

## Guía de asistencia para el trabajo práctico final

Apartado técnico.....	3
Realización del PCB .....	4
¿Qué ancho deben tener las pistas? .....	4
Método de planchado .....	5
Materiales .....	9
Método de serigrafía.....	10
Materiales .....	10
Materiales .....	11
Fabricación de una cámara UV casera [opcional] .....	12
Perforación del PCB.....	13
Método de CNC .....	13
Materiales .....	13
Fabricación de PCB multicapa .....	14
Soldado y desoldado de componentes .....	15
Montaje de componentes en placas (Argentina) [opcional].....	16
Montaje de componentes placas (Asia) [opcional].....	16
¿Qué hay dentro de un circuito integrado? [opcional].....	16
Abastecimiento de materiales .....	17
Modelado 3D.....	18
Exportación PCB y modelado e impresión 3D .....	18
Truco para hacer caja .....	18
Texto sobre cuerpos.....	19
Cotas completas FreeCAD .....	19
Cables en el modelo 3D [opcional].....	19
Impresión 3D .....	20
Acabado liso con ABS [opcional] .....	20
Acabado liso con PLA [opcional] .....	20
Condiciones del trabajo práctico.....	21
Informe.....	21
Estética del informe .....	21

Objetivo .....	21
Características generales del circuito.....	21
Procedimiento .....	22
Resultados .....	23
Conclusiones.....	23
Se deben incluir las siguientes imágenes .....	23
Características del circuito (PCB) .....	24
Características del gabinete .....	24
Impreso en 3D .....	24
Lo más pequeño posible .....	24
Debe tener una tapa (también impresa).....	24
Tiempo de impresión menor a 75 minutos (CURA) .....	25
Desmontable para que se pueda retirar el PCB. ....	25
Contenido.....	25
Orificios .....	25
Sugerencias, opiniones y contacto.....	26

## Apartado técnico

Antes de continuar con la parte tangible del trabajo práctico asegúrese que su layout del PCB esté en condiciones. Verifique:

- Pistas: ancho indicado.
- Pads: tamaño apropiado (mínimo del área por defecto).
- Agujero de los pads: tamaño de sus brocas (recomendado, no esencial).

El ancho de sus pistas es de 20 mils (0,5 mm aproximadamente) ¿Qué importancia tiene esto? La importancia de esto será especificada más adelante.

La lista de precauciones para el PCB a continuación se debería detallar para explicar porque se deben aplicar, pero no se encuentra al alcance de las herramientas de física 2 (la cual, según el plan de estudios, se debe cursar en paralelo o antes de esta materia):

- Conectar el relleno de cobre a masa.
- Evitar pliegues de pistas en ángulos rectos.

El ancho de las pistas queda acotado por factores económicos, físicos y prácticos. Si hacemos pistas muy anchas estas ocuparán mayor superficie, el circuito aumentará de tamaño y necesitaremos placas muy grandes. Si fueran pistas fueran angostas existen al menos 3 problemas: el primero es que si decidimos hacer la placa con algún método poco profesional (como el del planchado) es probable que no queden fijadas las pistas sobre el cobre, en caso de que mejoremos el trazado de las pistas sobre el cobre todavía sigue siendo un riesgo el hecho de que el ácido puede comérselas. Si logramos resolver estos asuntos con técnicas profesionales aún queda un inconveniente físico que no podemos saltar.

## Realización del PCB

### ¿Qué ancho deben tener las pistas?

Seguro se habrá preguntado si existe algún motivo, además de la consigna, para elegir un ancho de 20 mils. A continuación, se trata de explicar con qué criterio puede escoger el ancho.

Si ya ha cursado física 2 sabrá que densidad de corriente es corriente sobre área. Básicamente, corriente es, un flujo de electrones en un área. Ahora ¿Cuál es nuestra área? Nuestra área es la sección de cobre de la pista, esta área depende de la altura del cobre (de la cual se hablará en la parte de ácido clorhídrico) que viene de fábrica y el ancho, el cual se lo da el ancho de la pista.

Al disminuir el ancho es totalmente análogo a quitar carriles de una autopista. Si sacamos carriles a la autopista el tránsito se empieza entorpecer y los autos deben circular con más cuidado para no chocarse unos con otros. Si seguimos sacando carriles llegará un momento en que no podrán circular más los autos. Algo similar ocurre con los electrones de la pista. Físicamente hablando, al disminuir el área la pista deja de funcionar como un conductor y empieza a ser una resistencia. Esto explica porque no podemos hacer tan fina la pista de cobre. En caso de haber corriente suficiente para hacer funcionar el dispositivo conectado a esa pista se podrían hacer trazados muy finos hasta el límite mínimo necesario para el dispositivo.

Para seguir manteniendo la corriente la tensión debe aumentar y esto provoca que la pista se caliente para disipar la energía. Como método alternativo a aumentar las pistas de ancho, en circuitos que ya tienen pistas muy anchas, algunos recurren a bañar la pista de cobre con estaño que, a pesar de no tener la misma conductividad que el cobre, es un buen conductor.

A continuación, y a lo largo de la parte técnica del documento, se encontrará con una selección de videos formativos útiles para la realización del trabajo. También se encontrarán videos optativos, de características informativas, que cumplen la función de complementar lo aprendido en la materia con usos que quedan fuera de los límites de la materia, pero que están vinculados a ella.

## Método de planchado



Este es, en caso de que no lo manden al LCI u otro servicio que se dedique a realizar PCB, el método más recomendado y barato. Parte del trabajo práctico es que pase por esta experiencia. Que sea barato no implica que sea de mala calidad, simplemente que las características del circuito, función y cantidad no son las indicadas para mandar a fabricar o realizar con el método de serigrafía.

En cuanto a las técnicas las variantes que se pueden señalar es que en lugar de usar Thinner para remover el tóner se puede usar esponja de acero (virulana o la marca que sea), la misma que usa para limpiar el cobre antes de planchar. Es muy importante que la limpie. Asegúrese de usar la virulana que literalmente tiene densidad de esponja, visualmente esta está hecha de pequeñas fibras metálicas suaves que al usarla desprende fibras de la esponja. Se usa para limpiar metales blandos (bronce, cobre) ya que corren menos riesgo de ser rayados y le retiran los óxidos depositados.

Otro consejo, es que, al planchar, no solo limpie la placa, asegúrese que su impresión tenga el tamaño y espejado adecuado (cuando quede la tinta adherida al cobre debe verlo como quedará finalmente) y cuando vaya a colocar la hoja sobre el cobre preste mucha atención respecto a los bordes y la alineación. Si lo hace con cuidado, puede recortar primero la placa de cobre al tamaño de su circuito, o con un milímetro de margen si hay pistas pegadas al borde (recomendamos comprar una placa de 5x10 para tener al menos 2 intentos), para que el ácido tarde menos tiempo en retirar el cobre.

En cuanto a la alineación, al planchar, muchas veces no sale como uno espera. Recuerde hacerle unos márgenes, respecto a la impresión, al papel para que cumplan función de solapas que se plieguen al final de la placa la rodeen para pegarla con cinta. En caso de tener seguridad, y experiencia, podría poner una solapa y el resto mantenerlo con cinta a lo largo del borde. Esto no se recomienda mucho, ya que la cinta entorpece la conducción adecuada del calor hacia la tinta. Por la dificultad mencionada, se recomienda crear un PDF con múltiples cantidades de la impresión del PCB. Esto se puede hacer en una hoja usando programas como Inkscape, que es gratuito. Cuando lo haga asegúrese de que el dibujo conserve su tamaño original ¡lo mismo cuando ya este impreso! (las impresoras a veces están configuradas de manera tal que las dimensiones de la imagen se distorsionan). Puede aprovechar para crear una máscara de componentes casera (asegúrese de que el espejado sea el adecuado) imprimiendo la capa F.Fab (sobre la misma hoja) y planchándolo sobre la otra cara de la placa. Esto último suele salir mal, afortunadamente no es necesario para el trabajo. Requiere de más tiempo de planchado que la parte de cobre. También puede coordinar con compañeros para poner más de un modelo de PCB en la misma hoja.

Consejos para planchar. Si nunca ha tocado una es buen momento para aprender. No necesita experiencia previa. Claramente hágalo en seco (sin líquidos). Recuerde que es sobre la parte de cobre con algún papel entre la hoja de transferencia y la plancha. El tiempo de planchado depende de la potencia de la plancha y el papel de transferencia. Con una plancha por encima de los 80°C con 5 minutos en el lado del cobre alcanza (para el F.Fab puede necesitar 10). Puede dejar durante algún momento la plancha encima de este, pero durante al menos 2 minutos deslice con presión sobre el PCB, especialmente en los bordes y trozos de cinta, los bordes son muy importantes. Para darle unos retoques finales puede planchar directamente sobre el papel transfer. Una vez planchado sumergir inmediatamente en agua.

Una vez metido en el agua empezara a ver el resultado. Con las yemas de los dedos podrá retirar el papel. Algunos papeles dejan restos sobre los lugares que deberían ser comidos por el ácido. Para disminuir el tiempo en el ácido se recomienda repasar con un punzón aquellos lugares con el cobre expuesto. En caso de que alguna pista se haya cortado en el procedimiento este o el planchado se puede rescatar repasando, en el lugar que debería estar cubierto, con tinta con un marcador negro de tinta indeleble. Por experiencia, el Sharpie indeleble anda muy bien.

Algunos de los materiales, como la plancha, son comunes en los hogares, otros, como el ácido, posiblemente tenga que comprarlos. El Labi cuenta con plancha y herramientas para realizar este proceso. Lo único que tendría que aportar es un envase de plástico para poner el ácido y el ácido. El Labi le puede facilitar un papel de revista e imprimirlo en la fotocopidora de la facultad. En caso de imprimirlo en su casa tenga en cuenta que la impresora debe ser laser y que las librerías y fotocopadoras no dejan que les metan hojas texturas extrañas a sus fotocopadoras o impresoras.

Antes de proseguir con otros videos esta bueno aclararle algunas cuestiones sobre el percloruro férrico, más allá de los cuidados que deba tomar (evitar contacto con la piel, ropa y superficies metálicas, opcional usar guantes, espacio ventilado y regular conscientemente la temperatura), para que pueda operar con un poco de conocimiento encima.

Cantidad y tiempo dependen de:

- Superficie placa.
- Superficie a comer.
- Temperatura del ácido.
- Movimiento del ácido.
- Concentración del ácido.

El percloruro férrico puede ser vendido como polvo o diluido (las proporciones varían). Lo más probable es que lo consiga en liquido (diluido), lo cual es parcialmente más seguro dado que evita aspirar partículas de polvo. A continuación, se hablará de las características que hay que contemplar acerca de este. El tiempo para una placa de estas dimensiones totalmente cubierta suele ser de más de 15 minutos.

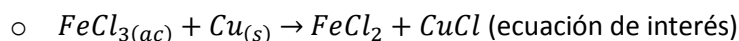
Si la placa fuera más grande, seguro, sería más la cantidad de cobre a retirar. El mismo problema sucede si no está hecho el *copper pour*, ya que se retiran superficies de cobre que no influyen en este trabajo y el tiempo del proceso será mayor. Una alternativa al *copper pour*, que en este caso no se puede, es agrandar algunas pistas.

La eficiencia del ácido aumenta con temperaturas altas. En caso de tenerlo en polvo, caliente agua donde lo diluirá (los vapores son nocivos para la salud). En caso de tenerlo líquido ponga el recipiente del ácido (puede ser un frasco de mermelada) en baño maría (una olla, por ejemplo). También puede hacerlo sin calentar, recomendable solo si la solución es nueva.

Una solución nueva es una solución que no ha sido utilizada antes. Una vez usado, el ácido, sigue siendo útil para el mismo propósito. Puede meterlo en un recipiente distinto o mezclarlo con el resto de la solución nueva (perderá eficiencia). Esto es ocasionado porque en la reacción se pierden reactivos y quedan productos en la nueva solución. Esto indica que la concentración del ácido no viene dada solo por las partes que se pongan de ácido (en polvo) con agua, sino que también influye en cuantas veces se usó antes.

Para esto hay que tener en cuenta:

- Reacción química:



- Densidad cobre: 8.96 g/cm<sup>3</sup>
- Densidad percloruro férrico: 2.9 g/cm<sup>3</sup>
- Densidad agua: 1 g/cm<sup>3</sup>
- Masa molar cobre: 63,546 g/mol
- Masa molar percloruro ferrico: 162.2 g/mol
- Grosor placa (posibles valores con cobre incluido):
  - 0,4 mm
  - 0,8 mm
  - 1,2 mm
  - 1,6 mm
  - 2 mm
  - 3 mm
- Grosor cobre (1 onza cobre /pie<sup>2</sup>):
  - ½ onza = 17,5 micrones
  - 1 onza = 35 micrones
  - 2 onzas = 70 micrones
  - 3 onzas = 105 micrones

Pie= 4 pulgadas= 4\*2,56 cm

Micrones = 1/1000 mm de espesor

Onzas = 28,7 g

Supongamos un ejemplo. Se quiere retirar todo el cobre de una placa de cobre de 3 onzas, con un tamaño de 40 por 40 milímetros. Esto daría un volumen de cobre de 0,168 cm<sup>3</sup>. La masa de este sería de 1,505 g. La cantidad moles sería de 0,023688. Como la reacción indica que necesitamos 1

mol de ácido por 1 mol de cobre se necesitaría la misma cantidad de moles de percloruro de hierro (III) que de cobre. Sería una masa de 3,842 g y un volumen de 1,3249 cm<sup>3</sup> de este último.

Según esos datos sería muy sencillo y rápido el proceso. Pero hay varios factores de la cinética química que no colocamos en los datos. Para que se dé una idea, se necesitan 60 cm<sup>3</sup> de solución, al 40%, de percloruro férrico, de primer uso, a 45°C durante 10 minutos, por lo menos, para poder realizar este trabajo.

A medida que ocurre la reacción se depositan productos sobre la placa evitando que los reactivos entren en contacto. Para evitar esto se incorpora un proceso más para acelerar la reacción. El hecho de agitar levemente el ácido ocasiona que en todo momento esté la posibilidad de que entren en contacto los reactivos y sean arrastrados los productos. Cabe aclarar que también quedan otras basuras como restos del papel transfer. Agite de manera prolija: sirve tanto revolver, que puede no ser tan eficiente, como zarandear moderadamente el envase de ácido.

En caso de tener todos los factores a favor es probable que pueda tener su placa fuera del ácido en 10 minutos. El sobrante del ácido recomendamos guardarlo (tirarlo a las cañerías podría ocasionar daños). Limpiar el envase con un papel y tirarlo a la basura. El ácido diluido no es lo suficientemente fuerte para quemar instantáneamente, pero le recomendamos pasarse un poco de papel y lavarse las manos en caso de tocarlo. Existen otros ácidos más fuertes que suelen servir, como el ácido nítrico, pero recomendamos usar el mencionado en la explicación.

Si bien pierde calidad el ácido usado, existen métodos para recuperarlo. En internet hay métodos que explican cómo. Para ahondar más en este tema y obtener la verdadera formulación química de esta reacción sugerimos que le pregunte a un profesor de química, ya que estos temas se ven abordados en dicha materia.

Es muy importante la limpieza de la placa, ya que, aunque no lo veamos existen suciedades, como el óxido, que nos podrían dificultar el trabajo. Una superficie con óxido dificulta la soldadura y evita el contacto adecuado con las puntas del multímetro para medir continuidades.



Se expone como alternativa mirar este video hecho por uno de los colaboradores de la cátedra para realizar el método de planchado.

Un detalle más: la velocidad y prolijidad de la reacción del ácido esta fuertemente vinculada con el tipo de papel que se use.



## *Materiales*

- Placa de cobre simple faz.
- Papel de revista, glossy, transfer o satinado.
- Impresora láser (una impresión).
- Plancha (de ropa).
- Percloruro férrico (u otro ácido apto).
- Envase apto para ácido (vidrio si se quiere calentar o plástico).
- Envase para colocar ácido sobrante.
- Agua en un envase.
- Cinta adhesiva (puede o no ser kapton).
- Guantes o pinza no metálica (para manipular la placa en el ácido).
- Lana de acero.
- Marcador indeleble.
- Herramienta punzante (retirar papel innecesario y sobrantes de cobre o agrandar agujeros).
- Herramienta de corte (cutter, formon, ciertas guillotinas, minitorno, caladora, etc).
- Herramientas de perforación (minitorno, taladro de banco o cualquier variedad de taladro manual o automático que pueda usar brocas de 0,5 mm a 1,5 mm).
- Flux (opcional)
- Alcohol isopropílico (opcional).
- Aguarrás/quitaesmalte/Thinner (opcional).

## Método de serigrafía



Para los usuarios comunes aparte del método de planchado existe el de serigrafía. Como se ve en el video, no es recomendable por su alto costo y demanda de tiempo. El método profesional de hacer PCB, de hecho, se parece demasiado a esto. Podrán observar el método profesional de hacerlo multi capa (si, no solo se hace con capas de ambos lados, sino que además se pueden incorporar capas

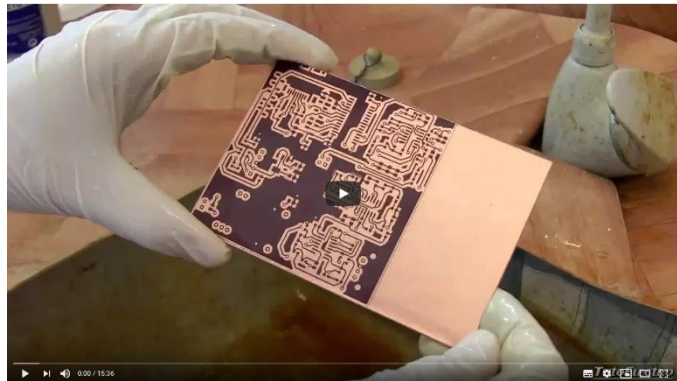
internas) en los videos que siguen. Este método es una simplificación para 1 o 2 capas.

### *Material*

- Placa de cobre simple faz.
- Percloruro férrico (u otro ácido apto).
- Envase apto para ácido (vidrio o plástico).
- Agua en un envase.
- Cinta (puede o no ser kapton).
- Guantes o pinza no metálica (para manipular la placa en el ácido).
- Envase para colocar ácido sobrante.
- Lana de acero (opcional).
- Herramienta punzante (retirar papel innecesario y sobrantes de cobre o agrandar agujeros).
- Alcohol isopropílico (opcional).
- Aguarrás/quitaesmalte/Thinner (opcional).
- Herramienta de corte (cutter, formon, ciertas guillotinas, minitorno, caladora, etc).
- Herramientas de perforación (minitorno, taladro de banco o cualquier variedad de taladro manual o automático que pueda usar brocas de 0,5 mm a 1,5 mm).
- Shablon o bastidor de 120 hilos.
- Emulsión y revelador.

- Cámara de luz UV (tiene que entrar el bastidor)
- Acetato y una impresión adecuada para este.
- Pintura UV para PCB (para el cobre, antisoldante y serigrafía)
- Espátula.
- Soda caustica (diluida).

Existen otros métodos de tratamiento UV, como la lámina sensible a UV. En el LCI ([Laboratorio de Circuitos Impresos](#)) utilizan ese método. Imprimen sobre una lámina transparente con una impresora especial un negativo del circuito (en lugar de imprimir el camino de cobre imprime lo contrario, cabe destacar que la impresión debe ser sumamente opaca y sin poros). Dicho negativo lo ponen sobre una lámina UV y dicha lámina sobre la placa de cobre. Se expone esa composición a una cámara con luz UV. Como la luz UV no atraviesa el negativo, porque está la tinta, solo afecta los sectores transparentes, haciendo que se adhiera la lámina en los caminos de cobre que deseamos conservar. Así, la lámina, cumple el mismo rol que el tóner en el caso del planchado. El resto del proceso es similar, pero usan otro ácido.



### *Materiales*

- Placa de cobre simple faz.
- Lámina fotosensible.
- Líquido revelador.
- Cámara de luz UV
- Percloruro férrico (u otro ácido apto).
- Envase apto para ácido (vidrio o plástico).
- Agua en un envase.
- Cinta adhesiva (puede o no ser kapton).
- Guantes o pinza no metálica (para manipular la placa en el ácido).

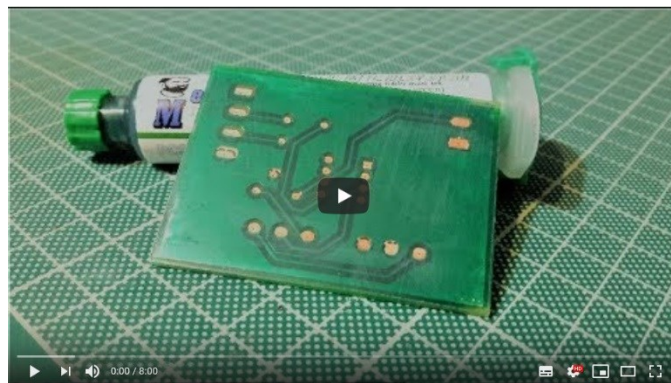
- Envase para colocar ácido sobrante.
- Lana de acero.
- Marcador indeleble.
- Herramienta punzante (retirar papel innecesario y sobrantes de cobre o agrandar agujeros).
- Herramienta de corte (cutter, formón, ciertas guillotinas, minitorno, caladora, etc).
- Herramientas de perforación (minitorno, taladro de banco o cualquier variedad de taladro manual o automático que pueda usar brocas de 0,5 mm a 1,5 mm).
- Brocas de 0,5 mm a 1,5 mm de acuerdo a necesidad.
- Alcohol isopropílico (opcional).
- Aguarrás/quitaesmalte/Thinner (opcional).

### Fabricación de una cámara UV casera [opcional]



A comparación de la cámara UV planteada en el video de serigrafía esta parece mucho más económica y de tamaño reducido ¿valdrá la pena? Eso se puede observar en el siguiente video.

Como se ve en el video, la cámara funciona. También sirve como experiencia para saber que este método es mucho más complicado que el de planchado, ya que hay que prestar atención a que no se mueva el negativo. De cualquier manera, esta máscara no se puede realizar con un método más sencillo que este.



## Perforación del PCB

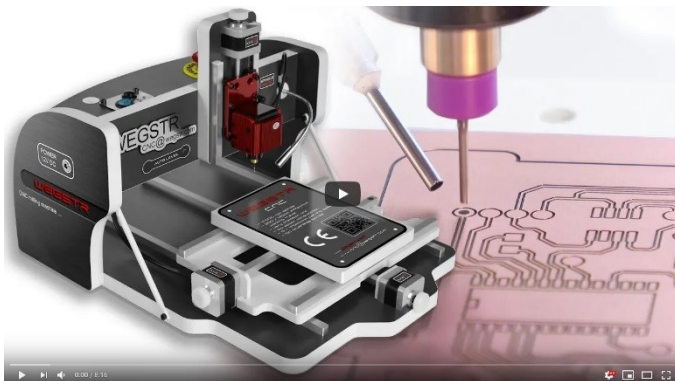


Una vez que la placa parece estar lista límpiela (puede usar la esponja de acero ya mencionada y alcohol, isopropílico en lo posible), revise continuidades, que no haya cortocircuitos ni pistas cortadas, corte los sobrantes y lije los bordes. Tenga cuidado con el polvo y siempre deje limpio el lugar de trabajo. El próximo paso será perforar la placa. Deberá abastecerse de brocas de acuerdo al tamaño de los pines de sus

componentes. Revise la sección de “abastecimiento de materiales” para obtener información de donde comprar dichos elementos.

En caso de no contar con minitorno, Dremel o torno de banco, podrá usar el del Labi. Usted deberá llevar sus propias brocas. Recomendamos comprar un par de 3 tamaños (0,7 a 1,5) mm entre compañeros. Las de 0,7 mm se rompen muy fácil.

## Método de CNC



Un método muy rústico y contemporáneo es usar una fresadora automática para devastar la superficie de cobre con una fresa y evitar el uso del ácido y sus riesgos.

Dicha fresadora cambia de broca y se usa el mismo programa con otro recorrido para hacer el corte y los agujeros tal y como se vio en la perforación de PCB con CNC.

## *Materiales*

- Placa de cobre simple faz para PCB.
- Brocas y puntas devastadoras adecuada para retirar hasta 0,1 mm de cobre del PCB.
- Fresadora automática apta para devastar la superficie de cobre.



## Fabricación de PCB multicapa



Una vez entendidos los anteriores videos seguro está tiene las capacidades para proseguir con el siguiente nivel. En esta sección se mostrará a lo largo de 4 videos la confección de PCB multicapa. El primer video nos ofrece una síntesis bastante clara, en español, de cómo es el proceso. La capacidad a nivel doméstico permite hacer PCB de 1 o 2 capas, sin embargo, en PCB de alta complejidad son muy común las capas

internas en dispositivos avanzados.

El segundo video muestra un recorrido mucho más completo y complejo. Cabe destacar que la dificultad del video no está dada solo por la longitud del mismo y el inglés técnico y preciso que se maneja (en español muchas de esas palabras se usan sin traducir), sino que además incorpora procesos e imágenes que no resultan familiares.

Estos videos pretenden informar para satisfacer su curiosidad con el fin de saber cómo es el proceso para armar las pistas cuando no están a un lado o a otro de la placa, sino que están al medio. No pretenda que sean de carácter formativo, aunque con todas las imágenes, explicaciones y videos, se podrá dar una muy buena idea de cómo funciona el sistema y las fábricas de estos.



En el tercer video, notará que es el mismo proceso, en una fábrica distinta. Sin embargo, el uso de distintas instalaciones implica otro tipo de mano de obra, maquinas automatizadas, métodos e



incluso otras condiciones necesarias para el mantenimiento y la producción eficaz. Note, por ejemplo, que las cámaras donde se trabaja con film foto sensible utilizan iluminación amarilla. Esto es algo que tienen en común y es un detalle esencial. Se pueden considerar medidas flexibles contrastándolas con las fábricas que realizan circuitos integrados. Estas utilizan técnicas similares (a nivel microscópico) pero el

acondicionamiento del lugar es más minucioso: no solo necesitan tener cuidado con la luz, el aire del ambiente debe tener menos de 100 partículas cada 30 litros de aire. Esto se logra con sistemas de acondicionamiento de aire muy complejos, cámaras especiales para pasar a la sala de producción y operarios vestidos con un mameluco que los cubre totalmente (cabeza, cara y manos incluidas).

Este último video vuelve a mostrarnos una fábrica de Euro. A diferencia del anterior, este muestra un trabajo con más personas (note que las otras instalaciones tenían el traslado de placas a cargo de máquinas) y muestran el empaquetamiento del producto.

En el trabajo profesional no deberá realizar la placa por su cuenta. Esta materia es una introducción al diseño asistido por computadora, una herramienta para que pueda apoyarse en los conceptos básicos de armado de PCB mediante softwares EDA más potentes que el KiCAD (claramente son pagos y pueden llegar a valer mucho dinero). Entenderá que lo trabajado en la materia es la introducción al paso previo a la realización de los PCB. Es muy común la utilización de páginas de internet para la realización de circuitos en volúmenes altos a un muy bajo precio. Estas fábricas abiertas al público común mediante internet suelen ser de origen chino.



## Soldado y desoldado de componentes



Una vez perforado el circuito (terminado el PCB) deberá ensamblar los componentes. Como se ha trabajado en la materia, deberá usar componentes THT, sin embargo, estos consejos de soldadura le deberían ayudar. Este [apunte del Labi](#) le enseñará a soldar y estos videos le mostrará cómo se hace. Es muy posible que tenga problemas para soldar al principio. Es cuestión de práctica y no hay manera de

explicar cómo se hace para que lo haga perfecto, pero puede evitar errores.

El primer video habla, la mayoría del tiempo, sobre que vale la pena desoldar de una placa electrónica, aunque da muy buenos consejos, como tener un sistema de extracción de humo y vapores. Agregaría el uso de pinzas y palancas para retirar o poner componentes y ayudarse con flux.

El segundo video aporta información más básica y primordial para soldar. Evitar estos errores le ahorrara algunas frustraciones, aunque hay errores, como levantar una pista, que a veces vienen dados por el diseño de la placa. Lo único que no queda cubierto con este material es la soldadura con SMD.



## Montaje de componentes en placas (Argentina) [opcional]



Como se ve en este video, en Argentina también existe una industria electrónica, dedicada al ensamblaje de PCB mostrados en videos anteriores, con máquinas automatizadas.

## Montaje de componentes placas (Asia) [opcional]

Acá se puede ver otra ensambladora, en Asia, más concentrada de espacio, con otros volúmenes de producción y otras rigurosidades en el ambiente.



## ¿Qué hay dentro de un circuito integrado? [opcional]



Dentro de un integrado hay un circuito con componentes microscópicos hechos de dispositivos semiconductores. El esquemático de un integrado es muy similar al de un circuito macroscópico. Durante la cursada ha tenido la oportunidad de ver el esquemático del 555.



## Abastecimiento de materiales

Puede comprar sus materiales y componentes en cualquier lugar, pero estos están enlistados debido a su cercanía al centro de CABA y la sede de Paseo Colón.

Brocas: [Casa Wasser](#)

Componentes electrónicos: [Microelectrónica](#) y [SYC](#)

## Modelado 3D

Estos videos aportan información al modelado de la caja 3D y manipulación suficiente de los modelos 3D para satisfacer las necesidades del trabajo. No son obligatorios, escoja los que necesite.

En caso de tener que hacer la bornera en 3D estas son las [especificaciones](#).

En caso de hacer los modelos en OpenSCAD y querer pasarlos a FreeCAD este es un [tutorial](#).

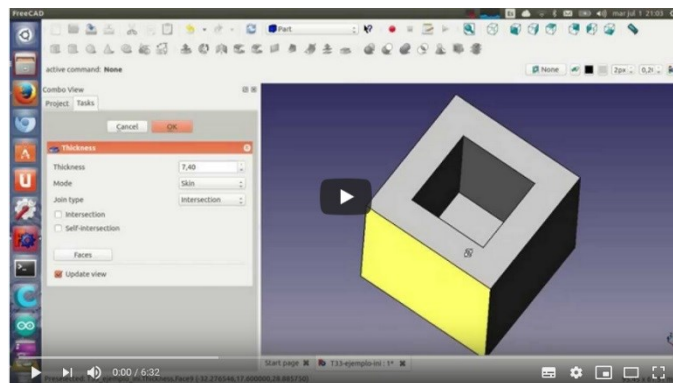
## Exportación PCB y modelado e impresión 3D



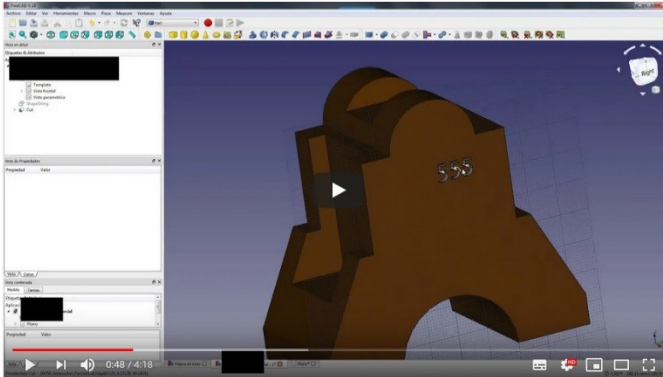
Serie de videos que explican de manera simple como hacer la caja en FreeCAD a partir del modelo 3D hecho en KiCAD. Estas explicaciones son esenciales.

## Truco para hacer caja

Este método simplifica bastante el proceso de hacer una caja. Muy recomendado.



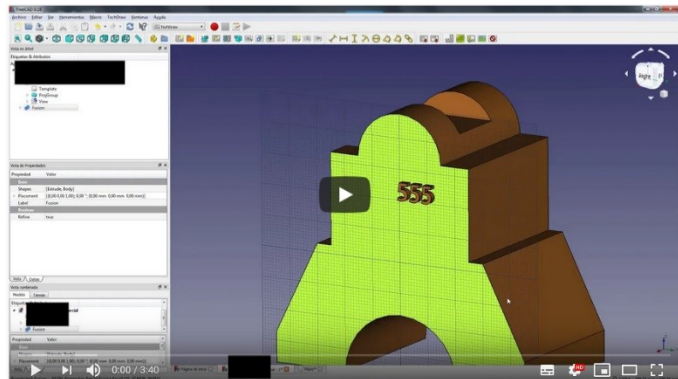
## Texto sobre cuerpos



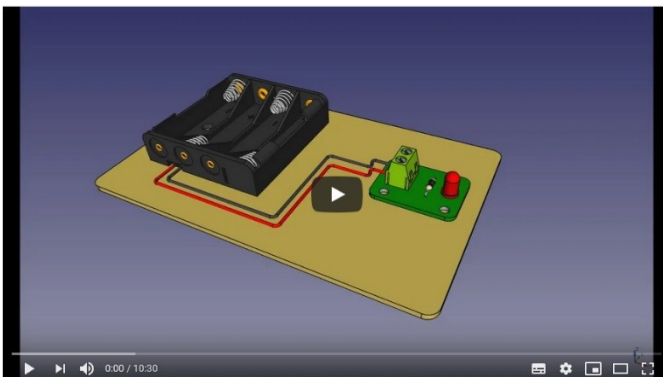
Esta es una explicación dedicada de la materia para poner texto sobre el cuerpo para realizar relieve y bajorrelieve. Tiene ciertos inconvenientes: cuando se representa el cuerpo a una hoja el texto no tiene una presentación agradable. Está basado en el video de arriba.

## Cotas completas FreeCAD

En el video se explica cómo acotar las diferentes vistas de un cuerpo y como completar el rótulo.



## Cables en el modelo 3D [opcional]



Dada la demanda de tiempo que lleva realizarlo no les exigimos que el modelo 3D tenga cables hasta la bornera, pero si lo desea hacer puede utilizar este método.

## Impresión 3D

Estos últimos 2 videos están dedicados al perfeccionamiento de la textura de las impresiones 3D. No son necesarias, dado que elevan el presupuesto. Como se menciona en la sección de impresión 3D del informe, una alternativa es la lija, que lo deja liso, pero si no se hace con cuidado deja manchones. Para información sobre impresión 3D puede ver este [apunte del Labi](#).

PLA: ácido poliláctico

ABS: acrilonitrilo butadieno estireno.

### Acabado liso con ABS [opcional]



El material ABS ante la acetona tiene una “desintegración”, lo que le da un aspecto pulido, pero le da más detalle.

### Acabado liso con PLA [opcional]

Así como el ABS tiene a la acetona, para el PLA está el cloroformo, en este video se usa una alternativa para evitar usarlo tanto por sus efectos biológicos como por su pérdida de calidad.



# Condiciones del trabajo práctico

## Informe

### *Estética del informe*

Pedimos que los ítems, subítems y otras jerarquías estén marcados de manera adecuada. Carátula como la pedida en los pre informes con el nombre del profesor adjunto. Páginas enumeradas, sin incluir la caratula. Simple faz. Hoja A4. Márgenes de 1 cm por lado por lo menos (queda a criterio del estudiante). Nombre del alumno, fecha de la presentación con número de llamado ese cuatrimestre y fecha de regularización (cuatrimestre y año) en el encabezado. Sangrías y tipografía queda a criterio del alumno. El cuerpo del texto debe ser justificado. Puede hacerlo en cualquier editor de texto. Debe enumerar las figuras y ecuaciones, y enunciarlas cuando corresponda. Haga referencias oportunamente de sus fuentes o bibliografía.

Aconsejamos aprovechar este trabajo para iniciarse en Latex. Puede leer este [apunte del Labi](#) o este [libro de Springer](#) para informarse. Latex le otorgará buena prolijidad a su trabajo y le servirá para el resto de la carrera.

La impresión puede ser en blanco y negro, aunque hay ilustraciones que son más claras a color. Pedimos que las hojas no estén arrugadas, previamente usadas, con rayones o manchas notables. Puede consultar a los profesores sobre alguna flexibilización.

### *Objetivo*

Para este punto recuerde que le debe hacer y que aprendió en la materia. No hace falta que desarrolle mucho. Básicamente deberá poner en práctica las herramientas aprendidas en el curso para facilitar la realización de un circuito y comparar los resultados esperados de la simulación con la efectiva práctica.

### *Características generales del circuito*

Durante esta parte se describirá al circuito en sí, para no divagar mucho y poner puntos concretos se proponen una serie de puntos que recomendamos abarcarlos en tal orden.

Síntesis: Decir brevemente que es ese circuito. Cuál es su componente principal, usos que tiene el circuito, el resultado anunciado por el profesor. Puede tomar ideas del pre informe para describir esta parte.

Esquemático: Una opción, formal, es incorporar este como una hoja exclusiva con su correspondiente rótulo que, por una cuestión de lectura, sería agradable que sea vertical, ya que el

resto del trabajo está en dicha alineación. Si lo hace horizontal no importa, pero recuerde en ambos casos llenar el rótulo. En caso de optar por ponerlo como una figura de tamaño adecuado (cómodo para la lectura) en el contenido del trabajo, también es aceptable. Si quiere puede poner ambas formas, para hacer referencias dentro del trabajo y mantener la formalidad, se considerará muy agradable.

Funcionamiento: Acá se pide un resumen del funcionamiento del circuito, como ya se pidió en el pre informe. De hecho, es muy aconsejable, a partir del pre informe sacar lo esencial para explicar el funcionamiento del mismo. Debe ser un resumen de un párrafo.

Lista de materiales y costo: Si bien puede basarse en lo realizado en los pre informes debe actualizar bastante esta parte. Sugerimos que lo plantee en forma de cuadro: material, modelo/característica y costo. Separe los costos de consumibles y reutilizables, como el ácido (pierde pureza), mechas finas y servicios (impresión, fotocopia, LCI), de los de la placa y la impresión 3D. En caso de tener alguno de los reutilizables previo al trabajo ponga "0". En caso de tener alguno de los componentes previo al trabajo ponga un "\*" al lado del nombre del componente y averigüe el precio cuando compre el resto de los componentes.

PCB: Lo mismo que el esquemático, solo que acá se haría más hincapié en realizar una miniatura del mismo y no una página dado que ocupa muy poca superficie sobre una hoja, pero cualquier opción dicha en la parte de esquemático es válida.

Resultados esperados: Esta parte también se debe sacar del pre informe. A partir de la información que buscaron del circuito, cuál debería ser el resultado.

### *Procedimiento*

Durante esta parte se explica cómo fueron elaborando cada producto, el paso a paso, inconvenientes técnicos, errores, herramientas que usaron, intentos fallidos, precauciones que hayan tomado y el tiempo. Aclare los recursos que el Labi le haya dado.

Herramientas: Enumere todas las herramientas usadas (puede no enlistar con viñetas). No hace falta que provea sus características, a excepción de que tal influya en el procedimiento.

Producción PCB: Para este producto deben elaborar demasiado y poner todos los detalles de procedimiento indicados arriba con mucha atención. Es muy importante que, en la parte técnica, anote los tiempos que le llevo cada proceso, el tiempo del paso a paso. En la defensa oral es muy probable que le pregunte sobre la elaboración del PCB, por tal motivo debe hacerla detallada y con atención. Esto abarca desde el layout listo hasta que la placa ya está funcionando definitivamente.

Producción modelos 3D y planos: sobre este no aplica tanto lo escrito en procedimiento, quizás solo el paso a paso, sintético, o como encaró el procedimiento para hacerlo y si hubo alguna dificultad. El tema del tiempo acá no es necesario, a lo sumo algo global. Recuerde que parte de esto ya lo hizo en el pre informe. Lea la siguiente parte para saber que debe excluir.

Producción de la caja: Esta parte abarca realizar el modelo 3D de la caja a partir del modelo 3D del PCB, incorporarlo en el simulador 3D, correrlo, mandarlo a imprimir y tenerlo definitivo. Todo lo que suceda en el medio (menos la parte de planos), se incorpora acá. Incluya el tiempo de impresión con su configuración en el Cura, puede ser tabla, imagen o texto. En caso de que tenga impresora 3D es importante el que agregue el tiempo de impresión real y en caso de no tener agregue el tiempo desde que lo mandó a imprimir hasta que lo tuvieron listo. A partir de tenerlo listo, en sus manos, para ambos casos, anote cuanto tiempo después pudo colocar el circuito en el gabinete.

## *Resultados*

En este espacio ponga los resultados finales, también mencione resultados que resultaron fallidos y necesitaron algún ajuste. Describa tamaño del PCB real final, irregularidades, pistas corregidas con estaño, pads que no toleraron las conexiones. Con el funcionamiento del circuito y la caja describa lo mismo: características principales, imperfecciones y resultado final (acabado, textura, etcétera).

## *Conclusiones*

Diferencias con el modelo ideal, tanto físico como funcional, comparativa con otros modos de hacer PCB (planchado vs serigrafía vs LCI vs “mandarlo a China”), posibles usos, opiniones ¿Qué cambiaría si tuviera que hacerlo de nuevo en el futuro?

## *Se deben incluir las siguientes imágenes*

Algunas de las imágenes, como esquemático y PCB de todas las capas ya se han aclarado en otras partes de la explicación como pueden presentarse. El hecho de que está parte del informe este aquí, no quiere decir que deba colocar las imágenes acá. De hecho, debe colocar todas las imágenes en el lugar adecuado del informe. Aquí solo se menciona cuales deben aparecer. De las imágenes de PCB se espera que pueda meter las 3 (o 2) alineadas en una fila, ya que no ocupan más de 4 mm de ancho.

Imágenes de modelo 3D: Pedimos que sean imágenes claras de la placa, la caja y la tapa y la placa dentro del gabinete (una opaco y otra semitransparente). Con una de cada uno alcanza. En caso de haber componentes personalizados deberá colocar 2 imágenes de cada uno de estos.

Para los planos: Para esta parte puede retirar el padrón en relieve. La “caja y tapa” (plano 1) deben tener una vista isométrica, apoyado sobre la base, acotado donde encastra la tapa (2 cotas) y 2 vistas que complementen los datos con acotaciones necesarias. Para “circuito 3D” (plano 2) repita el procedimiento, pero las 2 cotas de vista isométrica que sean de la base y las 2 vistas complementarias que acoten solo aquellas partes que influyen en la caja. Para “caja, tapa y circuito 3D” (plano 3) es necesario una perspectiva explotada, el alumno tiene que adecuar un criterio de espacio para acomodar y acotar los elementos. Componentes personalizados (plano 4 en adelante) son los planos de aquellos componentes que se pidieron realizar de manera personalizada en 3D. Al igual que con el esquemático y el PCB, se aceptan tanto en hoja a parte

con rótulo como miniaturizado en figuras (dibujos de un mismo plano aconsejamos ponerlos en fila). La diferencia es que acá aceptamos hoja entera o figura, de cada plano. Permitimos que, los "plano 1" y "plano 2", si entran de manera adecuada, los pongan en la misma hoja con rótulo. En cuanto al "plano 3" si se usa una figura se aconseja utilizar casi toda la hoja para que sea bien claro.

No importa que las imágenes no sean a color, pero sí que sean claras.

## Características del circuito (PCB)

Acá puede ver el modelo de la [bornera](#).

La descripción de lo pedido en las consignas del trabajo práctico en este punto es precisa. Por dudas técnicas consulte esta guía más arriba. Si no, no dude en consultar a los profesores.

## Características del gabinete

### *Impreso en 3D*

La impresión en 3D tiene que ser de plástico. Lo más común es ABS o PLA. Recuerde que el Labi tiene un [servicio de impresión 3D](#). Puede acudir a tal con un descuento por ser trabajo práctico para una materia. Le pasaremos una lista al Labi de los regularizados para accedan al descuento, sino puede llevar un [papel](#) firmado para acceder al descuento o enviar una foto de la materia regularizada por [mail](#). Para estimar un [presupuesto](#) a partir del tiempo impresión en Cura. Si la impresión 3D es un tema de su agrado le avisamos que el Labi organiza reuniones sobre modelado e impresión 3D.

### *Lo más pequeño posible*

La placa debe tener una holgura mínima, es indispensable que los componentes eviten sufrir daños ante oscilaciones. Recuerde hacer la superficie interior de la caja unas décimas de milímetros más grande que el PCB. Una prueba sencilla para corroborar que cumple es no escuchar ruidos al agitar la caja con el PCB ni sentir golpecitos al hacerlo.

### *Debe tener una tapa (también impresa)*

Es esencial que la caja cierre con el PCB adentro y la tapa puesta. Lo único que puede sobresalir es cualquier componente con su respectivo orificio. Es fuertemente recomendable que la caja encastre con la tapa. Para esto se le hace un bajorrelieve, de 2 mm, sobre la parte interna, del borde de la caja, con 1 mm de espesor, que encastra con la tapa y a la tapa se hace un relieve de 2 mm de altura que encastre en la ranura anteriormente mencionada (sería como un "negativo" de los últimos 2 mm de la caja, donde al juntarse forman un macizo de 2 mm).



### *Tiempo de impresión menor a 75 minutos (CURA)*

Las configuraciones que recomendamos son las que están por default. La impresora Prusa i3 (es la que usan en el Labi) es la que debe seleccionar. Si usa una particular y quiere asociar los parámetros con la suya anúncielo en el informe. Las únicas configuraciones que le recomendamos tocar en caso de no saber del tema es la altura (la definición), aconsejamos 0,2 mm (varíe hasta 0,6, no le aconsejamos más). La gente del Labi recomienda que el grosor de las paredes de la caja sea de al menos 2 mm. También recomienda que no le retiren el relleno, déjenlo en 20%. El ángulo de voladizo para el soporte, puede cambiarlo si tiene alguna estructura curva que lo amerite, sino déjelo como esta por default. Estas son todas las configuraciones que se explicaron en clase.

### *Desmontable para que se pueda retirar el PCB.*

Es importante que el PCB sea extraíble de la caja sin grandes impedimentos.

### *Contenido*

Dentro de la caja deben caber, el PCB, como ya se mencionó, con algunas décimas de milímetro de holgura (el interior de la caja debe ser un poco más grande que el PCB) y la pila. Algunos alumnos en otros cuatrimestres han hecho una porta pila como parte de la caja adhiriéndole 2 chapitas (una en cada polo).

### *Orificios*

La única manera (por consigna) de hacer agujeros a la caja, o la tapa, es mediante la impresión 3D y dichos orificios deben estar en modelo 3D, sin embargo, ante el costo que tiene realizar la impresión es un ítem que se puede flexibilizar. Recomendamos no hacer orificios de más, solo los necesarios (si sabe del tema haga estructura que desee mientras cumpla las consignas). A la hora de hacer el modelo 3D haga los orificios un 10% a 20% (a ojo) más grandes de lo que le exige el componente. En caso de olvidarse agujeros, imperfecciones o errores en tamaño puede acudir a arreglarlo suavemente con algunas herramientas de lijado. No recomendamos usar tornos ya que estos giran muy rápido y por la fricción antes de pulverizar al material, lo derriten. Estoy último también aplica para darle un acabado más liso al material: una vez impreso notaran que las fibras del material son destacables, esto con mucha paciencia y una serie de lijas se puede arreglar (quedará una superficie pulida, pero sensible a rayones y muy posiblemente quede manchada) para que quede con una textura agradable al tacto.

## Sugerencias, opiniones y contacto

La relevancia de este documento se hace entre todos. Quisiéramos saber tu opinión o crítica respecto a este documento. Si falta algo, si se entendió, si te sirvió, si hay algo confuso o si simplemente fue de tu agrado.

Recomendamos llenar este formulario una vez leído todo el apunte.

Te invitamos a que rellenes este [formulario](#).