

LA INDUSTRIA DEL ENSAMBLE ELECTRONICO  
DE EXPORTACION EN GUATEMALA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Electrónica

LA INDUSTRIA DEL ENSAMBLE ELECTRONICO  
DE EXPORTACION EN GUATEMALA

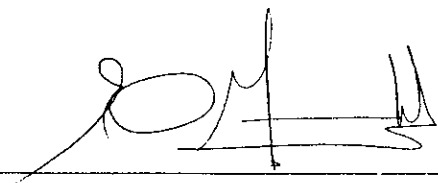
MAURICIO ENRIQUE TAROT VILLELA

Trabajo de graduación presentado para  
optar al grado académico de  
Licenciado en Ingeniería Electrónica




Guatemala  
1995

Vo. Bo.:

(f) 

Ing. Erick Del Cid  
Asesor

Tribunal:

(f)   
Ing. Roberto Tejada

(f)   
Ing. Ricardo Guan

(f)   
Ing. Erick del Cid

Fecha de aprobación: 12 de octubre de 1995

A Dios, por sus constantes y diarias bendiciones, que a veces olvidamos agradecer.  
Al beato Jose María, por su intercesión.  
A mis padres, por su apoyo incondicional.  
A mis hermanos, por su ejemplo y amistad.  
A mi Universidad del Valle, por el incalculable valor de los conocimientos y exigencia académica.  
A Miltronix, por haber sido una experiencia única.

## INDICE

	Páginas
PREFACIO	X
OBJETIVOS	XI
I. INTRODUCCION	1
II. CONTENIDO	4
A. Descripción general del flujo del proceso de manufactura	4
B. Características generales de una planta de ensamble electrónico	4
1. Requerimientos de las instalaciones	4
i. Protección electrostática	6
ii. Iluminación	16
iii. Ventilación	21
2. Maquinaria y equipo de trabajo	23
C. Inventario	26
D. Preparación de componentes	28
E. Línea de ensamble	30
F. Soldadura	32
1. Fundentes o fluxes	33
i. Funciones de los fundentes	34
ii. Tipos de fundentes	35
iii. Características de la resina	36
iv. Fundentes de ácidos orgánicos	38
v. Selección de fundentes	39

2.	Soldadura	42
	i. Materiales de la soldadura	42
	ii. Soldadura en alambre y soldadura manual	44
3.	Sistemas automáticos de soldadura	46
	i. Aplicador de fundente	49
	ii. Precalentador	52
	iii. Depósito y ola de soldadura	54
	iv. Transportador	59
G.	Limpieza de las tarjetas	60
1.	Contaminantes	60
	i. Partículas	60
	ii. Películas y residuos	60
	iii. Materiales polares (inorgánicos)	61
	iv. Materiales no polares (orgánicos)	61
2.	Materiales de limpieza	61
	i. Solventes fluorinados	62
	ii. Solventes clorinados	62
	iii. Detergentes (saponificadores industriales)	63
	iv. Agua	63
3.	Métodos de limpieza	64
	i. Limpieza manual	64

ii.	Limpieza por grupo (batch)	65
iii.	Limpieza con sistemas en línea	66
H.	Corte de patas de componentes	68
I.	Retoque y reparación	69
J.	Ensamble posterior a la soldadura	70
K.	Ensamble final	71
L.	Prueba eléctrica	71
M.	Empaque	72
N.	Control de calidad	73
III.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
IV.	ANEXO 1 (ILUSTRACIONES Y FIGURAS)	85
V.	BIBLIOGRAFIA	93

## PREFACIO

En este trabajo se describe y define la industria de ensamble electrónico de exportación, enfatizándose en el tipo de industria que puede ser desarrollado en Guatemala con competitividad a nivel internacional: operaciones con mano de obra intensiva. Se abarcan los conocimientos y conceptos básicos de este tipo de manufactura así como las etapas del proceso, desde el control de inventario, la preparación de componentes, ensamble y soldadura de la tarjeta, ensamblajes secundarios y finales, y el equipo y puntos de inspección para control de calidad. Asimismo, se consideran aspectos sobre los tipos de maquinaria y químicos utilizados en la manufactura electrónica.

Se concluye que las etapas de producción medulares para una ensambladora de electrónica de exportación son el ensamble de los componentes y su soldadura.

Se busca, finalmente, que este trabajo sirva de referencia técnica y como guía general para las personas o empresas interesadas en invertir en este campo en Guatemala.

## OBJETIVOS

1. Desarrollar un documento que sirva como guía técnica, tanto al inversionista potencial como al personal técnico de una operación de ensamble electrónico para productos de mano de obra intensiva.
2. Definir y describir los procesos de producción que incluye una operación típica de ensamble electrónico.
3. Definir, describir y enumerar la herramienta y equipo necesario para el establecimiento de dicha operación.
4. Enumerar y explicar las operaciones principales del proceso de ensamble de tarjetas electrónicas y definir las características más importantes de los materiales utilizados.
5. Enumerar los aspectos más importantes que deben ser verificados en el control de calidad del proceso para obtener un producto de calidad competitiva.
6. Como objetivo general y final, contribuir al desarrollo de la industria de ensamble electrónico en Guatemala.

## I. INTRODUCCION

El ensamble electrónico en Guatemala es un campo industrial que ha sido desarrollado principalmente en el mercado local y centroamericano.

Estas industrias han competido en este mercado contra las importaciones basándose en los altos aranceles que el producto terminado debía tributar. De esta forma resultó económicamente atractivo importar las partes para ser ensambladas localmente previo a su venta, aumentando la competitividad del producto. El margen que esta diferencia de impuestos generó fue suficiente para absorber los costos de ensamble y proveer un negocio atractivo.

Actualmente, el factor que afecta el futuro de las industrias que basan su competitividad en los aranceles de importación es la adhesión de Guatemala al programa GATT (General Agreement of Trade Tariffs), que realiza una reducción progresiva de aranceles a la importación de productos de diversos países.

Sin embargo, estos factores no implican un desaparecimiento del ensamble electrónico en Guatemala. Quizá sí impliquen que el ensamble destinado a mercado local

se reduzca significativamente. Sin embargo, la experiencia de ensamble que ha existido deja un precedente muy importante: si las condiciones económicas favorables existen, tecnológicamente es posible realizar ensamble electrónico en Guatemala.

Algunas de las ventajas que Guatemala presenta en este aspecto son las siguientes:

1. Fuerza laboral con las habilidades necesarias para el ensamble electrónico y fácilmente entrenable para las operaciones manuales requeridas.
2. Costos de operación inferiores a los de esta misma industria en países industrializados (mano de obra, servicios, etc.).
3. Estratégica localización geográfica de Guatemala para cubrir uno de los mercados de consumo de productos electrónicos más grandes, como es Estados Unidos de Norteamérica.
4. Leyes e incentivos locales a la actividad exportadora de productos no tradicionales, como los decretos de maquila (decreto 29-89) y zonas francas, que permiten la importación libre de impuestos de materia prima destinada al producto de exportación, no pago de impuesto sobre la renta y otros impuestos, etc.

5. Participación de Guatemala en programas de preferencias arancelarias para exportación a los Estados Unidos de Norteamérica (CBI, Iniciativa de las Américas, etc), que permiten que los productos manufacturados o ensamblados en Guatemala sean importados a ese país libres de impuestos.

Estos y otros factores sitúan a Guatemala con el potencial necesario para convertirse en el principal proveedor de ensamble electrónico en América Latina. Como contraparte a estas ventajas, se pueden mencionar las siguientes como las desventajas principales al desarrollo de esta industria en Guatemala:

1. Imagen poco estable y de inseguridad, tanto política como económica, de Guatemala en el extranjero.
2. Poco desarrollo de industrias periféricas para proveer partes y componentes, como industrias de corte y estampado en metal, inyección y extrusión plástica, pintura, fabricación de componentes electrónicos, etc.

### III. CONTENIDO

#### A. Descripción general del flujo del proceso de manufactura

El proceso de ensamble de tarjetas electrónicas puede ser gráficamente visualizado con el diagrama de flujo que se presenta en la siguiente página.

Para realizar la instalación de la planta, deberá tenerse en cuenta el máximo aprovechamiento de los espacios para lograr un flujo físico de producción que se ajuste lo más posible al diagrama. Se indican también los puntos en donde el autor recomienda realizar inspecciones del proceso de producción para mantener los niveles de errores en un mínimo. Los siguientes capítulos consistirán en una descripción de las características generales de una planta de ensamble electrónico y de cada uno de los procesos indicados en el diagrama de flujo.

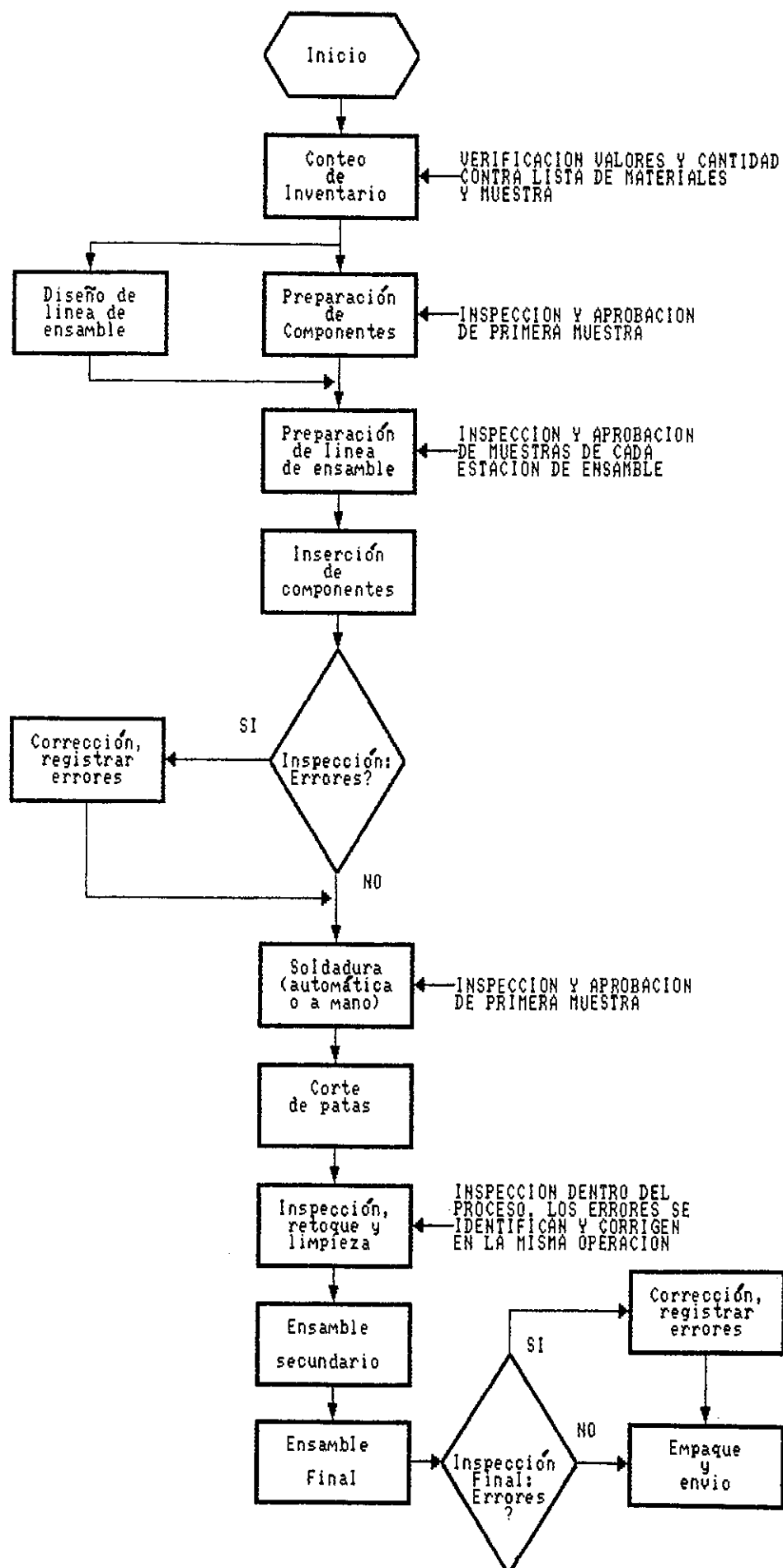
#### B. Características generales de una planta de ensamble electrónico

1. Requerimientos de las instalaciones. Las condiciones generales que debe cumplir una planta para ensamble electrónico pueden agruparse en las siguientes áreas:

i. Protección electrostática

# FLUJO DEL PROCESO DE ENSAMBLE DE TARJETAS ELECTRONICAS

5



ii. Iluminación

iii. Ventilación

i. Protección electrostática. El campo electrostático es el campo formado entre dos puntos ó áreas cargadas con polaridades contrarias. La descarga electrostática sucede cuando el dieléctrico entre ambas áreas se elimina o la distancia entre las mismas se reduce a tal punto que las cargas se re-distribuyen entre ambas con una descarga eléctrica de corta duración. Estas descargas se caracterizan por altos voltajes y corrientes, y tiempos de descarga mínimos. Las superficies generan cargas opuestas debido al contacto y fricción de unas contra otras o debido a la exposición de las mismas a otro campo electrostático.

Los campos y eventos electrostáticos se manifiestan en las estaciones de trabajo de una forma dramática. Las distribuciones desiguales de carga generadas por el movimiento de partes, equipo o personal pueden generar campos muy fuertes que pueden destruir a la mayoría de tipos de semiconductores. El avance en la generación de semiconductores de densidad cada vez más alta ha agravado el problema electrostático, ya que entre más alta es la densidad, menores son las dimensiones de las uniones semiconductoras, que son las más afectadas por los eventos electrostáticos.

(a). Cómo las descargas electrostaticas afectan a los

componentes. Se han observado tres mecanismos principales:

- o Quemadura de unión
- o Perforación dieléctrica
- o Quemadura de metalización

#### Quemadura de unión

Esta ocurre cuando un voltaje es inducido por un potencial electrostático. Este voltaje genera corriente que fluye por el semiconductor. Si esta corriente es lo suficientemente alta, el semiconductor se sobrecalentará y la unión PN<sup>1</sup> se destruye. Este mecanismo es común en dispositivos bipolares (TTL<sup>2</sup>). Las uniones PN son especialmente sensibles a picos de corriente de polaridad inversa.

---

<sup>1</sup>Unión PN es la unión formada al juntar dos materiales semiconductores (típicamente silicio o germanio) que han sido dopados, uno positivamente (se le ha agregado átomos con tres electrones de valencia - boro, galio o indio -, formando la parte P, por lo que tiene un déficit de electrones y un superhábit de agujeros) y el otro negativamente (se le ha agregado átomos con cinco electrones de valencia - antimonio, arsénico, fósforo -, formando la parte N, por lo que tiene un déficit de agujeros y un superhábit de electrones). El funcionamiento de los dispositivos semiconductores se basa en las características eléctricas que las uniones PN presentan.

<sup>2</sup>"Transistor-Transistor Logic" o circuito de lógica digital transistor-transistor. Forma circuital de compuerta lógica basada en la conexión de dos transistores. El primero, con su base conectada a Vcc (5v) a través de una resistencia, su colector conectado a la base del segundo transistor, y sus emisores múltiples conectados a las entradas del circuito (0v o 5v). El segundo transistor con su base conectada al colector del primero, su emisor a tierra y su colector a Vcc a través de una resistencia. La salida se toma del colector del segundo transistor.

### Perforación dieléctrica

Este fenómeno ocurre cuando los potenciales inducidos en el dispositivo son lo suficientemente altos para atravesar la película aislante de dióxido de silicio que protege la compuerta de los semiconductores tipo FET<sup>3</sup> y MOS<sup>4</sup>. A pesar que el dióxido de silicio tiene una constante dieléctrica bastante alta, la película aplicada a los semiconductores es tan delgada que voltajes del rango de 50 volts pueden causar la perforación.

### Quemadura de metalización

Este mecanismo ocurre cuando las altas corrientes asociadas a los eventos electrostáticos causan que los alambres internos del semiconductor, que sirven de conexión hacia el exterior, se quemen como un fusible.

A pesar que muchas personas están conscientes de que los eventos electrostáticos pueden dañar dispositivos MOS, menos

---

<sup>3</sup>"Field Effect Transistor" o transistor de efecto de campo. Es un dispositivo unipolar en el sentido de que opera controlado por voltaje con corrientes de electrones en un canal N (semiconductor dopado con átomos de elementos con 5 electrones de valencia) o con corrientes de agujeros en un canal P (semiconductor dopado con átomos de elementos con 3 electrones de valencia), a diferencia del transistor normal PNP o NPN que es bipolar, y sus corrientes están formadas tanto por electrones como por agujeros.

<sup>4</sup>"Metal Oxide Semiconductor" o semiconductor de metal y óxido: es un dispositivo FET con la terminal de compuerta aislada del canal de semiconductor dopado, de forma que la compuerta queda conectada a una capa de metal, la cual está aislada del canal dopado por una capa de dióxido de silicio (óxido), ambas construídas sobre un substrato semiconductor.

personas están conscientes que casi todos los semiconductores pueden verse afectados por estos fenómenos. Los componentes en la familia MOS son los más susceptibles al daño, mientras que la familia TTL es menos. Sin embargo, casi todos los semiconductores pueden dañarse o destruirse al recibir descargas de voltaje electrostático de más de 3 kilovolts.

Ya que no es extraño que los trabajadores en una planta generen cargas electrostáticas de 5,000, 10,000, 15,000 volts o más, es fácil ver por qué tantos dispositivos pueden dañarse en las estaciones de trabajo.

Existen tres clasificaciones de los semiconductores en referencia a su tolerancia a eventos electrostáticos:

CLASE I	Susceptibles a 1000 V o menos
CLASE II	Susceptibles de 1kV a 4kV
CLASE III	Resistentes a 4kV o más

A continuación se presenta una tabla de rangos de susceptibilidad para varios tipos de semiconductores:

<u>TIPO DE COMPONENTE</u>	<u>RANGO DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESCARGAS ELECTROSTATICAS (Volts)</u>
VMOS	30-1800
MOSFET	100-200
GaAsFET	100-300
EPROM	100

JFET	140-7000
Op-Amp	190-2500
CMOS	250-3000
Diodos Schottky	300-2500
Resistencias de capa	300-3000
Transistores Bipolares	380-7000
SCR	680-1000

Puede alcanzarse protección en alguna medida a través del diseño mismo de los semiconductores. Se han usado dispositivos de protección de entrada que han mejorado la resistencia a fenómenos electrostáticos. Sin embargo, estas medidas no protegen al semiconductor contra voltajes por encima de algunos miles de volts, y debido al incremento de la densidad de los circuitos, a menudo no se incluyen en dispositivos modernos. En consecuencia, la responsabilidad de evitar el daño de los semiconductores recae usualmente en el fabricante del producto final, y no en el fabricante del semiconductor.

El daño a los semiconductores también puede ocurrir por inducción. Por ejemplo: un operador que se ha cargado electrostáticamente por el efecto triboeléctrico<sup>5</sup> puede crear

---

<sup>5</sup>Efecto Triboeléctrico: proceso de combinación de cargas entre dos objetos debido al contacto o fricción entre sus superficies. Un ejemplo común es la carga electrostática acumulada en las personas debido al roce de su piel con la ropa. Esto se manifiesta de forma detectable cuando la persona toca la manecilla de una

un campo entre él mismo y objetos cercanos que estén conectados a tierra, como estaciones de trabajo. Cualquier objeto que esté localizado dentro de este campo, recibirá un voltaje inducido dependiendo de su tamaño y orientación. Este voltaje por sí mismo puede destruir a los semiconductores más sensitivos.

Más comúnmente, el daño se debe a una descarga electrostática directa. El operador cargado toca un semiconductor, generando corrientes que fluyen a través del mismo y eventualmente a tierra. Los voltajes asociados con este fenómeno pueden causar cualquiera de los tres efectos descritos anteriormente.

Para tratar con estos problemas, es necesario entender el tipo de ambientes de manufactura que generan peligros electrostáticos.

(b). Cómo medir el medio ambiente. Algunos peligros en el área de trabajo son fuentes obvias de voltajes electrostáticos, tales como fajas transportadoras en movimiento, materiales sintéticos, etc. Sin embargo, algunas

---

puerta y siente una descarga eléctrica en la punta de sus dedos, o cuando se quita la ropa en un ambiente oscuro y ve chispas alrededor de la misma al quitársela, o cuando la ropa se pega a la piel por la atracción de cargas.

veces las fuentes de voltajes electrostáticos no son tan obvias, y es recomendable medir el potencial electrostático.

Dentro de las herramientas usadas para evaluar el ambiente electrostático están las sondas de campo electrostático, voltímetros y aparatos para medir resistencia de superficie.

La medida de potenciales electrostáticos no se realiza igual que al medir un voltaje cualquiera con un voltímetro. La mayoría de fuentes de descargas electrostáticas son cuerpos aislantes que acumulan bolsas de carga en su superficie. Entre más carga por área exista, más fuerte será el campo electrostático que genere. Un voltímetro convencional no servirá para medir este voltaje, ya que su impedancia es muy baja y drena la carga antes de poder medirla.

Para medir potenciales electrostáticos, se utiliza un voltímetro electrostático. Este es un aparato que no hace contacto para medir el potencial: una punta aislante pequeña se coloca cerca de la superficie a medir. De esta forma, la carga en la superficie induce un voltaje en la punta aislante. Las cargas en la punta se re-distribuirán hasta que el potencial de la punta sea el mismo que el de la superficie cargada. Ese potencial es luego medido con un voltímetro de alta impedancia. Las sondas de campo electrostático usan el mismo circuito que en el voltímetro electrostático. Sin

embargo, la punta de la sonda no se coloca cerca del objeto a medir, sino en un punto a una distancia arbitraria del mismo. Sabiendo la distancia de la punta de la sonda a tierra, se puede evaluar el campo en términos de volts por metro. Si se sabe la distancia de la punta a tierra y de la punta al objeto cargado, puede hacerse una estimación del potencial de superficie.

(c). Cómo controlar los fenomenos electrostaticos. Para reducir los problemas de descargas electrostáticas, usualmente se hace necesario utilizar materiales que son más o menos conductivos. Algunas superficies pueden ser útiles para controlar descargas electrostáticas con resistencias de hasta  $10^{14}$  ohms/sq. La evaluación de estas superficies con un óhmetro normal es imposible. Aquí también se hace necesario utilizar óhmetros especiales.

Los materiales usados para drenar la carga electrostática varían desde **conductores** (menos de  $10^6$  ohms/sq), **disipadores de estática** ( $10^6 - 10^{12}$  ohms/sq) hasta **antiestáticos** ( $10^{12} - 10^{14}$  ohms/sq). Se conoce como **conductor** al material que permite la libre movilización de electrones a través del mismo cuando es sometido a un potencial eléctrico. Un material **disipador de estática** es el que tiene la conductividad necesaria para drenar rápidamente una carga electrostática, pero lo suficientemente despacio para no provocar una chispa

o descarga instantánea. El término **antiestático** define la habilidad de un material para resistirse a ser cargado triboeléctricamente (por fricción). Esto sucede cuando el material ha sido diseñado para que su superficie minimice la transferencia de cargas al ser friccionado, y al mismo tiempo es lo suficientemente conductor para resistir la acumulación de cargas. Están diseñados para que la descarga de cualquier carga que hayan podido acumular sea lo suficientemente lenta.

Un plan para controlar descargas electrostáticas en el área de trabajo requiere de tres elementos básicos: EMPAQUE PROTECTOR, en forma de tubos contenedores de circuitos integrados, cajas de almacenaje, etc. para evitar eventos electrostáticos en el transporte y almacenaje de los componentes (ver figura 1.A del Anexo 1). Los parámetros de humedad e iones en el MEDIO AMBIENTE deben también ser seleccionados para minimizar el potencia de eventos electrostáticos. Y finalmente, los TRABAJADORES son una fuente principal de generación de carga electrostática, por lo que deben utilizar pulseras (ver figura 1.B del Anexo1) y tobilleras antiestáticas, y estaciones de trabajo diseñadas para evitar eventos electrostáticos.

Adicionalmente a los materiales y equipos especiales, la concientización del personal respecto de la magnitud de daño que puede causarse con las descargas electrostáticas es vital.

Los operarios son la fuente más importante de generación de cargas electrostáticas, y los casos de daño electrostático causados por el manejo de los componentes y productos por los operarios es el caso más común. Como parte del entrenamiento introductorio del personal es necesario incluir una fase de explicación y concientización en referencia a estos fenómenos. Debe también ser recordada continuamente la necesidad de la protección antiestática, así como la colocación de carteles de aviso y precaución. Debe implementarse un plan de chequeo periódico de las pulseras y tobilleras antiestáticas, de las conexiones a tierra de las estaciones, maquinaria e instalaciones, y de las propiedades protectoras de eventos electrostáticos de las superficies especiales en las mesas de trabajo y los materiales de empaque y almacenaje.

(d). Ionización del aire. La ionización del aire se está utilizando cada vez más para controlar los fenómenos electrostáticos en ambientes críticos. Esta consiste en "cargar" el aire con iones, tanto positivos como negativos, de forma de hacer que el aire sea lo suficientemente conductivo para drenar las cargas estáticas que se encuentran en las superficies de los materiales no conductores o de los conductores aislados. Los iones del aire son moléculas de aire que han perdido o ganado un electrón. Estos iones están normalmente presentes en el aire, pero son eliminados cuando el aire se acondiciona o filtra. Los iones se producen por

emisiones radioactivas o por el fenómeno de descarga de corona (cuando un voltaje muy alto es aplicado a un punto pequeño).

Todos los sistemas de ionización de aire funcionan inyectando en el ambiente iones positivos o negativos. Cuando existe una superficie cargada electrostáticamente, esta atraerá a los iones en el aire con carga contraria, neutralizándose. Uno de los equipos más usualmente utilizados son ventiladores que generan iones y ventilan las estaciones de trabajo. Para su correcto uso, debe verificarse que el ventilador sople directamente sobre el área de trabajo y sobre el operador.

ii. Iluminación. La magnitud básica de iluminación (Sistema Inglés) es la Intensidad Luminosa, cuya unidad es la candela. La candela está definida como la intensidad luminosa en una dirección dada de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia de 540 THz, y cuya intensidad energética en esa dirección es de  $1/683$  watts por estereoradián (estereoradián es el ángulo sólido formado por el ángulo en cuestión, en radianes. Este ángulo sólido, al tratarse de una fuente lumínica que surge de un punto definido, tendrá forma de un cono, cuyo vértice se encuentra localizado en la fuente de luz).

El flujo luminoso de una fuente es igual al producto de su intensidad por el ángulo sólido que abarca, y su unidad es el LUMEN. Las lámparas se distinguen, por lo tanto, principalmente por los lúmenes que son capaces de producir. El efecto de la luz al incidir sobre una superficie constituye la iluminación o iluminancia, cuya unidad es el LUX, que es la iluminancia producida por el flujo de un lumen al quedar uniformemente distribuido sobre una superficie de  $1 \text{ m}^2$ .

La iluminación en una planta de ensamble electrónico puede dividirse en dos grupos: iluminación general e iluminación individual, ambas con lámparas de tipo fluorescente.

(a). Iluminación general. Debido al tamaño pequeño propio de los componentes y accesorios electrónicos, se hace necesario que la iluminación general de la planta sea buena. Los operarios podrán identificar y leer sin ayuda de iluminación adicional los códigos de colores de las resistencias, valores de capacitores, especificaciones de circuitos integrados e identificaciones de referencia de componentes en la impresión de las tarjetas para ser ensambladas. En otras palabras, es recomendable que el nivel de iluminación general de la planta sea el mismo necesario a utilizar en la línea de ensamble.

En octubre de 1983, aprobado por la Sociedad de Aplicaciones Industriales del IEEE, se presentó en una conferencia internacional del IEEE una recomendación de iluminación requerida para áreas donde se realizan distintas actividades, de la siguientes forma:

DESCRIPCION	RANGO
Montaje:	
Simple	D
Moderadamente difícil	E
Difícil	F
Muy difícil	G
Extra difícil	H
Talleres:	
Trabajo grueso	D
Trabajo medio	E
Trabajo fino	H
Oficinas:	
Lectura de reproducciones pobres	F
Lectura y escritura a tinta	D
Lectura impresiones de contraste	D
Salas de Dibujo:	
Dibujo detallado	F
Esbozos	E
Areas de Servicio	
Escaleras, corredores, entradas, baños	C

Los rangos de iluminancia en LUX se aplicarán de la siguiente forma:

RANGO	LUX	APLICACION
A	20-30-50	Areas públicas, alrededores oscuros
B	50-75-100	Areas de orientación, corta permanencia
C	100-150-200	Trabajos ocasionales simples
D	200-300-500	Trabajos de gran contraste o tamaño. Lectura de originales y fotocopias buenas. Trabajo sencillo de inspección o de banco.
E	500-750-1000	Trabajos de contraste medio o tamaño pequeño. Lectura a lápiz, fotocopias pobres, trabajos moderadamente difíciles de montaje o banco.
F	1000-1500-2000	Trabajos de poco contraste o muy pequeño tamaño, ensamblaje difícil, etc.
G	2000-3000-5000	Lo mismo, pero durante períodos prolongados. Trabajo muy difícil de ensamblaje, inspección o de banco.
H	5000-7500-10000	Trabajos muy exigentes y prolongados.
I	10000-15000-20000	Trabajos muy especiales, salas de cirugía.

Para escoger entre los tres valores de cada rango, se toman en consideración los siguientes factores de peso:

**TABLA DE FACTORES DE PESO  
PARA CALCULOS DE ILUMINACION**

FACTORES DE PESO			
	-1	0	+1
EDAD	< 40	40 - 55	> 55
VELOCIDAD O EXACTITUD	NO IMPORTA	IMPORT- TANTE	CRITICO
REFLECTANCIA ALREDEDORES	> 70%	30-70%	< 30%

Si los factores de peso suman:

-2 ó -3 usar el valor inferior

-1, 0, +1 usar el valor medio

+2 ó +3 usar el valor superior

Para aumentar la eficiencia en la iluminación general de la planta, las paredes y el piso deberán ser de color claro, preferiblemente blanco para las paredes, mientras que el piso será hasta un gris claro. Esto dará además una impresión de limpieza y orden. El nivel de iluminación general de la planta quedará sujeto al criterio de cada empresario. La recomendación personal del autor es trabajar con el rango E o el F, para lograr una cómoda identificación de componentes.

(b). Iluminación individual. Además de mantener un nivel de iluminación general adecuado, se hace necesario tener iluminación a nivel individual en las distintas estaciones de trabajo. Esta iluminación individual se hace particularmente necesaria en las estaciones de trabajo en donde se realicen

labores de inspección para controles de calidad, o en donde se trabaje con soldadura manual. Para esto existen gran variedad de lámparas con lentes centrales magnificadores que proveen iluminación individual y un incremento visual para inspección. Estas lámparas proveen magnificaciones desde 2x hasta 4x. También existen otros tipos de aparatos de inspección como estereoscopios, etc., los que incluyen magnificación visual e iluminación individual (ver figura 1.C del anexo 1).

iii. Ventilación. La ventilación general de una planta de ensamble tiene varios objetivos: mantener un ambiente libre de partículas contaminantes, fresco y cómodo, proveer de renovación de aire para extraer olores y humos, mantener un nivel de humedad adecuado y controlar la generación de cargas electrostáticas.

El ensamble electrónico es una industria que, para lograr niveles de calidad competitivos, requiere de una alta capacidad de concentración de los operarios. Es por esto que debe mantenerse un ambiente cómodo, tanto en nivel de temperatura como en aire fresco para evitar el aletargamiento de las personas, mantener un buen nivel de productividad y un nivel bajo de errores. El autor recomienda un mínimo de 1 renovación de aire por cada 10 o 12 minutos. Esto se logra utilizando ventiladores industriales de inyección y extracción de aire. Dependiendo del ambiente en el exterior de la

planta, puede ser necesario colocar filtros de aire en los inyectores de aire para evitar la entrada de polvo. Debe tomarse en cuenta también que la colocación de filtros de aire, dependiendo del filtro utilizado, puede disminuir la capacidad de inyección hasta en un 30% o 40%.

Un razón adicional es la de extraer del medio ambiente los vapores de soldadura generada en la soldadura a mano y en la automática, ya que estos contienen plomo, aunque los niveles del mismo sean bastante bajos. Asimismo, los sistemas automáticos de soldadura requieren para su instalación sistemas de extracción de aire en su estructura, los cuales concentran la extracción en las áreas de la soldadura y de la aplicación del fundente, extrayendo los olores generados. También es necesario proveer a las estaciones de trabajo en donde se aplique soldadura manual con pequeños ventiladores individuales para darle movimiento al aire y disipar los olores y humos de la estación.

(a). Nivel de humedad y generación de electricidad estática.

Una de las formas de controlar el potencial de descargas electrostáticas es proveer al medio ambiente con un alto grado de humedad. El aire húmedo evitará que los cuerpos se cargen fácilmente, proveyendo una vía de descarga eléctrica. Otro método ampliamente utilizado es la ionización del aire a través de ventiladores que generan alternamente iones

positivos y negativos, distribuyéndolos en el medio ambiente con el objeto de mantener la carga global ambiental lo más neutra posible. Este tipo de protección es discutido más extensamente en el capítulo de protección electrostática.

2. Maquinaria y equipo de trabajo. Debido a las características del proceso de ensamble electrónico, la maquinaria más importante puede agruparse bajo las siguientes partes del proceso:

- i. Control de inventario
- ii. Preparación de componentes
- iii. Inserción o colocación de componentes
- iv. Soldadura (manual y automática)
- v. Corte de Patas
- vi. Limpieza
- vii. Inspección, reparación
- viii. Pruebas o tests

i. Control de inventario. Existen diversos equipos que pueden ser utilizados para cumplir dos objetivos principales: conteo de las partes y prueba de los componentes. Para esto se utilizan: balanzas electrónicas con capacidad de conteo, contadores especiales con sensores para componentes empacados en rieles y equipos especiales para medición de resistencia, capacitancia, inductancia, etc.

ii. Preparación de componentes. Existe una gran variedad de herramientas así como equipos que la realizan: planchas plásticas en forma de triángulo con zanjias que determinan el ancho del doblado de las patas del componente (ver figura 2.A del anexo 1), herramientas manuales como pinzas, cortadoras, pela-alambres (ver figura 2.B del anexo 1), equipos como troqueladoras neumáticas, troqueladoras eléctricas, máquinas de rotación manual (ver figura 2.C del anexo 1), equipo para cortar y pelar alambre y cable automáticamente (ver figura 2.D del anexo 1), equipo para instalar terminales automáticamente, y muchos otros equipos y herramientas con aplicaciones especializadas según el proceso.

iii. Inserción o colocación de componentes. En el proceso manual se utilizan: líneas de ensamble con transportadores manuales o automáticos, equipos de inserción especiales con indicadores lumínicos de las posiciones de los componentes, pinzas manuales e insertadores de integrados (ver figura 3.A del anexo 1).

iv. Soldadura manual y automática. La herramienta básica para la manual consiste en un soldador o cautín (ver figura 4.A del anexo 1), un succionador de soldadura o desoldador (ver figura 4.B del anexo 1), cinta de cobre para desoldar, y un dispensador de fundente (ver figura 4.C del anexo 1). En el caso de la automática, existen equipos

específicos para la misma (ver figura 5.A del anexo 1) que son discutidos en el capítulo de soldadura.

v. Corte de patas. Este se realiza con cortadores de alambre en forma de pinzas manuales (ver figura 2.B del anexo 1) o con equipos para corte masivo de patas (ver figura 6.A del anexo 1).

vi. Limpieza. La limpieza manual requiere de botellas dispensadoras de solventes (ver figura 4.C del anexo 1) y un simple cepillo (puede usarse cepillos de dientes). Asimismo, puede realizarse la limpieza con equipos automaticos de limpieza (ver figura 7.A del anexo 1).

vii. Inspección y/o reparación. Se utiliza el el equipo estándar de soldadura y de-soldadura manual, las lámparas magnificadoras, estereoscopios con luz propia (ver figura 1.C del anexo 1), equipos de magnificación a través de pantallas, estaciones de reparación especializadas (ver figura 8.A del anexo 1) y equipos para aplicaciones específicas.

viii. Pruebas o tests. Requieren de instrumentos muy específicos, según sea el tipo de producto que se está ensamblando: multímetros, de preferencia digitales (ver figura 9.A del anexo 1), osciloscopios de por lo menos 20 MHz (ver figura 9.B del anexo 1), fuentes de c.c. reguladas (ver

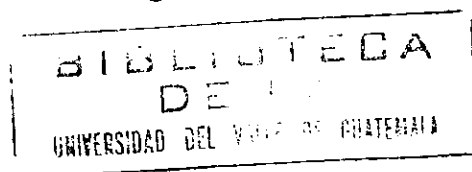


figura 9.C del anexo 1), generadores de onda (ver figura 9.D del anexo 1), computadora personal con puertos seriales y paralelos, un cuarto aislador de frecuencias para sintonización, y horno de temperatura variable y controlada para prueba de tarjetas.

### C. Inventario

Dentro de las actividades en el segmento de inventario están el conteo de inventario, la verificación del inventario, el almacenaje y los registros de control.

El conteo y control de inventario debe cubrir básicamente 2 objetivos: el conteo exacto de las partes recibidas y la verificación del valor de las partes recibidas. Para el conteo se utilizan balanzas que calculan la cantidad de componentes en un grupo basadas en un peso y cantidad conocidas. Para el caso de componentes que vienen empacados en rieles, existen contadores especiales que generalmente trabajan con sensores opticos para determinar el número de componentes en cada riel. Para la verificación de los valores de componentes, existen equipos que están diseñados para realizar pruebas de un 100% de los componentes o pruebas aleatorias.

Deberá llevarse un control del proveedor de los componentes, de la cantidad recibida según el proveedor y

según el ensamblador, el transportista utilizado, el tipo de empaque y si éste viene dañado, así como del cliente y el producto para quien se utilizarán los componentes, la orden de compra y la orden de ensamble a que corresponden.

Toda persona que pueda estar en contacto directo con el inventario deberá estar adecuadamente conectada a tierra. Las instalaciones de la bodega en donde se almacenen los componentes deberán estar a tierra, así como los contenedores para los componentes deberán ser anti-estáticos o disipadores de cargas estáticas. Todo ingreso o retiro de componentes del área de bodega deberá ser documentado, autorizado y archivado, indicando la cantidad de componentes retirados, el número de parte de cada componente, el número de orden de compra de componente, el número de orden de ensamble para la cual serán utilizados y la fecha del movimiento. Para los controles de inventario, los datos y métodos a utilizar dependen del empresario. Sin embargo, una lista típica de materiales de una tarjeta generalmente incluye la siguiente información: número de parte de fabricante, número de parte de cliente, número de unidades usadas por tarjeta, tipo de componente (resistencia, capacitor, diodo, transistor, etc.), valor del componente, descripción de referencia (en la tarjeta, cada componente tiene su localización indicada con una referencia, por ejemplo R50 (resistencia # 50), C21 (capacitor # 21), etc.) y proveedor o fabricante.

#### D. Preparación de componentes

La preparación de componentes se da principalmente en los componentes para el ensamble a través de los agujeros, ya que generalmente se reciben con sus patas rectas y largas, y estas deben ser formadas para coincidir con los agujeros en las posiciones específicas de la tarjeta a ensamblar.

Para esto se usan troqueladoras neumáticas o eléctricas de componentes que incluyen troqueles específicos para cada una de las distintas formas en que se desee doblar las patas de los componentes. Para la preparación de componentes axiales existen también las máquinas de rotación manual, las tablitas plásticas, etc. (ver fig. 2A del anexo 1).

Muy común es también la necesidad de preparar alambre y cable que deben ser cortados y pelados a longitudes definidas. Puede hacerse a mano, a través de corta-alambres y pela-alambres, o semi-automáticamente, con equipos especiales para cortar y pelar alambres. El autor sugiere que se utilice un equipo para cortar y pelar alambres y cables ("cut and strip equipment" en inglés).

Debe documentarse la preparación que debe llevar cada componente de cada tarjeta ensamblada. Esto se determina haciendo un análisis de la tarjeta a ensamblar, tomando medidas de las dimensiones a que cada componente deberá ser

preparado. Cada tarjeta distinta deberá tener su archivo con su conjunto de especificaciones de preparación. Siempre deberá hacerse una inspección y aprobación de la primera muestra, verificando cada componente en su posición específica de la tarjeta antes de proceder a preparar la totalidad de componentes a usar en la corrida de ensamble.

Normalmente la tarjeta debe ser preparada. En algunos casos, se requiere cortarle porciones del circuito impreso (cuando ha habido cambios en el diseño que aún no han sido actualizados en los diagramas para la fabricación del circuito impreso), o se requiere cubrir con una pasta plástica especial los puntos del circuito impreso que no se requiere que sean soldados en la soldadura automática, pues serán utilizados para la instalación posterior de componentes, y los agujeros deben estar libres de soldadura.

Algunos ensambladores prefieren mantener la preparación de componentes dentro de las instalaciones físicas de la bodega de componentes, para considerar los componentes ya preparados siempre dentro del inventario de la bodega, pero ocupando solamente una etapa de avance en la producción. Si las instalaciones físicas lo permiten, el autor recomienda esta práctica, ya que facilita los controles del inventario físico.

#### E. Línea de ensamble

Este es uno de los pasos de mayor importancia en el proceso de producción, ya que el servicio ofrecido es precisamente el ensamble de los componentes en la tarjeta, cuyos puntos medulares se encuentran en la correcta colocación de componentes y en la correcta interconexión de los mismos.

La preparación de la línea de ensamble debe realizarse basada en un análisis de la tarjeta a ensamblar. El estilo en que se realice el ensamble de cada tarjeta en particular dependerá de cada empresario. Sin embargo, es recomendable tomar en cuenta algunas consideraciones, con base en la experiencia del autor. Deben ensamblarse los componentes según su altura o características físicas. Los componentes de perfil más bajo (de menor altura física), deberán ser ensamblados primero, y después los de mayor altura. Es conveniente dividir la tarjeta en áreas de ensamble, tratando de que cada área a ensamblar tenga entre 10 y 15 componentes para facilitar la memorización de la estación y reducir los errores.

Se debe tener un punto de inspección del 100% al final de la línea de ensamble, o puntos intermedios de inspección dentro de la misma línea. Debe proveerse también una persona que dedique parte de su tiempo a "atender" la línea de ensamble, proveyéndola con más componentes cuando estén por

terminarse y manteniendo registros de los tiempos y errores de ensamble. Las patas de los componentes ensamblados deben ser dobladas para evitar que los componentes se levanten al ser soldados y asegurarse de que no se caigan por el manejo de la tarjeta antes de la soldadura. En lo referente a tiempos de ensamble, es importante subdividirlos en tres básicos: movilizar la mano hacia el casillero con componentes, recoger componentes y movilizar la mano hacia la tarjeta y el ensamble propio del componente en la tarjeta.

El ensamble se realiza en líneas con transportadores especiales para ensamble en serie. Estas son mesas con transportadores que pueden ser de empuje manual ("push line conveyor" en inglés), empuje automatizado ó sistemas de inserción automática, que no serán discutidas en este trabajo por tratarse de equipo para operaciones sin mano de obra intensiva. Existen también líneas para ensamble manual que tienen en las estaciones indicadores lumínicos de las posiciones en donde se insertarán los componentes. La estación es programada para que la operaria tenga acceso a sólo un componente a la vez, y la máquina indica con un punto lumínico en donde debe insertarse. Algunas veces se necesita la ayuda de algún tipo de herramienta manual para la inserción de componentes, particularmente para los circuitos integrados (ver fig. 3A del apéndice 1).

Cada estación de ensamble debe ser provista con una muestra física de la localización de los componentes. Cuando la cantidad de unidades del contrato así lo amerite, pueden desarrollarse dibujos de la tarjeta, indicando con códigos de colores las posiciones de los componentes.

En toda la línea de ensamble deberán existir puntos de acceso para conexiones a tierra. Las operarias deberán permanecer conectadas a tierra, y deberán utilizarse contenedores plásticos anti-estáticos para los componentes, especialmente para dispositivos semiconductores.

#### F. Soldadura

Las dos etapas más importantes dentro del servicio ofrecido por un ensamblador de tarjetas electrónicas son el ensamble de los componentes y la soldadura de los mismos. La primera, como se explicó anteriormente, se debe a que el ensamble en sí consiste en la correcta colocación de los componentes en sus posiciones dentro del circuito eléctrico. Y la segunda, la soldadura, se debe a que no sólo deben colocarse los componentes correctamente, sino que debe realizarse la interconexión eléctrica de los mismos dentro del circuito también correctamente. Esta interconexión se realiza a través de la soldadura.

La soldadura es una aleación (mezcla de dos metales en su estado líquido, que al solidificarse da como resultado un tercer

metal, nuevo y distinto de cada uno de sus constituyentes). La soldadura electrónica es una aleación de plomo y estaño.

Para obtener una soldadura correcta, deben ser considerados los químicos y los materiales a utilizar. Los químicos incluyen varios tipos de FUNDENTES o FLUXES, cuyo objetivo es remover del circuito impreso los óxidos metálicos o los compuestos generados por reacción entre el oxígeno y los materiales base que están siendo soldados. Adicionalmente, los fluxes deben prevenir que estos compuestos sean generados nuevamente durante el proceso de soldadura. Debido a esto, el tipo de flux a utilizar deberá ser cuidadosamente seleccionado, dependiendo del tipo de cubierta metálica del circuito impreso y de los componentes que serán soldados.

1. Fundentes o fluxes. Por definición, el objeto de los fundentes o fluxes es remover los óxidos metálicos y las películas contaminantes para preparar las superficies metálicas para ser soldadas. El preparar las superficies implica no solamente eliminar los óxidos o subproductos de oxidación, sino también proteger las superficies durante el proceso de soldadura. Esto implica que el flux evitará la re-oxidación de las superficies, además colaborará a que la soldadura cubra las superficies en cuestión.

Los niveles de activación de un flux se refieren al porcentaje de activadores químicos que contiene para atacar a los óxidos metálicos. Estos activadores pueden ser compuestos halogenados o ácidos orgánicos. A continuación, una lista de los tipos de fluxes según su grado de activación, de menor al de mayor activación:

- o Resina
- o Resina levemente activada
- o Resina activada
- o Resina super-activada
- o Resina sintética
- o Acido orgánico
- o Acido orgánico libre de halógeno
- o Acido orgánico neutral
- o Acido inorgánico

i. Funciones de los fundentes o fluxes. Los fluxes tienen 3 funciones en el proceso de soldadura:

- o Química: los fluxes eliminan los óxidos metálicos y películas contaminantes.
- o Térmica: los fluxes mejoran la transferencia de calor de la soldadura derretida a las superficies metálicas que están siendo soldadas
- o Física: los fluxes se usan para mejorar la atracción metalúrgica entre un metal derretido y un metal sólido (WETTING en

inglés). WETTING<sup>6</sup> es la habilidad de la soldadura de extenderse uniformemente sobre superficies que han sido preparadas por el flux. Una superficie preparada correctamente tendrá una película de soldadura lisa, limpia y sin rajaduras en la totalidad de la superficie de los materiales base.

ii. Tipos de fundentes o fluxes.

o Resina: los fluxes de resina (Tipo R) son una combinación de resina y plastificadores<sup>7</sup>. No son clorinados. Los materiales clorinados cambiarían las características del flux, incrementando su actividad y agresividad. El flux de resina es débil y es usado únicamente bajo las siguientes circunstancias:

- Cuando existen excelentes condiciones de soldadura
- Cuando no es posible aplicar limpieza posterior al proceso de soldadura
- Cuando no se puede permitir la presencia de residuos corrosivos (iónicos) en la tarjeta después de la soldadura

o Resina levemente activada: el flux de resina levemente activada (RMA, por sus siglas en inglés) contiene niveles bajos de activadores no clorinados o neutrales, para incrementar su

---

<sup>6</sup>El autor utilizará este término, debido a que no existe un término en español que pueda aplicarse para esta función. El término se deriva de la palabra WET, en inglés, que significa "mojado" o "mojar", lo cual describe bastante bien la forma en que la soldadura "mojará" o se esparcirá por las superficies preparadas para ser soldadas.

<sup>7</sup>Plastificadores: materiales químicos plásticos utilizados para darle una consistencia más sólida a la resina.

actividad durante las temperaturas alcanzadas en la soldadura. Los activadores neutrales son aquellos que necesitan calor para iniciar la reacción química. A temperatura ambiente, los activadores del flux RMA no están activos químicamente y no atacarán los óxidos metálicos. Esta es la razón principal de que algunos procesos de soldadura no requieran que los fluxes RMA sean limpiados después de la soldadura. A temperaturas típicas de operación, la posibilidad de que los activadores de los fluxes RMA provoquen cortocircuitos al reaccionar con la humedad es muy baja.

o Resina activada: los fluxes de resina activada (RA, por sus siglas en inglés) tienen el nivel más alto de activadores dentro del grupo de fluxes de resina. Los activadores son usualmente sales derivadas de aminoácidos con cloro y bromo, siendo activos a temperatura ambiente, en contraposición con los de resina levemente activada. Los fluxes industriales del tipo RA pueden ser también llamados SRA ("Superactivated rosin fluxes" o fluxes de resina superactivados).

iii. Las características de la resina. Adicionalmente a los distintos niveles de activación de la resina dentro de los tipos de fluxes anteriormente comentados, el contenido de resina dentro de los distintos tipos de fluxes también varía. El punto de fusión de la resina es de 160°F (70.4 °C) y reacciona con el cobre a aproximadamente 225°F (106 °C). A 500°F (257.4 °C), la temperatura típica para soldadura electrónica, los fluxes comienzan a

descomponerse, causando en ese punto su nivel más alto de actividad. A temperaturas más altas, 650°F (340°C) o más, que pueden tenerse en soldadura manual, el flux se convierte en un polímero y se transforma en un mecanismo cristalino muy difícil de remover con cualquier tipo de solvente.

Para obtener una acción correcta de los fluxes bajamente activados (RA y RMA), el contenido de sólidos del flux debe mantenerse alto, alrededor de 35 - 45%. La resina misma también tiene propiedades corrosivas. Una forma de obtener una mayor actividad de la resina del flux es aumentar el contenido de la misma en el flux. Los fluxes son una solución de alcoholes y resina, y el porcentaje de sólidos en el flux indica la cantidad de resina en el flux. Los fluxes sintéticos o de resina modificada llamados fluxes de RESIN pueden no tener esta capacidad y pueden necesitar más activadores orgánicos para tener un nivel comparable de actividad.

El término RESIN es utilizado para describir un producto manufacturado. La resina es un producto natural cosechado del árbol del pino, los fluxes que utilizan esta resina la usan sin que esta haya sido modificada. RESIN, por el contrario, es una resina fabricada químicamente o resina sintética. Cuando la resina sintética se combina con los alcoholes y otros elementos crudos del sistema del flux, el producto final es entonces identificado como flux de RESIN.

Los fluxes con bajo contenido de sólidos son más fáciles de limpiar o remover durante el ciclo de limpieza de la tarjeta. Este es un parámetro importante de la soldadura electrónica para prevenir cualquier problema eléctrico y de degradación por corrosión.

iv. Fundentes de ácidos orgánicos. Otra clase de fluxes la conforman los mal llamados ácidos orgánicos (OA) debido al miedo que provocan en los usuarios, miedo que se genera en el término *ácido*; siempre que un ácido entra en contacto con un metal, existe la posibilidad que el ácido provoque una reacción química con el metal y problemas de contaminación que degradarán el funcionamiento eléctrico del producto.

Otro nombre para los fluxes de ácidos es "FLUXES SOLUBLES EN AGUA". Originalmente estos fluxes tenían el agua como su ingrediente base, pero el agua causaba problemas en el proceso de soldadura, como que la misma se diseminara y creara bolas de soldadura, puntos de soldadura vacíos y otros problemas. En los últimos años, el agua como material base ha sido reemplazada por alcohol, eliminando estos problemas.

El pH de los fluxes de ácidos orgánicos es tan bajo como 2.0. Los niveles de pH se utilizan como parámetros de comparación en la evaluación de los fluxes. Usualmente se componen y ajustan

utilizando: alcoholes, ácidos orgánicos, sales halogenadas u otros tipos de ácido.

Dentro de los factores que deben considerarse al escoger fluxes de ácidos orgánicos se tienen:

- o Los requerimientos de los módulos según el diseño del producto, como separación entre los componentes y la tarjeta, densidad de componentes y los procesos del ensamblador
- o La habilidad del flux para realizar el WETTING y mantenerse lo suficientemente soluble para ser limpiado
- o No debe haber áreas en los módulos donde pueda quedar flux cuando se usan fluxes solubles en agua.

v. Selección de fundentes o fluxes. A pesar que existen muchos tipos de flux, el proceso de decidir cuál usar puede complicarse dependiendo en las especificaciones y diseño del producto.

Aplicaciones comerciales típicas requieren funcionalidad y confiabilidad del producto durante un lapso dado entre 6 meses a 5 años. Las aplicaciones industriales requieren usualmente de 5 a 7 años, la industria de telecomunicaciones requiere de 30 a 40 años y los productos militares dependen de su uso específico.

Las especificaciones usualmente identifican los fluxes a ser usados para varios productos. Las aplicaciones militares requieren

el uso de fluxes RMA, aunque algunas veces fluxes RA se permiten. Los fluxes RMA se requieren debido a sus características de no actividad a temperatura ambiente y cuando queden atrapados debajo de algún componente, no representarán daño potencial al producto. Las aplicaciones comerciales no son tan restringidas como las militares en este aspecto y pueden aplicarse en ellas fluxes más fuertes.

El Instituto para la Interconexión y Empaque de Circuitos Electrónicos (IPC por sus siglas en inglés) identifica en su especificación IPS-S-815 tres categorías o clases generales de productos electrónicos:

Clase 1: productos de consumidor. Incluye televisiones, juguetes, electrónica de entretenimiento y dispositivos de control industrial o de consumidor no-críticos.

Clase 2: industrial general. Incluye computadoras, equipo de telecomunicaciones, máquinas de negocios sofisticadas, instrumentos y ciertas aplicaciones militares no-críticas.

Clase 3: alta confiabilidad. Incluye equipos donde el funcionamiento continuo es crítico, las interrupciones del funcionamiento del equipo no pueden ser toleradas o el equipo es un sistema de mantenimiento de vida.

Y añade lo siguiente: El usuario tiene la responsabilidad de determinar la clase a la que la interconexión electrónica pertenece.

Los métodos de aplicación del flux deben ser considerados al especificar el tipo de flux a utilizar. Los métodos de aplicación de flux más comunes son las aplicaciones por espuma, por ola y por rociador.

Después de la aplicación del flux, el exceso del mismo debe ser removido, ya sea utilizando cepillos o activando un "cuchillo de aire" de baja presión para soplar la parte de abajo de la tarjeta. Esta remoción del exceso de flux es necesaria para prevenir que este gotee sobre la etapa de precalentamiento del sistema de soldadura y provoque incendios.

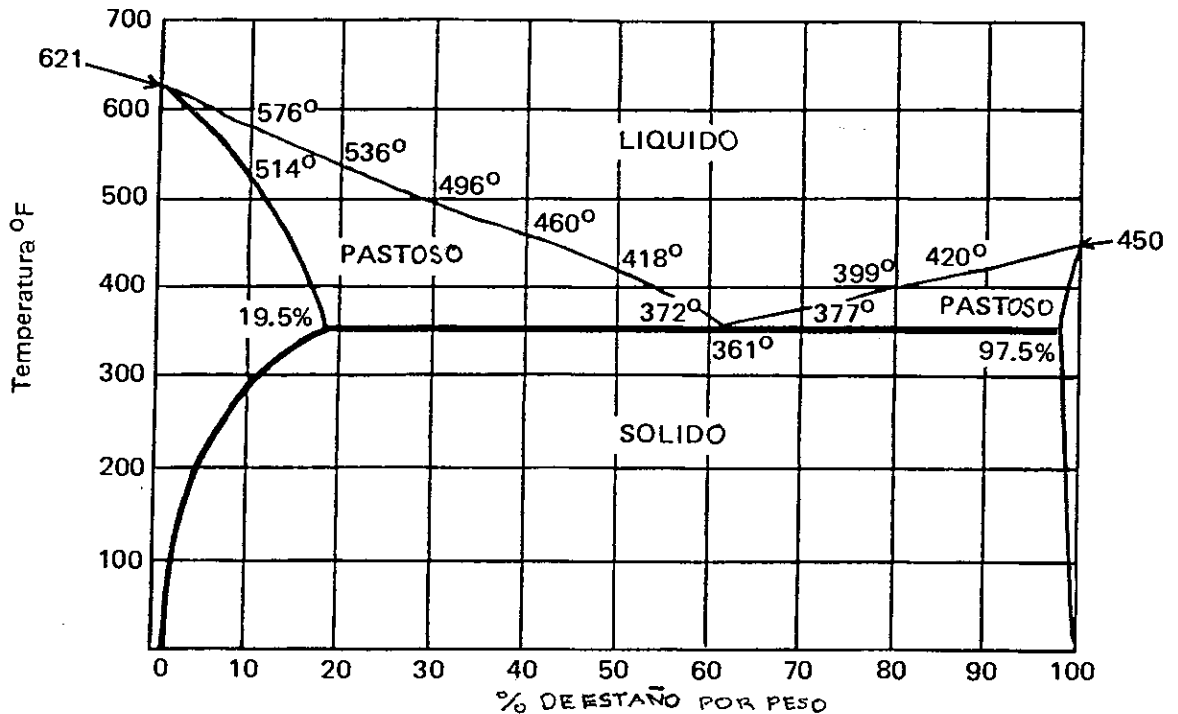
La calidad del flux es de suma importancia. La gravedad específica debe medirse por lo menos dos veces al día o preferentemente una vez cada 2 horas. Si la gravedad específica varía, ésta afectará la cantidad de flux aplicado.

La calidad del flux también incluye contaminación del mismo con aceites, agua y silicones. La operación debe mantenerse limpia. Los sistemas de soldadura con transportadores de dedos deben tener sistemas de limpieza para los dedos que impidan que los mismos contaminen el flux.

2. Soldadura. La soldadura se realiza a temperaturas entre 160°F (70.4°C) y 800°F (422.4 °C). Su función es la de utilizar un tercer compuesto metálico para unir dos metales distintos o iguales entre sí.

i. Materiales de la soldadura. Una aleación es una mezcla de metales hecha para producir ciertas características deseadas en el metal resultante. Al variar los porcentajes de cada metal, las características de la misma varían.

Se pueden crear aleaciones con puntos bajos de fusión experimentando con varios porcentajes de ingredientes metálicos. En la siguiente figura se muestra el punto de fusión del estaño a 450°F (232 °C) y del plomo a 621°F (327 °C):



Al hacer una aleación de estaño y plomo en proporciones de 63-37% respectivamente, el punto de fusión baja a 361°F (183°C), conocido como el punto EUTECTICO de esta composición de estaño y plomo. En el punto EUTECTICO, ocurre el calor necesario para la fusión, y la aleación pasa directamente del estado sólido al líquido. El punto EUTECTICO de cualquier metal es la temperatura a la cual el metal pasa directamente de la fase sólida a la líquida, sin pasar por un estado transitorio entre ambas fases.

La soldadura está compuesta por dos ingredientes principales: estaño y plomo. Otros ingredientes como bismuto o indio se añaden para reducir el punto eutéctico de la aleación; se añade plata para evitar migración de plata; y se añade antimonio para evitar o reducir la "peste de estaño". Se conoce como "peste de estaño" a la descomposición del estaño que lo convierte en un polvillo cuando el estaño puro se expone a bajas temperaturas.

Las aleaciones más utilizadas en soldadura electrónica son las de 63-37% y 60-40% de estaño y plomo respectivamente. La aleación eutéctica 63-37 se transforma de sólido a líquido a 361°F (183°C), y la principal ventaja es su inmediata solidificación a esta misma temperatura cuando se enfría. El enfriamiento rápido previene que la soldadura y los componentes se muevan durante la solidificación. Un enfriamiento lento puede causar puntos de soldadura defectuosos, caracterizados por líneas de solidificación en su superficie.

ii. Soldadura en alambre y soldadura manual. La soldadura en alambre o en rollo se desarrolló con el objetivo de soldar manualmente. Se fabrica con procesos de extrusión hasta obtener el diámetro deseado. Puede ser fabricado como un alambre sólido o con relleno de flux. La soldadura de grado electrónico viene usualmente con relleno de flux. Este flux es el mismo utilizado en los sistemas de soldadura automática, pero conteniendo plastificadores para mantenerlo en su lugar a temperatura ambiente.

La soldadura en alambre con **flux de resina** es utilizada cuando las condiciones de soldadura son óptimas, todas las superficies a soldar están limpias y libres de óxido. Además, no necesita limpiarse después de soldar.

El siguiente nivel de actividad de flux para la soldadura en alambre es el **RMA**, una de las soldaduras en alambre más utilizadas en la industria electrónica. En algunos casos, tampoco necesita limpiarse después de soldar, debido a que los activadores de este flux se accionan a elevadas temperaturas. A temperatura ambiente no son activos ni corrosivos. Asimismo, el flux queda atrapado dentro de la resina, la cual es hidrofóbica (no absorbe humedad), por lo que los activadores tampoco absorberán humedad, evitando la posibilidad de formación de cortos circuitos.

La soldadura con flux tipo **RA** contiene activadores de tipo ácido orgánico o halogenados, los cuales son activos a todas

temperaturas. Es imperante que estos sean limpiados después de soldar. A pesar que los activadores están mezclados con la resina, una posible absorción de humedad causará que éstos reaccionen, atacando la soldadura y degradando la calidad de la conexión. Debido a los diferentes tipos y cantidades de activadores que los fluxes **RA** tienen, debe realizarse un análisis de los materiales envueltos en el proceso para determinar las propiedades de nivel de actividad y de corrosión del flux a usarse.

La soldadura con **fluxes solubles en agua** ha encontrado gradualmente mayores aplicaciones. Sin embargo, los niveles de actividad en estos fluxes son muy altos y los residuos no están protegidos por nada, y reaccionarán con la humedad atmosférica. Estos residuos deberán ser limpiados inmediatamente después de soldar.

El principio por el cual se agregó el flux a la soldadura en alambre es lograr la aplicación de flux al punto a soldarse y soldar en un solo movimiento u operación.

Los plastificadores que mantienen al flux dentro de la soldadura en alambre están diseñados para derretirse a temperaturas más bajas que la soldadura. De esta forma se permite que el flux fluya y se aplique en las superficies a soldarse antes de que la soldadura derretida sea aplicada, preparando las superficies para ser soldadas. A pesar de que esto ocurre rápidamente, es necesario

observar que en la ausencia de flux, la soldadura no se esparcirá en las superficies a soldar, quedándose en forma de bola.

El soldador o cautín debe ser dimensionado según la aplicación que se le dará. La característica principal es la potencia que disipan en watts. Los valores sugeridos por el autor para usos múltiples son de un mínimo de 25 watts y un máximo de 35 watts. Estos valores son aplicables a la mayoría de operaciones estándar. Es también importante el tipo de punta con el que se usará el soldador. El tipo de punta debe determinarse en función al tamaño o localización de los componentes a soldar.

El succionador de soldadura o desoldador juega una vital importancia, ya que la necesidad de cambiar componentes o despejar de soldadura agujeros en que se quiere insertar componentes es muy común. Estos necesitan de mantenimiento continuo por parte del operador para limpiar la soldadura succionada y para cambios eventuales de partes.

3. Sistemas automáticos de soldadura. La automatización del proceso de soldadura fue desarrollada con el principal objetivo de reducir los costos de generación de un punto de soldadura. Una de las principales ventajas obtenidas es la consistencia en la calidad de los puntos de soldadura. Al utilizar un método de soldadura automática consistentemente, la calidad y confiabilidad del producto se mejoró bastante.

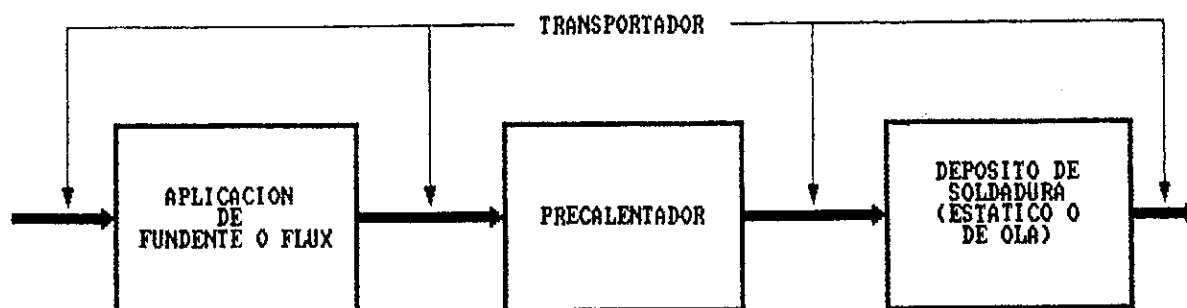
El proceso de soldadura está basado en una función metalúrgica y en la preparación química de las superficies, y está usualmente incorporado como parte del sistema total de soldadura.

Todos los sistemas automáticos de soldadura constan de las siguientes secciones básicas:

- o Fluxer o aplicador de fundente
- o Pre calentador
- o Depósito de soldadura
- o Transportador

El sistema básico se puede describir así: se coloca la tarjeta en el TRANSPORTADOR, este la traslada y la pasa por la etapa de aplicación de flux o FLUXER, después pasa por el área de PRECALENTAMIENTO, para luego pasar por el DEPOSITO DE SOLDADURA, en donde se aplica la soldadura a la tarjeta:

#### DIAGRAMA DE BLOQUES SISTEMA AUTOMATICO DE SOLDADURA



Existen otros elementos que se ofrecen como equipo estándar u opcional:

- o Depósitos de soldadura dinámicos
- o Transportadores inclinados
- o Fluxers de ola, espuma o rociador
- o Precalentadores de resistencia térmica, aire caliente o de cuarzo
- o Inyección de aceite

Para que el sistema automático de soldadura funcione correctamente, diversas variables del mismo deben controlarse y fijarse. Dentro de las variables de un sistema automático de soldadura se encuentran las siguientes:

- o Densidad del flux
- o Cabeza de espuma de flux
- o Cepillos para limpieza de flux
- o Precalentadores
- o Depósito de soldadura
- o Aleación de soldadura
- o Temperatura de la soldadura
- o Transportador
- o Angulo del transportador
- o Paralelismo del transportador
- o Ajuste de aceite
- o Nivel de escoria
- o Superficie lisa de la ola de soldadura

i. Aplicador de fundente (fluxer). Funcionalmente, el único propósito del aplicador de flux (FLUXER) es aplicar flux al producto antes de soldarlo. Se han diseñado varios estilos de aplicadores de flux.

Al haberse elegido el tipo de flux a utilizar, la gravedad específica del mismo se debe controlar continuamente. Esta medida puede realizarse manualmente con un HIDROMETRO o con sistemas automáticos para medir viscosidad. El resultado de esta medida se traduce en la correspondiente medida correctiva para mantener la gravedad específica de la solución constante.

(a). Fluxer de ola. Este tipo de aplicador de flux es utilizado para fluxes con alto contenido de sólidos, ya que estos son, por principio de diseño, malos para espumar. En estos sistemas, la gravedad específica no es tan importante como en los FLUXERS DE ESPUMA, a pesar que es importante para determinar el nivel de actividad del flux.

La altura de la cabeza de flux debe ser considerada especialmente cuando las patas de los componentes sobresalen en el lado de abajo de la tarjeta.

Un fluxer de ola consiste en las siguientes partes:

- o Contenedor de flux de volumen definido

- o Bomba y motor para crear la ola de flux
- o Chimeneas o torres para crear las columnas de flux apropiadas para varios largos de patas de componentes

Las ventajas de este tipo de fluxer es que puede manejar fluxes con alto contenido de sólidos y no es afectado por tarjetas tibias o calientes, como lo sería el FLUXER DE ESPUMA.

(b). Fluxer de espuma. Los fluxers de espuma constan de prácticamente las mismas partes que el fluxer de ola, con la diferencia de que, en lugar de tener motores y bombas para el flux, tienen la PIEDRA DE FLUX para generar la cabeza de espuma de flux.

El aire a presión se inyecta en la piedra y es distribuido uniformemente a lo largo de la misma, creando la espuma. La espuma adquiere altura gracias al soporte que le proveen la chimenea y los cepillos en la parte alta de la misma. Estos cepillos permiten el paso de las patas de los componentes a través de ellos, logrando aplicar la cabeza de espuma directamente a la parte de abajo de la tarjeta a soldar.

Como parte del fluxer, el CEPILLO DE LIMPIEZA o el CUCHILLO DE AIRE sirven para remover el exceso de flux aplicado a la tarjeta. El CEPILLO DE LIMPIEZA es, tal como su nombre lo indica, un cepillo ajustado a una altura para eliminar las gotas de exceso del flux de la parte de abajo de la tarjeta. Debe evitarse que este cepillo se

deforme cuando pasa la tarjeta, pues esto indicaría que está contactando a la misma y eliminando el flux aplicado a los agujeros, provocando mala soldadura. El CUCHILLO DE AIRE consiste en una línea de aire a presión que elimina las gotas de exceso de flux.

(c). Fluxer de rociador. Estos consisten de un sistema de flux a presión y de boquillas rociadoras. Cuando la tarjeta entra al área del fluxer, el sistema es activado y se rocía flux a la parte de abajo de la tarjeta.

Este sistema requiere de modificaciones para procesar tarjetas de distintas dimensiones y evitar que un exceso de flux sea rociado fuera del área de la tarjeta. Este exceso de flux puede caer sobre los componentes, haciendo necesario que sea removido después del proceso de soldadura. A pesar de esto, el fluxer de rociador es uno de los más fáciles de controlar. Sin embargo, usualmente se rociará flux sobre la tarjeta, y sobre las áreas de alrededor del fluxer (transportador, interior del gabinete del sistema, etc.) Estas áreas deberán estar capacitadas para soportar las acciones corrosivas del flux.

(d). Fluxer de cepillo. Estos pueden ser diseñados para utilizar aplicador estacionario o giratorio. El aplicador estacionario consiste en cepillos sumergidos en un contenedor de flux que aplican el flux a la tarjeta al pasar sobre los cepillos.

Este tipo de aplicador no es muy consistente en la aplicación de flux y usualmente deja áreas sin flux.

Los aplicadores giratorios no suelen ser usados en procesos de producción masiva de tarjetas. Una tarjeta con las patas de los componentes largas no podría ser procesada en un aplicador giratorio estándar. Estos aplicadores consisten en un cepillo giratorio motorizado localizado en un contenedor de flux. Cuando la tarjeta ingresa al área del fluxer, el cepillo es activado. Este gira en sentido contrario a la dirección en que viaja la tarjeta y aplica el flux a su parte de abajo.

ii. Precalentador. Esta sección usualmente se mantiene como una variable en los sistemas automáticos de soldadura. Esto se debe a las distintas variedades de tarjetas que pueden soldarse. En el PRECALENTAMIENTO , la segunda etapa del proceso de soldadura, se utiliza alguno de los siguientes métodos de calentamiento: calentadores de resistencia térmica, lámparas de cuarzo, ventiladores de aire caliente o platos calientes.

La soldadura es un proceso que se realiza por arriba de ciertas temperaturas durante un cierto período de tiempo. De esta forma, en lugar de dejar que la masa caliente de soldadura eleve la temperatura de la tarjeta a temperaturas de soldadura, los precalentadores se utilizan para elevar la temperatura ambiente de la tarjeta y reducir el tiempo requerido para soldarla. De hecho,

los precalentadores permiten aumentar la velocidad del transportador de tarjetas (aumentando por consiguiente la capacidad de volumen de producción).

El objetivo de la etapa de precalentamiento es "preparar" la tarjeta para ser soldada. Esta preparación incluye lo siguiente:

- o Elevar la temperatura de la tarjeta para evitar un choque térmico al entrar en contacto con la soldadura caliente.

- o Elevar la temperatura del flux (en el caso de fluxes no activos a temperatura ambiente) para que sus activadores entren en acción y preparen al circuito impreso y componentes a ser soldados.

- o Evaporar los componentes de alcohol del flux para dejar únicamente el material del flux en sí mismo (activadores) para que remuevan los óxidos eficientemente.

Deben tomarse las precauciones necesarias para evitar explosiones e incendios en esta etapa. La evaporación de alcoholes y el incremento de la presión de vapor en esta área hacen que los vapores inflamables puedan incendiarse.

La mayoría de aplicaciones industriales requieren que la etapa de precalentamiento eleve la temperatura de la tarjeta a 200 - 215°F del lado de los componentes (lado de arriba). Esto se logra utilizando calor de convección desde el lado de la soldadura (lado de abajo) de la tarjeta hacia el lado de los componentes. A pesar

de que el material base de la tarjeta es un aislante de vidrio, actúa como un buen conductor de calor.

Esta transferencia de calor del lado de la soldadura hacia el lado de los componentes de la tarjeta se vuelve ineficiente al aumentar el grosor de la tarjeta (i.e. más de 0.090 pulgs), o al aumentar la cantidad de capas o niveles de circuito impreso dentro de la misma (i.e. tarjetas multi-capas). Para resolver este problema, se utilizan precalentadores superiores localizados por encima de la tarjeta, de forma que esta es precalentada desde el lado de los componentes también. El concepto es convertir la etapa de precalentamiento en un horno.

iii. Depósito y ola de soldadura. Durante los años, los

fabricantes de equipos de soldadura han desarrollado varios tipos de configuraciones de olas. El único propósito de la ola es llevar soldadura a los componentes que serán soldados. Basados en este principio, existen diferentes sistemas para realizarlo, tanto dinámicos como estáticos, como los conceptos de olas unidireccionales y bidireccionales.

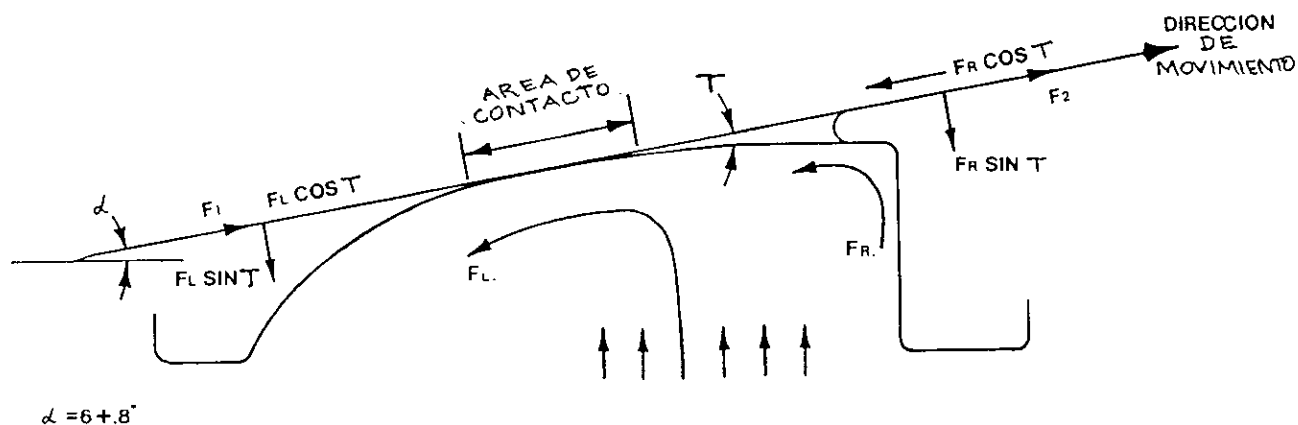
(a). Ola dinámica. Todos los sistemas que usen un mecanismo de

bombeo para mover la soldadura a través de un generador de una ola son considerados sistemas dinámicos de soldadura de ola. Esto no solamente implica que el producto pasa sobre la ola, sino también que la soldadura derretida se mueve, ayudando al proceso

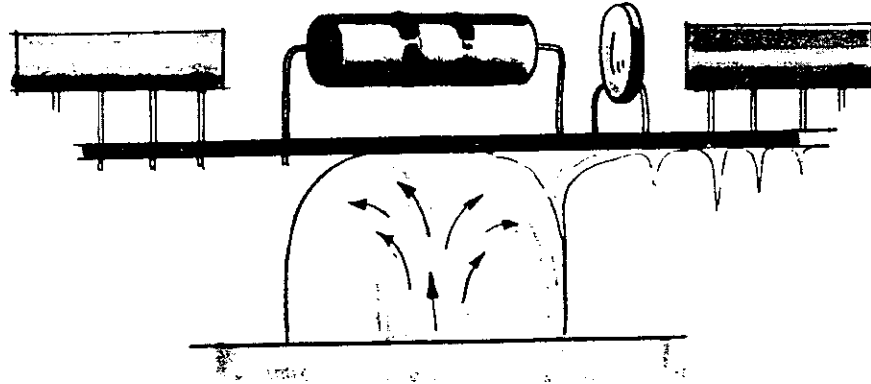
limpiador del flux: si aún quedan óxidos de metal adheridos a la tarjeta y que el flux no ha podido eliminar, la acción de la ola en el proceso de soldadura los removerá mecánicamente.

(b). Análisis de configuración de ola. Un corte lateral de la configuración de la ola describe el flujo de la soldadura y las fuerzas asociadas con la dinámica del sistema. Las fuerzas desarrolladas por la soldadura en movimiento crean muchas otras fuerzas multidireccionales que mejoran la acción de soldadura.

(c). Ola unidireccional. Este diseño está configurado de forma que la soldadura fluye en una sola dirección, hacia el aplicador de flux, cuando no se está soldando ningún producto. Cuando una tarjeta se pasa por la ola, la parte trasera o más lejana del depósito de soldadura es movido mecánicamente por la fuerza de fricción provocada en el contacto de la tarjeta y la soldadura de la ola (ver  $F_x$  en la siguiente figura):



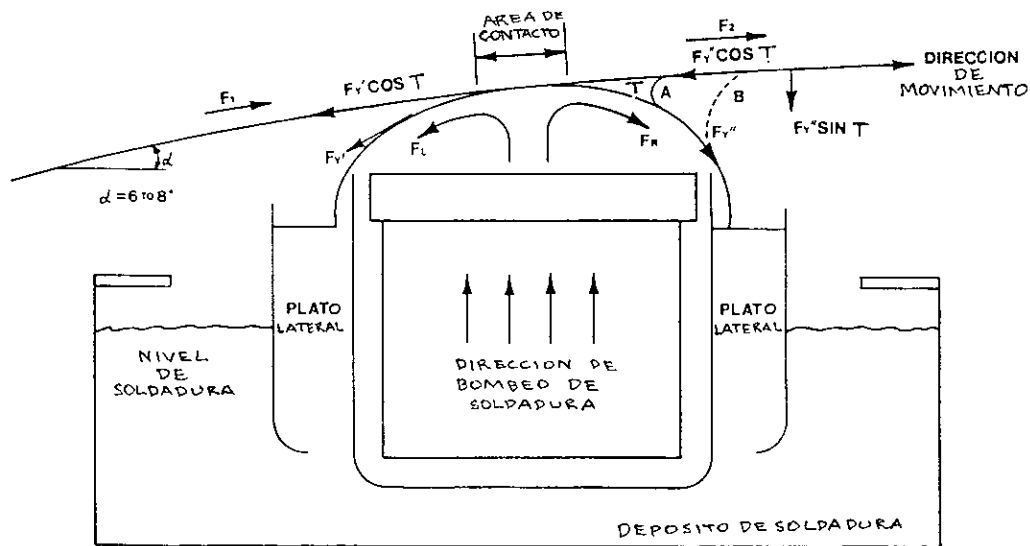
La fuerza "jaladora" en este diseño es generada por el movimiento de la tarjeta cuando pasa sobre la ola. En consiguiente,  $F_r \cos T$  deberá ser mayor que  $F_r \text{ Sen } T$  para prevenir la formación de cortos y picos de soldadura. La siguiente figura ilustra la formación de picos de soldadura:



Las fuerzas "jaladoras" creadas cuando la tarjeta sale de la ola de soldadura son críticas para evitar la formación de picos de soldadura y cortos. Ambos, picos de soldadura y corto circuitos, son dos de los defectos más comunes que se le pueden atribuir al proceso de soldadura.

Como puede verse en el corte lateral de la ola unidireccional y la fórmula de  $F_r$ , si  $F_r \text{ Sen } T$  se vuelve muy grande, la soldadura puede resbalarse de su posición y regresarse de los agujeros de la tarjeta. Esto provocará agujeros semi-vacíos de soldadura en los agujeros de tarjetas de doble lado con una relación de diámetro de agujero a diámetro de pata de componente muy grande.

(d). Configuración de ola bidireccional. En la siguiente figura, cuando la posición B surge al disminuir el ángulo de inclinación del transportador, entonces  $F_y \text{ Sen } T$  sobrepasa a  $F_y \text{ Cos } T$ , y se forman picos de soldadura y corto circuitos.



Esta es una de las razones para la utilización de transportadores inclinados. Con la variación de la inclinación de los mismos podrá controlarse la fuerza "jaladora" de la soldadura al salir la tarjeta de la ola. De esta forma, esta fuerza "jaladora" podrá mantenerse lo suficientemente grande para evitar la formación de picos de soldadura y corto circuitos, y lo suficientemente pequeña para evitar que jale la soldadura de los agujeros y provoque puntos de soldadura semi-vacíos.

(e). Depósito de soldadura estático. En un inicio, todas las operaciones de soldadura masivas se realizaban en un depósito de soldadura estático, llamado depósito de soldadura de remojo. Usando un par de pinzas para agarrar la tarjeta, esta se deposita

sobre la superficie de la soldadura durante un cierto intervalo de tiempo hasta que está soldada. A pesar de que este sistema tiene sus limitaciones en referencia a tamaño de tarjetas, y peligros ambientales y para el personal, el proceso era más eficiente que soldar a mano cada punto de soldadura individualmente.

En la actualidad, los depósitos de soldadura estáticos se utilizan para operaciones de pre-aplicación de soldadura. Los procesos de soldadura masivos con estos depósitos son muy sofisticados y están bastante automatizados en referencia a la transportación del producto. Algunas de las ventajas que presentan los depósitos de soldadura estáticos son la poca cantidad de soldadura contenida en el depósito, la ausencia de partes que se muevan (motores, bombas, etc.) y la baja cantidad de oxidación de soldadura que se genera. Sin embargo, como la soldadura no está en movimiento, aún debe existir un mecanismo que elimine o retire la capa de óxido que se forma en la superficie de la soldadura antes de soldar la tarjeta. El transportador deberá estar diseñado para ingresar y retirar la tarjeta al depósito de soldadura en un ángulo determinado, de forma de prevenir que se formen los picos de soldadura y corto circuitos. Estos factores fueron los que más contribuyeron para el desarrollo y creación de los sistemas dinámicos de ola.

(f). Temperatura del depósito de soldadura. La temperatura del depósito de soldadura es un parámetro constante. Las temperaturas típicas varían entre 480°F a 515°F. El rango para la temperatura del depósito de soldadura de un sistema de ola es de 100°F a 125°F por encima del punto de fusión de la aleación. Esta temperatura superior se hace necesaria para compensar las pérdidas de calor de la aleación provocadas por el bombeo a través del sistema y por el efecto disipador de calor provocado por las tarjetas al ser soldadas.

Son necesarios los controles de temperatura para evitar temperaturas muy altas o muy bajas. Si la temperatura es muy alta, la tarjeta a soldar podrá delaminarse. Si es muy baja, el sistema de bombeo puede dañarse.

iv. El transportador. El transportador es una de las partes más importantes del sistema. Este transporta al producto a través de todas las etapas del mismo. Hay dos estilos de transportadores:

- o De Dedos
- o De Agarradores Especiales

En el primero, las tarjetas se sujetan con pequeñas extensiones metálicas que la detienen que parecen dedos. En el de agarradores especiales, como su nombre lo indica, la tarjeta se coloca sobre arreglos especiales que soportan y protegen ciertas partes de la tarjeta.

Debido a la expansión que sufren las tarjetas al ser calentadas en el proceso de soldadura, la expansión de las mismas puede llegar a ser de hasta 0.040 pulgs. para una tarjeta de 12 a 16 pulgs. de ancho. Para compensar esta expansión, los transportadores se ajustan de forma que sus lados no son completamente paralelos, sino más separados en su parte final para acomodar la expansión. Este ajuste es necesario. Si el transportador es paralelo, entonces la expansión de la tarjeta causará que esta se pandee al elevarse su temperatura. Este pandeamiento puede provocar que la soldadura inunde el lado de los componentes de la misma, dañando los componentes y provocando corto circuitos.

#### G. Limpieza de las tarjetas

1. Contaminantes. Existen varios tipos de contaminantes de las tarjetas electrónicas:
  - i. Partículas. Este material es depositado como partículas discretas separadas entre sí, que generalmente no se adhieren a la tarjeta o entre ellas mismas (polvo, pedacitos de metal y otras partículas sólidas).
  - ii. Películas y residuos. Cuando se depositan líquidos o pastas (como aceite, grasa, huellas dactilares, soluciones químicas, etc.) como contaminantes, usualmente forman una película húmeda o mojada. Al secarse, la mayoría de películas dejarán un residuo. Generalmente, estas películas o sus residuos son solubles. Sin embargo, en ocasiones estos pueden sufrir un cambio químico y

volverse no solubles (por ejemplo, manchas de aceite, cera de los capacitores, etc.)

iii. Materiales polares (inorgánicos). Estos incluyen en su mayoría sales, ácidos y bases, cada uno de origen orgánico o inorgánico. Los materiales polares inorgánicos se ionizan en solución y se vuelven eléctricamente activos. Esta conductividad eléctrica de los depósitos ionizables es dañina para el comportamiento de las tarjetas en su punto de funcionamiento. En la presencia de humedad, se forman películas conductivas que proporcionan vías para el paso de corrientes de escape.

iv. Materiales no polares (orgánicos). Estos materiales son sólidos o líquidos y son en su mayoría orgánicos. Ejemplos típicos son aceites, ceras y derivados de resina. Estos materiales no se ionizan, y en su estado puro pueden ser clasificados como aislantes. En la práctica, los contaminantes polares o no polares se depositan conjuntamente, por lo que la remoción de ambos se hace necesaria.

2. Materiales de limpieza. Existen dos tendencias o ideologías respecto a cuál material para limpieza es mejor: hidrocarburos (no polares) o agua (polares). Sin embargo, antes de elegir los materiales de limpieza, los contaminantes deben ser plenamente identificados. Debe también considerarse aspectos del producto, como áreas de entrapamiento de líquidos, compatibilidad entre los

componentes y el solvente a usar, y requerimientos de confiabilidad del producto.

Los solventes, ya sean polares o bipolares, eliminan los residuos de flux por medio de disolución. Sin embargo, la disolución no removerá lo que el solvente no pueda disolver. Para remover residuos no solubles, se requiere de acciones mecánicas para "lavar" el producto.

i. Solventes fluorinados. La mayoría de los solventes fluorinados están divididos en dos grupos: MEZCLAS (Una MEZCLA es la combinación de dos solventes que tienen puntos distintos de ebullición) y AZEOTROPOS (mezcla de dos solventes que ha sido concentrada lo suficiente para que la composición de su vapor al calentarla sea la misma que el líquido). Las mezclas son usualmente bipolares y los azeótropos son polares. Los solventes bipolares disolverán contaminantes tanto polares como no polares, mientras que los solventes polares disolverán únicamente contaminantes polares. Las mezclas fueron diseñadas para remover el material del flux y también sus activadores. El flux es un material polar y los activadores son no polares, por lo que se necesita de una mezcla para remover ambos.

ii. Solventes clorinados. Los solventes clorinados son materiales polares. Los dos más usados son el tricloroetileno y el tricloroetano 111. Los solventes clorinados son muy activos y más

agresivos que los solventes fluorinados. El KAURI-BUTANOL es un tipo de grasa y es utilizada como una constante para medir la efectividad de los solventes para limpiarla. A cada solvente se le asigna un NUMERO KAURI-BUTANOL. En el caso de los solventes clorinados, estos son varios órdenes de magnitud mayores que los fluorinados en agresividad de limpieza. Deben ser manejados con mucho más cuidado.

iii. Detergentes (saponificadores industriales). Los

saponificadores se mezclan con agua, creando un limpiador alcalino muy efectivo. Estos necesitan de un elemento activo en su composición química para suprimir la espuma. Los sistemas de limpieza con saponificadores están diseñados estrictamente para remover fluxes con base de resina.

La saponificación es el proceso de convertir químicamente una resina no soluble en agua en una solución jabonosa de resina soluble en agua.

iv. Agua. Los sistemas de limpieza con agua utilizan agua del

servicio municipal de agua o agua "des-ionizada". El objetivo de estos sistemas es disolver todos los contaminantes en la superficie de las tarjetas y removerlos. El agua presenta una alta tensión superficial en estos sistemas, y puede ser necesario utilizar surfactantes (materiales con la capacidad de reducir la tensión superficial del agua al romper sus puentes de hidrógeno)

para reducir esta tensión superficial y mejorar la habilidad del agua para penetrar en áreas muy pequeñas de las tarjetas.

3. Métodos de limpieza. Existen tres métodos de limpieza de tarjetas:

i. Manual

ii. Por grupo (Batch)

iii. En línea

i. Limpieza manual. La limpieza manual se realiza con solventes fríos (a temperatura ambiente) y cepillos. Si este método no se realiza correctamente, puede crear muchos problemas. Estos problemas se generan cuando no se usa suficiente solvente y los contaminantes simplemente son esparcidos con el cepillo por toda la tarjeta. Casi nunca se usa agua para este tipo de limpieza, pues los materiales típicos de los fluxes no son compatibles con agua. Además, aunque los materiales de los fluxes fuesen compatibles con el agua, el ciclo de limpieza sería muy tardado, pues el agua tarda en evaporarse a temperatura ambiente. También, si se utilizara un sistema con detergente, para que este fuese efectivo tendría que ser calentado a 160°F (71 °C), lo cual no es práctico para operaciones de limpieza manual.

La mejor manera para remover residuos de flux es utilizar una fuente constante de solvente (de forma de no contaminar el solvente a usar con el cepillo con que se aplica), y cepillar de forma de

llevar el solvente hasta la orilla de la tarjeta. Debe ponerse especial cuidado de no esparcir solvente en áreas de la tarjeta que en realidad no necesitan ser limpiadas.

Otra desventaja de la limpieza manual es el caso de la limpieza del lado de los componentes de la tarjeta. Alcanzar algunas áreas del lado de los componentes puede ser muy difícil. En este caso, la única solución es utilizar un flux cuyos residuos no sean activos en las condiciones de operación del producto. En la mayoría de los casos, la solución es utilizar flux de resina (R) o de resina levemente activada (RMA) para obtener buenos puntos de soldadura.

ii. Limpieza por grupo (batch). La limpieza por grupo (batch) puede realizarse usando solventes hidrocarbonos, detergente de agua, o agua únicamente. Los solventes hidrocarbonos se usan en equipos de limpieza llamados "desengrasadores de vapor". Estos equipos evaporan el solvente, controlan los vapores para evitar que se escapen al ambiente, y el producto es ingresado a la fase de vapor para ser limpiado. Después se saca y se deja secar.

(a). Limpieza por grupo con solvente. La limpieza en un desengrasador de vapor ocurre por un efecto de condensación al ingresar el producto entre el vapor. Cuando las tarjetas van entrando al aparato y pasando hacia abajo del espiral de condensación, el solvente evaporado se condensa en las superficies

de la tarjeta y sus componentes. Durante este período de tiempo, el solvente disuelve la resina del sistema de flux. De esta forma, el solvente condensado lavará y eliminará los contaminantes.

Cuando las tarjetas alcanzan la misma temperatura que el solvente en fase de vapor, la condensación ya no ocurre y el ciclo de limpieza termina.

(b). Limpieza por grupo con agua. Otro tipo de sistema por grupo usa agua. Puede utilizarse con o sin detergente. El sistema básico de limpieza por grupo con agua no es más que una lavadora de platos estándar. Los ciclos de limpieza son similares a la lavadora de platos, inclusive el ciclo de secado. En unidades especializadas, los diferentes pasos del proceso son controlados y temporizados para asegurar que cumplen con sus funciones: pre-lavado, lavado, desaguado, lavado, desaguado, desaguado y secado. La etapa de pre-lavado se usa únicamente cuando se utilizan sistemas de flux soluble en agua. Cuando se utilizan fluxes de resina, se agregan saponificadores al proceso.

iii. Limpieza con sistemas en línea. Los sistemas en línea pueden usarse con solventes hidrocarbonos o con mezclas químicas en agua. La ventaja de estos sistemas en comparación con los de grupo (batch) es que tienen mayor rendimiento, pues el sistema no queda sin uso debido a la preparación de los grupos de tarjetas.

(a). Sistema en línea con solventes. La generación y control de vapores en un sistema en línea es básicamente el mismo que en los sistemas por grupo. Sin embargo, la forma de transportar el producto y el método de limpieza son distintos: en el sistema en línea, las tarjetas se colocan en una faja transportadora en forma de malla. La fase de vapor está controlada por espirales de condensación (o enfriamiento) al igual que el sistema por grupo. Posteriormente, las tarjetas se rocían con solvente a presión, lo cual aumenta el poder de disolución del solvente, logrando excelentes resultados de limpieza.

(b). Sistema en línea con agua. Los sistemas de limpieza con agua en línea tienen dos tipos de diseños básicos:

- o Sistemas de limpieza con detergente
- o Sistemas de limpieza con agua con sección de pre-lavado

Los primeros están diseñados para disolver contaminantes polares (residuos de fluxes de resina), mientras que los sistemas de lavado con agua están diseñados para remover estrictamente contaminantes no-polares (activadores orgánicos).

Las etapas de lavado y desaguado de todos estos sistemas están diseñados para disolver y eliminar contaminantes no polares y remover mecánicamente los contaminantes polares no solubles en agua.

#### H. Corte de patas de componentes

Esta etapa del proceso se toma en cuenta como una operación independiente debido a varios factores: muchos productos tienen especificaciones especiales para la longitud de las patas de sus componentes, pueden evitarse gran cantidad de corto circuitos al realizarse correctamente, la calidad de la soldadura lograda en la etapa anterior puede echarse a perder si no se le dá la suficiente importancia a esta etapa.

Después de la soldadura, los componentes aún presentarán sus patas de un largo determinado y deberán ser cortadas para evitar corto circuitos y dejar bien terminada la tarjeta. El corte de patas puede realizarse manualmente con corta alambres o con una máquina para cortar patas. El corte manual de patas presenta tres desventajas principales comparado contra el corte de patas con máquina: la primera es el mayor tiempo que toma (de 5 a 6 veces más que con la máquina), la segunda es la menor consistencia en la longitud de las patas cortadas, y la tercera es la calidad del corte, que es superior al hacerlo con la máquina. Al realizarse corte manual de patas, deben hacerse las siguientes consideraciones: la operaria debe mantener la muñeca de la mano fija, evitando el movimiento giratorio de la mano a lo largo del eje del brazo (se tiende naturalmente a hacerlo al apretar los dedos de la mano para cortar). Este movimiento quiebra los puntos de soldadura. Nunca deberá cortarse la pata tan corta como para cortar también el punto de soldadura pues se provocan soldaduras frías.

Las máquinas que realizan el corte de patas presentan generalmente unas cuchillas rotativas afiladas. La tarjeta se coloca en la máquina y se hace pasar por las cuchillas, Dependiendo del estilo de máquina, la cuchilla puede estar fija y en la parte de abajo, de forma que al pasar la tarjeta, todas las patas son cortadas sin discriminación, o puede ser una cuchilla pequeña y movable por la operaria en la parte de arriba. En el segundo caso, se coloca la tarjeta en la máquina con los componentes hacia abajo y la patas podrán ser cortadas selectivamente.

Se utilizarán lentes de seguridad para evitar cualquier daño a los ojos en caso de que alguna pata salte al ser cortada. Debe colocarse la tarjeta en una posición tal que evite que las patas cortadas caigan sobre el lado de sus componentes y que provoquen corto circuitos.

#### I. Retoque y reparación

En esta etapa del proceso se inspecciona la soldadura de las tarjetas, se inspecciona que los componentes no estén levantados, se inspecciona que el corte de patas no haya dañado la soldadura y se repara cualquiera de estos problemas.

Debido a que la máquina de soldar, aún cuando está bien ajustada, puede dejar de soldar correctamente algunos puntos, estos deberán ser localizados, identificados y corregidos. Asimismo, los

componentes que han sido soldados y han quedado levantados por la fuerza de la soldadura en la máquina, deberán ser desoldados y bajados. Al inspeccionarse la tarjeta, utilizando el equipo de inspección descrito con anterioridad, deberá buscarse puntos de soldadura fría, puntos con muy poca soldadura, puntos con demasiada soldadura, puntos con burbujas de aire, puntos con agujeros de pin, puntos en que la soldadura no subió lo suficiente del lado de los componentes y cortos circuitos entre puntos de soldadura muy cercanos unos a otros.

#### J. Ensamble posterior a la soldadura

El ensamble posterior a la soldadura existe por varias razones:

- o Existen componentes que no soportan las altas temperaturas a que se somete la tarjeta en la etapa de la soldadura, por lo que deben ser instalados posteriormente.
- o Existen componentes que por sus características físicas no pueden ser ingresados al sistema de soldadura (muy grandes, muy pesados, etc.).
- o Otros componentes algunas veces están localizados demasiado cerca de la orilla de la tarjeta, de forma que si se instalaran antes de ingresar al sistema de soldadura, estos no permitirían que el transportador agarre correctamente a la tarjeta.
- o Otros componentes van soldados del lado de la soldadura, por lo que es imposible instalarlos antes de soldar la tarjeta.

La etapa de ensamble posterior a la soldadura se realiza después de la de inspección y retoque ya que generalmente incluye ensamble de componentes del lado de la soldadura, y en algunos casos, estos componentes cubrirán puntos de soldadura que deberán haber sido inspeccionados previamente.

#### K. Ensamble final

En esta etapa se realiza el ensamble de la tarjeta en el chasis final del producto en caso que este lo requiera. Algunas veces el producto terminado será únicamente la tarjeta ya ensamblada, por lo que esta etapa no existirá. Para esta etapa es recomendable diseñar una línea de ensamble mecánico por separado como un proceso independiente, en el que la tarjeta será un componente a instalar en la misma.

#### L. Prueba electrica

En la mayoría de los casos los aparatos específicos para las pruebas de las tarjetas los proveerá el cliente mismo, según el tipo de diseño del producto. Muchas veces los clientes no proveerán gran número de detalles del diseño del producto como protección del mismo. Sin embargo, puede hacerse una corta lista del equipo a tener para poder ofrecer el mínimo de pruebas que puedan desearse: multímetros, de preferencia digitales, osciloscopios de por lo menos 20 MHz, fuentes de c.c. reguladas, generadores de onda, computadora personal con puertos seriales y paralelos, un cuarto aislador de frecuencias para pruebas, y horno

de temperatura variable y controlada para prueba de tarjetas. Dentro de las pruebas que pueden realizarse a las tarjetas ya ensambladas se encuentran tres tipos principales: la prueba de TRABAJA O NO TRABAJA ("Go - no go" en inglés), que consiste en medir ciertos parámetros con el simple hecho de encender la unidad; la prueba de FUNCIONALIDAD COMPLETA ("complete test" en inglés), que consiste en utilizar un aparato específico para conectar la unidad y realizar todas y cada una de sus funciones asegurando que todas trabajan bien; y la prueba de TRABAJO Y QUEMADO ("burn in" en inglés), que consiste en dejar la unidad funcionando dentro de un horno de temperatura variable y controlada durante un período de por lo menos 24 horas, a una temperatura más alta que la del ambiente, lo cual asegura que los componentes marginales en la unidad fallarán en esta etapa y que la unidad será enviada al campo sin componentes con alto riesgo de arruinarse.

#### M. Empaque

Existe diversidad de materiales de empaque. Para el caso de empaque de tarjetas, componentes electrónicos o productos que incluyan como partes a éstos, es de suma importancia utilizar materiales de empaque con características anti-estáticas. Los tipos de materiales de empaque más comunes son: el plástico con burbujas de aire ("antistatic bubble wrap" en inglés), las bolsas disipadoras de estática ("static dissipative bags" o "static shielded bags" en inglés) y los poporopos antiestáticos ("antistatic pop corn" en inglés). Cada tarjeta deberá ser

empacada y envuelta individualmente en el plástico con burbujas de aire antiestático, y luego deberá aplicarse la cantidad de material necesario para proteger a las tarjetas durante el transporte.

## N. Control de calidad

En este capítulo se cubrirán los aspectos fundamentales que el autor recomienda tener en cuenta en cada paso del proceso para establecer el sistema de control de calidad del mismo. En donde sea posible, se enumerarán los posibles errores, sus causas y soluciones.

### 1. Conteo de inventario.

- a. Verificar el estado general de las partes recibidas, buscándose posibles daños por el transporte de las mismas.
- b. Verificar si todas las partes indicadas en la lista de empaque y en la lista de materiales se han recibido.
- c. Establecer la cantidad exacta recibida de cada componente.
- d. Verificar contra la lista de materiales del producto y contra la muestra física (si esta existe), los valores y especificaciones de cada parte.

### 2. Línea de ensamble

- a. Verificar que el numero de componentes por cada estación no sea de más de 15.

- b. Verificar que los componentes sean ensamblados en cada estación según la altura física de los mismos, comenzando de los más bajos a los más altos.
- c. Verificar según los tiempos de ensamble establecidos por cada empresario, que el tiempo de ensamble para cada estación completa sea el mismo.
- d. Documentar y ennumerar los componentes que conforman las estaciones de ensamble para cada producto a ensamblar.

### 3. Preparación de componentes

- a. Verificar y aprobar la primera muestra o primer componente preparado, asegurándose de su correcta preparación según su localización en la tarjeta.
- b. Establecer claramente las herramientas utilizadas para la preparación de cada componente y el método de preparación.
- c. Registrar para cada producto las especificaciones de preparación de cada uno de sus componentes.

### 4. Preparación de línea de ensamble

- a. Verificar que todos los casilleros en la línea de ensamble contienen suficientes componentes.
- b. En el caso de contar con un transportador de ancho ajustable, verificar que el transportador de la línea de ensamble está fijado a la separación correcta.
- c. Verificar que se cuenta con suficiente espacio de almacenaje de tarjetas ensambladas.

d. Verificar que la descripción de referencia de los componentes en los casilleros puede ser claramente leída y fácil de identificar.

e. Comprobar que todos los componentes que constituyen el ensamble de la tarjeta están incluidos en las estaciones.

##### 5. Inserción de componentes (ensamble)

a. Inspeccionar y aprobar una muestra de ensamble de cada estación de ensamble.

b. Inspeccionar y verificar al final de la línea de ensamble que todos los componentes han sido insertados en sus posiciones correctas.

c. A continuación se enumeran algunos de los errores típicos en esta parte del proceso, con sugerencias de su causa y solución:

- o Falta componente: el componente no se colocó (asegurarse que la operaria coloca los componentes de su estación siempre en el mismo orden, asegurarse que la operaria no interrumpa el proceso de ensamble a media estación, asegurarse que la muestra de la operaria esté correcta, asegurarse que las etiquetas de los componentes en sus casilleros estén correctas, asegurarse que la operaria se concentre en su trabajo)
- o Valor de componente equivocado: se ensambló otro componente en lugar del correcto (asegurarse que la operaria coloca los componentes de su estación siempre en el mismo orden, asegurarse que la operaria no interrumpa

el proceso de ensamble a media estación, asegurarse que la muestra de la operaria esté correcta, asegurarse que las etiquetas de los componentes en sus casilleros estén correctas, asegurarse que el inventario en los casilleros de los componentes no está mezclado, asegurarse que el componente equivocado no pertenece a otra estación - de ser así, el error fue generado por dos operarias, la que ensambló equivocado, y la que no identificó que en la posición de uno de sus componentes ya había uno de valor equivocado -asegurarse que la operaria se concentre en su trabajo)

- o Polaridad de componente invertida: componente instalado con orientación equivocada (asegurarse que la operaria entiende el concepto de polaridad, asegurarse que la operaria entiende las indicaciones de polaridad en los componentes y en la tarjeta, asegurarse que la operaria conoce cuáles componentes presentan polaridad y cuales no, asegurarse que la operaria coloca los componentes de su estación siempre en el mismo orden, asegurarse que la operaria no interrumpa el proceso de ensamble a media estación, asegurarse que la muestra de la operaria esté correcta, asegurarse que la operaria se concentre en su trabajo)
- o Integrado no tiene todas sus patas insertadas en los agujeros: al insertar el integrado, alguna de sus patas no estaba bien alineada hacia su correspondiente agujero,

y al presionar el integrado para colocarlo, esta se dobló sin entrar en el agujero (asegurarse que la operaria cuenta con las herramientas de inserción adecuadas, asegurarse que la operaria sabe utilizar las herramientas, asegurarse que la operaria inspecciona su ensamble al terminarlo, asegurarse que la operaria se concentre en su trabajo).

## 6. Soldadura

a. Verificar que el sistema de soldadura a utilizar tiene todos sus parámetros graduados según las especificaciones del sistema y del producto a soldar.

b. Los aspectos más importantes a chequear para la inspección de la primera muestra de soldadura son los siguientes:

1. Para el caso de las tarjetas con circuito impreso de doble lado, verificar que ha fluido suficiente soldadura hacia el lado de los componentes.
2. Verificar que los componentes no se hayan dañado por altas temperaturas, en especial los que contienen partes plásticas en su estructura.
3. Verificar que los puntos del lado de la soldadura tienen suficiente soldadura.
4. Verificar que no se genere corto circuitos entre puntos de circuito impreso muy cercanos entre sí, y típicamente entre puntos de soldadura de circuitos integrados (ignorar los corto circuitos generados por la longitud de

las patas de los componentes, estos serán eliminados en el corte de patas).

5. Verificar que los puntos de soldadura estén limpios, brillantes y sin agujeros.
  6. Verificar que todos los puntos a ser soldados tienen soldadura. Los puntos que están en las orillas longitudinales de la tarjeta son los más propensos a quedar sin soldar, ya que es de esas orillas de donde la tarjeta es agarrada por el transportador.
  7. Verificar que la tarjeta no se haya deformado o doblado debido a las altas temperaturas o debido a que queda muy apretada en el transportador.
  8. Verificar que el circuito impreso de la tarjeta no se haya levantado debido a las altas temperaturas.
  9. Verificar que la soldadura no se haya rebalsado y fluído sobre la tarjeta.
- c. Verificar continuamente el nivel de fundente o flux del aplicador.
- d. Verificar continuamente que la calidad de soldadura se mantiene.

#### 7. Corte de patas

- a. Verificar longitud de patas de primera muestra.
- b. Verificar que el corte de patas no esté quebrando los puntos de soldadura y provocando soldaduras frías.

- c. Verificar que el corte se realice en las patas de los componentes y no tan cerca de la tarjeta que corte también el punto de soldadura.
- d. Verificar que las operarias no giren la muñeca de la mano al cortar las patas de los componentes.
- e. Verificar que las herramientas a usar tienen suficiente filo.

#### 8. Inspección, retoque y limpieza

- a. Inspeccionar y retocar (corregir) puntos de soldadura defectuosos (puntos con poca o sin soldadura, puntos fríos, puntos con soldadura rota, puntos con soldadura sucia, puntos con agujeros en la soldadura).
- b. Inspeccionar y retocar los componentes que en el proceso de soldadura se hayan levantado y no estén asentados en la tarjeta.
- c. Inspeccionar y retocar los agujeros en las posiciones en donde no debe ir soldadura, ya que el agujero libre se utilizará posteriormente.
- d. Quitar la pasta blanca o material utilizado para evitar que ciertos puntos del circuito impreso sean soldados.
- e. Limpiar con solvente la tarjeta, especialmente los puntos que hayan sido retocados, para eliminar los residuos de fundente. Este paso de limpieza dependerá del tipo de fundente utilizado en el proceso.

#### 9. Ensamble secundario

- a. Verificar que la soldadura manual aplicada es correcta (suficiente cantidad, no puntos fríos).
- b. Verificar que los componentes estan instalados en sus posiciones correctas.
- c. Verificar que los residuos de fundente aplicados han sido limpiados.

10. Ensamble final

- a. Verificar que todos los elementos parte del ensamble final han sido instalados en sus posiciones correctas.
- b. Verificar la calidad de los puntos de soldadura.
- c. Verificar el aspecto final del producto.

11. Inspección final

- a. Verificar los valores y polaridades de los componentes.
- b. Inspeccionar los puntos de soldadura de la tarjeta, tanto de la soldadura inicial como la del ensamble secundario y el final.
- c. Verificar que los componentes no están levantados.
- d. Verificar que la tarjeta está limpia y libre de residuos de fundentes.

12. Empaque y envio

- a. Verificar que cada unidad ha sido empacada individualmente con el material adecuado (antiestático, carton, papel, etc. según el caso).
- b. Verificar que las cajas no son demasiado pesadas para evitar posibles daños en el transporte.

c. Verificar que toda la papelería necesaria para el envío esté correctamente llenada.

13. Documentación. Cada empresario decidirá el tipo de documentación que debe llevar para cada producto a ensamblar. Sin embargo, el autor recomienda que cada producto a ensamblar tenga su propio archivo conteniendo por lo menos la siguiente información:

a. Información de la tarjeta: lista de materiales, órdenes de cambios de ingeniería, aspectos importantes del ensamble, diagrama de ensambles especiales, etc.

b. Información del ensamble: listado de estaciones de ensamble con los componentes de cada una, listado de especificaciones de preparación de cada componente.

c. Información por contrato: estado de inventario recibido, listado de estaciones de ensamble utilizadas con identificación de cuál operaria trabajó en cada estación, controles de tiempos de producción, copia de las listas de empaque de los envíos de cada contrato, copia de los cambios solicitados por el cliente, apuntes de problemas u observaciones hechas durante el contrato. En el caso de un contrato abierto, estos controles pueden llevarse semanal, quincenal o mensualmente.

### III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

1. Los fenómenos electrostáticos pueden ser eficientemente controlados utilizando los materiales y equipo adecuado. Sin embargo, el factor de mayor efectividad para evitar sus nefastos efectos es lograr que el personal involucrado entienda el comportamiento de la electricidad estática y la constante concientización al personal acerca de como controlarla y evitarla.
2. Las partes medulares de la industria del ensamble electrónico son dos: el ensamble de los componentes y su soldadura. La primera implica la correcta colocación de los componentes en sus posiciones dentro del circuito de interconexión, y la segunda implica la correcta y durable conexión de los componentes al circuito impreso de interconexión.
3. El objetivo final de los controles de calidad del proceso es el de garantizar que las dos partes medulares del proceso se realicen con cero errores todas y cada una de las veces que sean hechos.
4. La necesidad de obtener una soldadura consistente y de calidad hace necesario el uso de un sistema de soldadura automática. Dependiendo del volumen proyectado de producción, este sistema

podrá ser para soldar por grupo o en línea.

5. La posibilidad y capacidad técnica de desarrollar la industria de ensamble electrónico de exportación en Guatemala existe, y solamente espera a que se realice la inversión para explotar su alto potencial.

#### RECOMENDACIONES

1. El entrenamiento del personal involucrado en este tipo de operaciones debe ser realizado muy de cerca. La comunicación de los niveles de calidad debe garantizarse con entrenamiento personalizado y abundante información visual.
2. La concientización del personal involucrado en una operación de competitividad a nivel mundial debe ser enfatizada constantemente.
3. El principal obstáculo que el autor ha detectado para el desarrollo de esta industria en Guatemala es la poca presencia en el extranjero como un país de oportunidades de inversión. A pesar de las numerosas ventajas que Guatemala presenta para este tipo de operaciones, son pocas las empresas en el extranjero que las conocen, y de estas pocas empresas, son aún menos las que tienen la disposición de contratar el ensamble de sus productos en Guatemala, por temor a la inestabilidad económica y política. Los guatemaltecos sabemos que se ha mejorado en estos aspectos, pero de poco servirá si no se mejora la imagen de nuestro país en el extranjero. Podría

iniciarse con un apoyo directo a los inversionistas locales interesados, participando como país en eventos y exposiciones en este campo.

#### IV. ANEXO 1, ILUSTRACIONES Y FIGURAS

1. PROTECCION ANTIESTATICA, ILUMINACION E INSPECCION

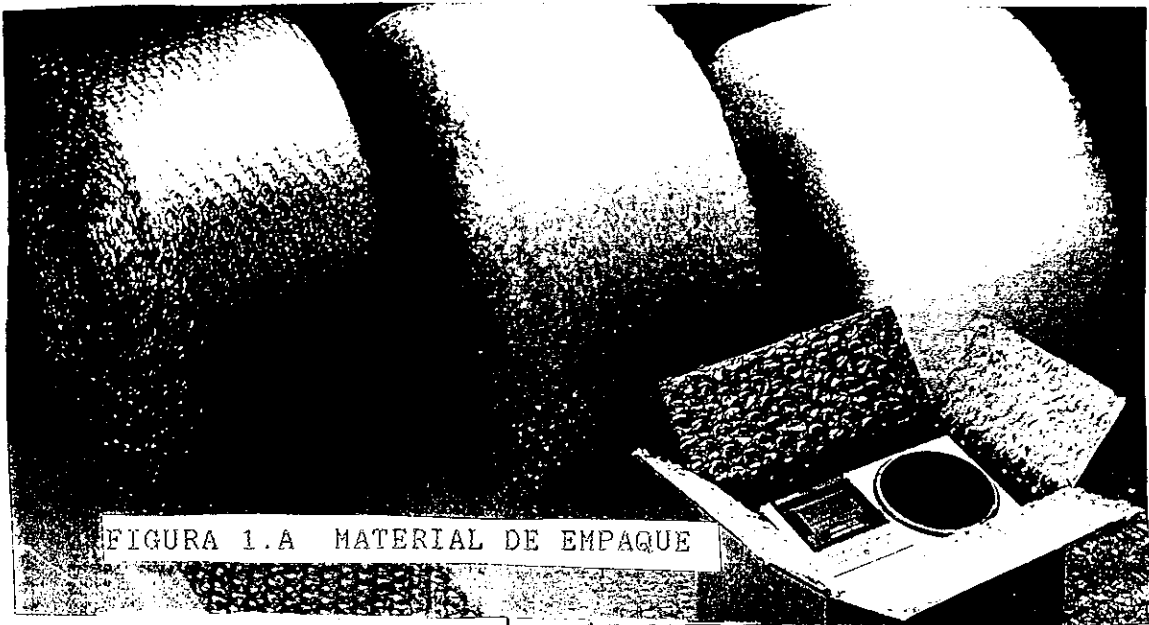


FIGURA 1.A MATERIAL DE EMPAQUE

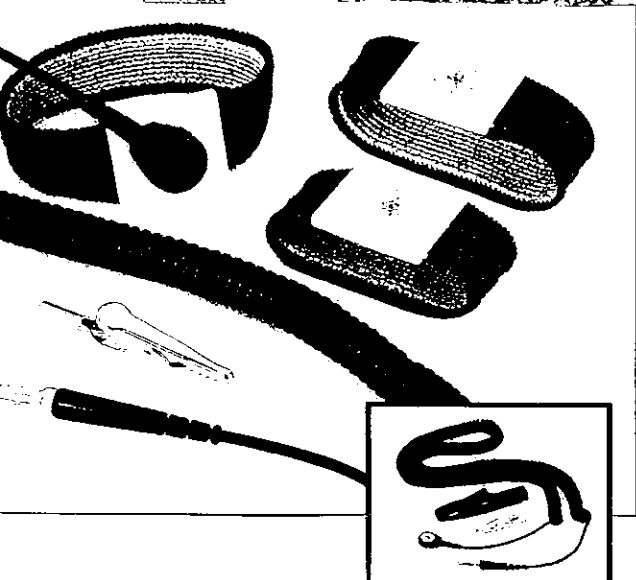


FIGURA 1.B PULSERAS ANTIESTATICAS

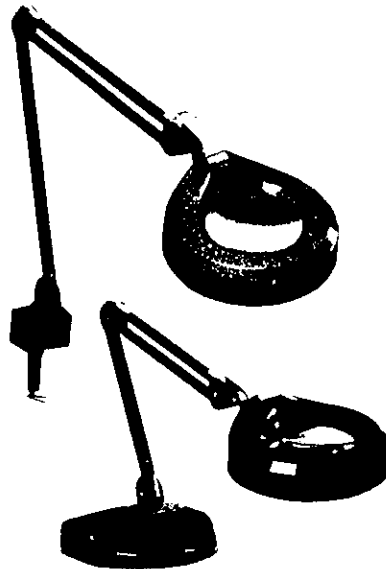
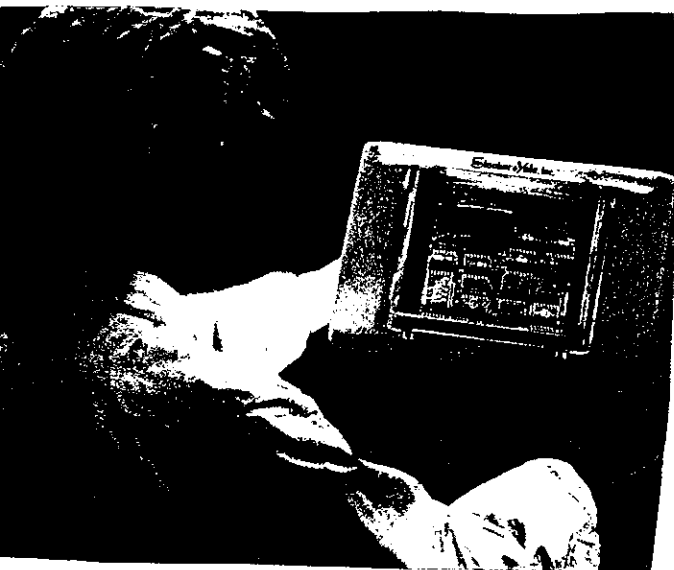
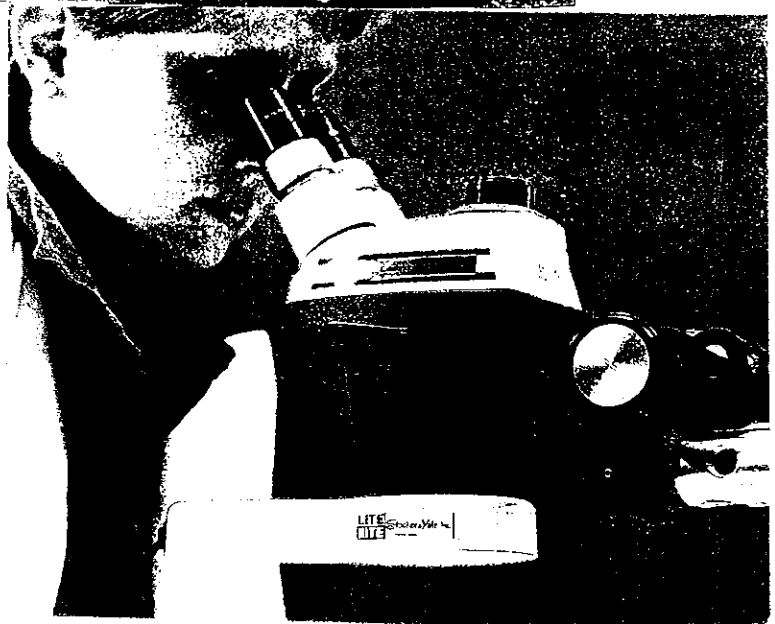


FIGURA 1.C  
LAMPARAS  
MAGNIFICADORAS  
Y ESTEREOSCOPIOS

2. PREPARACION DE COMPONENTES

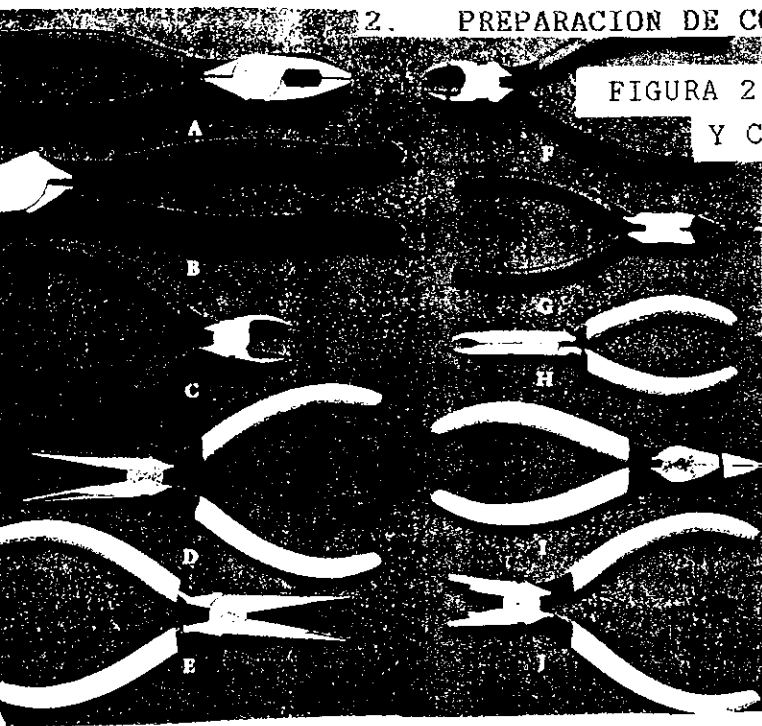


FIGURA 2.B PINZAS Y CORTA ALAMBRES

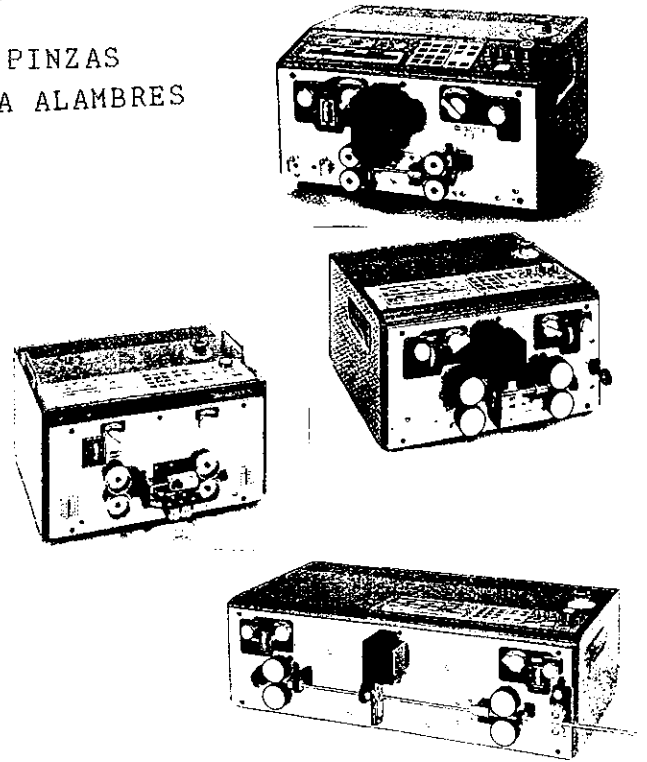


FIGURA 2.D EQUIPO AUTOMATICO PARA PREPARAR ALAMBRE

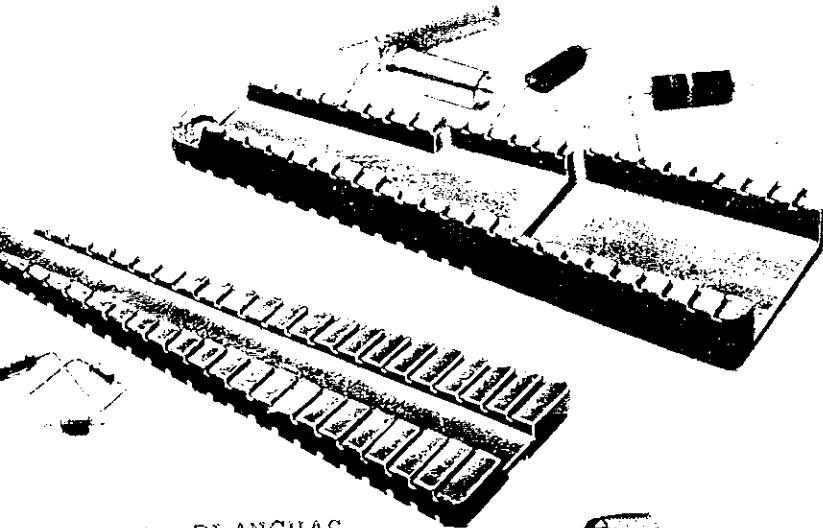


FIGURA 2.A PLANCHAS PLASTICAS

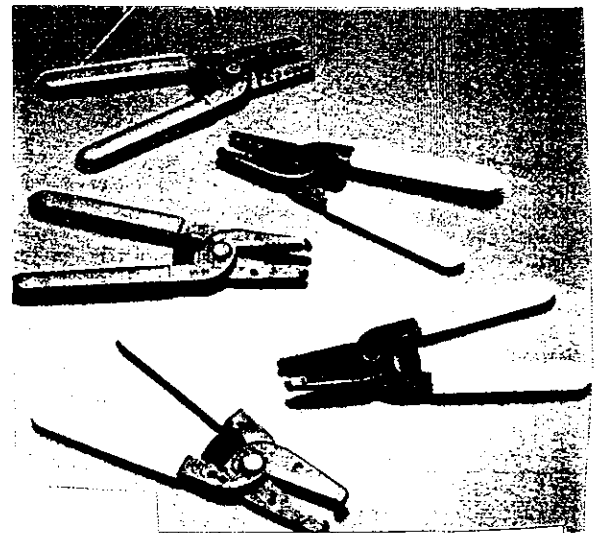


FIGURA 2.B PELA ALAMBRES

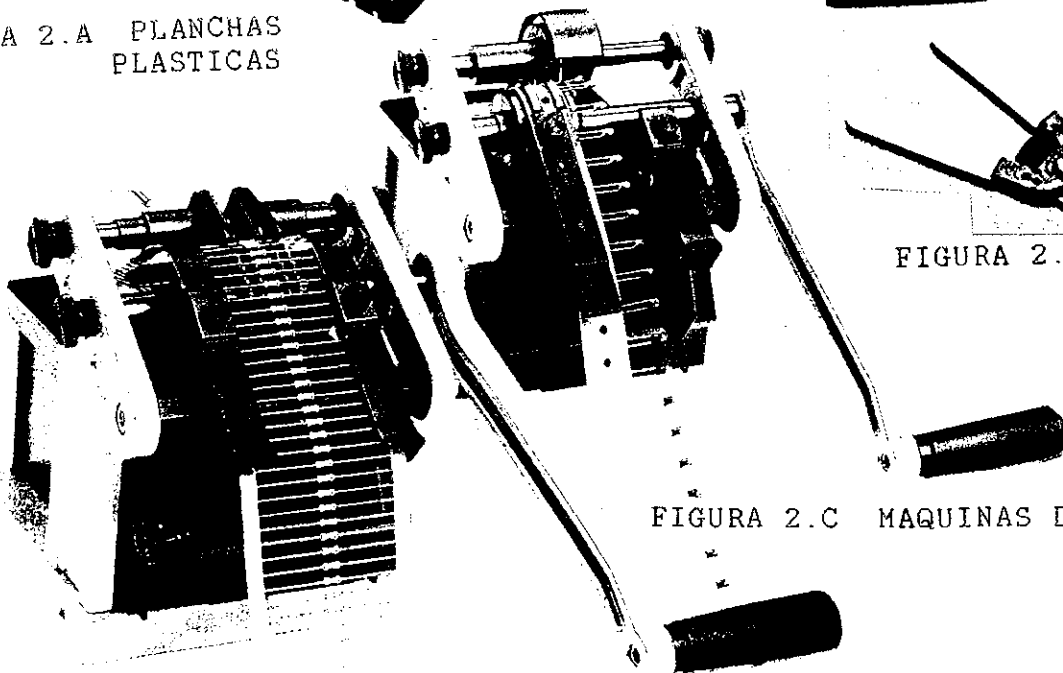


FIGURA 2.C MAQUINAS DE ROTACION MANUAL

### 3. ENSAMBLE DE COMPONENTES

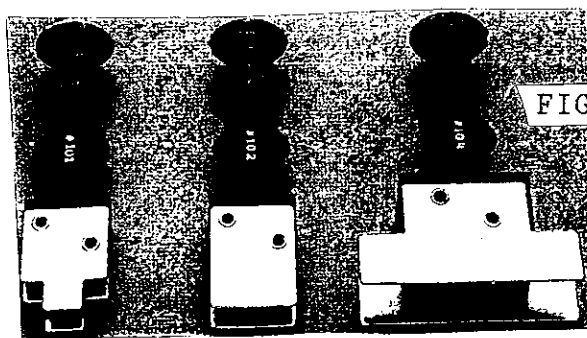
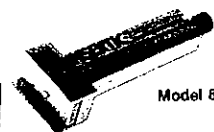


FIGURA 3.A INSERTADORES DE INTEGRADOS

### 4. SOLDADURA MANUAL



Model 880-8 Insertic



Model 880-24 Insertic

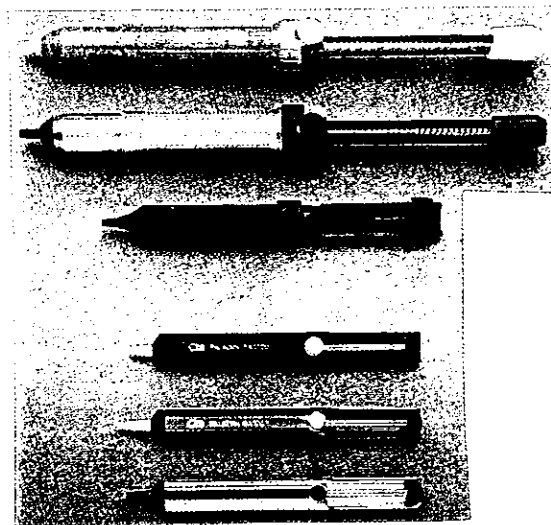


FIGURA 4.B SUCCIONADORES



FIGURA 4.A CAUTINES



FIGURA 4.C DISPENSADORES DE FUNDENTE Y DE SOLVENTE

5. SOLDADURA AUTOMATICA

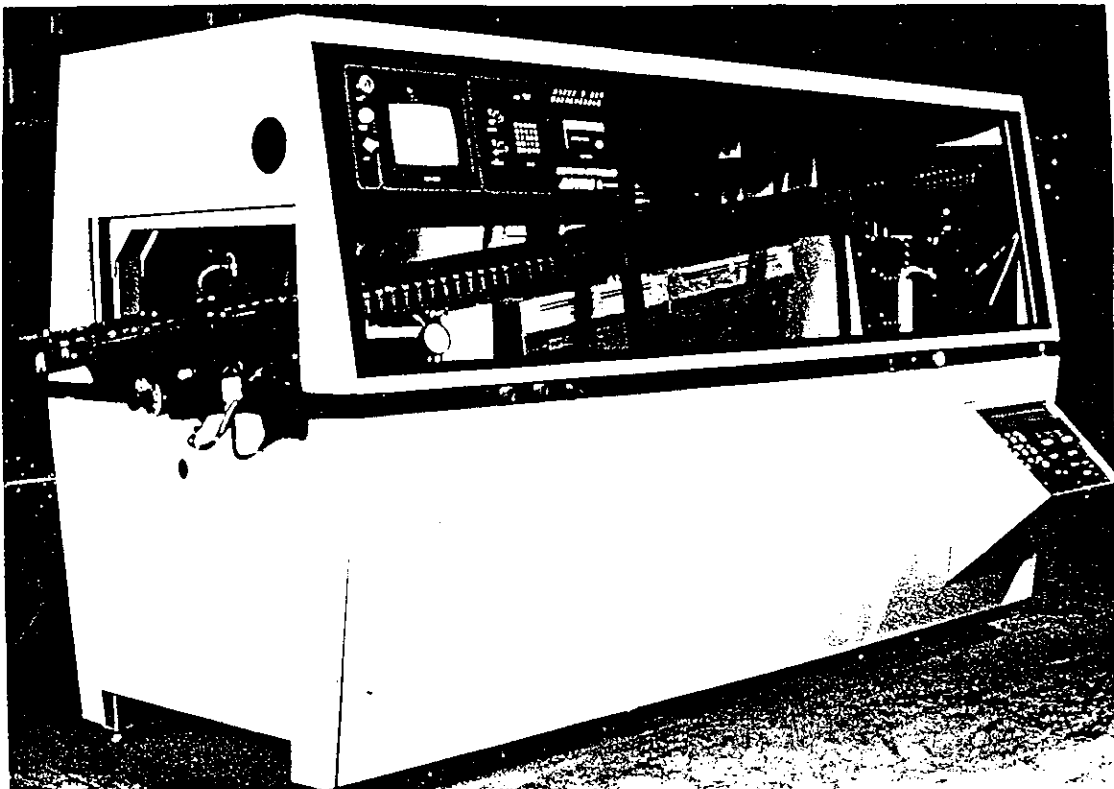
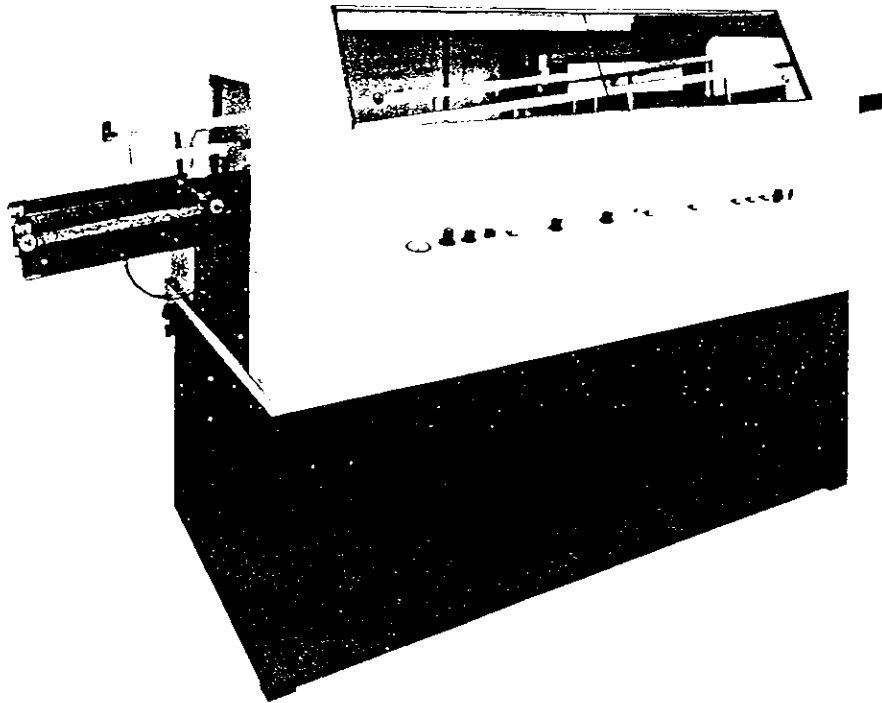


FIGURA 5.A SISTEMAS AUTOMATICOS DE SOLDADURA

## 6. CORTE DE PATAS

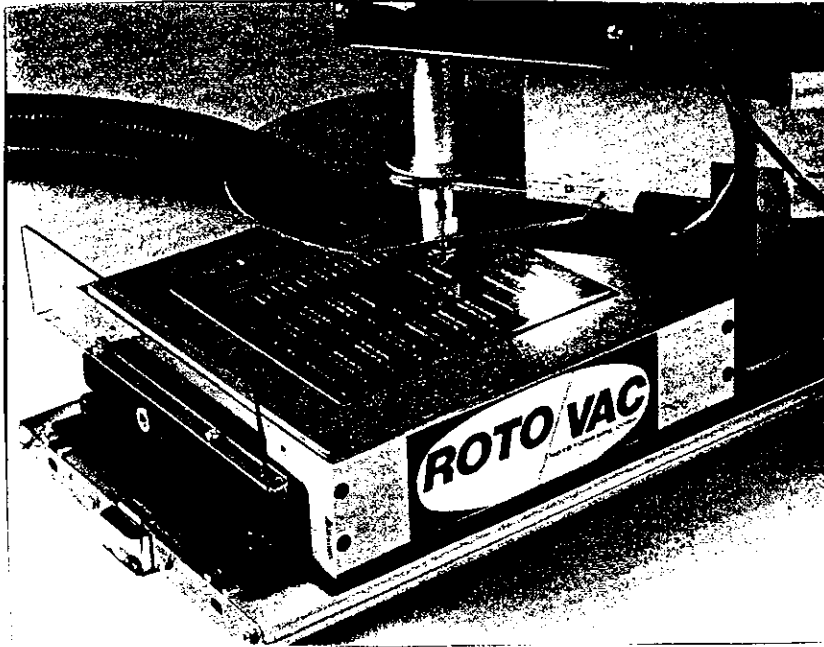


FIGURA 6.A MAQUINA CORTADORA DE PATAS

## 7. LIMPIEZA

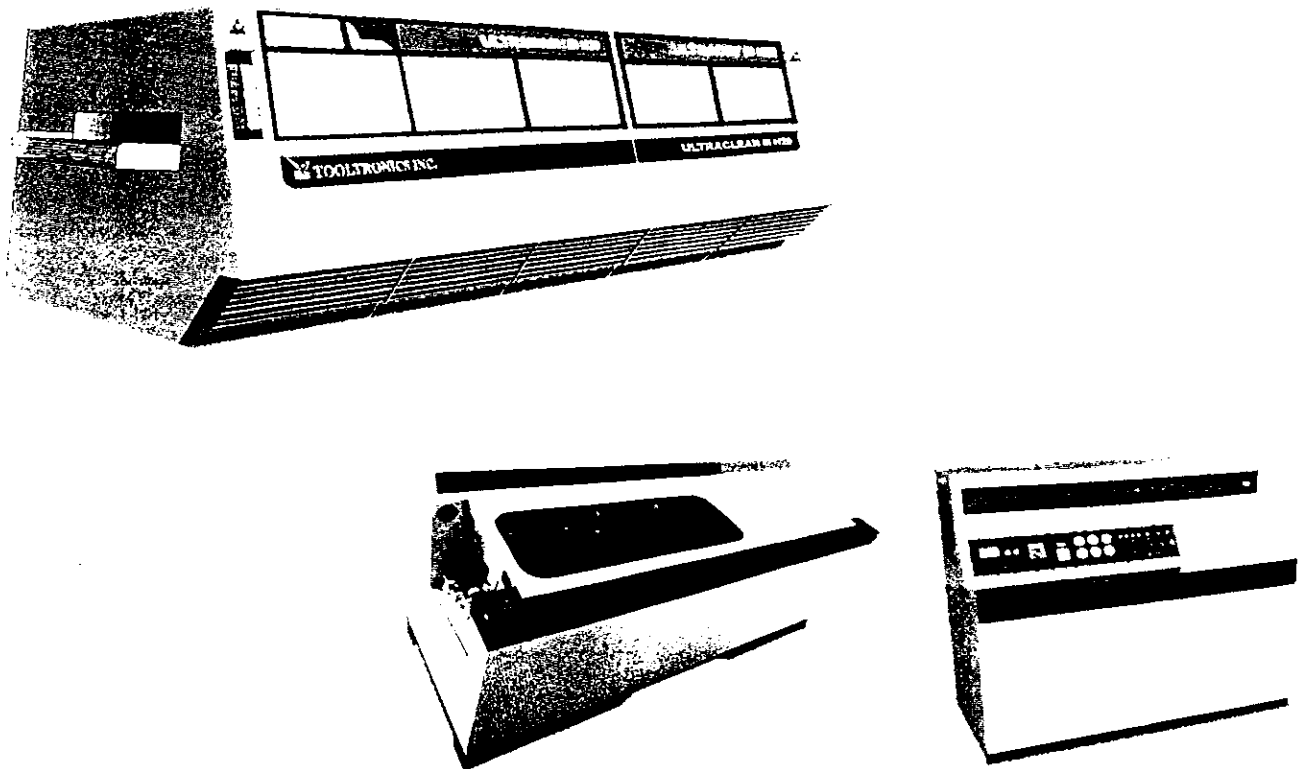


FIGURA 7.A SISTEMAS AUTOMATICOS DE LIMPIEZA

## 8. RETOQUE Y REPARACION

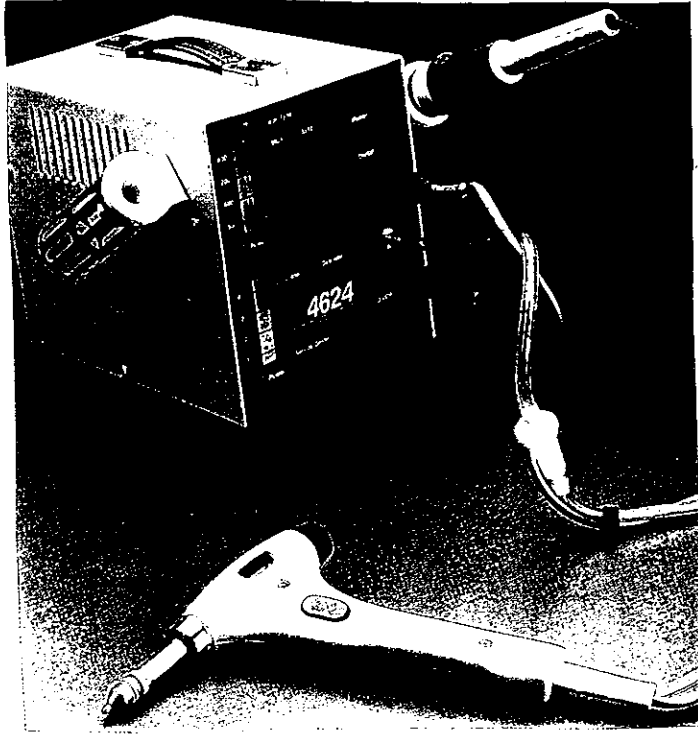
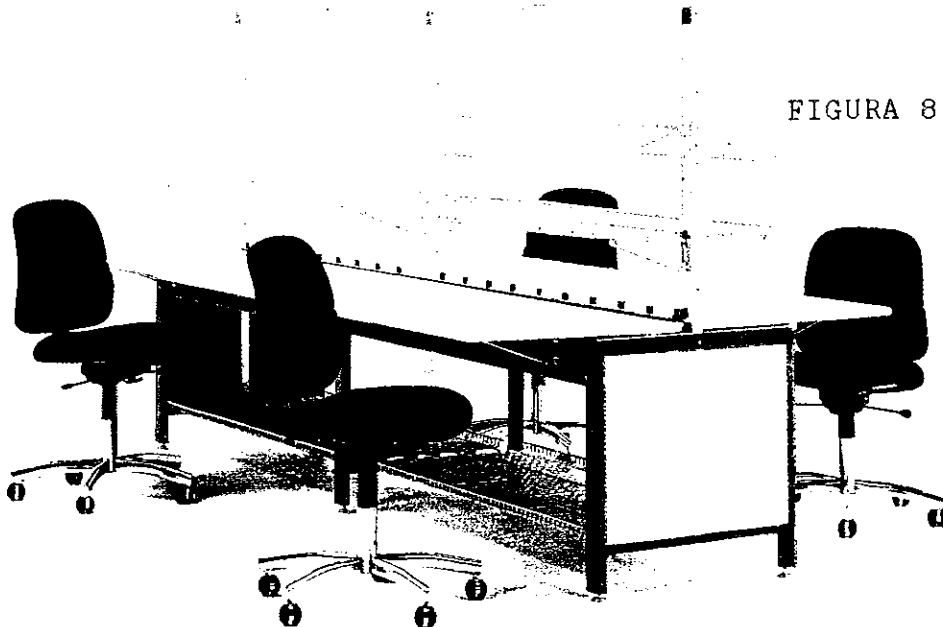


FIGURA 8.A ESTACIONES DE REPARACION



FIGURA 8.B MESAS DE TRABAJO



9. PRUEBA ELECTRICA

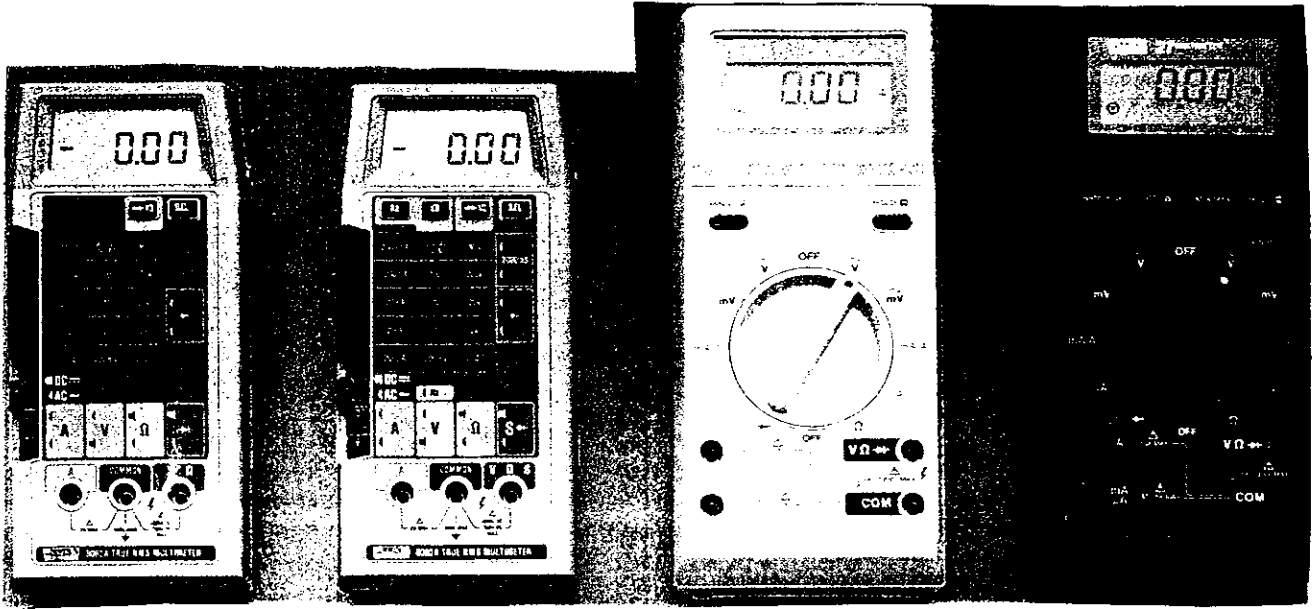


FIGURA 9.A MULTIMETROS

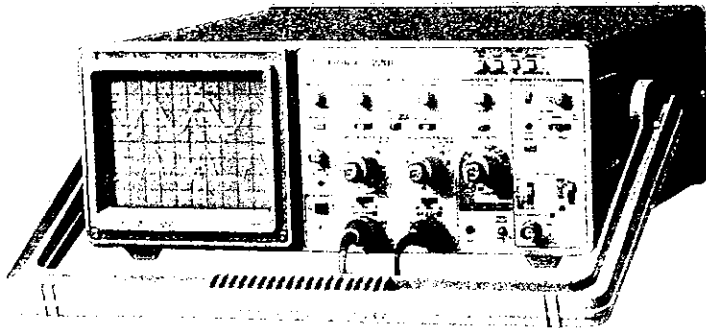


FIGURA 9.B OSCILOSCOPIO

FIGURA 9.D GENERADOR DE SEÑALES

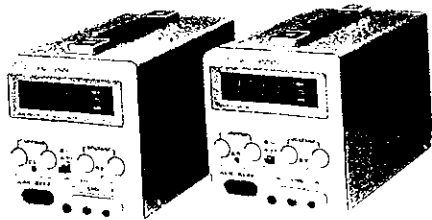
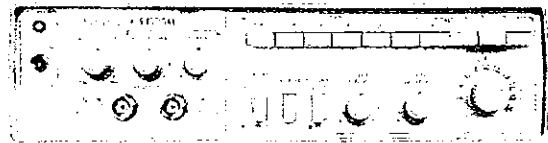


FIGURA 9.C FUENTES DE DC

## V. BIBLIOGRAFIA

- 1.- Hubert, C. Circuitos Eléctricos CA/CC, Enfoque Integrado. Mc Graw-Hill. Bogotá. 1a. Edición. 1985.
- 2.- Boylestad, R. Nashelsky, L. Electrónica, Teoría de Circuitos. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México. 3a. Edición. 1986.
- 3.- Koenisberger, R. Instalaciones Eléctricas 1. Sin editorial. Guatemala. 2a. Edición. 1988.
- 4.- Lambert, L. Soldering For Electronic Assemblies. Marcel Dekker, Inc. New York. 1a. Edición. 1988.
- 5.- Compliance Engineering. Air Ionization: Theory and Practice. Boxborough, Massachusetts. Winter 1992.
- 6.- Compliance Engineering. 1989 Reference Guide. Boxborough, Massachusetts. 5th. Anniversary Issue. 1989.
- 7.- Circuits Assembly. Pre-Solder Processing. San Francisco, California. August, 1992.

94

8.- Circuits Assembly. The Assembly Market. San Francisco, California. September, 1992.

9.- Olympic Plastics. ESD Product Catalog. Los Angeles, California.