

11. Apéndice A
Fabricación química de la PCB

Presentamos en la figura 11-1, de modo resumido, el proceso secuencial de fabricación de la placa de circuito impreso del ejemplo-guía mediante procedimientos químicos.

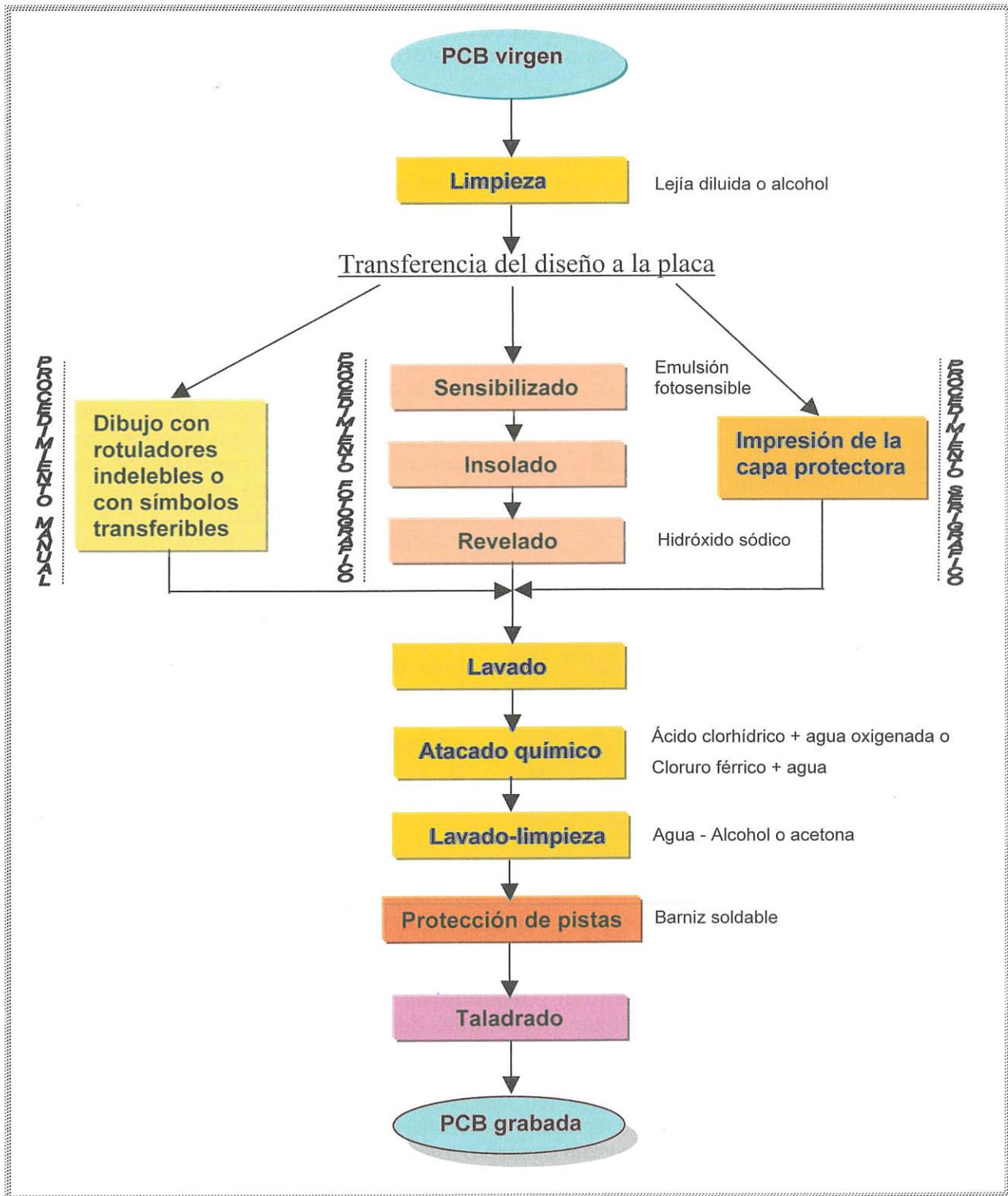


Figura 11-1

Partimos de una PCB virgen que, mediante una guillotina, cortamos al tamaño impuesto por el diseño. En nuestro caso, las máscaras u originales con los diagramas de distribución de pistas los hemos generado con el programa OrCAD Layout Plus y hemos utilizado una impresora láser para obtener una copia en papel vegetal, o en transparencia plástica. Este sistema, aunque adecuado a nuestras necesidades y pretensiones, se emplea sólo con prototipos dado la baja resolución que se consigue.

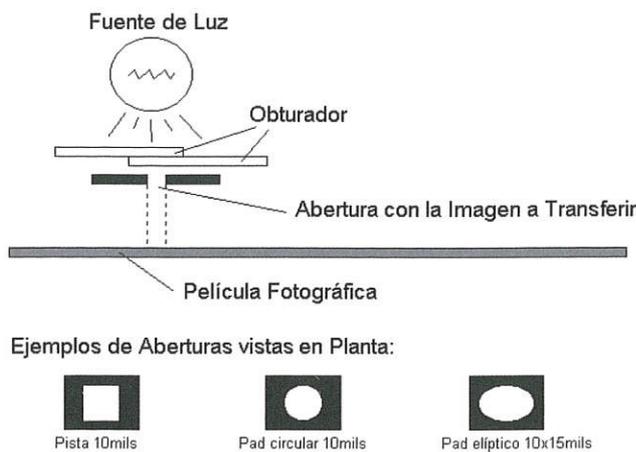


Figura 11-2

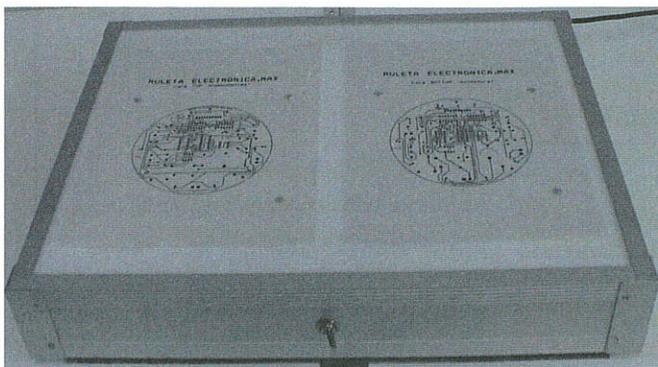


Figura 11-3

Industrialmente se utilizan fotoplotters que emplean luz para insolar una película fotosensible sobre la que se dibuja la máscara (figura 11-2). La película se revela para obtener finalmente el fotolito. Los programas de ordenador permiten generar los ficheros para el fotoplotter. Se emplea el formato Gerber. La resolución es mucho más alta que en el caso de impresoras o plotters.

Con la ayuda de una mesa de luz, como la de la figura 11-3, inspeccionamos el diseño de ambas caras y hacemos los últimos retoques con rotulador negro o con símbolos transferibles antes de recortar cada hoja al tamaño final de la PCB.

Limpiamos bien la placa original empleando lejía diluida, alcohol o algún limpiametales hasta conseguir que las superficies de cobre de ambas caras estén brillantes y libres de manchas o partículas de grasa. Después se enjuagará con agua abundante y se secará. No olvidar proteger las manos con unos guantes de látex o silicona, lo cual a su vez evita que dejemos las huellas de los dedos sobre el cobre.

Respecto a la transferencia del diseño a la placa, se trata de dibujar en las superficies de cobre, manual o automáticamente, las pistas y pads del diseño con un elemento que resista el posterior ataque químico. He aquí tres procedimientos posibles:

- ⊕ **Manual:** partiendo de una PCB virgen no sensibilizada y utilizando plantillas de símbolos transferibles o rotuladores especiales (por ejemplo, Edding 3000).
- ⊕ **Fotográfico:** sensibilizando la placa con un barniz fotosensible, en spray al efecto, y dejando secar en un lugar completamente oscuro o, mejor, comprando una placa presensibilizada que trae una capa totalmente uniforme y sin imperfecciones, lo que proporcionará mejores resultados.
- ⊕ **Serigráfico:** mediante la maquinaria precisa.

En nuestro caso el procedimiento fotográfico es el más adecuado. Para evitar los problemas de uniformidad y estabilidad empleamos una placa fotosensible positiva de doble cara, que adquirimos en cualquier tienda del ramo. Viene protegida por un adhesivo que evita la incidencia de la luz sobre ella. Lógicamente, con este método omitimos el primer paso de limpieza inicial comentado en un párrafo anterior, así como el sensibilizado manual.

Colocamos una máscara encima de la otra, primero la *top* y debajo, espejada, la *bottom*. Para evitar que se desplacen y garantizar la coincidencia de los taladros en ambas caras podemos pegar con cinta adhesiva transparente tres lados y dejar el cuarto abierto, como si fuera un sobre, para introducir por él la PCB una vez recortada y retirado el adhesivo, esto último en un ambiente de luz muy tenue.

Seguimos con la etapa de **insolado** de la placa, cuyo objetivo es transferir el mapa de pistas a la misma debilitando las zonas en las que se quiere eliminar el cobre. Para ello debemos disponer de una insoladora de doble cara (figura 11-4) que es una máquina con aspecto de maleta que lleva varios tubos fluorescentes de luz ultravioleta en ambas tapas, las cuales al cerrarse proporcionan luz actínica sobre una base de cristal. Dentro de ella colocaremos el conjunto formado por la PCB y las máscaras de la cara *top* y *bottom*, preparado como se acaba de indicar.

Nuestro modelo dispone de un par de accesorios adicionales: una bomba de vacío que consigue, junto con una lámina de plástico traslúcido, sujetar firmemente la placa y evitar la aparición de bolsas de aire entre ella y las máscaras, y un temporizador electrónico que apaga automáticamente la unidad transcurrido el tiempo prefijado de exposición, que suele ser de 2 a 5 minutos dependiendo del tipo de máscara, del nº de fluorescentes y del tiempo que lleve almacenada la placa fotosensible. Al final del mismo se habrá reblandecido la película protectora en los lugares de la PCB donde no se desee material conductor, es decir, donde no haya nada dibujado en la máscara.



Figura 11-4

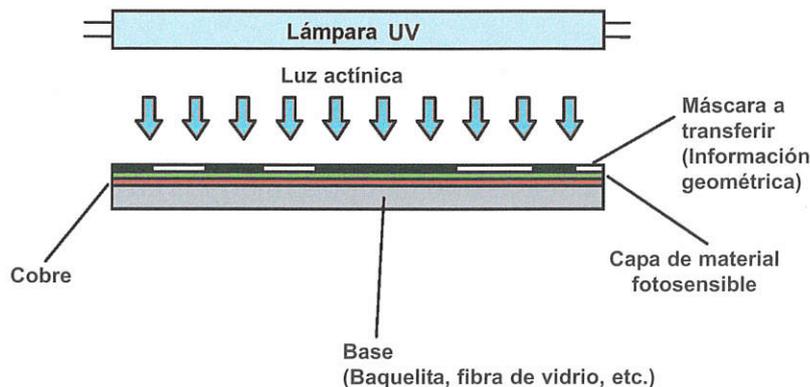


Figura 11-5

Terminada la insolación, iniciamos el **revelado** de la PCB. Este proceso elimina la película fotosensible que se había debilitado en el insolado y deja al descubierto el cobre en los sitios donde incidió la luz. Para ello, manteniendo tenue el local, se introduce completamente la placa insolada en una cubeta con líquido revelador para placa positiva (suele ser una solución de hidróxido sódico, NaOH + agua) que encontramos en tiendas de electrónica ya preparado en frascos, o bien en sobres, en forma de escamas o en polvo, para hacer nosotros mismos la mezcla. En la figura 11-6 se ilustra lo dicho.

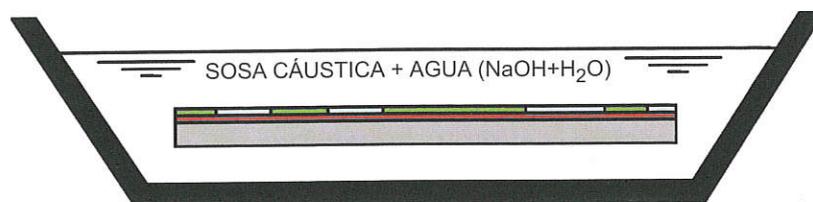


Figura 11-6

Conviene producir olas moviendo el recipiente, para que el efecto sea uniforme y se libere la emulsión según se va desprendiendo. Al cabo de un corto período de tiempo, la emulsión fotosensible no protegida desaparece, permitiendo ver con nitidez la disposición de las futuras pistas (figura 11-7), momento en el cual extraemos la PCB mediante unas pinzas de plástico y la lavamos con abundante agua bajo el grifo.

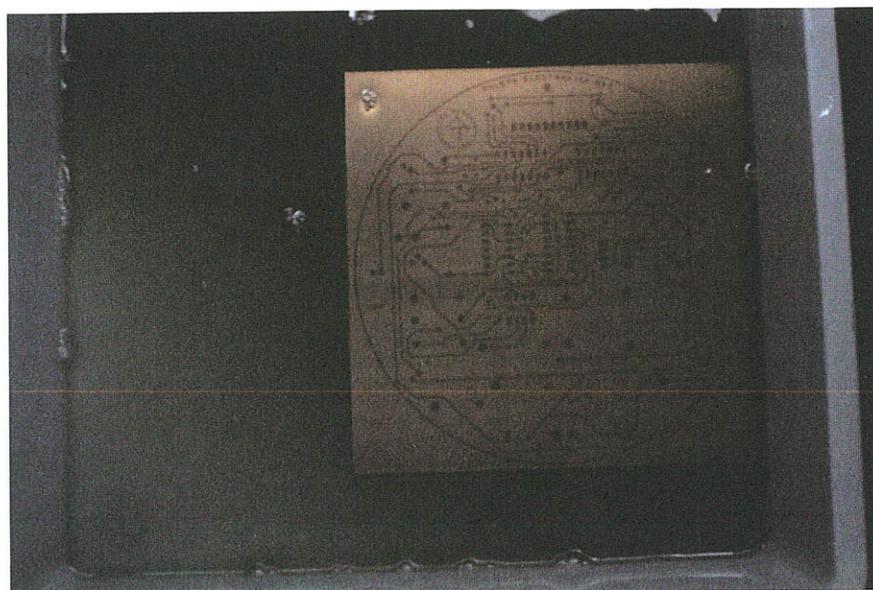


Figura 11-7

Si dejamos la placa demasiado tiempo sumergida en el revelador o si la concentración es muy elevada, como sucede cuando está recién hecha la mezcla, se descompondrá la emulsión de las zonas no expuestas a la luz ultravioleta y la PCB se perderá. Por ello, podemos sacar de vez en cuando la placa con las pinzas para observar el estado del proceso.

El líquido revelador mantiene sus propiedades durante varios usos y se puede almacenar en un frasco para posteriores revelados.

Una vez que tengamos plasmado sobre ambas caras de la PCB el dibujo de las pistas conductoras, texto y terminales del diseño (figura 11-8), pasaremos a la siguiente fase del ciclo de fabricación que es el **atacado químico** para eliminar todas las zonas de cobre no protegidas de la placa.

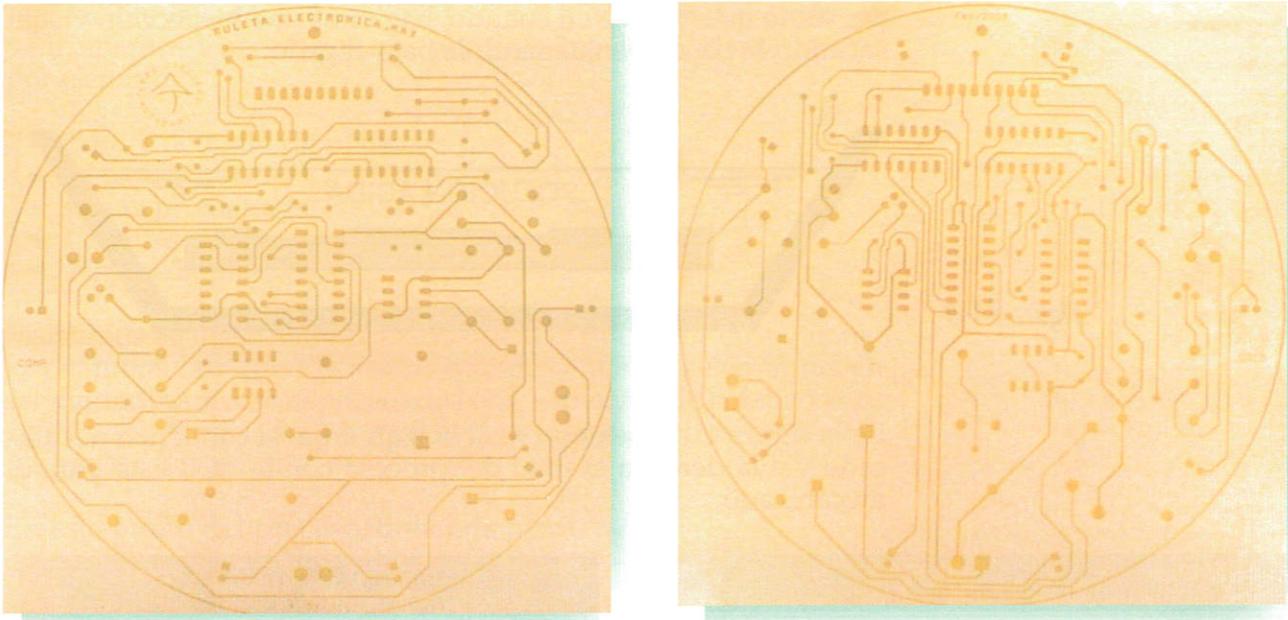


Figura 11-8

Esta operación de grabado se realiza introduciendo la PCB, hasta quedar cubierta, en una cubeta de plástico que contenga un ácido capaz de corroer el cobre de las zonas donde no hay dibujo, figura 11-9. La solución ácida puede ser de dos tipos:

- ⊕ **Atacador lento:** cloruro férrico (CL_3Fe) que se adquiere en polvo, en grano o bien ya diluido. En este caso, el proceso es más rápido si se calienta la solución.
- ⊕ **Atacador rápido:** 1/3 de ácido clorhídrico, sulfamant o agua fuerte (HCl concentrado al 30%) + 1/3 de agua oxigenada de 110 volúmenes + 1/3 de agua. En caso de que la mezcla sea muy activa, se puede reducir la concentración añadiendo un poco de agua. Puede ocurrir también que el agua oxigenada lleve tiempo almacenada y necesitemos reducir la proporción de agua para dar mayor efectividad al conjunto. Esta solución es la elegida por nosotros.

En las tiendas de electrónica venden un par de botellas, una blanca y otra negra (A+B), que mezcladas al 50% proporcionan una alternativa a los dos preparados anteriores. Se trata de ácido clorhídrico y agua oxigenada, rebajadas en una determinada proporción.

Para agilizar el proceso moveremos en vaivén el recipiente de modo que se produzcan olas que arrastren el cobre y consigan

un atacado uniforme en todas las superficies. Si la insolación y el revelado se hicieron bien, el atacador tomará un color verdoso, el trazado del circuito aparecerá de color dorado y el resto de la cara de cobre de un tono rosa oscuro. Debemos estar muy pendientes del estado de la corrosión y sacar la placa de la cubeta en cuanto haya desaparecido el cobre sobrante en ambas caras. Si nos pasamos del tiempo, sobre todo al principio cuando la disolución es más activa, el resultado será la pérdida de alguna pista y, como consecuencia, la invalidación de la PCB. Es aconsejable por tanto que, de vez en cuando, hagamos una inspección visual sacando la placa y enjuagándola bajo el grifo.

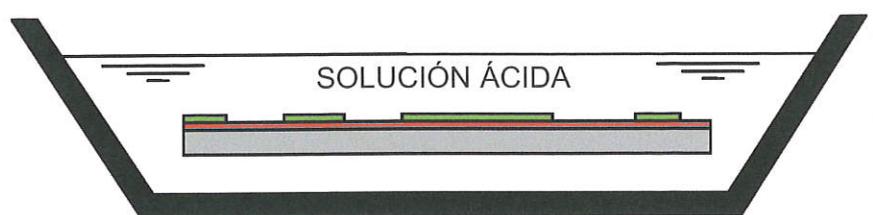


Figura 11-9

En la figura 11-10 se observa, a la izquierda, el comienzo del atacado y a la derecha el final del proceso con la PCB lista para el mecanizado.

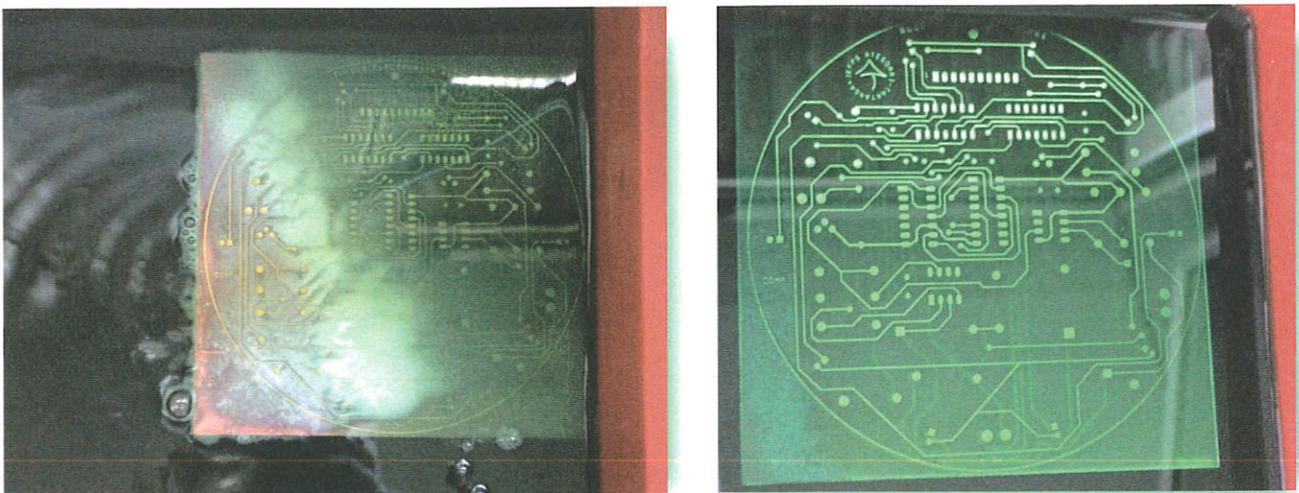


Figura 11-10

Si fabricamos varias placas, debido a que el cobre excedente de ellas se va disolviendo en el ácido, llega un momento en que éste se satura perdiendo efectividad.

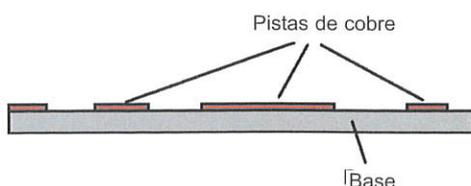


Figura 11-11

Seguidamente se aclara bien en agua y si quedan restos de ácido introduciremos la placa en otra cubeta con agua+amoníaco. Para la limpieza final se le pasa un paño humedecido en alcohol o acetona con el fin de eliminar la película fotosensible que quede aún sobre las pistas.

Existen en el mercado máquinas especiales de grabado que realizan el atacado químico de la PCB en mejores

condiciones, pues disponen de elementos calefactores y mecanismos para agitar la solución.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que esta operación es bastante peligrosa, pues se manipulan productos corrosivos que pueden dañar la piel por contacto y las mucosas porque los gases que desprenden resultan muy dañinos si se respiran, razón por la cual hay que extremar las precauciones. El laboratorio o local donde se realice esta fase debe poseer la ventilación adecuada que facilite la extracción de los vapores al exterior, así como los instrumentos y accesorios que nos protejan de accidentes, como por ejemplo:

- Bata y delantal de plástico.
- Mascarilla.
- Gafas protectoras.
- Guantes de goma o de látex.
- Pinzas de plástico, etc.

Insistimos en el extremo cuidado que hay que tener en su manejo y también en que los residuos tóxicos que se generan deben ser cuidadosamente almacenados en recipientes de plástico para su posterior reciclado y nunca desprenderse de ellos vertiéndolos por los desagües.

En este punto del proceso, donde la placa debe tener un aspecto limpio con las pistas brillantes (figura 11-12), aprovechamos para inspeccionar el trazado de las mismas, comprobando con un óhmetro que no haya discontinuidades (debidas a pistas cortadas) ni contactos entre pistas próximas (debidos a la no eliminación total del cobre entre ambas).

Con objeto de proteger la placa, evitar la oxidación del cobre y facilitar la soldadura, aplicaremos una fina capa de barniz soldable, con pincel o con spray, cuidando de que la distribución sea uniforme y no presente abultamientos ni rugosidades; los mismos efectos pueden obtenerse con otros procedimientos, tales como el estañado o el plateado de las pistas aunque, como es evidente, resultan más caros.

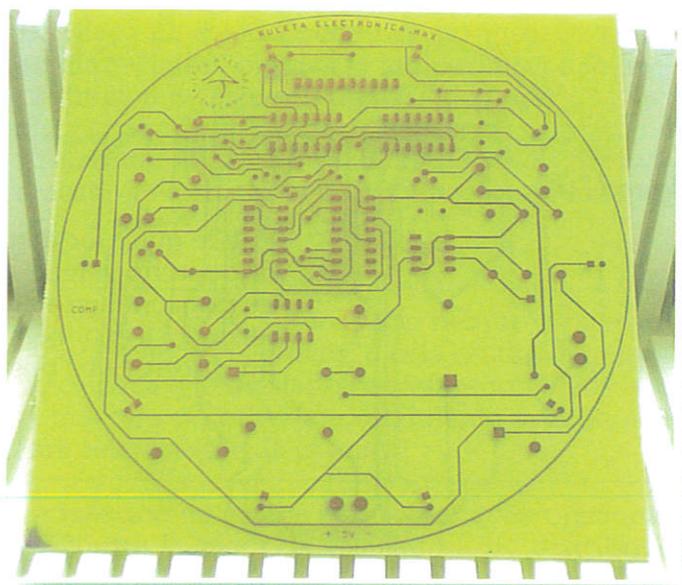
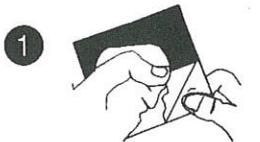


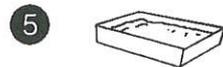
Figura 11-12

Obtenida la PCB, solo resta colocar los componentes sobre ella y soldarlos. Si éstos son de inserción, como en nuestro caso, deberemos previamente taladrar los pads y vías asegurándonos que el diámetro de los agujeros sea suficiente para introducir los terminales correspondientes. Conviene marcar el cobre levemente con la ayuda de un punzón afilado en los puntos donde habrá que hacer los taladros. Estas pequeñas hendiduras nos van a permitir después taladrar con precisión, sin que la broca baile.

Resumen del proceso



1
REVELADO DE LA PLACA
Cubeta conteniendo revelador RSP para placa positiva.



5
ATACADO DE LA PLACA
Cubeta conteniendo percloruro ferrico o atacador rápido.

2 PLACAS POSITIVAS

INSOLADO DE LA PLACA
FUENTE DE LUZ
Original Positivo
Placa emulsionada
Emulsión /Co
3 min. luz actínica
6 min. luz normal



4
LAVADO CON AGUA



6
LAVADO CON AGUA

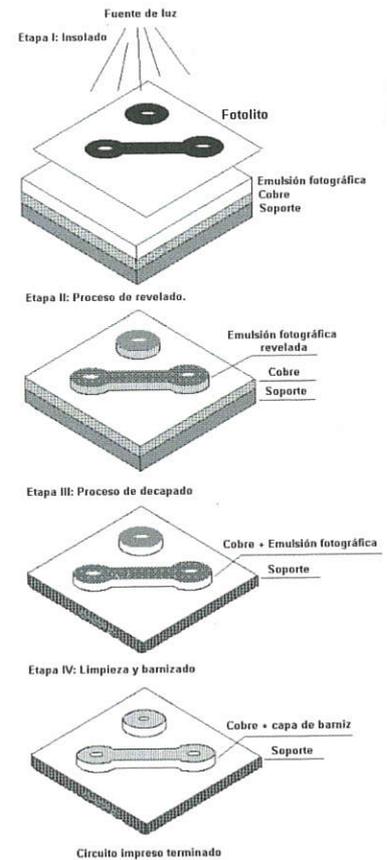


Figura 11-13

Puede que, por distintos motivos, las primeras placas que se fabriquen no salgan del todo bien. En general, la causa está en el desconocimiento inicial del equipamiento utilizado. De todas formas, se exponen a continuación los fallos más comunes que se producen y sus posibles causas y/o soluciones.

Problema	Causa/Solución
No se observa cómo se va oscureciendo ni desprendiendo el barniz fotosensible de ninguna zona de la placa en el revelador.	La placa no ha sido correctamente insolada o revelada. Asegurarse de que la insoladora funcione bien, de que hemos expuesto la cara fotosensible y de que el revelador tenga la adecuada proporción de sosa y no esté demasiado frío. Si todo eso está bien, elevar el tiempo de exposición.
Al introducir la placa en el atacador toda la superficie de cobre queda de color dorado.	No se ha revelado adecuadamente la placa por las mismas causas que en el caso anterior.
Al poner la placa en el revelador se oscurece y se desprende todo el barniz fotosensible.	La placa se ha velado por sobreexposición, ha estado demasiado tiempo en el revelador o éste tiene una temperatura o una concentración de sosa excesivas. También puede ocurrir que la placa haya estado mal almacenada. Otra causa puede ser que las zonas oscuras de la máscara no sean suficientemente opacas.
Al poner la placa en el atacador todo el cobre toma un color rosa oscuro.	La placa se ha velado por las mismas causas que en el caso anterior.
Al atacar la placa, el trazado de pistas aparece más grueso que en la máscara y no se elimina el cobre de algunas zonas.	La placa ha estado poco tiempo insolándose o en el revelador, o quizá la temperatura o la concentración de éste son demasiado bajas.
Al atacar la placa, el trazado de pistas aparece bien definido en color dorado y el resto toma un color rosa oscuro, pero no se elimina el cobre de algunas zonas.	El atacador ha perdido actividad o hace falta más atacador. Normalmente es suficiente con añadir un poco de agua oxigenada.
Al atacar la placa, el trazado de pistas aparece más fino que en el original o con algunas zonas perdidas.	La placa ha estado demasiado tiempo en la insoladora o en el revelador, o éste estaba demasiado caliente o demasiado concentrado. Puede que la máscara no estuviera totalmente pegada a la cara fotosensible de la placa.
La placa ha salido bien en una zona y mal en otra.	La máscara no estaba suficientemente presionada contra la placa, la insoladora no distribuye bien la luz o puede que la placa haya estado mal almacenada y se haya velado parcialmente.
El trazado aparece invertido o no coincide con el de la otra cara. Fallo en la orientación de la máscara al colocarla en la insoladora.	Fallo en la orientación de la máscara al colocarla en la insoladora.