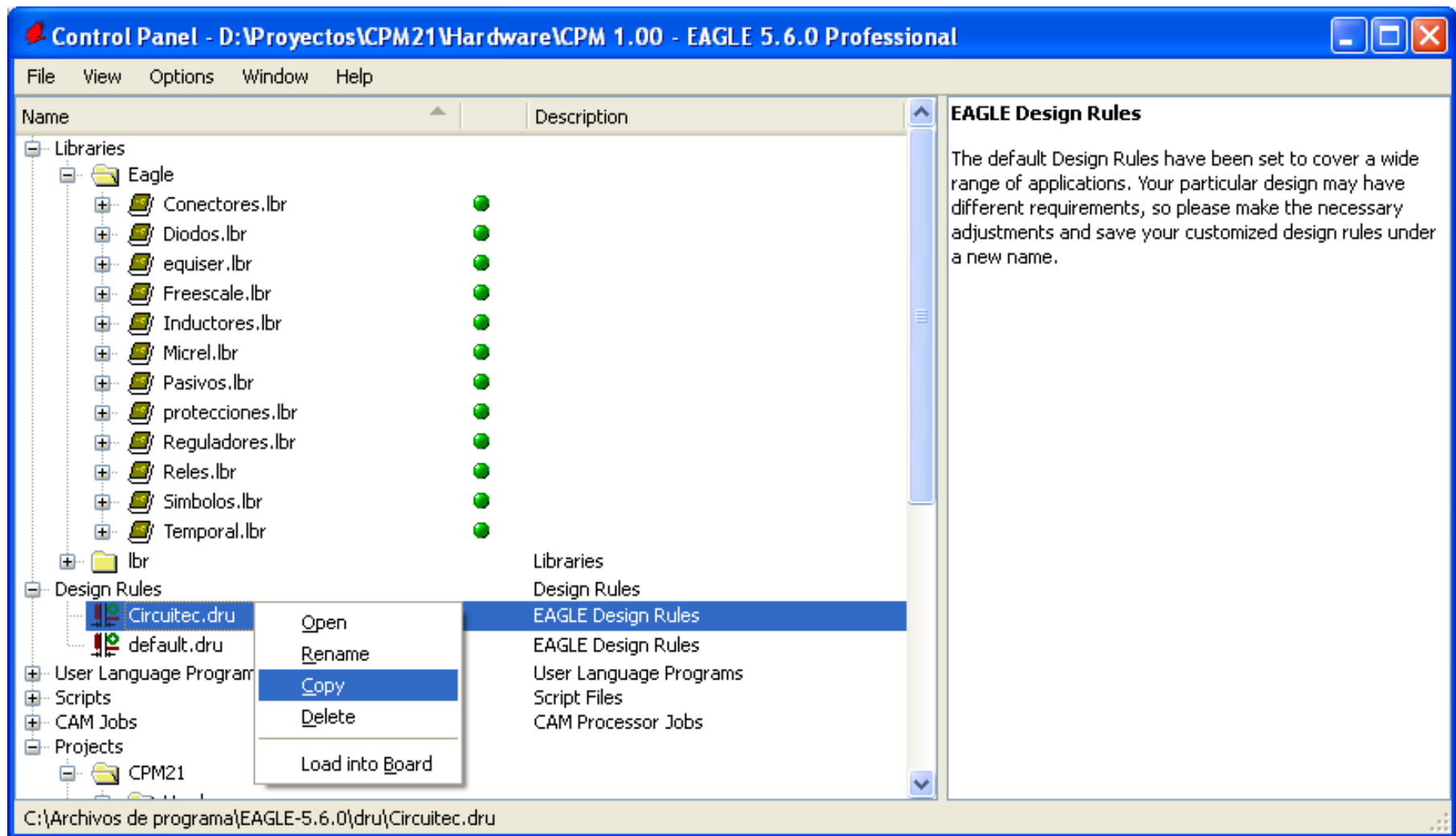
Cambio de encapsulado



Las reglas de diseño

- Las reglas de diseño (design rules) definen las tolerancias y especificaciones de fabricación
- En la misma se definen:
 - Cantidad y espesores de las capas de sustrato y cobre.
 - Separaciones mínimas entre objetos de la placa.
 - Distancias mínimas a los bordes y orificios
 - Tamaños mínimos de los pads, pistas y vías de interconexión
 - Formas de los pad convencionales y superficiales
 - Formas de las conexiones de los pads a planos de conexión
 - Tolerancias y separación de las mascararas
- Pueden aplicarse a la placa una vez ruteada

Las reglas de diseño



Las reglas de diseño

Design Rules (Circuitec)

File Layers Clearance Distance Sizes Restraining Shapes Supply Masks Misc

1 16

Nr Copper Isolation

1 0.035mm 1.5mm

16 0.035mm

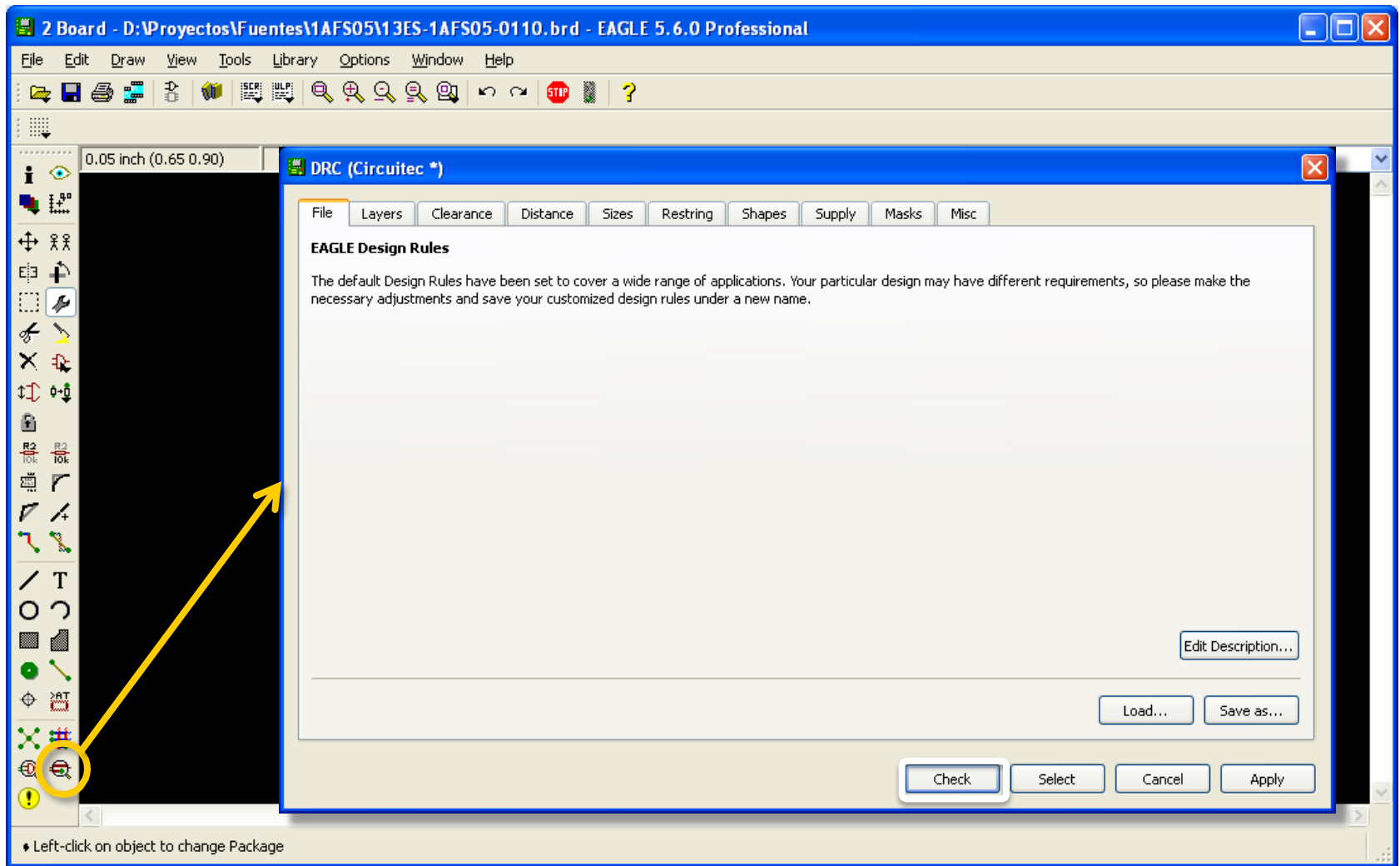
Total: 1.57mm

Setup (1*16)

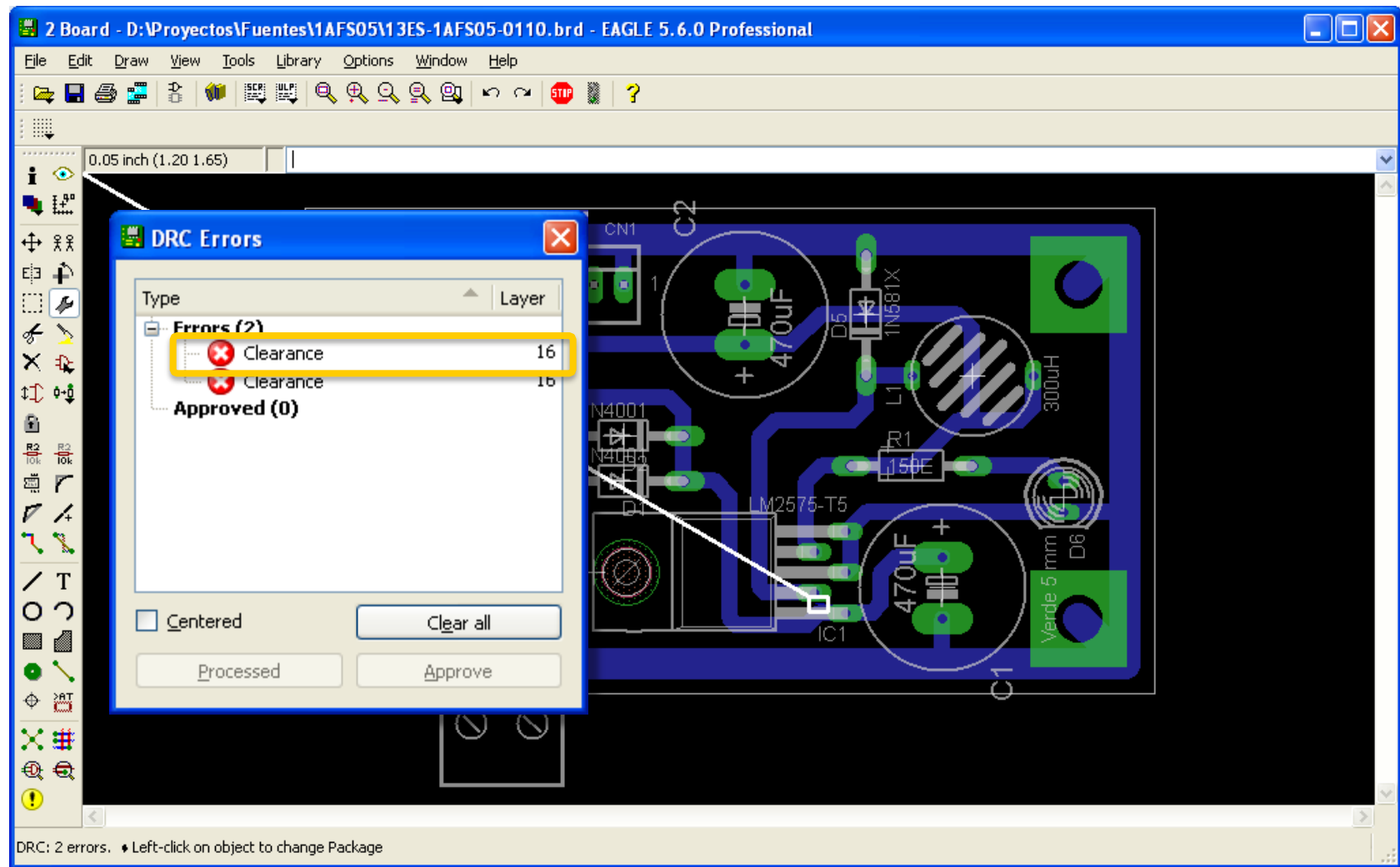
Layers are combined through either *core* or *prepreg* material. **a*b** combines layers *a* and *b* with a *core*, while **a+b** does the same with *prepreg*.
Buried and **through** vias are defined by writing **(...)**.
Blind vias are defined by writing **[t:...:b]**, which defines a blind via from top to layer *t* and from bottom to layer *b*.
Example: [2:1+(2*3)+(4*16)] is a multilayer setup with two cores, combining layers 2/3 and 4/16, respectively, with buried vias going through both cores. The cores are combined through a prepreg and buried vias are produced through the resulting stack. Finally layer 1 is added, with blind vias going from layer 1 to 2.

OK Cancel

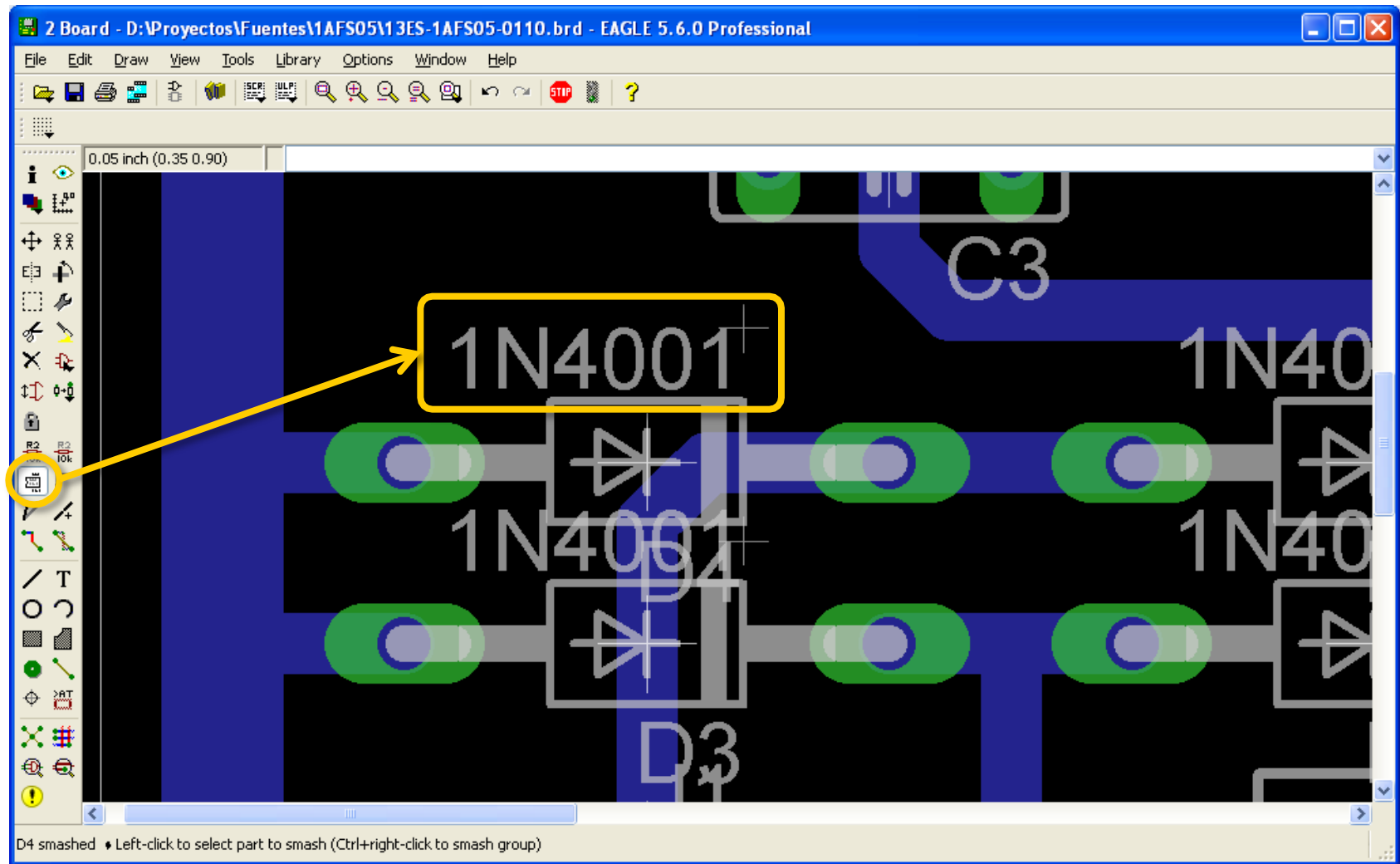
Las Reglas de diseño



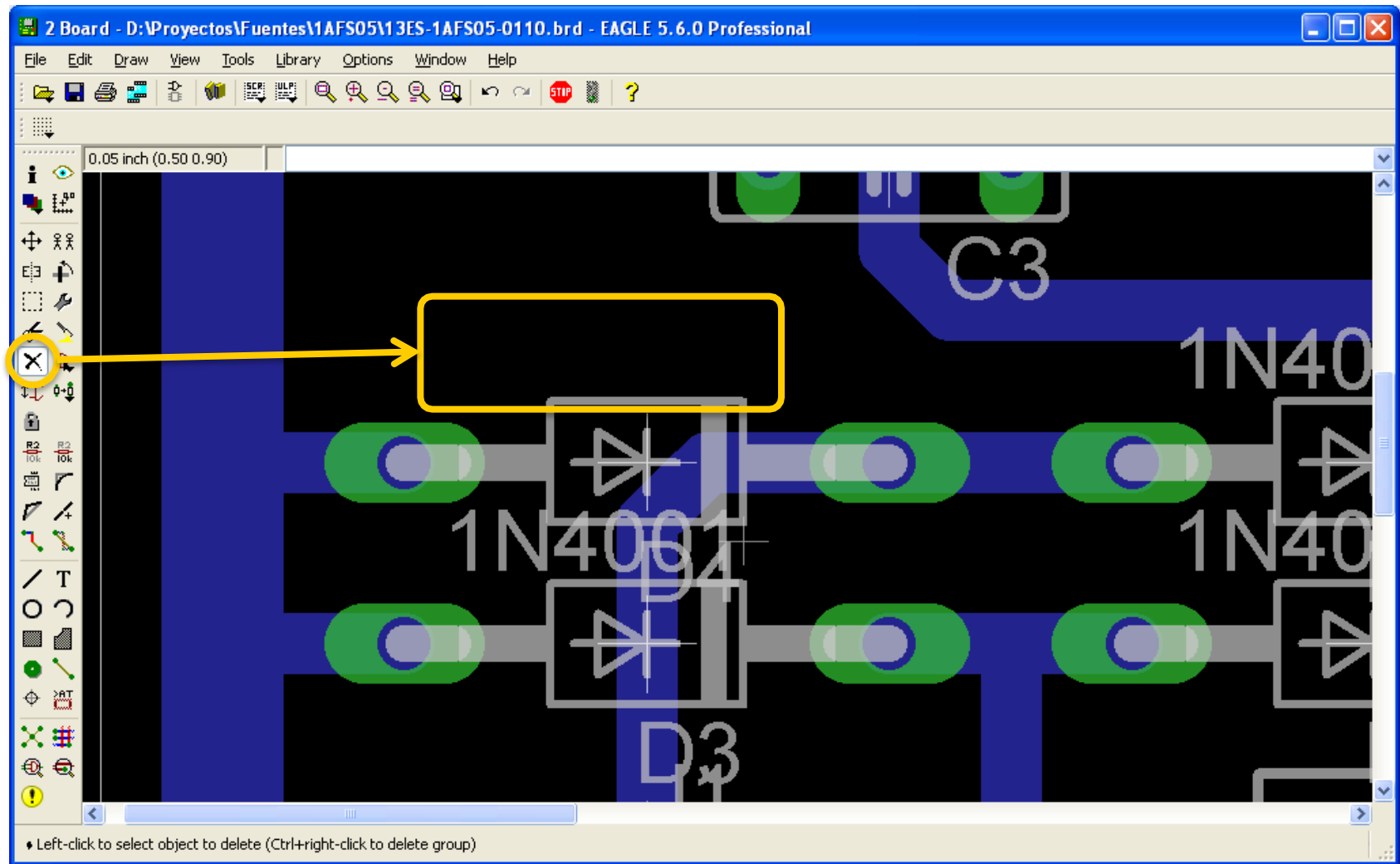
Las Reglas de diseño



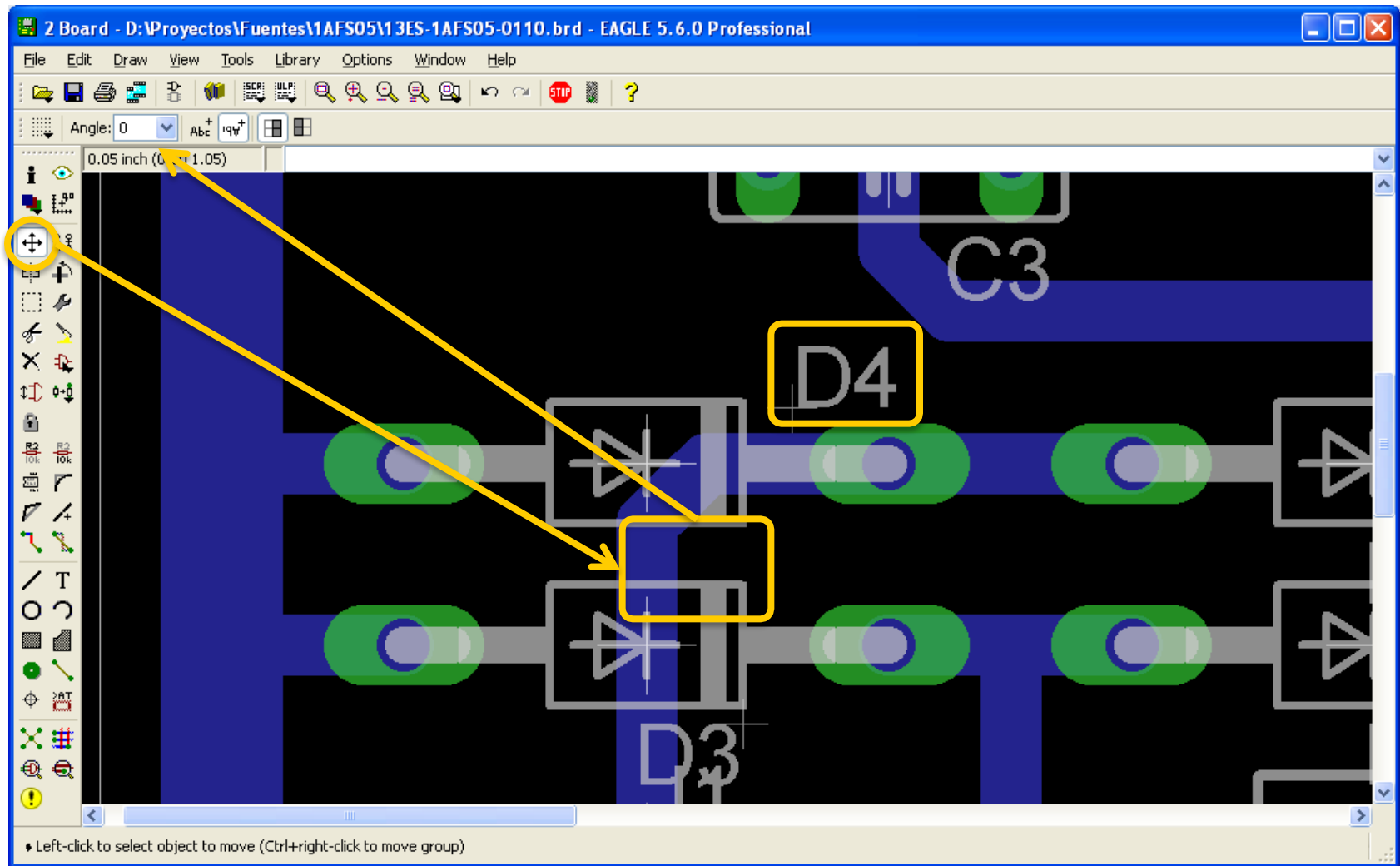
Separar los bloques de texto



Eliminar bloques de texto



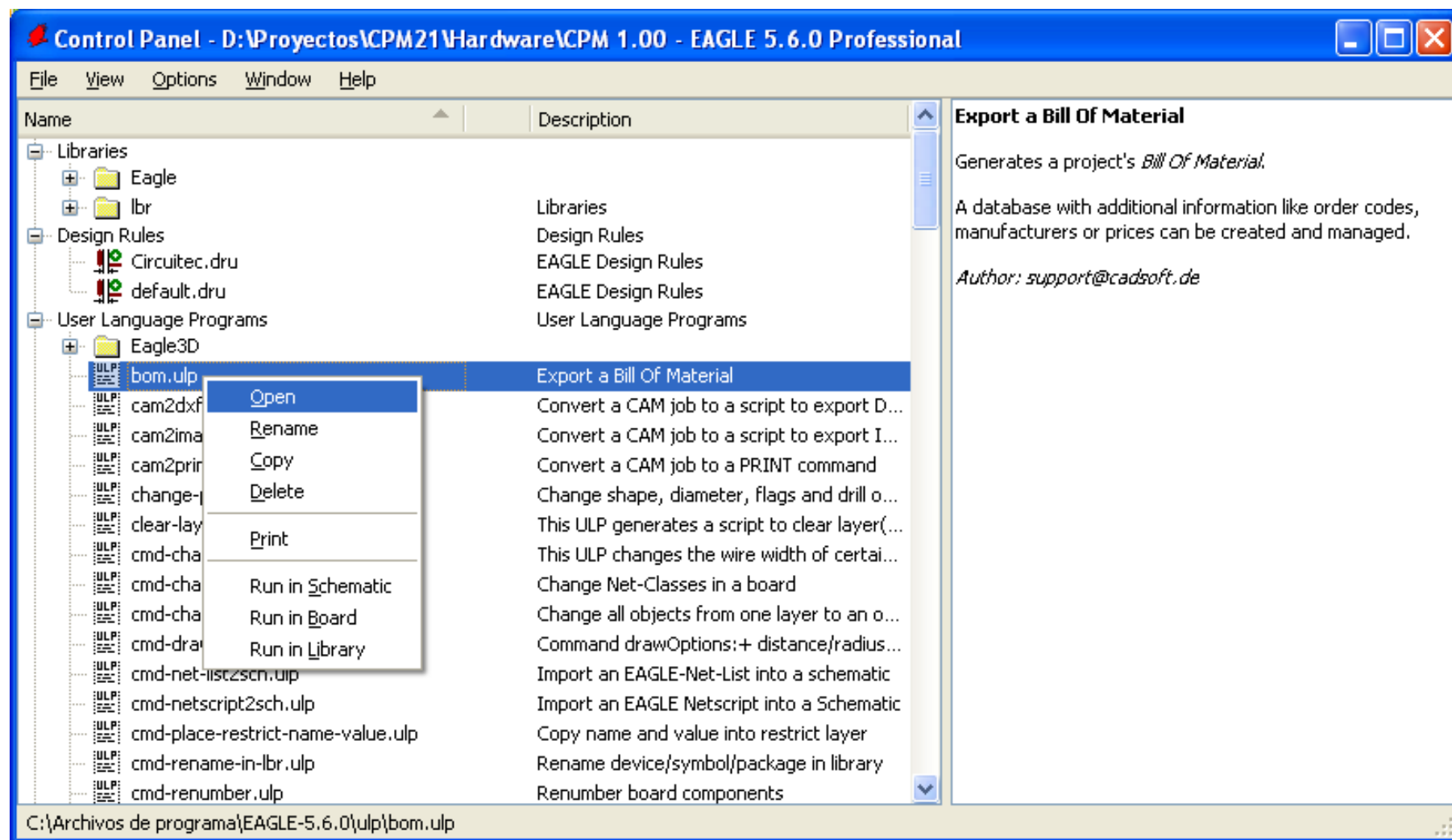
Reubicar bloques de texto



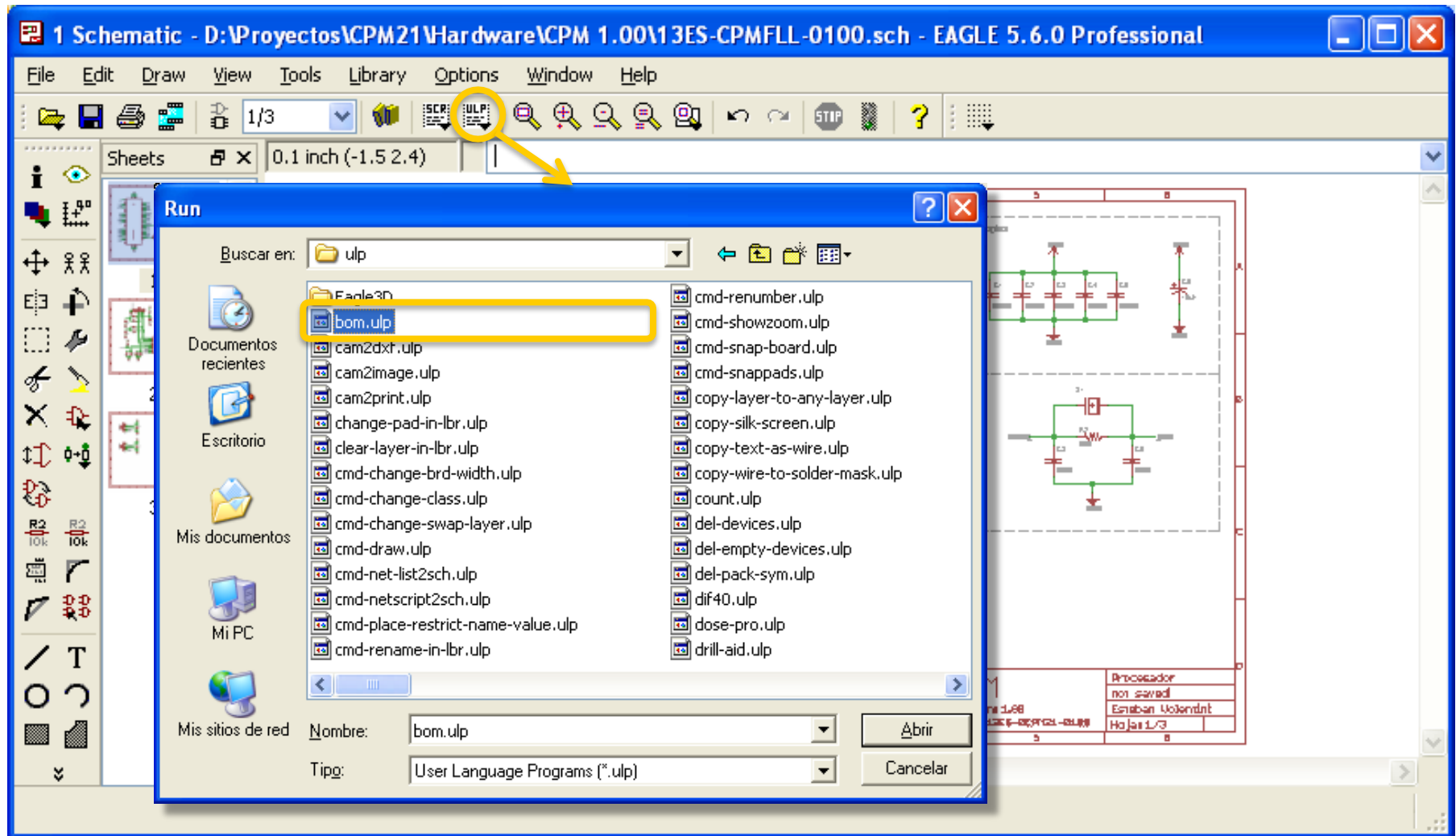
Programas de usuario

- Los programas de usuario (ulp) permiten la manipulación de los objetos del diseño mediante código escrito por el usuario
- Se comportan en forma similar a los macros de office escritos en Visual Basic
- Constituyen una capacidad de expansión muy útil para el programa

Programas de usuario



Ejecución de un programa



Ejecución de un programa

1 Schematic - D:\Proyectos\CPM21\Hardware\CPM 1.00\13ES-CPMFL-0100.sch - EAGLE 5.6.0 Professional

Eagle: Bill Of Material

Part	Value	Device	Package	Description
C1	100nF	11CC-XXXXXX-1206	RES-SMD-1206	Capacitor no polarizado, simbolo americano
C2	100 nF	11CC-XXXXXX-1206	RES-SMD-1206	Capacitor no polarizado, simbolo americano
C3	100nF	11CC-XXXXXX-1206	RES-SMD-1206	Capacitor no polarizado, simbolo americano
C4	100nF	11CC-XXXXXX-1206	RES-SMD-1206	Capacitor no polarizado, simbolo americano
C5	100nF	11CC-XXXXXX-1206	RES-SMD-1206	Capacitor no polarizado, simbolo americano
C6	10uF	CPOL-USB/3528-21R	B/3528-21R	POLARIZED CAPACITOR, American symbol
C7	100nF	11CC-XXXXXX-1206	RES-SMD-1206	Capacitor no polarizado, simbolo americano
C8	12pF	11CC-XXXXXX-1206	RES-SMD-1206	Capacitor no polarizado, simbolo americano
C9	12pF	11CC-XXXXXX-1206	RES-SMD-1206	Capacitor no polarizado, simbolo americano
C10	100nF	11CC-XXXXXX-1206	RES-SMD-1206	Capacitor no polarizado, simbolo americano
C11	22uF	11CC-XXXXXX-1206	RES-SMD-1206	Capacitor no polarizado, simbolo americano
C12	22uF	11CC-XXXXXX-1206	RES-SMD-1206	Capacitor no polarizado, simbolo americano

Database: Load New

List type: ☒ Parts ☐ Values

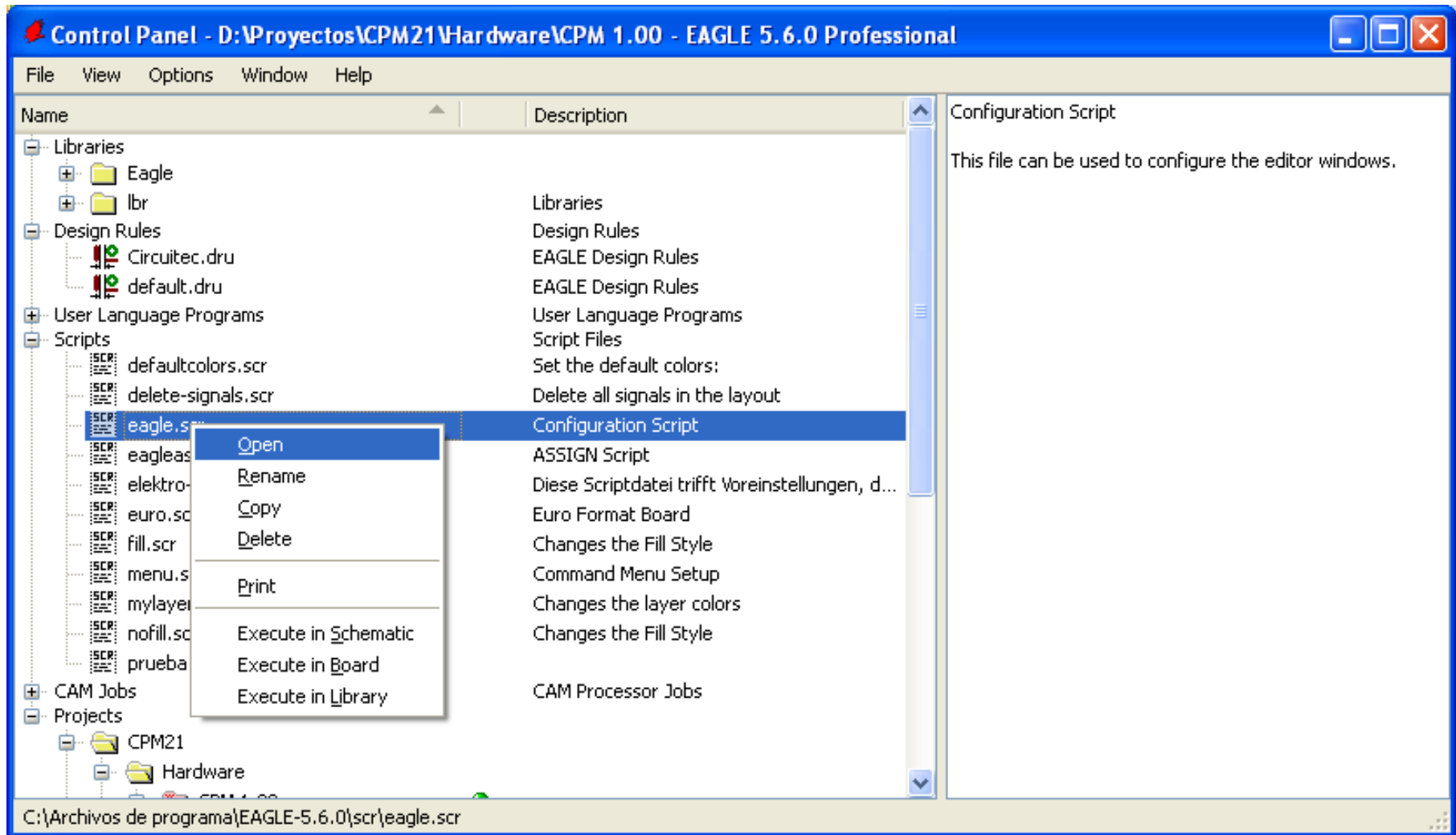
Output format: ☒ Text ☐ HTML

Edit View Save... Help Close

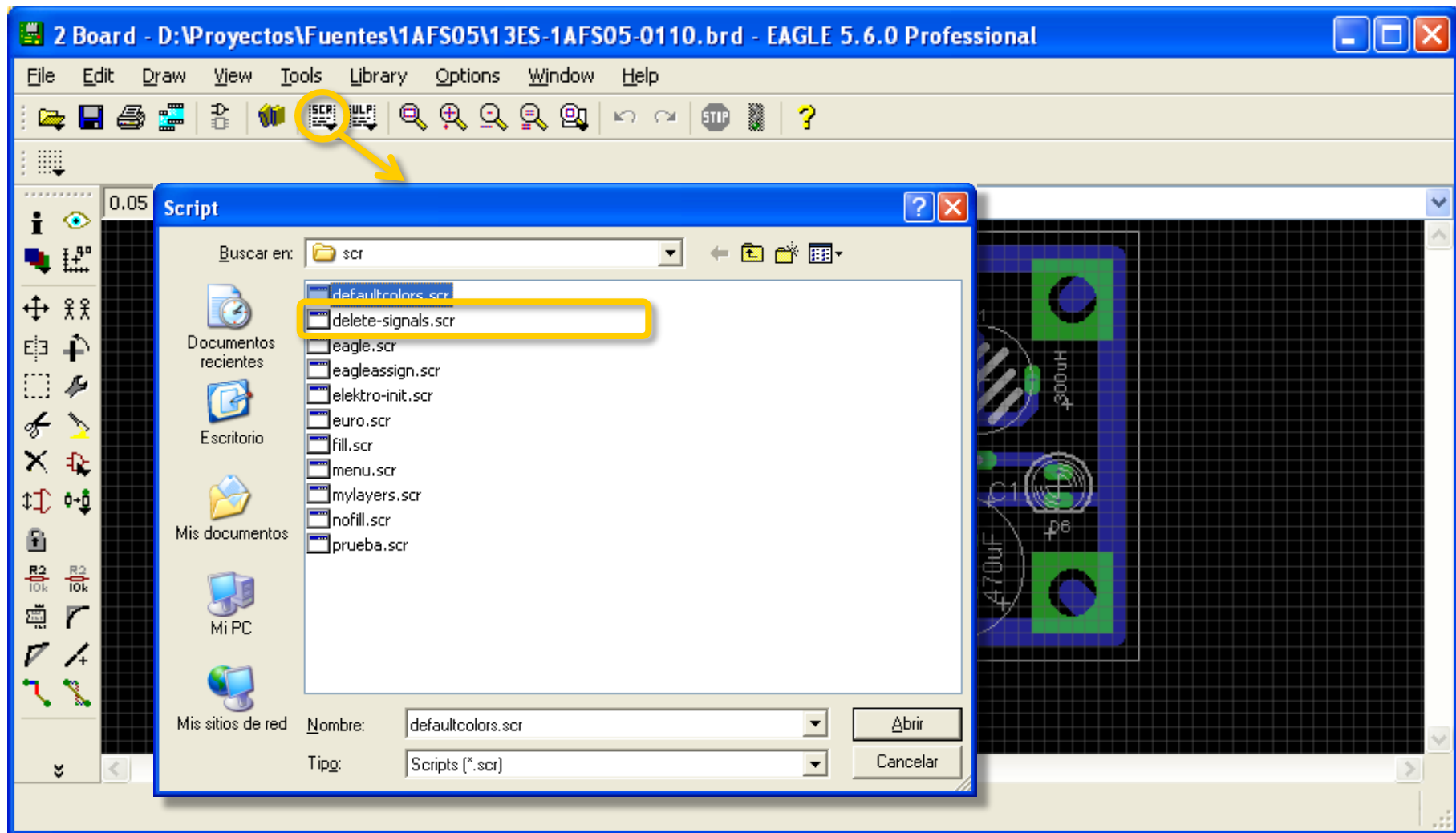
Secuencias de automatización

- Las secuencias de automatización (scr) permiten ejecutar lotes de comandos utilizados frecuentemente
- Se comportan en forma similar a los archivos batch del sistema operativo
- Constituyen una alternativa mucho mas rápida y simple para automatizar tareas que los programas de usuario (ulp)

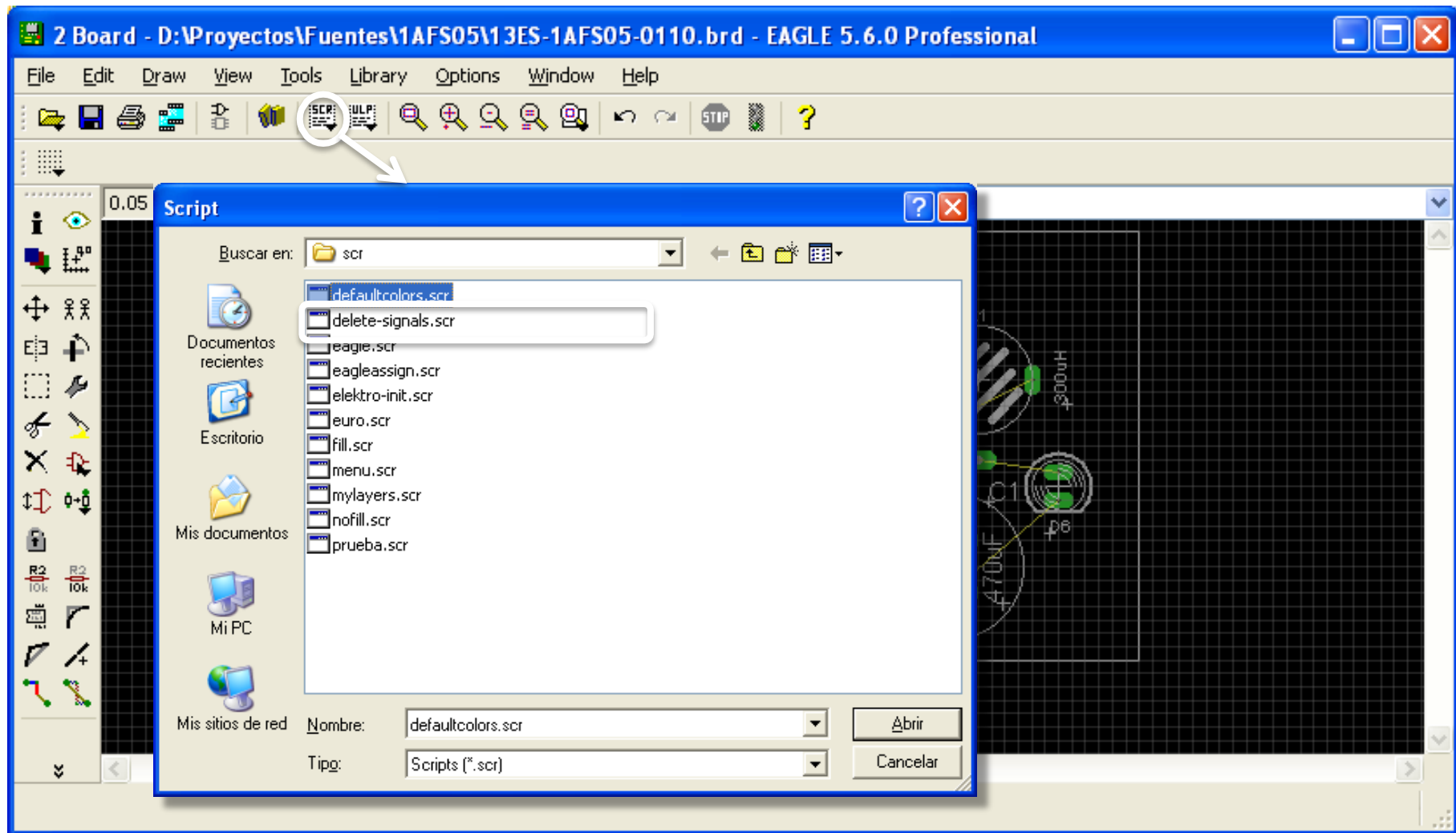
Secuencias de automatización



Ejecución de una secuencia



Ejecución de una secuencia



Interferencia Electromagnetica

- Se llama interferencia electromagnética (EMI) a una señal, en principio de valores bajos, que produce efectos indeseados en el circuito.
- Puede interferir con las señales del circuito y eventualmente afectar hasta el control del mismo.
- Puede ser radiado o conducido en función del medio de propagación.
- Cualquier dispositivo es a la vez generador de ruido y susceptible al ruido.

Compatibilidad EMC

- Existen normas para regular “Compatibilidad Electromagnética (EMC)”, que determinan la emisión de ruido y la capacidad de operar en un ambiente ruidoso
- Las técnicas para manejo del ruido deben ser tenidas en cuentas desde el inicio del diseño.
- El objetivo principal es atenuar los transitorios para prevenir los efectos del ruido.
- Es una tarea compleja y que eventualmente puede requerir de especialistas.

Imunidad a Transitorios

- El objetivo es reducir la variación de tensión respecto a masa de una señal después de un transitorio
- Se deben bloquear los transitorios, tanto externos como los generados por nuestro circuito
 - El objetivo es limitar la corriente generada por el transitorio.
 - Se logra colocando altas impedancias en series.
 - Resistencias, Inductores, Ferrites y Choques.
- Adicionalmente se debe proporcionar un camino de baja impedancia para el transitorio
 - El objetivo es conducir la corriente del transitorio por un camino conocido
 - Se logra colocando bajas impedancias en paralelo
 - Capacitores, Varistores, Diodos Zener y TVS.

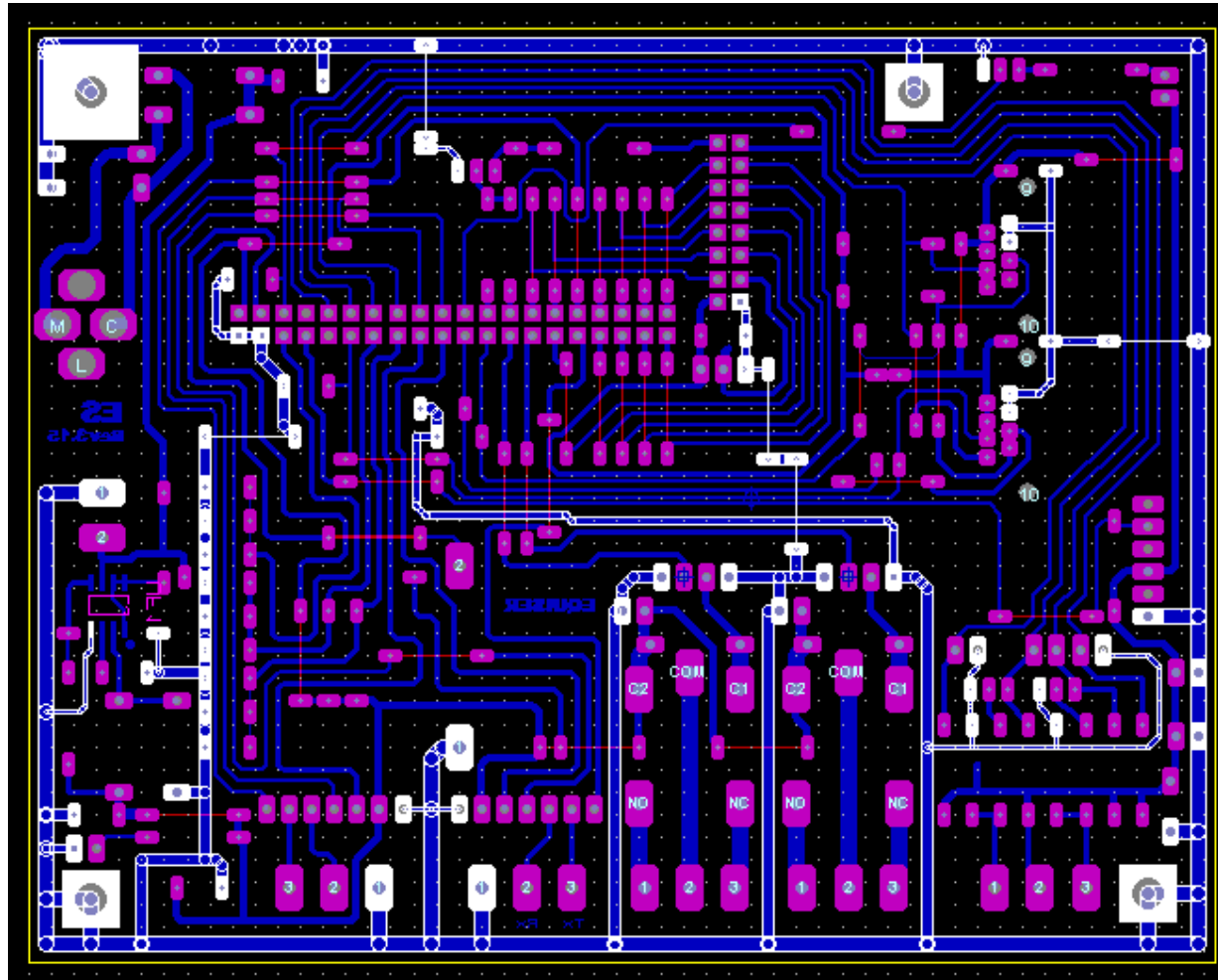
Capacitores de Desacople

- Separar el circuito en módulos según su frecuencia y su corriente separando las funciones dentro de la placa.
- Colocar capacitores de desacople (100 nF) o filtros PI en la entrada de alimentación antes de cada modulo.
- Rodear los módulos ruidosos con líneas o planos de masa
- Colocar capacitores de bypass (100 nF) lo mas cerca posible de los terminales de alimentación entre los circuitos integrados y la fuente.
- Colocar capacitores de desacople en las líneas alimentación regulada que salen de la placa por cables

Recomendaciones de ruteo

- Utilizar trazos gruesos y de baja impedancia para la tierra ya alimentaciones.
- De ser posible utilizar un plano completo para masa.
- Priorizar los trazos de masa y en segundo término los de alimentación sobre cualquier otro trazo.
- Evitar utilizar puentes para conectar trazos de masa
- En los cambios de planos utilizar múltiples vías
- Minimizar la impedancia de las conexiones a masa de los capacitores de desacople, filtros y circuitos de reloj.

Lo que no se debe hacer





Recomendaciones de ruteo

- Encaminar las señales de alimentación en forma paralela a las señales de masa.
- Utilizar la misma capa que la masa o una capa adyacente.
- Utilizar trazos gruesos para las señales de alimentación.
- De ser posible utilizar un plano completo para alimentación
- Evitar lazos de masa y de alimentación.

Recomendaciones de ruteo

- Conectar las referencias de tensión de los conversores A/D con líneas independientes de la alimentación principal del modulo.
- Tratar de que los cruces de las señales analógicas y digitales sea perpendicular y no trazos paralelos.
- Conectar los terminales no utilizados de los circuitos integrados a masa o fuente, o configurarlos como salida.
- Minimizar la distancia de los osciladores a los procesadores.
- Seguir los circuitos y ruteos propuestos por el fabricante