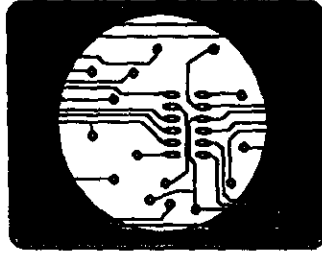


881217

UNIVERSIDAD ANAHUAC

ESCUELA DE INGENIERIA



**INTRODUCCION Y DESARROLLO DE UN
LABORATORIO DE CIRCUITOS IMPRESOS.**

FREDERIC FRANCOIS SCHLITTER AUDET

T E S I S

REALIZADA PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICO AREA
SISTEMAS ELECTRONICOS Y ELECTRICOS**

**DIRECTOR DE TESIS:
ING. JOSE ANTONIO JIMENEZ MONTAÑEZ**

MEXICO, D. F.

1999

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

274618

1



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**EN AGRADECIMIENTO POR SU COLABORACIÓN, DEDICO
EL PRESENTE TRABAJO A**

LYNN HOWARD O.

Por su colaboración en la traducción, desarrollo y su especial apoyo en la realización del presente trabajo.

ALFREDO RUANOVA E.

Por su colaboración en la traducción, redacción y desarrollo del presente trabajo.

CHARLOTTE AUDET.

Por su apoyo durante el presente trabajo.

FEDERICO SCHLITTER F.

Por su colaboración en la tramitación legal para la obtención del título y apoyo del presente trabajo.

JOSÉ ANTONIO JIMÉNEZ MONTAÑÉS.

Por su asesoría técnica en la realización del presente trabajo.

P. ROUSSEAU

ALCATEL BELL-SDT

Belgium

Special tanks for your help related to the technical documentation you send me and the visit in your factory.

INTRODUCCIÓN

El patrón de los circuitos impresos fabricados en años anteriores eran poco densos, se tenía mucho espesamiento entre conductores, las terminales pads eran de mayor tamaño, no se tenía mucha precisión en el patrón ya que no se requería en ese tiempo, etc. Hoy en día con la introducción rápida de integrados en el mercado y la miniaturización de los equipos, esto ha generado una necesidad de diseñar tarjetas más complejas, teniendo estas varias capas, una alta densidad en el patrón, requiriendo estas poco espaciamento entre conductores y generando así la necesidad de tener mucha precisión en el diseño de los mismos. Consecuentemente se ha requerido desarrollar nuevas técnicas de diseño así como estándares, sin olvidar la introducción de las computadoras facilitando estas el trabajo del diseñador, minimizando errores, tiempo excesivo en el diseño del patrón de las tarjetas y reduciendo los costos de los mismos.

El propósito de esta tesis es dar al lector una breve descripción y comprensión de la importancia del diseño de circuitos impresos, así como consideraciones básicas en la construcción de un laboratorio de circuitos impresos. El presente documento se divide en once capítulos explicando estos:

La presente tesis fue dividida en diferentes temas, por lo tanto los capítulos proporcionan:

- Los diversos materiales utilizados en la fabricación de circuitos impresos como son: los materiales bases, sus características, los revestimientos de cobre, las aplicaciones de cada material, las propiedades mecánicas y eléctricas, ayudando así en la buena elección de los materiales antes mencionados.
- La secuencia del proceso de manufactura de los circuitos impresos, para así conocer las dificultades y limitaciones que se pueden tener en la fabricación del mismo. Teniendo considerados los puntos antes mencionados el diseñador podrá minimizar los problemas y costos de fabricación de los mismos.
- La información proporcionada al fabricante de circuitos impresos por el cliente, el cual será usado por el departamento de control de calidad del fabricante. Las especificaciones de compra tienen por objeto, asegurar los requerimientos técnicos de compra del cliente, proporcionando así las bases al fabricante de circuitos impresos para producir las tarjetas bajo las especificaciones del cliente.
- Las consideraciones, criterios de diseño e información básica requerida antes de iniciar los trabajos correspondientes.
- El Pre-diseño de un circuito impreso, siendo este un dibujo preliminar que delinea el diseño físico de empacado de un circuito electrónico. Su forma puede ser en cualquier nivel desde un simple bosquejo hecho a mano hasta un dibujo formal de ingeniería. Esta herramienta de desarrollo es muy necesaria ya que es usada como referencia para traducir el esquema eléctrico o diagrama lógico a un dibujo maestro del circuito impreso.
- Una breve explicación de la función del dibujo maestro de una tarjeta de circuito impreso, la cual contiene una descripción completa de todas las características de diseño de ingeniería de la misma.
- El proceso estándar a seguir para la realización de circuitos de doble o multicapas destinado a aplicaciones civiles o militares. También nos indica el tratamiento para el acabado de los

circuitos impresos. No hay que olvidar que cada compañía o fabricante de circuitos impresos usan diferentes productos por lo que este proceso no deberá de considerarse como único.

- Las consideraciones a seguir para la estimación real de cargas de acondicionamiento de aire necesario para la buena ventilación del laboratorio de circuitos impresos, y los puntos a considerar.
- La iluminación del laboratorio de circuitos impresos, el capítulo nueve nos describe el método de calculo por cavidad zonal.
- Cualquier cuarto seleccionado para ser usado como cuarto oscuro para un laboratorio de circuitos impresos debe de tener ciertas medidas, estar situado en un lugar fresco, se deberá de considerar los materiales de construcción del mismo, etc. por lo que los últimos capítulos nos describen estas consideraciones a seguir para la construcción del mismo.
- Equipos para la fabricación de circuitos impresos, también nos proporciona los cálculos y consideraciones utilizados por el autor para el diseño del área del laboratorio de circuitos impresos.

INDICE

CAPITULO 1	13
MATERIALES BÁSICOS	13
1.1) CLASIFICACIÓN	13
1.2) PROCESO DE REVESTIMIENTO DE COBRE LAMINADO	13
1.3) TIPO DE MATERIALES BASE	14
1.3.1) PAPEL FENOLICO	14
1.3.2) PAPEL EPÓXICO	14
1.3.3) EPÓXICO	14
1.3.4) COBRE LAMINADO	14
1.4) APLICACIÓN	14
1.5) PROPIEDADES MECÁNICAS	15
1.5.1) FLEXIBILIDAD Y RESISTENCIA AL IMPACTO	15
1.5.2) COEFICIENTE TÉRMICO DE EXPANSIÓN	16
1.5.3) DEFORMACIONES MECÁNICAS POR CARGA	16
1.5.4) TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN	16
1.5.5) TIEMPO DE SOLDADO	17
1.6) RESISTENCIA AL DESPRENDIMIENTO	17
1.7) DIMENSIONES	18
1.7.1) ESPESOR DE LA CAPA DE COBRE	18
1.7.2) DIMENSIONES DE LA TARJETA	18
1.7.3) DIMENSIONES ESTÁNDAR DE TARJETAS	20
1.8) PROPIEDADES ELÉCTRICAS	21
1.8.1) RESISTENCIA AISLANTE	21
1.8.2) CONSTANTE DIELECTRICA Y FACTOR DE DISIPACIÓN	23
CAPÍTULO 2	24
PROCESO DE MANUFACTURA DE CIRCUITOS IMPRESOS	24
2.1) INTRODUCCIÓN	24
2.2) IMPRESIÓN POR SERIGRAFÍA	24
2.3) IMPRESIÓN POR PELÍCULA POLIMERICA (FOTO-RESIST)	25
2.4) ATACADO	27
2.5) METALIZACIÓN	29
2.5.1) INTRODUCCIÓN	29
2.5.2) METALIZACIÓN DE PERFORACIONES (THROUGH HOLES)	29
2.5.3) METALIZACIÓN DEL PATRÓN	30
2.5.4) METALIZACIÓN DE LA TARJETA	31
2.6) PRINCIPIO DEL PROCESO ELECTROLITICO	32
2.6.1) INTRODUCCIÓN	32
2.6.2) COBRIZADO	33
2.6.3) PIRO FOSFATO DE COBRE	33
2.6.4) SULFATO DE COBRE	33
2.7) REVESTIMIENTO DE ESTAÑO/PLOMO Y ESTAÑAMIENTO	34

2.8) CRECIMIENTO DEL BORDE Y SOCAVACIÓN.....	35
2.9) ELIMINACIÓN DE LA TINTA O PELÍCULA RESISTIVA.....	36
2.10) EQUIPO.....	36
2.10.1) INTRODUCCIÓN.....	36
2.10.2) TALADROS.....	37
A) PERFORACIÓN POR ALINEACIÓN.....	37
B) PERFORACIÓN POR ALINEACIÓN ÓPTICA.....	37
C) PERFORACIÓN POR MEDIO DE UNA PLANTILLA.....	37
D) PERFORACIÓN POR CONTROL NUMÉRICO.....	38
2.11) TROQUELADO DE AGUJEROS.....	39
2.12) CAMBIOS DIMENSIONALES DESPUÉS DEL PERFORADO.....	39
2.13) TOLERANCIAS DEL DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN.....	39
2.14) SECUENCIA DEL PROCESO DE MANUFACTURA.....	39
2.15) FABRICACIÓN DE CIRCUITOS SIN PERFORACIONES DE CONDUCCIÓN.....	40
2.16) FABRICACIÓN DE CIRCUITOS CON PERFORACIONES CONDUCTORAS (THROUGH HOLES).....	41
2.17) FABRICACIÓN DE CIRCUITOS CON CONDUCTORES ESTAÑADOS.....	42
CAPITULO 3	46
ESPECIFICACIONES DE COMPRA	46
3.1) INTRODUCCIÓN.....	46
3.2) CONDICIONES GENERALES.....	46
3.2.1) RANGO DE VALIDEZ.....	46
3.2.2) NUMERO DE PARTIDAS.....	46
3.2.3) MARCAJE DE TARJETAS.....	47
3.2.4) EMPAQUE DE TARJETAS.....	47
3.2.5) REPORTE DE PRUEBAS.....	47
3.2.6) DIBUJO MAESTRO (Master Drawing).....	47
3.2.7) DISEÑO MAESTRO (ARTWORK).....	48
3.2.8) FOTOGRAFÍA MAESTRA (FOTOMASTER).....	48
3.3) REVESTIMIENTO DE COBRE LAMINADO.....	48
3.3.1) REQUERIMIENTOS GENERALES.....	48
3.3.2) MATERIAL BASE.....	48
3.3.3) ESPESOR Y TOLERANCIAS DEL MATERIAL BASE.....	49
3.3.4) ESPESOR Y TOLERANCIAS DEL LAMINADO DE COBRE.....	49
3.3.5) TORSIÓN Y DEFORMACIÓN.....	49
3.4) ELECTROMETALIZACIÓN (ELECTROPLATING).....	50
3.4.1) REQUERIMIENTOS GENERALES.....	50
3.4.2) COBRIZADO.....	50
3.4.3) ESTAÑADO (Estaño/plomo).....	51
3.4.4) ESTAÑADO.....	51
3.4.5) CHAPADO DE ORO.....	51
3.4.6) RECALENTAMIENTO (REFLOWING) DE LA CAPA DE ESTAÑO/PLOMO.....	51
3.5) METALIZACIÓN DE PERFORACIONES (THROUGH HOLES).....	53
3.5.1) REQUERIMIENTOS GENERALES.....	53
3.5.2) DIÁMETRO Y TOLERANCIA DE UNA PERFORACIÓN TERMINADA (Through Hole).....	54
3.5.3) TERMINALES DE SOLDADO (SOLDER PADS) DE LAS PERFORACIONES METALIZADAS (THROUGH HOLES).....	55
3.5.4) DEFECTOS PERMITIDOS EN LAS PERFORACIONES METALIZADAS (Through Holes).....	56

3.6) PERFORACIONES SIN METALIZACIÓN (THROUGH HOLES)	57
3.7) CONDUCTORES ESTAÑADOS Y NO ESTAÑADOS	57
3.7.1) TOLERANCIAS DEL ANCHO DE LOS CONDUCTORES	57
3.7.2) SOCAVACIÓN Y SOBRE BORDE	58
3.7.3) FALLAS EN BORDES DE CONDUCTORES	59
3.7.4) AISLAMIENTO A LO LARGO DE LOS BORDES DE CONDUCTORES	59
3.8) BORDES DE CONECTORES	60
3.8.1) METALIZACIÓN DE ESTAÑO/PLOMO	60
3.8.2) ESTAÑADO POR RODILLO	60
3.8.3) DORADO	60
3.8.4) BISELADO	61
3.9) NOTACIÓN DE COMPONENTES	61
3.10) MASCARILLA DE SOLDADO Y AISLANTE	61
3.11) CAPA PROTECTORA	62
3.11.1) REQUERIMIENTOS GENERALES	62
3.12) SOLDADO	62
3.12.1) REQUERIMIENTOS GENERALES	62
3.12.2) TIEMPO DE SOLDADO Y TEMPERATURA	62
3.12.3) SOLDABILIDAD DESPUÉS DE ALMACENAMIENTO	62
3.12.4) TOLERANCIAS DE POSICIONAMIENTO DE PERFORACIONES	63
CAPITULO 4	64
INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE CIRCUITOS IMPRESOS	64
4.1) INTRODUCCIÓN	64
4.2.1) SISTEMA DE ENREJADO	65
4.2.2) ESCALA	67
4.3) TAMAÑO DE LA TARJETA Y NUMERO DE CAPAS	68
4.4) ANCHO Y ESPACIADO DE CONDUCTORES	70
4.5) AGUJEROS DE TERMINALES DE COMPONENTES	71
4.6) ÁREAS TERMINALES (PADS)	72
4.7) PLANOS DE TIERRA	76
4.8) MONTAJE DE COMPONENTES	76
4.9) MASCARAS DE SOLDADURA	79
4.10) CONSIDERACIONES EN DIMENSIONES Y TOLERANCIAS	79
CAPITULO 5	87
PRE-DISEÑO (LAYOUT)	87
5.1) INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DEL PRE-DISEÑO (LAYOUT)	87
5.2) CONTENIDO	87
5.3) CONSIDERACIONES PRELIMINARES	87
5.4) DIBUJO DEL DISEÑO	88
5.5) TÉCNICAS DE DISEÑO	88
5.6) MÉTODOS DE DIBUJO	91
5.7) PUNTOS A VERIFICAR EN UN PRE-DISEÑO (LAYOUT)	92
5.7.1) GENERAL	92

5.7.2) COMPONENTES	92
5.7.3) PERFORACIONES	92
5.7.4) CONDUCTORES	93
5.8) TÉCNICAS DE REGISTRO	93
5.9) MARCAS EN EL DIBUJO	94
5.10) PREPARACIÓN DEL DIBUJO	96
5.10.1) INTRODUCCIÓN	96
5.10.2) PLANTILLA DE ÁREAS DE TERMINAL (Pad Master)	96
5.10.3) MÉTODO BÁSICO DE DIBUJO	97
5.11) REGISTRO DE PINS	97
5.11.1) DOCUMENTOS AUXILIARES	98
5.11.2) PATRÓN DE PINS	98

CAPITULO 6 100

DIBUJO DEL DISEÑO MAESTRO 100

6.1) INTRODUCCIÓN	100
6.1.1) CONTENIDO	100
6.1.2) LOCALIZACIÓN DE AGUJEROS	100
6.1.3) TOLERANCIA DE LOCALIZACIÓN	101
6.1.3.1) TOLERANCIA DE LIMITACIÓN DE POSICIÓN	101
6.1.3.2) TOLERANCIA DE COORDENADAS	102
6.1.3.3) TOLERANCIA DE POSICIÓN REAL	102
6.1.4) TÉCNICAS	102
6.1.5) PUNTOS A VERIFICAR EN UN DIBUJO MAESTRO	103
6.2) DIBUJO DE ENSAMBLAJE	104
6.2.1) INTRODUCCIÓN	104
6.2.2) CONTENIDO	104
6.2.3) TÉCNICAS	105
6.2.4) PUNTOS A VERIFICAR EN UN DIBUJO DE ENSAMBLAJE	105

CAPITULO 7 106

PROCESO ESTÁNDAR PARA LA FABRICACIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS (APLICACIONES CIVILES Y MILITARES) 106

7.1) INTRODUCCIÓN	106
7.2) DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA	106
7.2.1) ESPECIFICACIONES INTERNAS RELATIVAS AL PROCESO DE FABRICACIÓN	106
7.3) ESQUEMA DEL PROCESO	107
7.4) CONTROLES	108
7.5) METALIZACIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS (RECUBRIMIENTO DE COBRE POR MÉTODO QUÍMICO SEGUIDO DE UN RECUBRIMIENTO DE COBRE POR MÉTODO ELECTROLÍTICO SEGÚN EL MÉTODO DE " PATTERN ")	108
7.5.1) INTRODUCCIÓN	108
7.5.2) NOTAS GENERALES	108
7.5.3) MEDIO DE APLICACIÓN	109
7.5.4) ESPECIFICACIONES	109

7.6) MATERIALES Y PRODUCTOS NECESARIOS.....	109
7.6.1) MATERIALES.....	109
7.6.2) PRODUCTOS QUÍMICOS NECESARIOS.....	109
7.6.3) PREPARACIÓN Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN DE LAS SOLUCIONES.....	110
7.6.3.1) SOLUCIÓN DEL COMPUESTO ACONDICIONADOR 1175.....	110
7.6.3.2) SOLUCIÓN PREPOSIT ETCH 748.....	111
7.6.3.3) SOLUCIÓN DE CATAPREP 404.....	111
7.6.3.4) SOLUCIÓN CATAPOSIT 44.....	112
7.6.3.5) SOLUCIÓN CON UN ACELERADOR.....	112
7.6.3.6) SOLUCIÓN DE COMPOSIT 251.....	113
7.6.3.7) SOLUCIÓN DE NEUTRALIZACIÓN SULFÚRICA.....	113
7.6.3.8) BAÑO ELECTROLÍTICO DE SULFATO DE COBRE.....	114
7.6.3.9) BAÑO ANTI-OPACANTE " anti-tarnish ".....	115
7.6.3.10) BAÑO DE " NEUTRA CLEAN 7 ".....	115
7.6.3.11) SOLUCIÓN DE AGENTE DE LIMPIEZA.....	116
7.7) MODO DE OPERACIÓN.....	117
7.8) CONTROL DE CALIDAD.....	120
7.8.1) CONTROL DE SOLUCIONES.....	120
7.8.2) MANTENIMIENTO.....	121
7.8.3) CONTROL DE LA METALIZACIÓN.....	121
7.8.4) RESISTENCIA A CHOQUES TÉRMICOS.....	122
7.9) TERMINADO DE LOS CIRCUITOS IMPRESOS CON LA REALIZACIÓN DE UN DEPOSITO DE SOLDADURA (SELECTIVO O NO) POR TÉCNICA DEL AIRE CALIENTE (HOT AIR LEVELLING).....	122
7.9.1) INTRODUCCIÓN.....	122
7.9.2) NOTAS GENERALES.....	123
7.9.3) MEDIO DE APLICACIÓN.....	123
7.9.4) ESPECIFICACIONES.....	123
7.10) CARACTERÍSTICAS DEL REVESTIMIENTO DE SOLDADURA.....	124
7.10.1) COMPOSICIÓN.....	124
7.10.2) ESPESOR.....	124
7.11) MATERIAL Y PRODUCTOS QUÍMICOS REQUERIDOS.....	124
7.11.1) MATERIAL.....	124
7.11.2) PRODUCTOS QUÍMICOS NECESARIOS.....	125
7.12) PREPARACIÓN DE LAS CONDICIONES DE UTILIZACIÓN DE LAS SOLUCIONES.....	125
7.12.1) SOLUCIÓN DE DESENGRASANTE " NEUTRA-CLEAN 7 ".....	125
7.12.2) SOLUCIÓN DE " PREPOSIT ETCH 748 ".....	126
7.12.3) SOLUCIÓN DE NEUTRALIZACIÓN.....	126
7.12.4) BAÑO DE PLOMO POR ELECTROPOSICIÓN.....	126
7.12.5) BAÑO CÁUSTICO.....	127
7.12.6) BAÑO PARA LA SEPARACIÓN DE LA PELÍCULA FOTORESISTIVA.....	127
7.12.7) BAÑO ABRILLANTADOR DE ESTAÑO/PLOMO.....	128
7.12.8) BAÑO PARA DESPRENDIMIENTO DEL ESTAÑO/PLOMO.....	128
7.12.9) SOLUCIÓN CON UN AGENTE LIMPIADOR.....	128
7.13) MODO DE OPERACIÓN.....	129
7.13.1) DEPOSITO ELECTROLÍTICO DE UNA CAPA PROTECTORA DE ESTAÑO/PLOMO.....	129
7.13.2) ELIMINACIÓN DE LA PELÍCULA FOTOPOLIMÉRICA.....	130
7.13.3) INSPECCIÓN.....	131
7.13.4) GRAVADO O ATACADO (Ataque por un solución alcalina).....	131
7.13.5) ELIMINACIÓN DEL DEPOSITO PROTECTOR DE ESTAÑO/PLOMO.....	131
7.13.8) OPERACIONES MECÁNICAS.....	133
7.13.9) MANIPULACIÓN DE LAS PLACAS.....	133
7.13.10) EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO.....	133
7.14) CONTROL DE CALIDAD, SUSTITUCIÓN Y CONTROL DE BAÑOS.....	133

7.14.1) LINEA DE PREPARACIÓN ANTES DEL BAÑO ESTAÑO/PLOMO Y LINEA DE QUITADO (STRIPPING) DEL ESTAÑO/PLOMO	133
7.14.2) BAÑO DE ELECTROPOSICIÓN DE ESTAÑO/PLOMO.....	133
7.14.3) BAÑO CÁUSTICO ALCALINO	134
7.14.4) BAÑO DE SOLDADURA.....	134
7.14.5) EXAMEN DE LA CAPA DE SOLDADURA	134
7.14.6) EVALUACIÓN DE LA ADHERENCIA DE LA CAPA DE SOLDADURA	134
7.14.7) DETERMINACIÓN DEL ESPESOR.....	135
7.14.8) EXAMEN GENERAL VISUAL DE LOS CIRCUITOS IMPRESOS.....	135
CAPITULO 8	137
VENTILACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE	137
8.1) CARACTERÍSTICAS DEL LOCAL.....	137
8.1.1) ORIENTACIÓN DEL EDIFICIO CON RELACIÓN A PUNTOS CARDINALES.....	138
8.1.2) SITUACIÓN DEL EQUIPO Y SERVICIOS.....	142
8.2) ESTIMACIÓN DE LA CARGA DEL PROCESAMIENTO DEL AIRE.....	143
8.3) GANANCIAS INTERIORES Y GANANCIAS DEBIDAS A LA INSTALACIÓN	144
8.3.1) OCUPANTES.....	144
8.3.2) ILUMINACIÓN.....	144
8.3.3) APARATOS ELÉCTRICOS.....	145
8.3.4) MOTORES ELÉCTRICOS.....	146
8.3.6) MOTORES CON FUNCIONES MECÁNICAS.....	146
8.3.7) GANANCIAS DE CALOR DEBIDAS A LA INSTALACIÓN	147
8.3.8) FUGAS DE LOS DUCTOS DE IMPULSIÓN.....	147
8.4) CALCULO DE UN SISTEMA DE DUCTOS DE AIRE.....	147
8.5) ESPACIO DISPONIBLE.....	148
8.6) COEFICIENTE DE ROZAMIENTO.....	148
8.7) TIPOS DE ACOPLAMIENTOS.....	149
8.8) TRANSFORMACIONES.....	150
8.9) CODOS.....	151
8.10) DERIVACIONES.....	153
8.11) REGULACIÓN DE AIRE.....	155
8.12) ACCESORIOS DEL SISTEMA DE DUCTOS.....	156
8.12.1) CORTA FUEGOS.....	156
8.12.2) ATENUADORES DE SONIDO.....	157
8.13) REVESTIMIENTOS RESISTENTES A LA CORROSIÓN.....	158
8.13.1) CAUCHO CLORADO.....	158
8.13.2) RESINAS FENOLICAS.....	159
8.13.3) RESINAS VINÍLICAS.....	159
8.13.4) POLIETILENO.....	159
8.13.5) ESMALTE VITRIFICADO.....	159
8.13.6) REVESTIMIENTO POR PULVERIZACIONES METÁLICAS.....	159
8.14) CALCULO DE DUCTOS.....	160
8.14.1) GRÁFICA DE PERDIDAS DE CARGA.....	160
8.14.2) DIÁMETRO DEL DUCTO.....	160
8.14.3) VELOCIDAD DEL AIRE.....	161
8.14.4) PERDIDA DE CARGA.....	161
8.14.5) PERDIDAS DE CARGA EN UN ELEMENTO DEL SISTEMA.....	163
8.14.6) MÉTODOS DE CALCULO.....	163

8.15) SISTEMA DE DUCTOS DE BAJA VELOCIDAD	163
8.15.1) MÉTODO DE REDUCCIÓN DE VELOCIDAD.....	163
8.15.2) MÉTODO DE PERDIDA DE CARGA CONSTANTE	164
8.15.3) MÉTODO DE RECUPERACIÓN ESTÁTICA	164
8.16) DIFUSIÓN O DISPERSIÓN	164
8.16.1) DEFLECTORES.....	165
8.16.2) DEFLECTORES CONVERGENTES.....	165
8.16.3) DEFLECTORES DIVERGENTES.....	165
8.17) TIPOS DE BOCAS DE IMPULSIÓN.....	166
8.17.1) REJILLA PERFORADA.....	166
8.17.2) REJILLA CON DEFLECTORES FIJOS.....	166
8.17.3) REJILLA CON DEFLECTORES AJUSTABLES.....	166
8.17.4) BOCAS DE RENDIJA.....	166
8.17.5) SALIDAS DE EYECCIÓN.....	166
8.17.6) SALIDAS CON INDUCCIÓN INTERNA.....	166
8.17.7) DIFUSOR DE TECHO.....	166
8.18) SISTEMA DE EXTRACCIÓN.....	167
8.19) RUIDO EN LAS INSTALACIONES DE VENTILACIÓN.....	169
8.20) LA ELECCIÓN DE LOS VENTILADORES.....	169
CAPITULO 9	181
ILUMINACIÓN	181
9.1) INTRODUCCIÓN	181
9.2) MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL.....	181
9.3) LOCAL.....	182
9.4) MÉTODO DE CALCULO.....	182
CAPITULO 10	191
PUNTOS A CONSIDERAR EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN CUARTO OSCURO.....	191
10.1) INTRODUCCIÓN.....	191
10.2) DRENAJE	192
10.3) SISTEMA ELÉCTRICO.....	192
10.4) CONTROL DE TEMPERATURA	193
10.5) VENTILACIÓN.....	193
CAPITULO 11	194
CONSTRUCCIÓN DE UN LABORATORIO DE CIRCUITOS IMPRESOS.....	194
11.1) EQUIPO	194
11.1.1) MESA DE DIBUJO.....	194
11.1.2) GUILLOTINA DE PRECISIÓN.....	194
11.1.3) MESA DE SERIGRAFÍA.....	194

11.1.4) LAMINADOR DE FOTO-PELICULA (Dry Film Laminator).....	195
11.1.5) TINAS DE SENSIBILIZADO Y REVELADO.....	195
11.1.6) HORNO DE SECADO (Infrarrojo).....	195
11.1.7) EQUIPO DE EXPOSICIÓN.....	195
11.1.8) EQUIPO DE REVELADO POR ASPERSIÓN.....	196
11.1.9) EQUIPO DE ATACADO.....	196
11.1.10) EQUIPO DE ENJUAGUE.....	197
11.1.11) EQUIPO DE SECADO.....	197
11.1.12) UNIDAD DE RECALENTAMIENTO DE LA CAPA ESTAÑO/PLOMO " REFLOW ".....	197
11.1.13) EQUIPOS ELECTROLITICOS Y DE ATACADO.....	197
11.1.14) PROVEEDORES.....	197
11.2) ILUMINACIÓN.....	198
11.2.1) ILUMINACIÓN DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN.....	198
11.2.2) ILUMINACIÓN DEL ÁREA DE DISEÑO.....	200
11.2.3) ILUMINACIÓN DEL CUARTO OSCURO.....	201
11.3) CÁLCULOS DE GANANCIAS DE CALOR DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD ANAHUAC (PLANTA BAJA).....	203
11.3.1) CALCULO DE GANANCIAS DE CALOR EN EL ÁREA DE FABRICACIÓN DEL LABORATORIO DE CIRCUITOS IMPRESOS.....	203
11.3.2) CALCULO DE GANANCIAS DE CALOR EN EL ÁREA DE DISEÑO Y PASILLO PRINCIPAL DEL LABORATORIO DE CIRCUITOS IMPRESOS.....	205
11.3.3) CALCULO DE GANANCIAS DE CALOR PARA EL ÁREA DEL CUARTO OSCURO DEL LABORATORIO DE CIRCUITOS IMPRESOS.....	208
11.3.4) CÁLCULOS DE DUCTERIA DE VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN DEL ÁREA DE CUARTO OSCURO Y DISEÑO.....	210
11.3.5) CÁLCULOS PARA DUCTERIA DE VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN DEL ÁREA DE PROCESO.....	215
11.3.6) FIGURAS DEL LABORATORIO DE CIRCUITOS IMPRESOS DE LA UNIVERSIDAD ANAHUAC, LOCALIZADA EN LA PLANTA BAJA DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE INGENIERÍA.....	220
 CONCLUSIÓN.....	 230
 BIBLIOGRAFIA.....	 232

CAPITULO I

MATERIALES BÁSICOS

1.1) CLASIFICACIÓN

La selección de materiales revestidos de cobre laminado para los fabricantes de circuitos impresos es extensa. Se dividen en dos grandes grupos : de fenolico (papel laminado) o de fibra de vidrio. Estos materiales están formados por varias capas de papel o de fibra de vidrio puestas a presión y horneadas. El aglutinante es normalmente de resina fenolica en el caso de papel, e epóxico en el caso de ser de fibra de vidrio, algunas veces se usa de aglutinante el poliester, silicon o el teflon. La capa de cobre se puede encontrar sobre una de las caras o de las dos dependiendo del uso del mismo, con un espesor estándar. Las características de acabado del circuito impreso depende de la selección de los materiales antes mencionados así como el proceso de manufactura y la maquinaria empleada en el mismo.

1.2) PROCESO DE REVESTIMIENTO DE COBRE LAMINADO

El material base como se menciono con anterioridad, puede ser de papel o de fibra de vidrio. Este es sumergido en una tina llena de resina (fenolico o resina) para impregnación, luego es pasado por el proceso de laminado para calibrar el espesor del mismo y finalmente pasa a un horno de secado.

El cobre es depositado sobre la superficie de nuestra tina de acero inoxidable giratoria por electrólisis. Al mismo tiempo que la tina gira, las capas de cobre son depositadas formando capas uniformes.

Este método debe de ser realizado en un local con un ambiente limpio para evitar la atracción electrostática de partículas de polvo sobre la superficie de cobre. Las partículas de polvo pueden generar vacios entre las capas de cobre o abolladuras en el mismo. Un pedazo de cobre laminado es puesto sobre una superficie pulida de acero seguida por un numero de laminas de cobre y así formar el espesor deseado de la lamina de cobre. Para las superficies de doble cara se usa otra superficie pulida de acero con cobre laminado para la cara respectiva. Se rocían las superficies de cobre laminadas con un agente desprendedor y se forma un sandwich para así introducirse en una prensa hidráulica calentada por vapor.

El calor suministrado en el proceso genera que el cobre laminado se oxide por lo que es necesario limpiar la superficie por el método de cepillado (scrubing) o sea pasar el circuito impreso por dos cepillos giratorios. Esta limpieza se usa con una solución abrasiva como piedra Ponce el cual ayuda a remover el oxido de la capa de cobre. El producto terminado será sometido a pruebas mecánicas, eléctricas y visuales para detectar fallas en el mismo.

1.3) TIPO DE MATERIALES BASE

1.3.1) PAPEL FENOLICO

Este material base esta formado con papel impregnado de resina fenolica. El color es normalmente café y opaco, este es normalmente usado para aplicaciones de bajo costo.

1.3.2) PAPEL EPÓXICO

Este material esta formado con papel impregnado de resina epóxica. El color es normalmente amarillo o blanco o translucido dependiendo del espesor del mismo. Este tipo de material (FR3) es el más usado para juegos electrónicos por su bajo costo y por su característica inflamable.

1.3.3) EPÓXICO

Este tipo de material es el más usado porque combina relativamente gran resistencia mecánica y tiene buenas propiedades eléctricas. El material es normalmente semi-transparente o de color verde. El tipo G10 es el más usado en aplicaciones comerciales, en aplicaciones de alta temperatura se usa el tipo G11 y los tipos correspondientes a inflamables son FR4 y FR5, estos son usado cuando la aplicación lo requiere.

1.3.4) COBRE LAMINADO

El cobre laminado el cual es usado para cubrir nuestro material base, es producido por electrólisis con una pureza de 99.5%, y es proporcionado en varios grososres. En Estados Unidos el grosor es expresado en oz/sq feet y en otros países no siendo estrictamente correcto se usa como medida las micras ($1 \mu\text{m} = 0.001 \text{ mm}$). Generalmente los espesores estándar son:

$17.5 \mu\text{m} = \pm \frac{1}{2} \text{ oz/sq feet}$.

$35 \mu\text{m} = \pm 1 \text{ oz/sq feet}$.

$70 \mu\text{m} = \pm 2 \text{ oz/sq feet}$.

Recientemente se ha introducido al mercado un nuevo espesor de lamina de cobre ultra delgada ($5 \mu\text{m}$), la ventaja principal es la gran reducción con respecto a perdidas de los bordes de los conductores, o sea el efecto de socavación el cual se menciona más detalladamente en los puntos 2.4 y 2.8.

1.4) APLICACIÓN

Como regla general nunca se debe de usar papel fenolico o papel epóxico para uso profesional en equipos electrónicos y en particular no con perforaciones conductivas (through holes). La capa de cobre es depositada en las paredes de la perforación aproximadamente $25 \mu\text{m} = 0.001 \text{ pulg}$ de espesor. Un problema es el coeficiente térmico de expansión del cobre el cual es al rededor de 6 a 12 veces en relación

al papel fenolico, se tiene un riesgo de grietas en las paredes de la perforación si la tablilla es sometida a un cambio térmico brusco, este problema sucede seguido cuando las tarjetas son pasadas por una maquina de soldado de ola. Esto ocasiona una reducción en la fiabilidad del producto terminado cuando se usan perforaciones conductivas (through holes) para conectar las dos caras de la tarjeta así como el soldado de los componentes. Estas perforaciones son llamadas también perforaciones faciales o perforaciones de vía y frecuentemente no serán llenados con soldadura después del proceso de soldado por lo que se generan grietas y no son fiables como conexiones.

En el caso de la placa de epóxico el coeficiente térmico de expansión es de 3 por lo que el riesgo de tener perforaciones conductivas (through holes) con grietas es considerablemente menor. Por lo que es evidente que el epóxico es superior al papel fenolico.

1.5) PROPIEDADES MECÁNICAS

En esta sección las propiedades mecánicas de la tarjeta de epóxico y la de papel fenolico son comparadas. Por lo que se debe de considerar como guía general ya que hay variaciones significativas entre las características de los productos. Las diferencias entre ellas son tan marcadas que cada variación en cada tipo puede ser ignorado cuando se comparan ambos.

1.5.1) FLEXIBILIDAD Y RESISTENCIA AL IMPACTO

La flexibilidad y resistencia al impacto de un circuito impreso debe de ser suficientemente grande para poder soportar componentes pesados sin problemas de daños en la tarjeta. Por ejemplo algunos diseños usan transformadores montados directamente en la tarjeta. Bajo condiciones de estática normalmente no hay riesgo de daños de la misma, pero bajo condiciones de transportación pueden ser muy rudas por lo que el circuito puede estar sujeto a grandes aceleraciones.

La resistencia a la flexibilidad de 1.6 mm. (1/16 pulg) de espesor de un circuito impreso se muestra en la tabla 1.1.

MATERIAL	RESISTENCIA A LA FLEXIBILIDAD
Papel fenolico	800 Kg./cm. ² = Aprox. 12,000 Lb/pulg ²
Epóxico	3,500 Kg./cm. ² = Aprox. 50,000 Lb/pulg ²

Tabla 1.1) Resistencia a la flexibilidad

Es evidente que la resistencia a la flexibilidad del epóxico es 4 a 5 veces mayor que la del papel fenolico.

MATERIAL	RESISTENCIA AL IMPACTO
Papel fenolico	7 Kg. cm./cm (0.05 ft Lb/pulg)
Epóxico	10 Kg. cm./cm (7 ft Lb/pulg)

Tabla 1.2) Resistencia al impacto

La resistencia al impacto del epóxico es 15 veces mayor que la del papel fenolico como se muestra en la tabla 1.2.

Los valores anteriores son para dar una típica característica mecánica entre los dos materiales. Una descripción de los procedimientos de prueba usados para determinar estas características para cualquier material es dado por varios estándares, e.g., ASTM, IEC.

1.5.2) COEFICIENTE TÉRMICO DE EXPANSIÓN

Generalmente el coeficiente térmico de expansión es de menor importancia. Para los materiales antes mencionados hay variaciones entre 1×10^{-5} a 2×10^{-5} por 1°C medido sobre la superficie de la tarjeta. Esto quiere decir que si tenemos un circuito impreso con una longitud de 250 mm. (10 pulg) el cual es sometido a un cambio de temperatura de 40°C la longitud puede tener un incremento de 0.1 a 0.2 mm. (0.004 a 0.008 pulg) por lo que puede depreciarse. Las tolerancias normales de fabricación para una longitud de tarjeta es aproximadamente de ± 0.2 mm. (± 0.008 pulg).

Por otro lado es cierto que el coeficiente térmico es importante cuando la tarjeta es perforada. En varias tarjetas de papel como material base pueden ser perforadas en frío, si estas son calentadas estas presentarían en la mayoría de los casos una fractura en los bordes de la perforación. Calentando la tarjeta antes mencionada a unos 120°C , la longitud puede cambiar entre 0.3 a 0.6 mm. (0.012 a 0.024 pulg) por lo que se tiene que tomar en consideración por el diseñador.

1.5.3) DEFORMACIONES MECÁNICAS POR CARGA

Es común usar tornillos para sujetar ciertos componentes al circuito impreso o para montar el circuito impreso en un chasis. La tarjeta de epóxico muestra menor deformación que la de papel fenolico, el orden de la magnitud de la deformación es 10 veces menor en las tarjetas de epóxico.

Nota: Por recomendación es esencial usar tornillos con tuercas de seguridad. no es recomendable usar rondanas de presión ya que con el tiempo pueden atravesar o romper la tarjeta.

1.5.4) TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN

La máxima temperatura de operación para los materiales antes mencionados son:

MATERIAL	TEMPERATURA	TIPO
Papel fenolico	110 a 120 °C	XXXP
Papel Epóxico	110 a 120 °C	FR3
Epóxico	130 °C	G10 y FR4
Epóxico	150 °C	G11 y FR5

Tabla 1.3) Temperatura máxima de operación

Las temperaturas mencionadas en la tabla 1.3 son las más altas donde la tarjeta puede operar en forma continua. Se debe de considerar que operando a altas temperaturas la tarjeta tiene tendencia a decolorarse y a ablandarse. La resistencia mecánica de las tarjetas de tipo G10 y FR4 disminuye un 90% del valor a temperatura normal por otro lado la reducción de la resistencia mecánica de una tarjeta de tipo G11 y FR5 es de un 50%. Bajo circunstancias es recomendable que la temperatura de operación no exceda los 100 a 105 °C como máximo en el caso de requerir que la tarjeta trabaje a mayores temperaturas, se utilizara como se menciona en las especificaciones e.g. una tarjeta de silicon de vidrio o de teflon de vidrio.

1.5.5) TIEMPO DE SOLDADO

Es importante que la tarjeta sea capaz de aguantar sin daño alguno las altas temperaturas que ocurren en el proceso de soldado de los componentes son soldados a ella. Este caso es cuando se usan maquinas automáticas de soldado. La temperatura de soldado varia entre 240 y 260 °C lo que quiere decir que la temperatura de soldado sobre pasa entre 130 y 150 °C la temperatura máxima que puede aguantar la tarjeta. Afortunadamente el proceso de soldado se hace rápidamente por lo que los daños a la tarjeta son insignificantes. Tipicamente estos materiales pueden aguantar un tiempo de soldado a temperatura de 260 °C, como se muestra en la tabla 1.4.

MATERIAL	TIEMPO	TIPO
Papel fenolico	5 seg.	XXXXP
Papel epóxico	10 seg.	FR3
Epóxico	20 seg.	G10,G11,FR4 y FR5

Tabla 1.4) Tiempos de soldado

1.6) RESISTENCIA AL DESPRENDIMIENTO

Es importante que halla una buena unión entre el material base y el cobre. El detalle más fino y complicado de un circuito impreso es el riesgo que las terminales (pads) de soldado se desprendan. El riesgo es mayor cuando el circuito impreso es reparado.

Para asegurar un funcionamiento satisfactorio, la resistencia al desprendimiento debe de ser probada permitiendo así la medición de la adhesión de la misma. Esta prueba mide la fuerza requerida para desprender la capa de cobre de nuestro material base el cual es aproximadamente de 50 mm. (2 pulg) por minuto en dirección perpendicular a la tarjeta. La resistencia al desprendimiento es por lo tanto convertida en kilogramos por 25 mm. de ancho (Lb/pulg por ancho del desprendimiento). El desprendimiento de la lamina de cobre antes mencionada tiene una resistencia del orden de 3 Kg. (6 Lb) pero varia considerablemente con el espesor de la capa de cobre.

1.7) DIMENSIONES

1.7.1) ESPESOR DE LA CAPA DE COBRE

El espesor de la capa de cobre puede ser comprada con varios espesores. La tabla 1.5 es tomada de la especificación NEMA L1-1 (1971) en donde nos proporciona los espesores más usados en la fabricación de circuitos impresos para tarjetas de epóxico.

En general las tolerancias de los espesores no son especialmente usados en diseño pero si en el borde de un conector, el contacto del conector fijo debe de aceptar el espesor de la tarjeta teniendo en cuenta una tolerancia de la misma. Similarmenete guías usadas en equipos formados por varias tarjetas montadas, deben de ser capaces de aceptar espesores mayores.

ESPESOR NOMINAL	TOLERANCIA DE ESPESOR *	
	CLASE I	CLASE II
0.8 mm. (0.031 pulg)	± 0.165 mm. (± 0.0065)	± 0.100 mm. (± 0.004)
1.6 mm. (0.062 pulg)	± 0.190 mm. (± 0.0075)	± 0.125 mm. (± 0.005)
2.4 mm. (0.093 pulg)	± 0.230 mm. (± 0.0090)	± 0.175 mm. (± 0.007)
3.2 mm. (0.125 pulg)	± 0.300 mm. (± 0.0120)	± 0.230 mm. (± 0.009)

*Los valores entre paréntesis están dados en pulgadas.

Tabla 1.5) Tolerancias de espesores de la capa de cobre

1.7.2) DIMENSIONES DE LA TARJETA

No hay estándares para las dimensiones de la tarjeta ya que depende del equipo que produce la lamina de cobre. El tamaño de la tarjeta no es importante para el cliente más que este requiera de una medida especialmente grande. Si se requiere medidas especialmente grandes se deberá considerar otros factores tales como los equipos necesarios para producir esta tarjeta por lo que se deberá consultar con el fabricante de CI, antes de empezar el diseño del mismo.

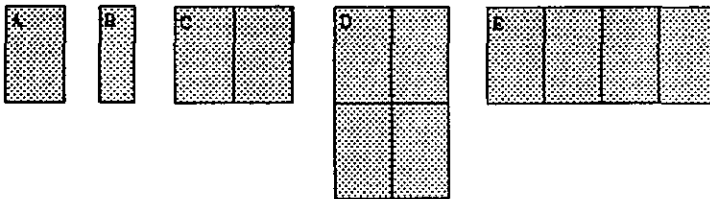
El precio por unidad de área puede ser expresada en función del tamaño de la tarjeta en donde puede darnos ciertas indicaciones del tamaño optimo de la misma. Las consideraciones que se dan a continuación asumen una área y una densidad de componentes constante lo que quiere decir que habrá un mismo numero de perforaciones independientemente de como se coloque el circuito o sea en varias tarjetas grandes o en varias chicas.

Se asume que el equipo que tiene el fabricante de CI es para tarjetas de tamaño mediano el cual se considera como tamaño optimo. Tarjetas más grandes son normalmente más caras por unidad de área que las de tamaño mediano. Ciertamente las tarjetas de mayor tamaño requiere menos manejo por unidad pero se desperdicia mayor material y la producción es limitada, el cual es un punto importante que se debe de considerar.

El desperdicio es otro punto importante a considerar. Asumamos que el porcentaje de fallas por unidad de área es independiente del tamaño de la tarjeta y por otro lado se puede considerar bastante mente constante. La proporción de desperdicio es expresada en el numero de tarjetas, el cual crece des proporcionalmente con el incremento del tamaño de la tarjeta.

Las tarjetas de dimensiones muy chicas presentan una pequeña variación mayor en precio que las tarjetas con dimensiones medianas. Usando el proceso fotográfico repetitivamente, es preferente usar una tarjeta de dimensiones medianas ya que entran más circuitos en la misma y permite una mayor producción de las mismas. Pero por otro lado es posible requerir una tarjeta con dimensiones mayores, el numero de tarjetas será menor, por lo que el costo de producción por tarjeta y consecuentemente por circuito será desproporcionado.

Para demostrar el punto antes mencionado, se investigo el costo de varias tarjetas con diferentes dimensiones como se indica en la figura 1.1.



DIMENSIONES :

A = 100 x 180 mm (4 x 7 pulg).

D = 200 x 360 mm (8 x 14 pulg).

B = 50 x 180 mm (2 x 7 pulg).

E = 400 x 180 mm (16 x 7 pulg).

C = 200 x 180 mm (8 x 7 pulg).

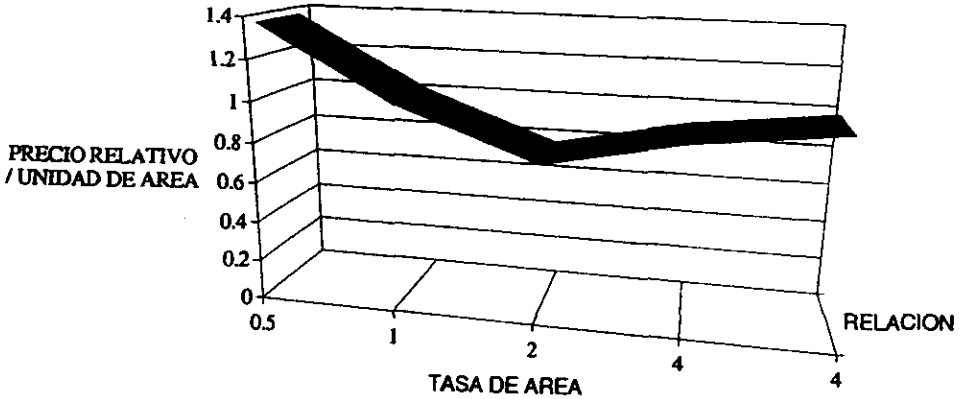
Figura 1.1) Dimensiones de tarjetas

	TARJETA A	TARJETA B	TARJETA C	TARJETA D	TARJETA E
CANTIDAD	100	200	50	25	25
PRECIO RELATIVO POR UNIDAD DE ÁREA	1.00	1.36	0.76	0.90	0.98
PRECIO USD	11.51	11.51	11.51	31.76	38.20

Tabla 1.6) Precio relativo por unidad de área de tarjetas

El precio relativo por unidad de área se calcula con la siguiente ecuación:

$$X = \text{Log} (\text{precio} / (\text{Área de la tarjeta} \times / \text{Área de la tarjeta A}))$$



Gráfica 1.1) Precio en función del área en USD

Siendo la tarjeta A la original, B será la mitad de A, C el doble de A, D y E serán cuatro veces A. El costo esta calculado con respecto a la tarjeta A. La gráfica 1.1 nos muestra el costo relativo por unidad de área en función a las áreas relativas a la tarjeta A. En relación de ensanchar el eje x este se calculo logarítmicamente. La curva tiene un mínimo para una área de 2.5 correspondiente a una tarjeta con dimensiones aproximadamente de 180 x 250 mm. (7 x 10 pulg.). El fabricante de circuitos impresos (PCB) estará de acuerdo que esta medida de tarjeta es el optimo. Los resultados corresponden aproximadamente según otras investigaciones las cuales consideran que las dimensiones óptimas de las tarjetas son de 200 x 250 mm. (8 x 10 pulg.).

1.7.3) DIMENSIONES ESTÁNDAR DE TARJETAS.

Los estándares alemanes, DIN 41494 (Deutsches Institut fur Normung e.V.), describen una estandarización de las tarjetas correspondientes a sistemas de racks más usados (19 pulgadas), estas medidas se muestran en la tabla siguiente.

TAMAÑO	TARJETA FRONTAL	TAMAÑO DE LOS CI	
	ALTURA	ALTURA	PROFUNDIDAD
C	132.5 mm. (5.22 plg)	100.0mm. (4.00 plg)	100 mm. (4 plg)
D	177.0 mm. (6.97 plg)	144.5mm. (5.69 plg)	160 mm. (6.3 plg)
E	221.4 mm. (8.72 plg)	188.9mm. (7.44 plg)	220mm. (8.66 plg)
F	265.9 mm. (10.47 plg)	233.4mm. (9.19 plg)	

Tabla 1.7) Dimensiones estándar de tarjetas

Las tarjetas de tamaño 100 x 160 mm. (4 x 6.3 pulg) y que contienen dos hileras de perforaciones en módulos separados por 2.54 mm. (1 pulg) en los cuales se puede acomodar seis integrados, en total caven 36 integrados sobre la tarjeta. Por lo que nos da una área de utilización de 445 mm.² (0.69 pulg²) por integrado incluyendo el área del conector. Esta área de utilización corresponde aproximadamente a los valores proporcionados por literatura técnica, las cuales son de 645 mm.² (1 pulg²) por integrado o 516 mm.² (0.8 pulg²) por IC. En el caso de diseño por computadora (CAD), normalmente este programa va a realizar un diseño optimo a un bajo costo el cual se puede obtener en una área de 645 mm.² (1 pulg²) por IC.

1.8) PROPIEDADES ELÉCTRICAS

1.8.1) RESISTENCIA AISLANTE

La resistencia aislante entre dos puntos de la tarjeta es una combinación de la superficie resistiva y del volumen resistivo. Cuando el voltaje es aplicado entre dos áreas terminales (pads) del circuito impreso, se genera una pérdida de corriente la cual pasara a través de la superficie de la tarjeta. La magnitud de la corriente esta determinada por la tensión aplicada sobre la resistencia de la superficie. También se tendrá una perdida de corriente la cual pasara por las pistas también conocido como conductores el cual es determinado por la tensión y el volumen de resistencia del mismo.

La superficie resistiva es determinada bajo condiciones de pruebas precisas, las cuales son descritas en la recomendación IEC 249.

Para darnos una idea de las magnitudes, a continuación se mencionan los datos típicos de las superficies resistivas de las tarjetas después de haber estado acondicionadas a una temperatura de 35°C y con una humedad relativa de 90% durante 96 horas. Antes de hacer la prueba es necesario dejar que la superficie se seque por una hora.

MATERIAL	RESISTIVIDAD
Papel fenolico	1×10^3 M Ohm
Papel epóxico	1×10^3 M Ohm
Epóxico	1×10^4 M Ohm

Tabla 1.8) Resistividad de los materiales base

Otros orígenes nos indican que una reducción de 90% a 70% de humedad relativa crea un incremento resistivo en la superficie con un factor de 10. La superficie resistiva es también afectada por partículas de polvo o guellas digitales sobre la superficie. También productos químicos que no se quitaron completamente en el proceso de manufactura causaran una reducción en la resistividad de la superficie de la tarjeta.

El volumen de resistencia es también determinado bajo condiciones preestablecidas y las tarjetas acondicionadas como se menciona anteriormente. Los siguiente valores nos proporcionan los volúmenes típicos de resistencia:

MATERIAL	RESISTIVIDAD
Papel fenolico	1×10^4 M Ohm
Papel epóxico	1×10^5 M Ohm
Epóxico	1×10^6 M Ohm

Tabla 1.9) Volúmenes típicos de resistencia de los materiales

La resistencia de aislamiento esta compuesta por una parte por la superficie resistiva entre los conductores y por la otra el volumen de resistencia entre los conductores opuestos así como las perforaciones conductoras (Through holes) asociados con el conductor. Por ejemplo la magnitud de aislamiento resistivo medido en una tarjeta de 1.6 mm. (1/16 pulg) de epóxico, entre dos perforaciones conductoras (Through Holes) con un diámetro de 0.8 mm. (0.031 pulg) y con una distancia de centro entre ellos de 2.54 mm. (0.1 pulg), se tendrá un rango de resistencia de 1×10^5 M Ohm a 5×10^8 M Ohm dependiendo del método de fabricación.

Entre dos conductores teniendo un ancho de 50 mm. (2 pulg) y una distancia entre ellos de 0.6 mm. (0.024 pulg), y dos perforaciones conductoras (Through Holes) conectados a cada conductor con un diámetro de 0.8 mm. (0.031 pulg), el aislamiento resistivo variara entre 104 M Ohm a 107 M Ohm dependiendo del método de fabricación. Es claro que este aislamiento resistivo tendrá un pequeño efecto en los circuitos de baja impedancia, los cuales se fabrican hoy en día.

1.8.2) CONSTANTE DIELECTRICA Y FACTOR DE DISIPACION

Cuando se manejan circuitos de alta frecuencia, la capacidad y el grado de ciertas perdidas entre conductores se vuelve más importante por lo que es necesario saber la constante dieléctrica y el factor de disipación de la tarjeta. Los valores que se mencionan a continuación nos dan una idea de estas propiedades para propósitos de ingeniería es recomendable consultar con el fabricante de CI para tener información específica.

Estos valores son normalmente especificados para una frecuencia de 1 MHz y varían muy poco con la frecuencia. Se puede esperar una caída de 5% de la constante dieléctrica cuando la frecuencia cambia de 1 MHz a 1,000 MHz.

TARJETA	CONSTANTE DIELECTRICA, ϵ (1 MHz)	FACTOR DE DISIPACION, TANG δ (1 MHz)
Papel fenolico	5.3	0.050
Papel epoxico	4.8	0.040
Epoxico	5.4	0.035

Tabla 1.10) Constantes dieléctricas de los materiales base

CAPÍTULO 2

PROCESO DE MANUFACTURA DE CIRCUITOS IMPRESOS

2.1) INTRODUCCIÓN

Antes de iniciar el diseño de un circuito impreso, se debe de investigar la secuencia del proceso de fabricación de los circuitos impresos, para así conocer las dificultades y limitaciones que se puede tener en la fabricación del mismo. Teniendo la noción anterior se tendrá en consideración estos puntos al diseñar el circuito impreso para minimizar problemas y costo de fabricación del mismo.

Si el CI no esta bien diseñado, el fabricante no podrá fabricar más que un 80% esto quiere decir que deberá de hacer 125 tarjetas para poder tener 100, por lo que se producen atrasos en las entregas y el cliente tendrá que pagar estas perdidas en forma de alza de precio. pero si el fabricante fabrica un CI bien diseñado las perdidas no serán mayores de 5% el cual es considerado como normal.

Un buen diseño maestro (artwork) del circuito impreso puede ser realizado por un diseñador que conozca los procesos y métodos de fabricación del fabricante. En este capítulo se verán los métodos de producción a grosso modo de tarjetas de una cara y de doble cara con perforaciones conductivas (Through Holes), y así entender mejor los diagramas de flujo que se mencionan en el capítulo.

El diseño maestro (artwork) es transferido por medio fotográfico a una película fotosensible (master film) a una escala de 1:1 por el fabricante de CI. El fabricante a su vez transfiere este diseño sobre la tarjeta laminada de cobre. Existen varios métodos para realizar esta transferencia, teniendo su ventajas y desventajas.

2.2) IMPRESIÓN POR SERIGRAFÍA

Este es el método más sencillo usado por la industria. La película del diseño maestro es transferido por medio de la impresión positiva de la imagen sobre el cobre de la tarjeta. Esto quiere decir que el cobre es recubierto por una tinta de impresión en los lugares donde deben de existir los conductores y las terminales, la tinta siendo resistente a los productos químicos de los procesos de manufactura. El principio de la maquina serigrafia es mostrado en la figura 2.1, y consiste principalmente de un cuadro con una fina maya de nailon, poliéster u otros materiales. Hay diferentes maneras de preparar la maya, todas están basadas en un proceso fotográfico. La tarjeta es colocada bajo la maya la cual esta a una distancia de 1 a 2 mm. (0.040 a 0.080 pulg) por encima de la tarjeta. La tinta de impresión es colocada en un extremo de la maya y por medio de un rodillo de goma es empujado a través de la maya. Durante la operación la maya es empujada contra la tarjeta y la tinta atravesando la misma queda impregnada sobre la tarjeta. La maya es posteriormente retirada y la tinta regresada a su lugar de inicio. La tarjeta es luego pasada por una maquina de secado.

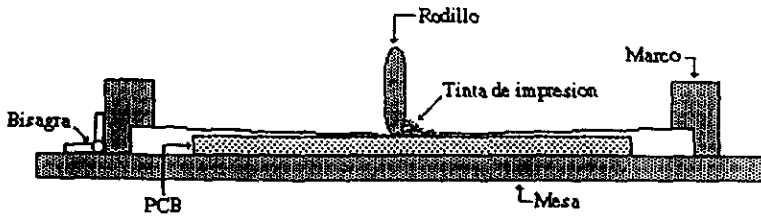


Figura 2.1) Proceso serigrafico

Es común que se usen mayas con 200 a 250 perforaciones por cada 25 mm. (1 pulg) el cual corresponde a perforaciones de 0.07 a 0.08 mm. (0.0027 a 0.0031 pulg) como se muestra en la figura anterior.

Teóricamente el tamaño y la cantidad de perforaciones de la maya determinan la resolución de la misma, pero dependiendo de la penetración de la tinta la resolución es normalmente menor, probablemente con perforaciones de 0.10 a 0.15 mm. (0.004 a 0.006 pulg) podría obtenerse mejores resultados. Esta resolución es inadecuada para circuitos de alta densidad o con espacios muy pequeños entre conductores. El fabricante de CI prefiere no usar este método de impresión cuando la distancia entre los conductores son inferiores de 0.3 a 0.4 mm. (0.012 a 0.016 pulg). Por lo que se prefieren utilizar otros métodos y evitar el alto porcentaje de retoques de la tarjeta el cual es muy costoso.

Otra limitante de este proceso es la pérdida de precisión del circuito debido a la acción mecánica del proceso. En general la precisión obtenida cuando se imprime con una maya sobre una tarjeta con dimensiones de 200 a 250 mm. (8 a 10 mm.) esta es limitada a 0.1 mm. (0.004 pulg), dependiendo del equipo del fabricante y del cuidado del operador.

En el caso de tarjetas de doble cara, este proceso debe de realizarse dos veces, o sea después de que la primera cara se halla hecho y secado se procederá a realizar la segunda.

El método de serigrafía es ventajoso cuando el numero de tarjetas es mayor de 25 y la densidad no es muy alta. En el caso de pocas tarjetas, el costo inicial sobre todo para preparar la maya, es relativamente alto para el fabricante de circuitos impresos por lo que normalmente se escoge el método que se menciona a continuación.

2.3) IMPRESIÓN POR PELÍCULA POLIMERICA (FOTO-RESIST)

En el orden de alcanzar una alta resolución el fabricante utiliza este método en el cual se utiliza una película fotopolimérica. Este método nos permite tener conductores delgados y tener un espaciamiento mínimo entre ellos de 0.1 mm. (0.004 pulg).

La película fotopolimérica es altamente sensitiva la cual es aplicada sobre la tarjeta como una fina película. Lo más común en el método con película fotopolimérica (foto-resist) es la acción negativa, esto quiere decir que es polimerizado con luz ultravioleta por lo que se convierte insoluble a ciertos solventes químicos llamados reveladores. El revelador disolverá la capa no polimerizada o sea las áreas de la película no expuesta a los rayos ultravioletas, dejando la película polimerizada sobre la capa de cobre. El método de impresión por foto-resist se realiza poniendo la película maestra sobre la tarjeta donde la

película fotosensible fue ya colocada. Se requiere que la película maestra este en contacto con la superficie de la tarjeta uniformemente por lo que se usa un marco al vacío para este proceso.

Para tener un patrón positivo sobre la tarjeta es necesario que la película maestra sea negativa. De esta manera, todos los conductores y terminales serán expuestos a la luz ultravioleta lo que causa que la película fotosensible se polimerize. Esta polimerización protegerá los conductores y las terminales del proceso de atacado.

En el caso contrario las áreas no conductoras y terminales que no sean protegidas por la película foto-resist polimerizada después del revelado. Esto nos permitirá de depositar electrolíticamente una fina capa de alguna aleación ligera, luego la capa protectora se quita de las áreas donde no se quiere la capa de cobre por lo que se recubre las pistas y las terminales para así pasar al proceso de atacado, el cual removerá el cobre no deseado.

Un pre-requisito en la alta definición en este método es tener una película foto-resist con grano fino y una fuente luminosa directa. Aun así una parte de la luz se difunde bajo los bordes del patrón como resultado de la dispersiones entre el cobre y la película, esto se ilustra en la figura 2.2, por lo que la división entre la parte polimerizada y la no polimerizada es imperfecta. El problema anterior es más crítico cuando la capa foto-sensitiva se va haciendo más espesa y se requiere una fuente luminosa más directa.

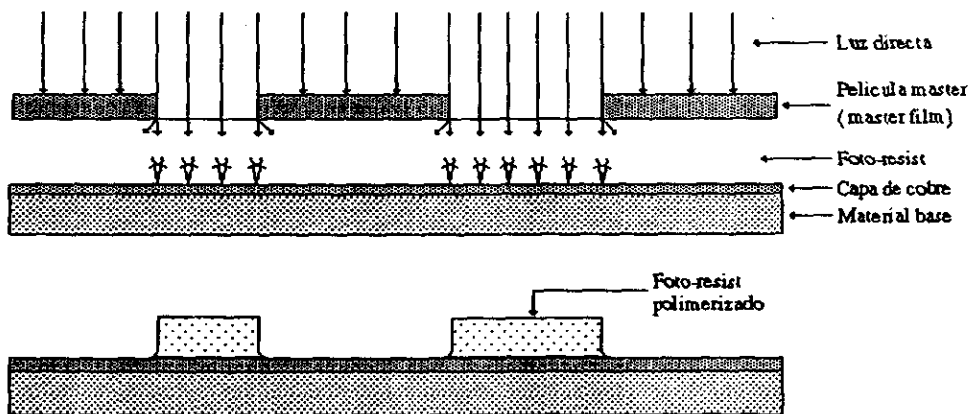


Figura 2.2) Polimerización de la película fotopolimérica (foto-resist)

Por otra parte es muy importante no exponer la película foto-sensitiva al la luz exterior, el proceso se hace en un cuarto oscuro el cual esta iluminado por luz amarilla la cual no afecta la película foto-sensitiva. En el pasado el liquido foto-resistivo se usaba en una variedad de maneras, con este método se tenía la dificultad con la no uniformidad en la sensibilización de la superficie de la tarjeta, lo cual era directamente afectada la calidad de impresión.

Este proceso se automatizo y hoy en día se usa la película fotosensible (Dry film). La aplicación se realiza bajo temperatura y presión usando una maquina laminadora. En este proceso una de las capas protectoras es removida mientras la película fotosensible queda sobre la superficie de cobre. El laminador tiene la capacidad de colocar dos películas fotosensitivas. Después de la exposición la película que protege el material fotosensible es consecuentemente revelado.

El proceso de impresión de tarjetas de doble cara se muestra en la figura 2.3, este proceso debe de ser muy preciso ya que las dos películas deben de estar bien alineadas con respecto a ellas. La impresión debe de ser realizada en vacío, luego la película maestra y la película protectora son removidos y la tarjeta es revelada.

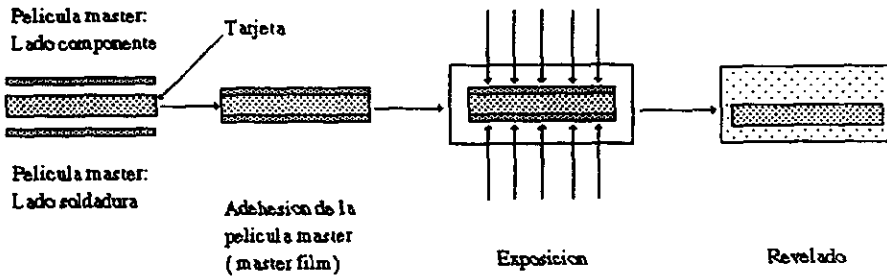


Figura 2.3) Proceso de impresión de tarjetas de doble cara con película fotosensible

Los errores típicos que se deben evitar en la impresión por medio fotográfico son los siguientes:

- Evitar rayones en la película maestra (Master film) y partículas de polvo en la misma.
- Evitar fallas en la película maestra (Master film).
- Revelado deficiente, consecuentemente falla en el proceso por no remover completamente la película no polimerizada.

Como se menciona anteriormente, los fabricantes de CI utilizan este método cuando la cantidad de producción es menor a 25 tarjetas o cuando la densidad del circuito es alta y el espaciamiento entre conductores es muy pequeña.

2.4) ATACADO

El atacado es un proceso químico utilizado para remover el cobre no deseado de la superficie de la tarjeta (disolver) mientras que el cobre protegido por la capa polimerizada o por la tinta protectora dependiendo del método utilizado. El proceso es mostrado con una sección transversal de una tarjeta en la figura 2.4.

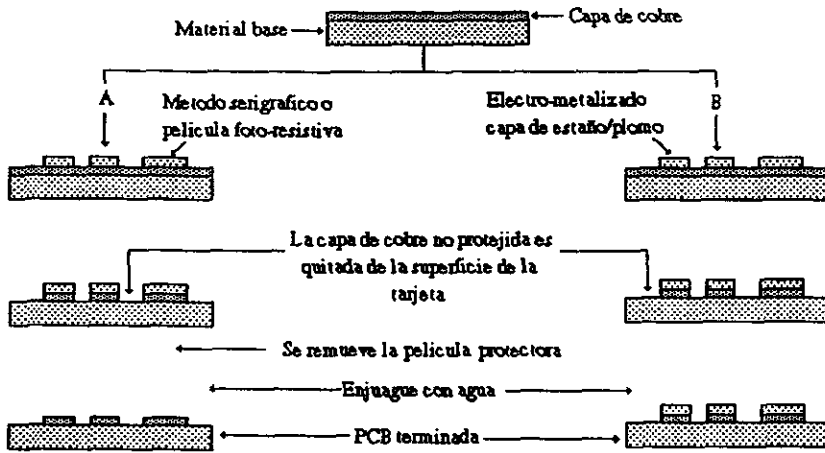


Figura 2.4) Proceso de atacado

Normalmente se usa una maquina con aspersores a alta presión los cuales inyectan la solución de atacado sobre la superficie de la tarjeta. Cuando la tarjeta es de doble cara este proceso se hace simultáneamente. La solución usada para atacado depende del tipo de tarjeta, cuando la tarjeta tiene un deposito delgado de cobre, o chapeado con una fina capa de metal, tinta, o oro, comúnmente es usado el cloruro férrico, sulfato de amonio, cloruro de cobre y ácido sulfúrico como soluciones de atacado. Después del atacado es necesario que la tarjeta pase por un enjuague para remover la solución de atacado y por una solución neutralizadora.

En adición con el atacado del cobre no deseado, la solución ataca los bordes laterales de las áreas protegidas de cobre bajo la capa de protección lo cual causa lo que se llama socavación (undercut) como se muestra en la figura 2.5

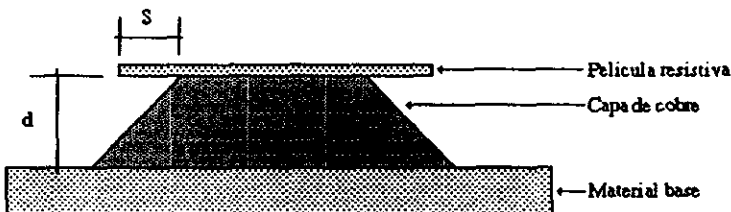


Figura 2.5) Corte transversal de un conductor (pista).

La socavación (undercut) es proporcional al espesor del cobre, por lo que el factor se a definido como d/s donde d es el espesor y s la profundidad del atacado. El factor de atacado depende de las condiciones de

atacado las cuales son normalmente el tipo de solución, la duración y el equipo usado para este proceso. Para evitar este problema es necesario hacer el ataque lo más rápido posible por lo que se usa equipo de ataque de alta presión.

En el caso de conductores finos es necesario tener un alto factor de ataque ya que el ancho de los conductores es pequeño y este puede reducirse a cero en casos extremos. Se debe de tener en cuenta que entre mayor espesor tenga la capa de cobre mayor será la posibilidad de tener el efecto de socavación (undercut). Se recomienda usar un espesor de cobre de $17.5 \mu\text{m}$ ($1/2 \text{ oz / pie}$) o un espesor de cobre ultra delgado de $5 \mu\text{m}$ donde el efecto de socavación (undercut) es insignificante. Otro método para evitar este problema es depositar la capa de cobre por electrólisis en el patrón deseado sobre una tarjeta desnuda (sin cobre). Este método es llamado proceso activo, el cual es el proceso contrario de lo que se ha mencionado anteriormente.

2.5) METALIZACIÓN

2.5.1) INTRODUCCIÓN

La metalización es un proceso electrolítico o químico en el cual se deposita una capa de metal sobre la tarjeta. El primer objetivo es la metalización de las perforaciones y como segundo es la protección de la superficie de los conductores y terminales de cobre contra la oxidación el cual reduciría la capacidad de soldabilidad de la tarjeta.

Como se menciono anteriormente la protección de la superficie de los conductores así como las terminales puede ser con una fina capa de estaño con un espesor de 10 a $20 \mu\text{m}$ (0.0004 a 0.0008 pulg). Por otro lado para tener una protección suficiente contra el efecto de socavación del cobre, la capa de estaño debe de tener un espesor de al menos $6 \mu\text{m}$ (0.00024 pulg). En la practica normal se deposita una capa de estaño con un espesor de $10 \mu\text{m}$ (0.0004 pulg) como mínimo. las tolerancias son generalmente de -0% a 100% .

Áreas especiales por ejemplo las terminales de contacto de un conector pueden ser doradas. En este caso el espesor normal es de 2 a $5 \mu\text{m}$ (0.00008 a 0.0002 pulg), a veces tienen una capa de nickel de 5 a $10 \mu\text{m}$ (0.0002 a 0.0004 pulg) de espesor.

La metalización de las perforaciones conductivas (Through holes) consiste en depositar por medio electrolítico una capa de metal, normalmente de cobre con un espesor de aproximadamente $25 \mu\text{m}$ (0.01 pulg) seguido de una capa de estaño con un espesor de 10 a $20 \mu\text{m}$ (0.004 a 0.008 pulg) como protección del cobre contra la oxidación así como contra el proceso de ataque.

2.5.2) METALIZACIÓN DE PERFORACIONES (THROUGH HOLES)

El propósito de las perforaciones conductivas (through holes) es general la conexión entre los conductores y los componentes por el lado de la superficie de soldado y conectar los conductores de las dos caras de la tarjeta y crear un buen contacto con los componentes el cual aumenta su fiabilidad. Con el aumento de la complejidad de los circuitos impresos y la reducción de tamaño de los equipos, las perforaciones conductivas (through holes) son usados más frecuentemente.

El primer paso es hacer la perforación en la tarjeta. En orden de tener el diámetro correcto de una perforación conductora (through hole) ya terminada, el diámetro de la perforación debe de hacerse ligeramente mayor para que permita la metalización interna. Este diámetro es normalmente de 0.07 a 0.10 mm. (0.0028 a 0.004 pulg) mayor que el diámetro de la perforación ya terminada (through hole), dando un espacio libre para 2×25 a $35 \mu\text{m}$ (2×0.001 a 0.0014 pulg) de cobre más 2×10 a $20 \mu\text{m}$ (2×0.0004 a 0.0008 pulg) de estaño. La tolerancia de la perforación conductiva (through hole) de 0.8 mm. (0.031 pulg) es de ± 0.1 mm. (± 0.004 pulg).

Como se menciona en el capítulo anterior el papel fenolico como material base es rara vez utilizado para perforaciones conductivas (through holes). Un buen deposito de material en la perforación depende de la calidad de las paredes de la perforación. La superficie de cobre no debe de estar levantada o tener rebaba al rededor del borde de la perforación. Para tener una alta calidad en las paredes de la perforación esta se debe de hacer con taladros de alta velocidad, aproximadamente entre 20,000 a 60,000 r.p.m. para evitar el ablandamiento del epóxico por calentamiento del taladrado y vuelco de toda la pared de la perforación incluyendo los bordes de la capa de cobre, la velocidad de penetración de la broca debe de estar bien relacionada con la velocidad del taladro. El efecto de calentamiento puede ser minimizado por el uso de brocas bien afiladas, normalmente se lleva un récord de perforaciones hechas por la broca para que así se afile después de un numero determinado de perforaciones realizadas por la misma, y así mantener una alta calidad de la perforación. La perforaciones son hechas hoy en día con taladros de control numérico las cuales ofrecen un alto rendimiento una alta velocidad y muy buena precisión. Estas maquinas perforan hasta 4 tarjetas dependiendo del espesor de cada una.

Después de haber hecho las perforaciones, las paredes se hacen conductivas con una capa de cobre de $0.5 \mu\text{m}$ (0.00002 pulg) de espesor depositada electroliíticamente. Se puede mencionar que en el proceso los iones son absorbidos por las paredes de las perforaciones y de las dos capas de cobre de la tarjeta. Catalizando a través de las perforaciones las paredes son recubiertas de una fina capa de paladio y finalmente una reducción química de iones de cobre ocurre y una fina película de cobre es depositada en las paredes de las perforaciones y sobre las capas de cobre. Antes de que la ultima metalización sea realizada es común de fortalecer la capa de cobre por medio de un método de cobrizado en donde se obtiene el espesor final del cobre de $5 \mu\text{m}$ (0.0002 pulg). Finalizado el proceso anterior la tarjeta estará lista para la ultima metalización de las perforaciones, conductores y terminales. Hay dos métodos disponibles para el fabricante de PBC:

- a) Metalización del patrón, que consiste en metalizar las áreas del patrón, que son las paredes de las perforaciones, los conductores y las áreas terminales.
- b) Metalización de toda la tarjeta incluyendo las paredes de las perforaciones.

2.5.3) METALIZACIÓN DEL PATRÓN

El método de metalización del patrón se muestra en la figura 2.6. La superficie de la tarjeta y las paredes de las perforaciones han sido hechas eléctricamente conductivas como se describe en la sección anterior. Una tinta o película resistiva es puesta sobre la tarjeta dejando las perforaciones conductivas (through holes), los conductores y las terminales expuestas. Teniendo la tarjeta preparada se deposita por medio electrolítico la

primera capa de cobre con un espesor de $25 \mu\text{m}$ (0.002 pulg) seguido de una capa de estaño con un espesor de $10 \mu\text{m}$ (0.0004 pulg). Luego la capa protectora es retirada de la tarjeta y se pasa al proceso de atacado el cual removerá el cobre no deseado de la tarjeta mientras los conductores, terminales y perforaciones (through holes) están protegidos por la capa de estaño y dejando al final estos mismos.

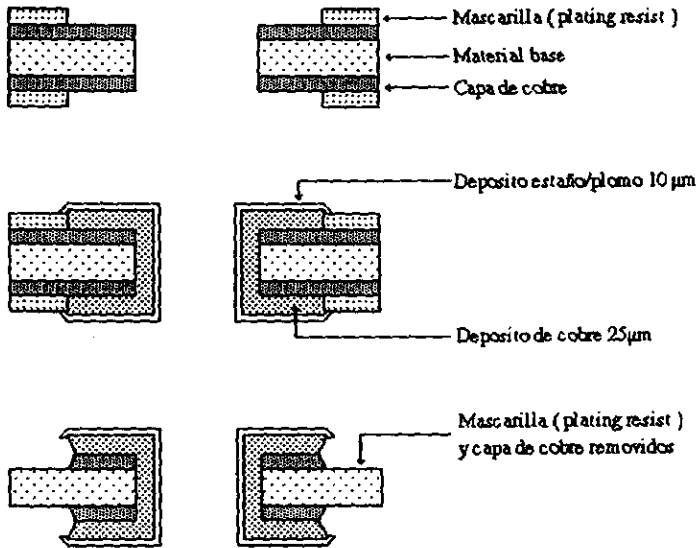


Figura 2.6) Metalización de la tarjeta (corte transversal de una perforación).

2.5.4) METALIZACIÓN DE LA TARJETA

El método de metalización de la tarjeta es mostrado en la figura 2.7. La superficie de la tarjeta incluyendo las paredes de las perforaciones se hicieron eléctricamente conductivos. El proceso se inicia con un proceso electrolítico en el cual el cobre es depositado sobre las superficies con un espesor de $25 \mu\text{m}$ (0.001 pulg). Contrariamente al proceso anterior el cobre es depositado sobre todas las superficies de la tarjeta incluyendo las paredes de las perforaciones (through holes). Luego se pone una tinta o película resistiva usando el método anteriormente mencionado permitiendo depositar una capa de estaño de $10 \mu\text{m}$ (0.0004 pulg) de espesor sobre las áreas terminales, conductores y las paredes de las perforaciones (through holes). Luego se procede a quitar la capa de tinta o película protectora y se procede al atacado de las áreas de cobre no deseadas.

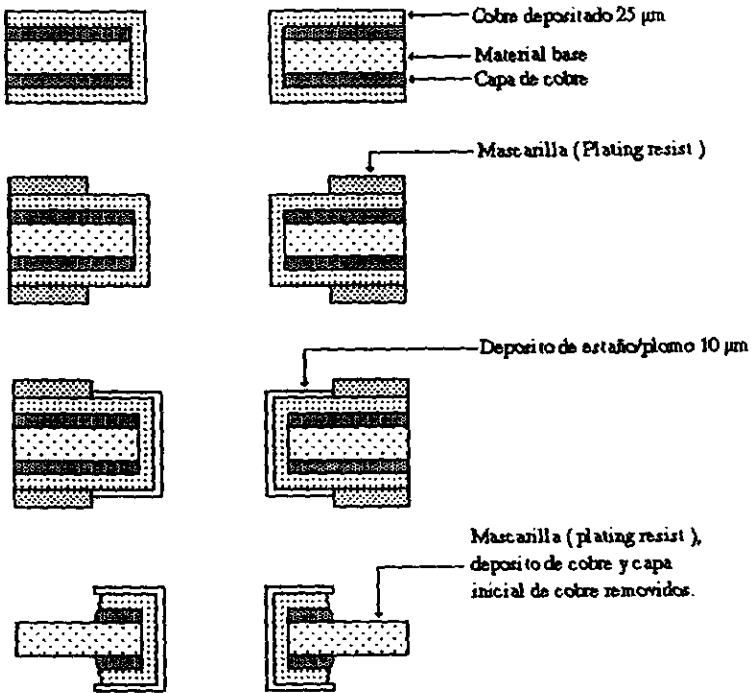


Figura 2.7) Metalización de la tarjeta (corte transversal de una perforación).

2.6) PRINCIPIO DEL PROCESO ELECTROLÍTICO

2.6.1) INTRODUCCIÓN

La metalización se realiza en una tina llena de solución electrolítica Figura 2.8. Las tarjetas las cuales son sumergidas en la tina están sostenidas en marcos de metal donde el contacto se hace a través del marco y la capa de cobre de la tarjeta, el cual esta conectado a un polo de la fuente de corriente. Los electrodos hechos de cobre electrolítico se colocan de cada lado de la tina quedando las tarjetas entre ellas estos están conectados al otro polo de la fuente de corriente. El proceso se hace por la oxidación de los electrodos de cobre los cuales desprenden iones de cobre los cuales emigran a través de la solución electrolítica que consiste de sulfato de cobre y ácido sulfúrico hacia la tarjeta. La tarjeta actúa como catodo y los iones son reducidos a cobre metálico y depositado sobre la superficie de la tarjeta y en las paredes de las perforaciones, se tiene un movimiento de la tarjeta en el baño hacia adelante y hacia atrás lo cual permite tener solución electrolítica fresca en las perforaciones. Un importante factor es la cantidad de potencia suministrada al proceso.

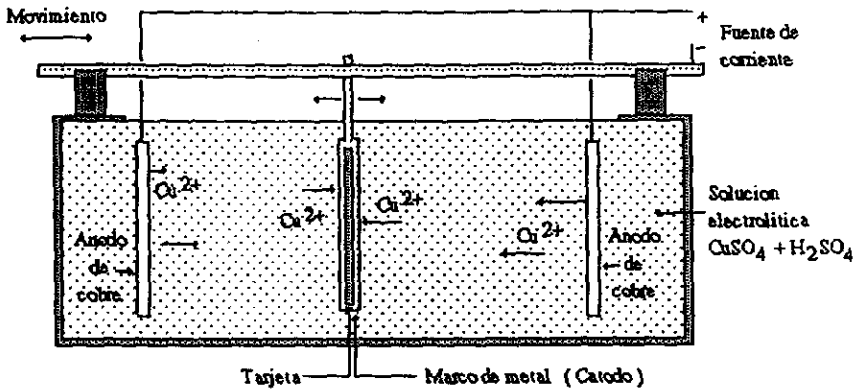


Figura 2.8) Principio del proceso electrolítico de cobrizado

2.6.2) COBRIZADO

Las propiedades conductivas del cobre son altas por lo que este material es usado como material básico para circuitos impresos. Hay una gran variedad de baños de cobre los cuales tienen ventajas y desventajas, adicionando productos químicos es posible controlar el funcionamiento del baño para asegurar un buen depósito de cobre sobre la tarjeta con características aceptables. A continuación se explicarán dos soluciones más empleadas en este tipo de proceso.

2.6.3) PIRO FOSFATO DE COBRE

Este baño es el más usado porque produce granos de cobre finos a la hora de depositarse sobre la tarjeta el cual es denso y dúctil. El factor de potencia administrado es normalmente cerca de la unidad, esto quiere decir que la cantidad de cobre depositado no es menor en las perforaciones que sobre la superficie de la tarjeta. Algunos fabricantes de CI adicionan un abrillantador para dar brillo a la superficie de cobre y relativa resistencia a la oxidación y consecuentemente una buena base para la subsecuente capa de material. Entre más dura sea el cobre, más el riesgo se tiene que se agrieten las paredes de las perforaciones se agrieten en el proceso de soldado.

2.6.4) SULFATO DE COBRE

Este método es el más sencillo ya que contiene solamente sulfato de cobre y ácido sulfúrico como solución, el depósito de cobre es suave pero adicionando algunos aditivos es posible como en el caso de piro fosfato de producir una capa de cobre más dura y con

un grano más fino. Desafortunadamente la potencia suministrada es menor que la del baño de piro fosfato, por lo que un espesor especificado de cobre en las perforaciones conductivas (through holes), es menor que el espesor del deposito en las dos superficies de la tarjeta.

2.7) REVESTIMIENTO DE ESTAÑO/PLOMO Y ESTAÑAMIENTO

El revestimiento de estaño/plomo provee una superficie de soldado y actúa como capa protectora contra el proceso de atacado. El proceso de metalización del estaño y del revestimiento de estaño/plomo son muy similares pero la deposición del revestimiento de la aleación de estaño/plomo presenta ciertos problemas para controlar los dos constituyentes lo que no ocurre cuando se utiliza el método de estañamiento ya que el material es puro.

La aleación de estaño/plomo en el soldado es generalmente de 60% y 40% respectivamente, el proceso de metalización del estaño/plomo trata de depositar la misma cantidad antes mencionada. En la figura 2.9, se muestra las temperaturas de congelación y fusión de la aleación de estaño/plomo la cual varía en proporción de los dos constituyentes. Solamente una composición eutectica de 63% de estaño y 37% de plomo coinciden con una temperatura de 183°C. El porcentaje de aleación de 60/40% nos proporciona un punto de fusión ligeramente arriba del punto eutectico. Es necesario escoger una aleación que mantenga la temperatura de soldado muy baja para no dañar el material base de la tarjeta y asegurar la solidificación, esta es una meta en el proceso de soldado. Cuando los porcentajes de la aleación son modificadas, como un aumento del porcentaje de plomo en la aleación, la temperatura de fusión aumenta cuando el contenido de plomo aumenta. Se debe de tener en cuenta que la resistencia en el soldado de una unión depende de la composición de la aleación, La mayor resistencia se obtiene cuando el porcentaje de estaño es de 65 a 70% y aun con un 55% de estaño en la aleación la resistencia del mismo es reducida insignificamente.

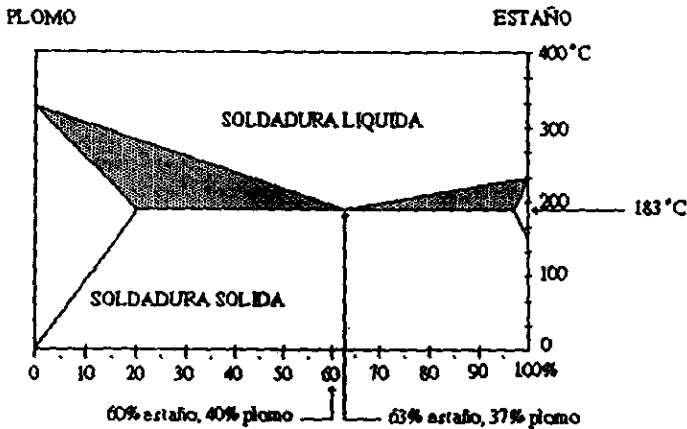


Figura 2.9) Diagrama de estaño/plomo

El baño de metalización opera de la misma manera que la del baño de cobrizado descrito anteriormente, en este caso los ánodos están formados por la aleación estaño/plomo al 60/40%, o de estaño puro

dependiendo el tipo de proceso de metalización, la solución electrolítica que se usa es fluorizada (fluoroborate) para estos materiales. También como se menciona en los procesos anteriores, se usan aditivos para asegurar un suave deposito con un grano fino.

El mayor problema en la metalización es mantener el porcentaje de la aleación para mantener las tolerancias. En particular , la densidad del estaño ya que si la temperatura de fusión aumenta puede causar problemas de soldado ya que las maquinas de soldado están ajustadas para trabajar a una temperatura optima con una aleación de 60/40. La composición de la aleación depositada varia a través de la tarjeta dependiendo la uniformidad del patrón y muy seguido se encuentra un porcentaje muy alto de estaño/plomo en los bordes de la tarjeta. También el espesor del deposito de estaño/plomo no es uniforme debido a la no uniformidad de la densidad del patrón. La aleación de estaño/plomo y la metalización con estaño puro debe de tener un espesor mínimo de $6 \mu\text{m}$ (0.00024 pulg) en el orden de tener una buena protección contra el atacado y no tener el factor de socavación (undercut) del cobre. Un espesor de $10 \mu\text{m}$ (0.0004 pulg) con una tolerancia de $- 0\% \text{ a } + 100 \%$ es normalmente especificada.

2.8) CRECIMIENTO DEL BORDE Y SOCAVACIÓN

En el proceso de metalización, el crecimiento lateral es generalmente limitado por la película resistiva (dry-film), pero si el espesor del deposito excede el espesor de la película resistiva (dry-film) se generara crecimiento lateral el cual será igual al espesor del deposito. este efecto se muestra en la figura 2.10a.

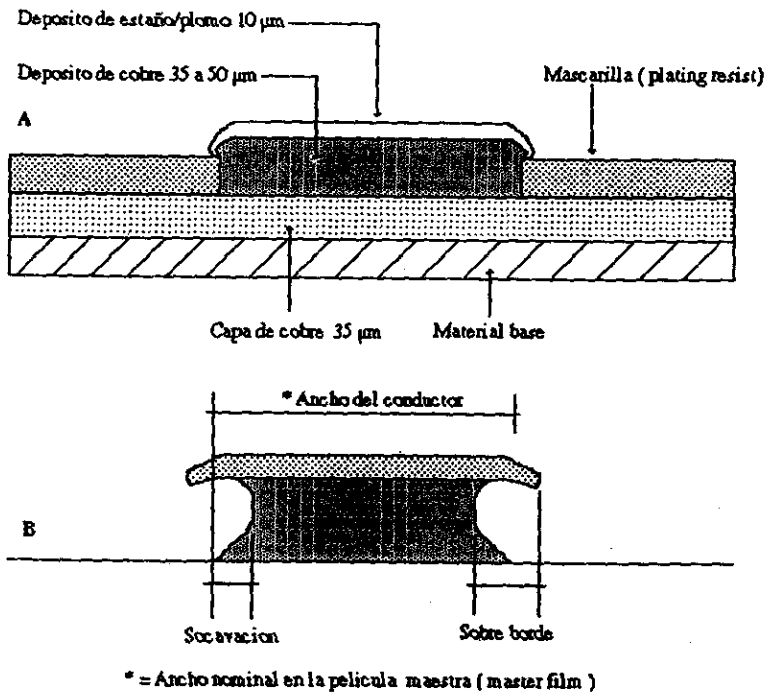


Figura 2.10) Socavación (undercut)

Durante el ataque, los bordes del conductor están sujetos al factor de socavación en donde los bordes de cobre son removidos dejando un borde sobresaliente de estaño/plomo como se muestra en la figura 2.10b. El sobre borde tiende a romperse y dejar pequeños trozos de material lo que puede ocasionar corto circuito con conductores adyacentes. Los trozos son normalmente de 25 a 50 μm (0.001 a 0.002 pulg) de espesor y son muy difíciles de detectar.

2.9) ELIMINACIÓN DE LA TINTA O PELÍCULA RESISTIVA

Es importante eliminar la tinta o película resistiva de la tarjeta antes de empezar el proceso de ataque, ya que dejando un residuo de este puede ocasionar un corto circuito entre los conductores o una disminución del espaciamiento entre ellos.

El proceso de eliminación depende del proceso que se utilice, ya sea por serigrafía o por fotografía. La primera la cual es la más sencilla requiere solamente productos químicos (solventes), en cambio el método fotográfico el cual utiliza una película resistiva requiere de un proceso de cepillado (scrubbing).

2.10) EQUIPO

2.10.1) INTRODUCCIÓN

La mayoría del proceso de fabricación de CI desde la impresión de la imagen, la metalización y el ataque, requiere un gran número de maquinaria. El diseñador debe de considerar especificaciones y tolerancias de la maquinaria así como las características y especificaciones del material el cual es proporcionado por el fabricante de CI.

Las tolerancias deben de estar especificadas en el diseño maestro (maestra drawing), y nunca deben de ser disminuidos más que lo requerido para alcanzar los requerimientos del usuario. Normalmente el problema es que el diseñador no ve los requerimientos por lo que no especifica de forma normal. Muchas veces poca tolerancia en las especificaciones ocasiona problemas de fabricación al fabricante de CI, por lo que crea un alza de precio innecesaria en la fabricación de la misma y un tiempo de entrega muy largo.

El objeto de esta sección es discutir brevemente las tolerancias usadas en el proceso por maquinaria usada en el mismo, para mayores detalles este deberá de consultar con el fabricante de circuitos impresos directamente.

2.10.2) TALADROS

El proceso de perforado puede realizarse de varias maneras:

A) PERFORACIÓN POR ALINEACIÓN

La tarjeta es colocada manualmente bajo un punto del taladro. En orden de realizar un buen centrado de la broca, la terminal (pad) debe de tener un agujero de centrado con un diámetro de 0.4 mm. (0.016 pulg). La precisión de la perforación es alrededor de ± 0.25 mm. (± 0.01 pulg). Este método se usa para prototipos en laboratorio.

B) PERFORACIÓN POR ALINEACIÓN ÓPTICA

La figura 2.11, muestra un taladro equipado con un sistema óptico el cual localiza el área terminal (pad), esta maquina esta diseñada de tal manera que la broca se encuentra en la parte inferior de la mesa. La tarjeta se coloca sobre la mesa de perforado y la terminal que debe de ser perforada es aumentada ópticamente y desplegada en una pantalla. La pantalla tiene señalizaciones, el cual permite un centrado fácil. La precisión de este método es alrededor de ± 0.1 mm. (± 0.004 pulg).

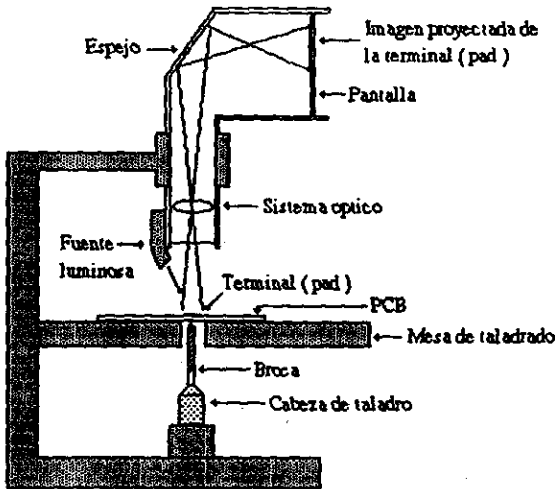


Figura 2.11) Taladro con sistema óptico

C) PERFORACIÓN POR MEDIO DE UNA PLANTILLA

La perforadora que se menciona a continuación puede ser modificada para un uso semi-mecánico y el censor o guía puede ser cambiado por un sistema óptico. La figura 2.12, nos muestra que la plantilla se localiza sobre la tarjeta. La plantilla tiene un espesor de 3 mm. (1/8 pulg) de plexiglas y tiene perforaciones las cuales corresponden a los lugares de las terminales (pad) las cuales deben de ser perforadas como se indican en la película maestra (Master film). La perforaciones son cónicas si como la punta del censor, cuando la punta del censor alcanza el punto más bajo de la perforación, la broca es levantada para hacer la perforación y automáticamente es retirada. Este proceso se hace sucesivamente por el operador hasta que se halla realizado todas las perforaciones correspondientes. La precisión de este método es alrededor de ± 0.1 mm. (± 0.004 pulg).

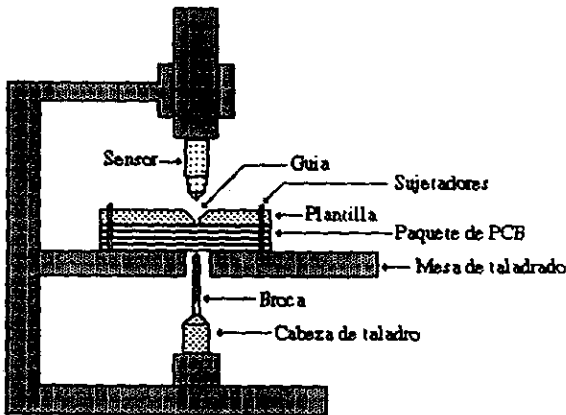


Figura 2.12) Taladro por medio de plantilla

D) PERFORACIÓN POR CONTROL NUMÉRICO

El desarrollo de semiconductores e integrados han resultado en un incremento en la demanda de circuitos impresos con una alta densidad de perforaciones, de alrededor de 900, 5,000 o más dependiendo del tamaño de la tarjeta. Perforadoras semiautomáticas no son aplicables para esta aplicación por tener un rendimiento de 30 a 50 perforaciones por minuto, así como errores del operador y no un buena precisión de los mismos. En este proceso el diámetro de la perforación conductiva terminada (through hole) es de 0.8 mm. (0.031 pulg) y cuando es perforado es de 0.9 mm. (0.035 pulg) por lo que el diámetro de la terminal (pad) puede ser de 1.4 mm. (0.055 pulg) por lo que el espesor del anillo anular es teóricamente de 0.25 mm. (0.01 pulg) el cual recubre el borde de la perforación haciendo esta conductora.

Los taladros de control numérico son programados con la información necesaria de la posición y diámetro de los agujeros. la precisión teórica de este método es de 0.01mm (0.0004 pulg) pero en la practica esta precisión es de \pm

0.025 - \pm 0.05 mm. (\pm 0.001 - \pm 0.002 pulg). Otra ventaja de este método es la alta capacidad de hacer perforaciones (200 por minuto), si la máquina es equipada con ocho cabezas y con tres tarjetas por paquete, teóricamente es posible perforar 288,000 agujeros por hora. En la practica la capacidad es menor por el tiempo que resulta de cargar y descargar la máquina y cambio de brocas. Hoy en día la capacidad de perforado es de 400 agujeros por minuto.

2.11) TROQUELADO DE AGUJEROS

Este método es el más barato en el mercado ya que en un solo paso se perfora una tarjeta, la calidad de la perforación no permite la metalización de las paredes de la perforación por ser rugosas. Normalmente se troquelean tarjetas con material base de papel. Una de las ventajas de este proceso es el bajo costo con grandes volúmenes de producción y no se requiere una alta precisión.

2.12) CAMBIOS DIMENSIONALES DESPUÉS DEL PERFORADO.

Cuando las perforaciones son realizadas al inicio del proceso, el riesgo de distorsión puede ocurrir en los procesos consecuentes y la precisión en la perforación puede ser perdida.

La tarjeta de epóxico puede sufrir cambios dimensionales permanentes de aproximadamente -0.05%. Afortunadamente la relación entre las perforaciones y el patrón no es afectado en el caso de las perforaciones conductivas (through holes) porque la imagen o patrón es transferida posteriormente al proceso de perforado.

El papel fenolico puede sufrir cambios dimensionales permanentes de aproximadamente -0.12%. Normalmente el cambio permanente dimensional, es de menor importancia ya que las perforaciones de montado serán suficientemente anchas para absorber estos cambios.

El problema aumenta con tarjetas muy largas si están interconectadas con conectores localizados en ambos extremos. Sobre todo este problema se presenta cuando hay inserción automática de componentes, ya que se usan muy pequeñas tolerancias.

2.13) TOLERANCIAS DEL DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN

En general la tolerancia en el diámetro de la perforación es de \pm 0.05 mm. (\pm 0.002 pulg) para perforaciones menores o iguales a 0.8 mm. (0.031 pulg), y \pm 0.10 mm. (\pm 0.004 pulg) para diámetros mayores de 0.8 mm. (0.031 pulg). Las tolerancias antes mencionadas son usadas por todos los fabricantes de CI.

2.14) SECUENCIA DEL PROCESO DE MANUFACTURA

En las secciones anteriores se explicaron los procesos individualmente, por lo que esta sección explicara la secuencia del proceso de fabricación. La fase de preparación de una tarjeta se muestra en la figura 2.13. A continuación se explicaran brevemente los puntos de la figura antes mencionada.

La confirmación del tiempo de entrega, esta basado en los cuellos de botella del proceso de fabricación, este depende de cada fabricante. Comúnmente el cuello de botella en la producción es el proceso de perforado.

El fabricante de CI nunca dará una fecha de entrega antes de que la película maestra (Master film) sea editada, entregada y aceptada. Así como otros aspectos, como el registro de las perforaciones (pads) los cuales deben de ser verificados individualmente. Este es un punto muy importante ya que un mal registro de una perforación (pad) puede ocasionar que la perforación (pad) en el lado del componente no corresponda con el lado de soldado, el cual en el proceso de perforado puede dañar el anillo de cobre de la terminal (pad) en uno de los lados de la tarjeta. También el fabricante revisara las tolerancias dimensionales de la tarjeta para checar si tiene la capacidad para cumplirlo así como las tolerancias correspondientes al diámetro de las perforaciones ya terminadas (through holes) con respecto a la perforación inicial. Finalmente se revisara el espaciamento entre conductores así con ancho de los mismos.

El cliente debe de entregar con el dibujo maestro (maestra drawing) la documentación concerniente a las especificaciones del circuito así como el nivel de calidad. Esta documentación debe de incluir todos los pasos de fabricación, a su vez el fabricante comparara esta información y si no esta de acuerdo con algún punto este se negociara con el cliente.

Si el fabricante requiere maquinaria especial, este puede ser comprado por el fabricante o subcontratada, esto nos impondría un tiempo de entrega que variaría entre dos semanas a tres meses, dependiendo de la complejidad de la maquinaria.

La calidad de la fotografía del diseño maestro (maestra drawing) es muy importante, normalmente el fabricante de CI produce la fotografía del diseño, por lo cual será responsable de la calidad de la misma.

2.15) FABRICACIÓN DE CIRCUITOS SIN PERFORACIONES DE CONDUCCIÓN

La fabricación de tarjetas sin perforaciones conductivas (no through holes) se muestra en la figura 2.14. El diagrama no requiere mucha explicación ya que todos los procesos excepto la aplicación de la mascarilla de soldado (solder mask), la película de impresión de identificación de componentes (screen printing component identification) y la superficie de protección los cuales se han brevemente mencionados en este capítulo.

La mascarilla de soldado (solder mask) también llamada mascarilla anti-soldado (solder resist) es una tina epóxica resistente al calor la cual es aplicada a la tarjeta por medio del proceso de serigrafía, el cual cubre el patrón del circuito impreso excepto las terminales de soldado (solder pads) y los bordes de los conectores. El propósito principal de esta mascarilla es prevenir fallas de soldado en el proceso automático de soldado, como puentes de soldado entre conductores y terminales. La tarjeta con conductores espaciados 0.3 a 0.5 mm. (0.012 a 0.02 pulg) entre si, son altamente susceptibles a tener puentes de soldado, por lo que esta mascarilla es aplicada antes del proceso de soldado y montaje de componentes. Se ha comprobado que aplicando esta mascarilla se tiene un ahorro del 20% del costo en el área de montaje con respecto a una tarjeta sin mascarilla.

Una identificación de componente es impresa sobre la cara de componentes de la tarjeta, el cual facilita el montaje de los mismos, así como la reparación de la tarjeta.

La capa protectora sirve para proteger la soldabilidad de las terminales (pads) de la oxidación del cobre en las mismas. También provee protección después del soldado de los componentes.

2.16) FABRICACIÓN DE CIRCUITOS CON PERFORACIONES CONDUCTORAS (THROUGH HOLES)

La fabricación de tarjetas con perforaciones de conducción (through holes) se muestran en la figura 2.15. Este proceso llamado impresión foto química, el cual es usado para circuitos de alta densidad. En los últimos años se ha visto un incremento en la complejidad de los circuitos impresos, y consecuentemente el proceso se ha vuelto importante. Recientemente se utiliza una tinta la cual se seca con luz ultravioleta la cual ha permitido a los fabricantes de usar el método de serigrafía con tolerancias menores.

2.17) FABRICACIÓN DE CIRCUITOS CON CONDUCTORES ESTAÑADOS

En la sección 2.7 se menciona que los conductores así como las terminales (pads) pueden tener una capa de estaño/plomo. Esta técnica puede ser usada también con tarjetas sin perforaciones conductivas (through holes) y dar así una capa protectora contra la oxidación y tener una buena soldabilidad. Este proceso es mucho mejor que la antes mencionada, pero su costo es elevado.

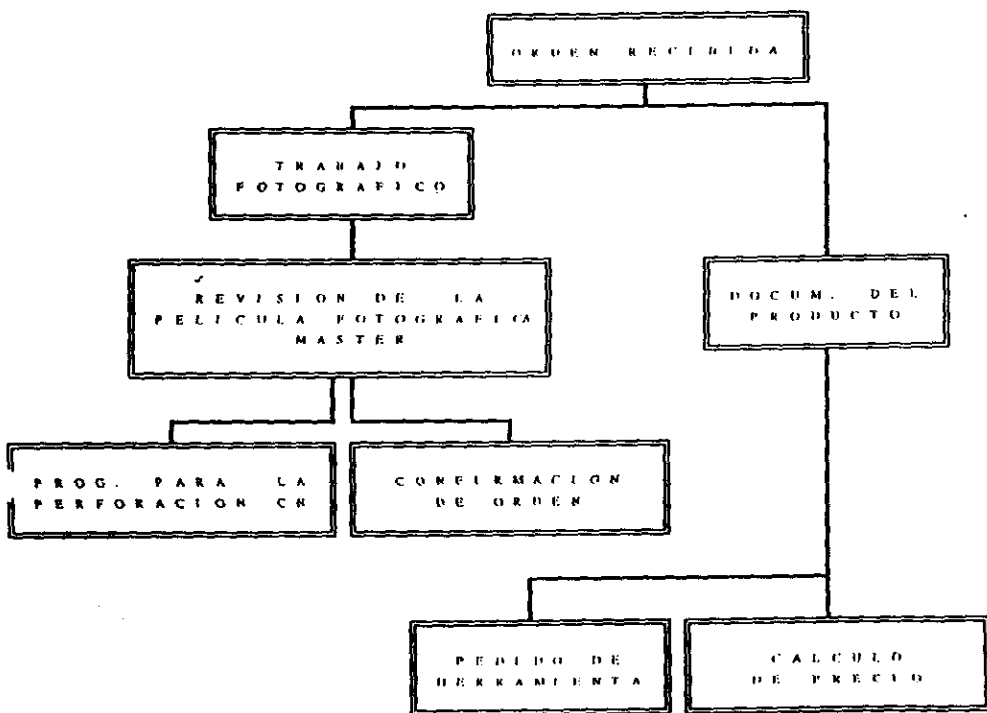


Fig 2.13) Fase de preparación

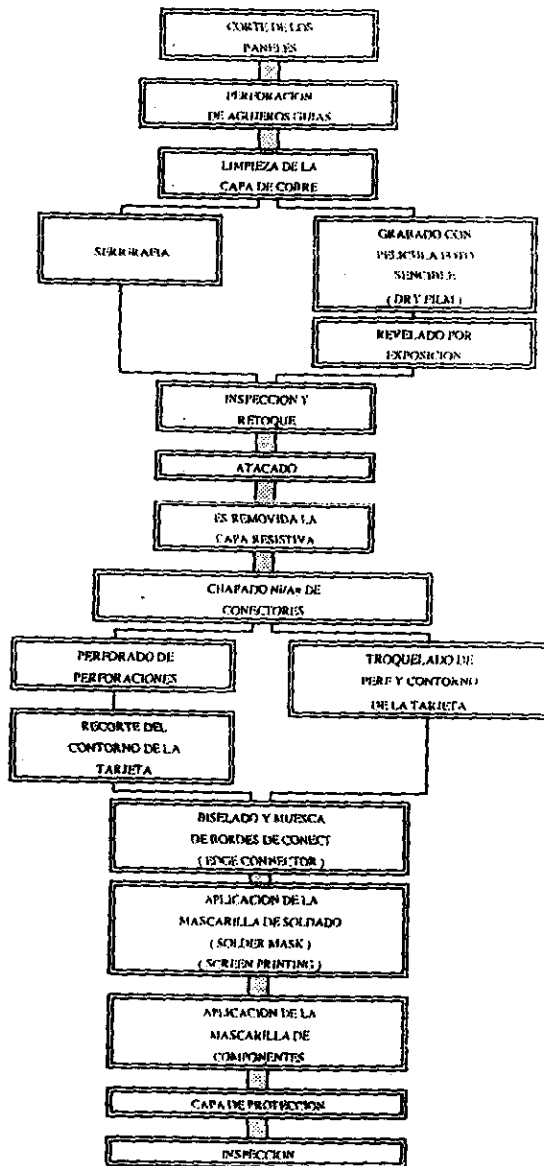


Fig 2.14) Proceso de fabricación sin perforaciones conductivas.

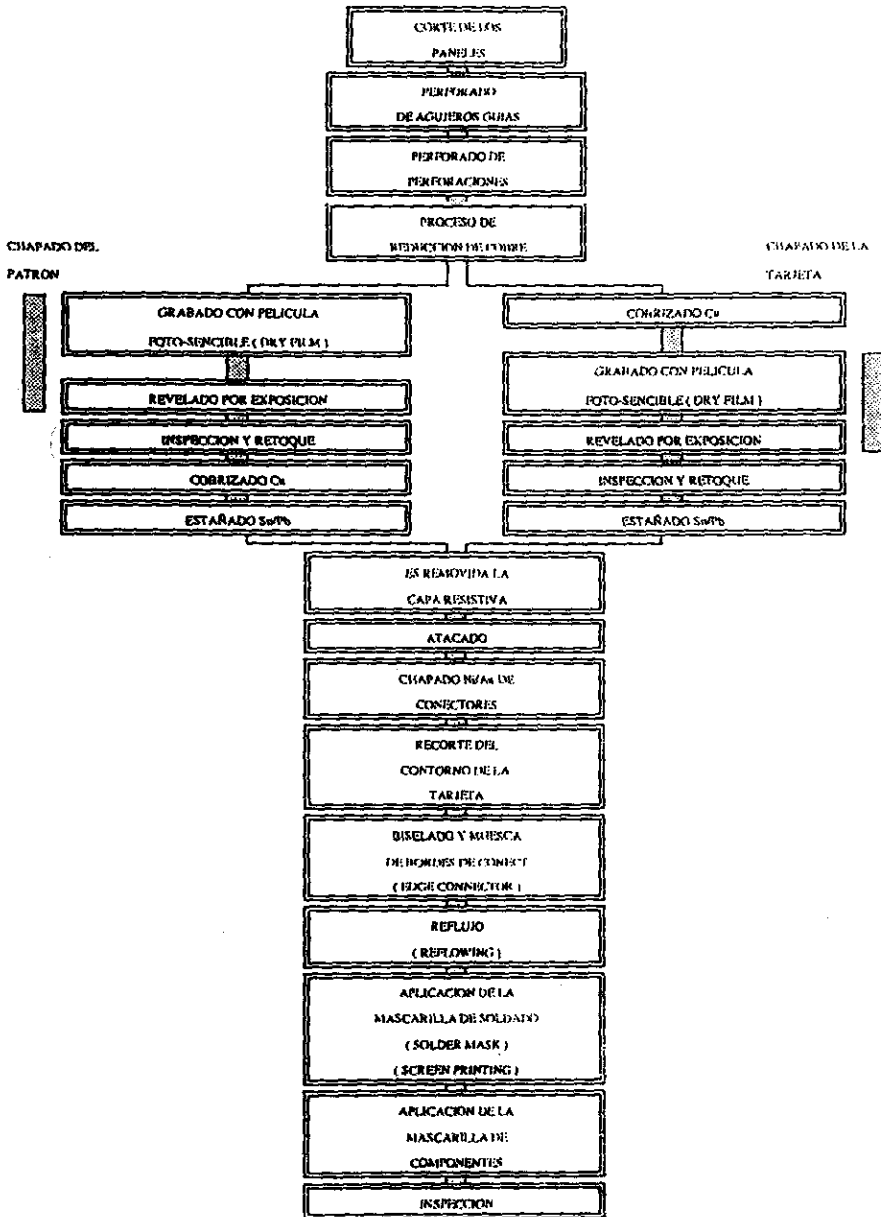


Figura 2.15) Proceso de fabricación con perforaciones conductivas

CAPITULO 3

ESPECIFICACIONES DE COMPRA

3.1) INTRODUCCIÓN

Las especificaciones típicas mencionadas en este capítulo, no deben de ser consideradas como únicas ya que hay una gran variedad de aplicaciones. La razón de este capítulo es mostrar la información proporcionada al fabricante de circuitos impresos por el cliente, el cual será usado por el departamento de control de calidad.

las especificaciones de compra tienen por objeto, asegurar los requerimientos técnicos de compra del cliente, y proporciona las bases al fabricante de circuitos impresos de producir esta tarjeta con especificaciones del cliente. Por lo que es importante que las especificaciones sean claras, específicas y aceptadas por las dos partes.

Las especificaciones de compra son suplementarios a los requerimientos mencionados en el diseño maestro (master drawing) y permite un requerimiento general para una gran variedad de tarjetas las cuales pueden ser omitidas en las especificaciones del diseño maestro.

3.2) CONDICIONES GENERALES

3.2.1) RANGO DE VALIDEZ

Las especificaciones de compra contienen los requerimientos generales que deben de ser considerados cuando se ordena y fabrica un circuito impreso. Se pueden usar los estándares de fabricación del fabricante de circuitos impresos, los cuales darán una ventaja en ahorro en el costo de producción o un tiempo de entrega.

Cuando el fabricante recibe la documentación por parte del cliente, este debe de hacer un análisis de las especificaciones y requerimientos del cliente. Esto es con el objeto de analizar las limitantes y posibilidades en alcanzar las especificaciones del cliente así como el costo del mismo. Cualquier modificación a las especificaciones deberá ser confirmada y escrita en el documento.

3.2.2) NUMERO DE PARTIDAS

Una orden debe siempre ser fabricada por partidas, en el caso de una falla en la producción y tener un mejor control de calidad. Si una tarjeta es rechazada por el cliente, esta deberá ser regresada al fabricante. Un reporte de pruebas debe ser enviada al fabricante con la tarjeta respectiva y si es posible una fotografía de las fallas correspondientes.

3.2.3) MARCAJE DE TARJETAS

Todas las tarjetas deberán de ser marcadas con el nombre de fabricante o logotipo, la fecha de fabricación el cual indica la semana, el año y el numero de partida de fabricación. Todas las tarjetas deberán de tener el sello de aceptación por el área de calidad.

3.2.4) EMPAQUE DE TARJETAS

Las tarjetas de cierto tamaño deberán ser empacadas individualmente en una envoltura de polietileno transparente resistente a la humedad. El almacenamiento de las tarjetas empacadas individualmente y la envoltura deberá tener una etiqueta con el numero de parte y numero de serie.

Tarjetas con dimensiones menores podrán ser empacadas en una sola envoltura de polietileno, estas no deberán de ser más de 25 por envoltura, y deberán de estar separadas por una tela de papel libre de ácido, azufre, cloro, etc.

3.2.5) REPORTE DE PRUEBAS

Si es solicitado en la orden de compra, el fabricante deberá proporcionar al cliente un reporte certificado de pruebas y funcionamiento de la misma.

3.2.6) DIBUJO MAESTRO (*Master Drawing*)

El dibujo maestro (master drawing) proporciona la siguiente información para el fabricante de circuitos impresos:

- A) Un dibujo dimensional de la tarjeta la cual nos proporciona la longitud, ancho y la localización de las perforaciones, cortes, y otros aspectos mecánicos.
- B) Especificaciones de la tarjeta, las cuales nos indican el material de la tarjeta, tipo de metalización, acabado y tolerancias.
- C) El numero de parte y numero de edición del diseño maestro (artwork) de la tarjeta.

3.2.7) DISEÑO MAESTRO (ARTWORK)

El diseño maestro de un circuito impreso debe de comprender los siguientes items:

- A) Diseño del lado de soldado.
- B) Diseño del lado de componentes.
- C) Diseño de la notación de componentes.
- D) Diseño de la mascarilla de soldado.

El diseño es normalmente de dos a cuatro veces el tamaño real. Copias exactas del diseño original son hechas con película de contacto diazotico (compuesto diazotico) en una película fotosensible.

3.2.8) FOTOGRAFÍA MAESTRA (FOTOMASTER)

Normalmente el fabricante produce el fotografía maestra (master pattern) por medio de foto reducción para duplicar el diseño. este método duplica todos los detalles del diseño con mucha precisión. La película fotográfica es el mejor material pero no es muy estable ya que es influenciado por la temperatura y humedad. Por otro lado el fotografía maestra es frágil y susceptible a dañarse en el proceso de producción. Por esta razón es preferible preparar el fotografía maestra en la fabrica de circuitos impresos ya que puede ser reemplazado rápidamente, y la calidad de la película puede ser controlada y así mantener la calidad de reproducción.

3.3) REVESTIMIENTO DE COBRE LAMINADO

3.3.1) REQUERIMIENTOS GENERALES

Las capas de cobre deberán estar libres de polvo, productos corrosivos, manchas, huellas digitales y defectos mecánicos como rayones, fisuras, levantamiento del laminado, ondulado en la textura, etc.. Los defectos anteriores en la tarjeta no serán aceptados por el fabricante de circuitos impresos.

El cliente normalmente pide una alta calidad de apariencia y acabado de la tarjeta. Consecuentemente las tarjetas con todos los demás aspectos, son funcionales y excelentes pero de vez en cuando son rechazadas por el cliente.

Es necesario distinguir entre el requerimiento funcional y el estético, el cual es el menos importante. Es obvio que una fisura o de laminación del material base no es aceptable.

3.3.2) MATERIAL BASE

Solamente que sea especificado en el dibujo maestro, el material base será epóxico del tipo NEMA FR4, retardador de flama. La característica de retardo de flama se obtiene agregando un compuesto de bromuro al epóxico. Esto provee una satisfactoria calidad y no es excesivo en el caso de evaporación del bromuro, este compuesto puede ocasionar perforaciones en las uniones soldadas.

3.3.3) ESPESOR Y TOLERANCIAS DEL MATERIAL BASE

ESPEJOR ESTÁNDAR	TOLERANCIAS DEL ESPESOR
0.8 mm. (0.031 pulg.)	±0.165 mm. (±0.0065 pulg.)
1.6 mm. (0.062 pulg.)	±0.125 mm. (±0.0050 pulg.)
2.4 mm. (0.094 pulg.)	±0.230 mm. (±0.0090 pulg.)

Tabla 3.1) Espesor estándar y tolerancias del material base.

El espesor más usado en las tarjetas es de 1.6 mm. (0.062 pulg.). Los receptáculos en los equipos están diseñados para aceptar tarjetas de este tipo con tolerancias de ±0.18 mm. (±0.007 pulg.) y consecuentemente son capaces de aceptar tarjetas con un espesor mayor.

3.3.4) ESPESOR Y TOLERANCIAS DEL LAMINADO DE COBRE

ESPEJOR	TOLERANCIA DEL ESPESOR
17.5 μm (1/2 oz/pie ²)	± 5 μm (±0.0002 pulg.)
35 μm (1 oz/pie ²)	+10 μm -5 μm (+0.0004 pulg. -0.0002 pulg.)
70 μm (2 oz/pie ²)	+18 μm -8 μm (+0.0007 pulg. -0.0003 pulg.)

Tabla 3.2) Espesor y tolerancias del laminado de cobre

El espesor del laminado de cobre no es crítico desde que las tolerancias de espesor del cobrizado son de 30 μm (0.0012 pulg.).

Un desarrollo reciente es la introducción del laminado de cobre super delgado el cual tiene un espesor de 5 μm (0.0002 pulg.). Este laminado tiene grandes ventajas cuando se requiere precisión con conductores finos. Hoy en día el espesor comercial de la capa de cobre es de 17.5 μm (1/2 oz/pie²).

3.3.5) TORSIÓN Y DEFORMACIÓN

ESPEJOR	TOL. DE TORSIÓN Y DEFORMACIÓN	
	UNA CARA (mm./mm, pulg./pulg)	DOBLE CARA (mm./mm, pulg./pulg)
0.8 mm. (0.031 pulg.)	0.015	0.010
1.6 mm. (0.062 pulg.)	0.010	0.007
2.4 mm. (0.094 pulg.)	0.008	0.005

Tabla 3.3) Torsión y deformación

La torsión y deformación dependen de la distribución del patrón sobre la tarjeta. Una superficie plana es muy importante para los bordes de conectores y contornos de la tarjeta ya que puede dificultar el embonamiento en el receptáculo. Por esta razón es necesario especificar la tolerancia en el área de la superficie plana en el borde del conector.

3.4) ELECTROMETALIZACIÓN (*Electroplating*)

3.4.1) REQUERIMIENTOS GENERALES

La electrometalización no debe de mostrar quemadura excepto que no se pueda evitar. esto ocurre por la alta densidad de corriente en la cual esta sometida en el proceso de metalización. Aparte de la apariencia, el efecto es un espesor excesivo en la electrometalización. La corriente puede ser reducida en las áreas correspondiente agregando un patrón de tiempo con conductores de cobre el cual es llamado ladrón y este genera una densidad de corriente más uniforme sobre la superficie de la tarjeta. Depósitos porosos deberán de ser removidos sin afectar el área sin que la tarjeta pierda sus propiedades. Cobre expuesto en los bordes de los conductores y terminales (pads) será permitido en tarjetas sin reflujo (non-reflowed). Rayones sobre la capa de estaño/plomo son permitidos siempre y cuando la capa de cobre no sea expuesta o visible.

3.4.2) COBRIZADO

El espesor promedio del cobrizado en perforaciones no deberá de ser menor que 25 μm (0.001 pulg.) en el caso de ser menor a 25 μm no deberá de ser inferior a 15 μm (0.0006 pulg.). El espesor total del cobrizado no deberá de ser menor de 35 μm (0.0014 pulg.) y la pureza del mismo no deberá de ser menor a 99.5%. La especificaciones del espesor de la electrometalización en las perforaciones están mencionadas en la especificación IPC-TC-500 (Specifications for Copper Plater Through Holes in Rigid, Two-sided Boards) y en la MIL-STD-275. El cual normalmente son aceptados por todos los fabricantes de circuitos impresos así como en las especificaciones de compra de las compañías compradoras.

Para los sistemas automáticos de soldado de circuitos impresos, es importante que la transmisión de temperatura sea suficiente e uniforme para asegurar un derretido de la soldadura sobre la superficie de las perforaciones conductivas así como en las paredes de las mismas (through holes). Una condición es que la superficie de cobre en las paredes de las perforaciones conductivas (through hole) sean suficientemente anchas; la razón es que la temperatura no se pierda en la terminal de soldado (solder pad) o sea la superficie exterior, el cual será el caso de conductores muy anchos o varios conectados a la misma terminal (pad). En este caso la temperatura no será mantenida en la terminal (pad) y el derretimiento de la soldadura no será adecuada y no llenara la perforación (pad). Con una capa de cobre con un espesor de 25 μm (0.001 pulg.) se ha probado que es suficiente para garantizar el llenado de soldadura en la perforación (pad).

3.4.3) ESTAÑADO (Estaño/plomo)

El espesor especificado de estañado en las perforaciones conductivas (through holes) y los conductores y terminales (pads) es de al menos de $10\ \mu\text{m}$ (0.0004 pulg.), y no mayor a $20\ \mu\text{m}$ (0.0008 pulg.). El porcentaje de estaño/plomo que se utiliza es del rango de 55 a 70% de estaño y la diferencia de plomo.

En el caso de que la capa de estaño/plomo actúe como capa resistiva al atacado, será necesario que esta tenga un espesor mínimo de $6\ \mu\text{m}$ (0.00024 pulg.), por lo que es razonable de especificar un espesor de $10\ \mu\text{m}$ (0.0004 pulg.) para permitir variaciones que pueda haber en la producción. Entre mayor espesor tenga la capa de estaño/plomo mayor temperatura será requerida para derretir la soldadura en el proceso de soldado ya que se requiere llevar la capa de estaño/plomo a una temperatura latente de fusión. En el caso de haber demasiado estaño/plomo en la terminal de soldado (solder pad) así como en el conductor, a la hora de derretirse podrá ocasionar una reducción en el diámetro de la perforación o bloquear la misma. Por lo que es preferible que la capa de estaño/plomo no será mayor de $15\ \mu\text{m}$ (0.00059 pulg.). Las tolerancias normales aceptadas son -0% y 100% el cual nos proporcionara un espesor de $7.5\ \mu\text{m}$ (0.00030 pulg.) en el cual en la practica es suficiente para proveer una protección adecuada contra el atacado.

3.4.4) ESTAÑADO

Si es especificado en el diseño maestro o acordado con el fabricante de circuitos impresos, la capa de estaño/plomo puede ser sustituida por estaño solamente, las tolerancias y espesores serán las mismas que mencionadas en el punto 3.4.3. Este proceso no puede ser recomendado ya que la temperatura de fusión del estaño es muy alta y puede ocasionar daños a la tarjeta. Hoy en día se han perfeccionado métodos en el cual se puede agregar una fina capa de estaño y reducir el porcentaje de daños a la tarjeta.

3.4.5) CHAPADO DE ORO

Solamente que sea especificado en el diseño maestro (master drawing), los conectores deberán de ser chapados de oro como se menciona a continuación:

- A) Una capa base de nickel con un espesor mínimo de $5\ \mu\text{m}$ (0.0002 pulg.).
- B) Una capa superior de oro solido con un espesor mínimo de $2.5\ \mu\text{m}$ (0.0001 pulg.) y una dureza Vickers de 140 a 160 Kg./mm.².

3.4.6) RECALENTAMIENTO (REFLOWING) DE LA CAPA DE ESTAÑO/PLOMO

Cuando es especificado en el diseño maestro, la capa de estaño/plomo deberá de ser recalentada (reflowed) para remover el exceso de estaño/plomo depositado en el proceso de estañado y atacado esto quiere decir que el material es fundido para asegurar una correcta re cristalización metalúrgica y tener una superficie libre de porosidades. Los bordes de los conductores y las terminales (pads) deberán de ser cubiertas por la capa de estaño/plomo y la tolerancia del diámetro de la perforación conductiva terminada deberá de cumplir las especificaciones mencionadas en el punto 3.5.2. El espesor de la capa de estaño/plomo no deberá de ser menor de $0.5\ \mu\text{m}$ (0.00002 pulg.)

después de ser recalentado (reflowing) y no deberá de mostrar ningún rastro de falta de fusión.

El estaño cubrirá los bordes de los conductores con estaño/plomo por medio del proceso de recalentado (reflowing). El proceso de soldado cubrirá los bordes de los conductores solamente en la cara de soldado en cambio el lado de los componentes deberá de pasar por el método de reflujo (reflowed). Aun así con el proceso de soldado no es suficiente ni satisfactorio para proteger el cobre. la figura 3.1 siguiente nos muestra una sección transversal de un conductor metalizado con estaño/plomo antes y después de ser recalentado (reflowing). Los bordes del conductor no protegidos serán cubiertos por la capa de estaño/plomo después del proceso.

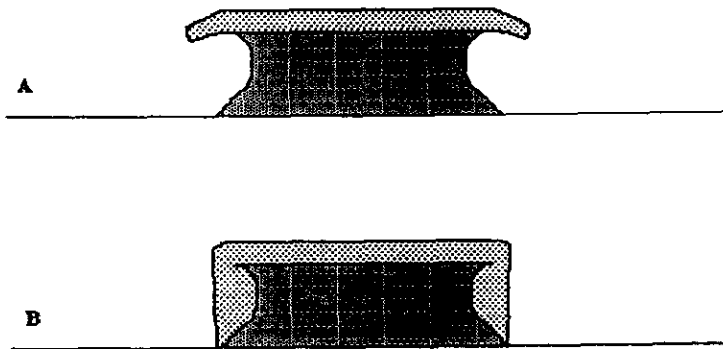


Figura 3.1) Sección transversal de un conductor metalizado con estaño/plomo antes y después del proceso de reflujo (reflowing).

En el proceso de reflujo (reflowing), la capa de estaño/plomo se vuelve muy delgada en los bordes de las perforaciones conductivas (through holes) ya que este es removido de la superficie como se muestra en la figura 3.2.

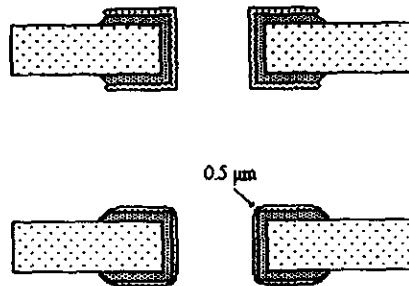


Figura 3.2) Corte transversal que una perforación conductiva (through hole) antes y después del proceso de reflujo (reflowing).

En la practica el espesor de la capa de estaño/plomo de $0.5 \mu\text{m}$ (0.00002 pulg.) puede ser alcanzada pero no afecta ni causa dificultades en el proceso de soldado. Normalmente es necesario mantener un mayor espesor por que el proceso de reflujo (reflowing) debe de hacerse a menor temperatura, el cual nos dará una menor cristalización de la superficie. Este proceso nos permite ver defectos que ocurrieron en el proceso de estañado.

3.5) METALIZACIÓN DE PERFORACIONES (Through Holes)

3.5.1) REQUERIMIENTOS GENERALES

La metalización de las perforaciones deberán de ser suaves, uniformes, deberán correr en forma continua desde la pared de la perforación hacia el borde de la terminal (pad) y así al conductor. Ningún rastro de epóxico deberá de encontrarse en las paredes de la perforación metalizada y el espesor no deberá de ser menor que el mínimo estipulado en las especificaciones.

Es difícil de tener un criterio específico para la metalización de las perforaciones conductivas (through holes) y especialmente para las perforaciones recalentadas (reflowed). Por otro lado es inevitable que los requerimientos generales sean menos precisos. En la practica el cliente es dependiente de la habilidad del fabricante de controlar y producir una buena soldabilidad de las perforaciones metalizadas (through holes). La figura 3.3 nos muestra varias fallas en la metalización de las perforaciones (through holes).

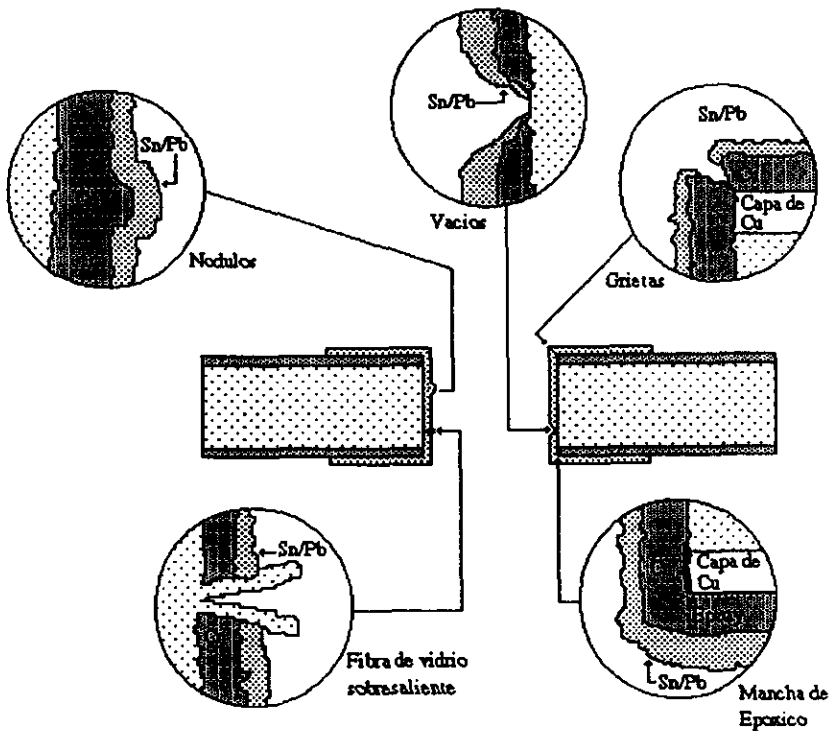


Figura 3.3) Fallas en perforaciones conductivas (through holes).

3.5.2) DIÁMETRO Y TOLERANCIA DE UNA PERFORACIÓN TERMINADA (Through Hole)

La tolerancia en el diámetro de la perforación metalizada (Through hole) con o sin reflowed, asumiendo la distribución del patrón como se muestra a continuación:

D: DIÁMETRO NOMINAL	TOLERANCIA	
	SIN RECALENTADO (REFLOWING)	DESPUÉS DEL RECALENTADO (REFLOWING)
$d \leq 0.8 \text{ mm. (} d \leq 0.031 \text{ pulg.)}$	$\pm 0.10 \text{ mm. (} \pm 0.004 \text{ pulg.)}$	$-0.1, +0.15 \text{ mm. (} -0.004, +0.006 \text{ pulg.)}$
$0.8 < d \leq 5 \text{ mm. (} 0.031 < d \leq 0.2 \text{ pulg.)}$	$\pm 0.13 \text{ mm. (} \pm 0.005 \text{ pulg.)}$	$\pm 0.15 \text{ mm. (} \pm 0.006 \text{ pulg.)}$

Tabla 3.4) Tolerancias de la perforación conductiva (through hole).

Para determinar la dimensión del perforado, el fabricante debe de dejar tolerancia para que el espesor de la metalización depositada en las paredes de la perforación alcancen la tolerancia de la misma.

3.5.3) TERMINALES DE SOLDADO (SOLDER PADS) DE LAS PERFORACIONES METALIZADAS (THROUGH HOLES)

Las terminales de soldado (solder pads) están diseñados con un ancho nominal anular del anillo (el anillo esta limitado por la perforación de soldado y por la circunferencia de la terminal pad) el cual no es menor a 0.3 mm. (0.012 pulg.), o en el caso de terminales no circulares, tendrán una distancia nominal no menor de 0.3 mm. (0.012 pulg.) desde el borde de la perforación al borde de la terminal. En una tarjeta terminada el ancho de las terminales no deberá ser menor que 0.05 mm. (0.002 pulg.).

La película anti-soldado (solder mask) no deberá de exceder 0.2 mm. (0.008 pulg.) o 75% del espaciamiento entre un conductor o la circunferencia de la terminal con respecto a la circunferencia de otra terminal como se muestra en la figura 3.4.

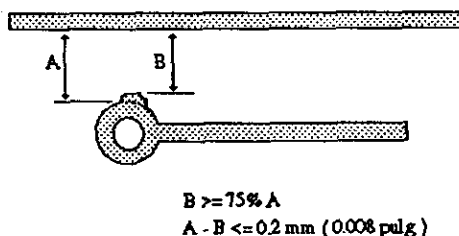


Figura 3.4) Protección de la mascarilla de soldado (solder mask).

Dos fallas (pinholes) como máximo son aceptados cuando no exceden un diámetro de 0.15 mm. (0.006 pulg.) siempre y cuando no se localizan en la unión de la terminal (pad) y el conductor o en el borde del mismo como se muestra en la figura 3.5.

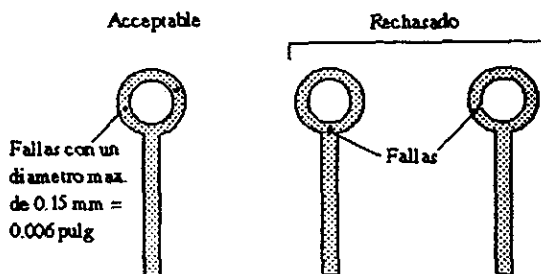


Figura 3.5) Fallas en terminales (pads).

Cuando el patrón fue mal colocado con respecto a la perforación, un gran numero de terminales (pads) tendrán una falla de centrado como se muestra en la figura 3.6 el cual ocasiona un rechazo de la tarjeta.

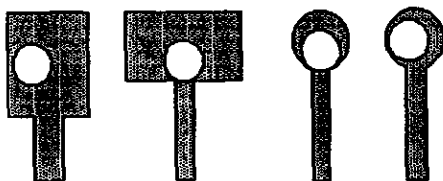


Figura 3.6) Fallas de centrado de las terminales (pads) con respecto a la perforación.

3.5.4) DEFECTOS PERMITIDOS EN LAS PERFORACIONES METALIZADAS (Through Holes)

No más de tres defectos son permitidos en la superficie de la pared metalizada de la perforación (through hole). El área total de estos defectos no deberá de ser mayor al 10% del área total. La dimensión más grande de un defecto no deberá de ser mayor al 25% de la circunferencia de la perforación o el 25% del espesor de la tarjeta. Figura 3.7.

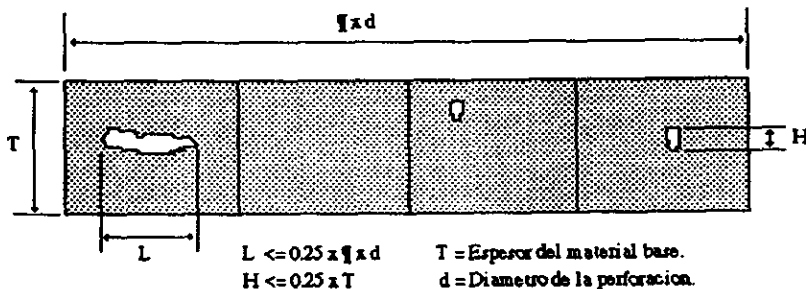


Figura 3.7) Defectos permitidos en las paredes de una perforación metalizada (through hole).

Ninguna perforación metalizada (through hole) deberá de tener defectos o fisuras entre la pared de la perforación y la terminal (pad). El espesor de la zona de transición debe de ser 1.5 veces el espesor total de la capa de cobre como se muestra en la figura 3.8.

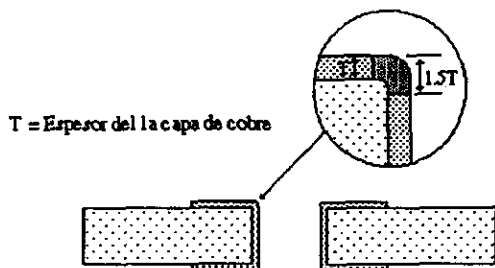


Figura 3.8) Zona de transición entre la pared de la perforación y la terminal (pad).

3.6) PERFORACIONES SIN METALIZACIÓN (Through Holes)

Las perforaciones no deberán de presentar rebabas o levantamiento de la terminal (pad) con respecto al material base. El diámetro y tolerancia de la perforación no metalizada (through hole) son :

D: DIÁMETRO NOMINAL	TOLERANCIA
$d \leq 0.8 \text{ mm. (} d \leq 0.031 \text{ pulg.)}$	$\pm 0.05 \text{ mm. (} \pm 0.002 \text{ pulg.)}$
$0.8 < d \leq 5 \text{ mm. (} 0.031 < d \leq 0.2 \text{ pulg.)}$	$\pm 0.10 \text{ mm. (} \pm 0.004 \text{ pulg.)}$

Tabla 3.5) Tolerancias de las perforaciones no metalizadas.

El ancho mínimo del anillo anular en el caso de terminales (pads) no circulares, y la distancia mínima entre la perforación y los bordes de la terminal no deberá de ser menor a 0.2 mm. (0.008 pulg.).

3.7) CONDUCTORES ESTAÑADOS Y NO ESTAÑADOS

3.7.1) TOLERANCIAS DEL ANCHO DE LOS CONDUCTORES.

Los conductores están diseñados con un ancho nominal no menor de 0.3 mm. (0.012 pulg.). Las tolerancias son proporcionadas con respecto al ancho del conductor. Los valores son dados desde 17.5 μm a 35 μm (1/2 oz a 1 oz) de lamina de cobre.

ANCHO NOMINAL DEL CONDUCTOR w	TOLERANCIA DEL ANCHO	
	TARJETA METALIZADA	TARJETA NO METALIZADA, TARJETA REFLOWED
0.3 mm. $< w \leq 0.5$ mm. (0.012 $< w \leq 0.020$ pulg.)	± 0.10 mm. (± 0.004 pulg.)	+0.05 mm., -0.10 mm. (+0.002 pulg., -0.004 pulg.)
0.5 mm. $< w$ (0.020 pulg. $< w$)	+0.2 mm., -0.13 mm. (+0.008 pulg., -0.005 pulg.)	+0.10 mm., -0.13 mm. (+0.004 pulg., -0.005 pulg.)

Tabla 3.6) Tolerancias del ancho de los conductores.

En el caso de una capa de cobre de 70 μm (2 oz) y una tolerancia adicional de +0.07 mm. (0.003 pulg.) es permitida. Se asume que el espesor de la capa de cobre no excede de 1.6 mm. (0.062 pulg.) y un diámetro mínimo es posible en las perforaciones metalizadas (through holes) la cual es de 0.8 mm. (0.031 pulg.).

Las tolerancias también toman en cuenta el radio entre el diámetro de la perforación metalizada (through hole) más pequeña y el espesor del material base. Las especificaciones están basadas en el radio mínimo de 0.8 mm. / 1.6 mm. (0.031 pulg. / 0.062 pulg.) = 0.5. Un diámetro menor requerirá una tolerancia mayor en el ancho del conductor si el requerimiento se refiere a un espesor de metalización mínima en la perforación la cual debe de ser mantenida. Entre más pequeño sea la perforación, mayor será el tiempo de metalización y más espeso será la capa de cobre consecuentemente más ancho será el conductor. Las tolerancias de ancho de los conductores seguirían las especificaciones IPC-D-300E dado por IPC.

3.7.2) SOCAVACIÓN Y SOBRE BORDE

El sobre borde y la socavación ocurre en las tarjetas metalizadas, como se muestra en la figura 2.10. La tabla 3.7 nos proporciona los limites.

ANCHO NOMINAL DEL CONDUCTOR w	SOCAVACIÓN DEL BORDE DEL CONDUCTOR	
	17.5 μm (1/2 oz)	35 Y 70 μm (1 y 2 oz)
0.3mm $\leq w \leq 0.5$ mm. (0.012 pulg. $\leq w \leq 0.020$ pulg.)	-0.4 mm. (-0.0016 pulg.)	-0.06 mm. (-0.0024 pulg.)
0.5mm $< w$ (0.020 pulg. $< w$)	-0.06 mm. (-0.0024 pulg.)	-0.09 mm. (-0.0036 pulg.)

Tabla 3.7) Socavación del borde del conductor.

El sobre borde del conductor deberá ser menor de 0.05 mm. (0.002 pulg.) después del recalentado (reflowed). El ancho total del conductor e inclusive el sobre borde deberán

de cumplir las tolerancias mencionadas en el punto 3.7.1 y para tarjetas recalentadas (reflowed) el punto 3.4.6.

3.7.3) FALLAS EN BORDES DE CONDUCTORES

Fallas en los conductores son aceptables cuando estos no reducen el ancho del conductor más del 20%. El largo de la falla deberá de ser más corto que el ancho del conductor o 5 mm. (0.2 pulg.), o menor como se muestra en la figura 3.9.

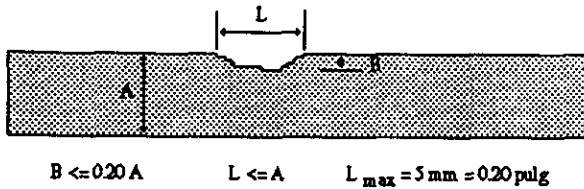


Figura 3.9) Falla en conductor.

3.7.4) AISLAMIENTO A LO LARGO DE LOS BORDES DE CONDUCTORES

Proveyendo un 75% de espaciamento, el aislamiento es mantenido con un espaciamento de casi 0.2 mm. (0.008 pulg.) a lo largo de los bordes del conductores como se muestra en la figura 4.11.

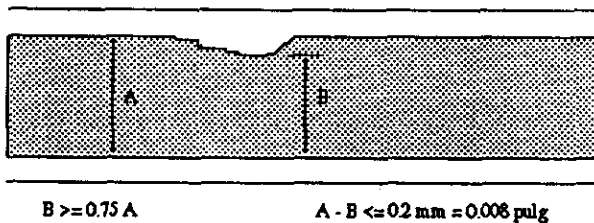


Figura 3.10) Capa protectora a lo largo del conductor

3.8) BORDES DE CONECTORES

Tres tipos de acabados se usan para bordes de conectores los cuales son:

3.8.1) METALIZACIÓN DE ESTAÑO/PLOMO

Cuando la tarjeta es estañada, los bordes de los conectores no tienen otra función que ser puntos de pruebas en la línea de ensamblaje, el borde del conector debe de ser estañado con el resto de la tarjeta. El espesor del estañado esta especificado en el punto 3.4.3.

3.8.2) ESTAÑADO POR RODILLO

Bajo las condiciones descritas en la sección anterior, los bordes de los conectores pueden ser estañados por rodillo con el resto de la tarjeta. Este método debe de ser terso sobre la superficie de los bordes de los conectores sin formación de gotas sobre la terminal.

3.8.3) DORADO

El dorado debe de proceder después de una fina capa de nickel. El acabado debe de ser brillante y terso y el oro debe de cubrir completamente la superficie de las terminales incluyendo los bordes del mismo. La única excepción es al final de la terminal en donde el borde de la tarjeta se encuentra. En la transición entre la terminal y el conductor el dorado deberá de cubrir 0.5 a 1 mm. (0.02 a 0.04 pulg.) del estañado del conductor para evitar riesgos de exposición de cobre. No deberá de haber evidencias de desprendimiento o de laminación de la capa de nickel o oro.

Los siguientes requerimientos relacionados a fallas deberán de tenerse en cuenta ya que no deberá de permitirse más de 2 fallas en la terminal y el diámetro máximo de la falla no podrá ser mayor a 0.1 mm. (0.004 pulg.). La figura 3.11 nos muestra una sección longitudinal de un contacto de terminal, donde se ve el sobre de la capa de oro claramente.

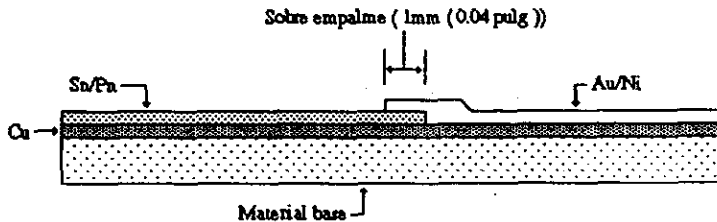


Figura 3.11) Corte transversal de una terminal dorada.

3.8.4) BISELADO

Los bordes de las terminales deberán de ser biseladas con un ángulo de 45°C, como se muestra en la figura 3.12. El propósito del biselado en el borde de la terminal es para facilitar la inserción de la tarjeta en el receptáculo. Esta inclinación máxima a lo largo del conector no deberá de exceder 0.25 mm. (0.01 pulg.) o 0.005 mm/mm (pulg./pulg).

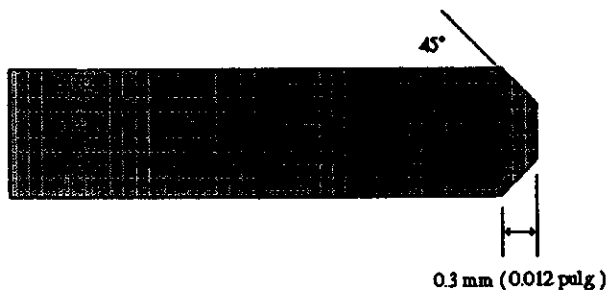


Figura 3.12) Biselado de una terminal.

3.9) NOTACIÓN DE COMPONENTES

Una notación y localización de componentes deberá de ser impresa sobre la tarjeta por medio serigrafico. El color de la tinta deberá de contrastar con el color del material base y la imagen deberá de tener buena definición. Ningún rastro de tinta deberá de encontrarse en terminales o perforaciones. En ningún caso la notación de componentes deberá de ser impresa sobre la cara de soldado de la tarjeta, y esta no deberá de presentar daño alguno después del proceso de soldado. Este proceso deberá de realizarse antes de la inserción de componentes y el proceso de soldado.

3.10) MASCARILLA DE SOLDADO Y AISLANTE

La mascarilla de soldado para tarjetas de alta densidad debe de ser colocada por medio de película en donde hay muy poco de espacio libre alrededor de la terminal (pad). Este deberá de resistir la temperatura del proceso de soldado sin tener daño alguno. Por otro lado la mascarilla no deberá de reducir las características de aislamiento entre conductores o terminales de la tarjeta. Esta a su vez tiene la función de mascarilla aislante.

Esta mascarilla evita la generación de puentes entre conductores durante el proceso de soldado de la tarjeta. Este deberá de estar diseñado con un espaciamento nominal de 0.3 mm. (0.012 pulg.) alrededor de las terminales (pads). Los conductores deberán de ser cubiertos completamente por la mascarilla a una distancia de 0.42 mm. (0.017 pulg.) de la terminal (pad). Es permitido una sobre impresión de la mascarilla con respecto a la terminal (pad) de un máximo de 0.15 mm. (0.006 pulg.).

Una mascarilla aislante del lado de los componentes es puesta por medio de serigrafía el cual es usado también del lado de soldado y tiene una función similar a la de soldado. Este método se utiliza cuando la densidad del circuito impreso no es muy alta.

3.11) CAPA PROTECTORA

3.11.1) REQUERIMIENTOS GENERALES

La capa protectora debe de ser puesta después del proceso de soldado, esta se aplica por medio de rodillos de entintado los cuales aplican una laca protectora sobre la superficie de soldado de la tarjeta. Este proceso es usado para proteger las áreas de soldado y no exponerlas a la intemperie. El espesor aplicado sobre la superficie de la tarjeta por este método no deberá de ser menor a $5 \mu\text{m}$ (0.0002 pulg.) para un conductor con un ancho mayor a 2 mm. (0.08 pulg.).

3.12) SOLDADO

3.12.1) REQUERIMIENTOS GENERALES

Cuando un circuito impreso es soldado por método automático (wave or drag soldering) el soldado debe de mojar completamente el patrón incluyendo las terminales metalizadas (through holes). La soldabilidad debe de producir una capa adherente brillante libre de áreas oscuras o anulares.

3.12.2) TIEMPO DE SOLDADO Y TEMPERATURA

La tarjeta debe de ser capaz de aguantar las siguientes condiciones de soldado

- a) Temperatura de soldado : $260 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
- b) Tiempo de soldado: No menor a 5 seg.

3.12.3) SOLDABILIDAD DESPUÉS DE ALMACENAMIENTO

Las tarjetas deberán de ser almacenadas en las siguientes condiciones:

- a) Temperatura : 15 a $35 \text{ }^\circ\text{C}$
- b) Humedad relativa : 45 a 75%

Es requerido una soldabilidad absoluta después de un periodo de almacenamiento como se indica a continuación:

- a) Tarjeta con superficie de cobre y con una superficie de protección : 3 Meses
- b) Tarjetas con estañado de estaño/plomo : 6 Meses
- c) Tarjetas con estañado de estaño/plomo recalentado (reflowed) : 12 Meses

Se han encontrado con tarjetas con una excelente soldabilidad después de un periodo de almacenamiento de 30 meses. Es esencial que las tarjetas sean almacenadas en bolsas de polietileno y en condiciones ambientales ideales.

3.12.4) TOLERANCIAS DE POSICIONAMIENTO DE PERFORACIONES

Las tolerancias proporcionadas a continuación asumen que las perforaciones fueron hechas con taladros de control numérico. La desviación radial de cualquier perforación con respecto a su posición real en la película master (photomaster) no deberá de ser mayor a 0.08 mm. (0.0031 pulg.) para tarjetas menores a 200 mm. (8 pulg.) de longitud y 0.10 mm. (0.004 pulg.) para tarjetas con longitudes mayores a la mencionada.

CAPITULO 4

INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE CIRCUITOS IMPRESOS

4.1) INTRODUCCIÓN

El diseño de un circuito impreso es muy importante y lleva una gran precisión de trazado, éste consta de uno o varios planos al final de los cuales va haber uno o varios diseños maestros (master drawing).

El diseño maestro (master drawing) viene de un proceso inicial llamado pre-diseño el cual es el primer paso en donde el encargado de hacer el diseño debe de tener como mínimo la siguiente información para poder realizar el diseño :

- 1) Un diagrama eléctrico que implique tener toda la información necesaria para poder entender como van a ir interconectados todos los componentes dentro del circuito. Si no se llegase a tener el diagrama eléctrico ya bien estructurado, se le puede entregar a la persona o diseñador la información en hojas independientes donde se haga mención de cómo deben de ir interconectados los componentes.
- 2) Se debe de entregar información manuscrita o copias fotostáticas de manuales de cada uno de los componentes que van a integrar el circuito, esto básicamente debe de consistir en medidas en cuanto a:
 - a) Volúmenes
 - b) Dimensiones de los componentes
 - c) Características electrónicas para un mejor desarrollo.
 - d) A la vez se tiene que hacer mención si es que por parte del diseñador industrial que a la par está en contacto con el diseñador, si se deben de dar medidas específicas en cuanto a dimensiones de la tarjeta.

Esto más que nada porque el diseñador industrial es la persona encargada de hacer el envolvente o vestimenta que es el mueble del equipo que se va a formar o información por parte del ingeniero de sistemas sobre si (x) componentes deben ir agrupados en una cierta área específica; eso más que nada por cuestiones electrónicas.

Como básico y mínimo esta información es la necesaria para poder empezar el pre-diseño. Esto implica que algo puede cambiar en un momento determinado entonces ya varia el diseño original, lo que significa que el pre-diseño sirve para las modificaciones que vaya a sufrir antes de tener el diseño final.

La escala en el pre-diseño (layout) es normalmente dos veces el tamaño de las medidas de la tarjeta. Uno de los pasos es delimitar la tarjeta con la cual se usan marcas que forman esquinas. Todas las designaciones de los bordes deben de estar puestas de tal manera que la parte interna de las marcas representa la parte externa de los bordes de la tarjeta durante la fabricación.

El diseño debe de tener las siguientes especificaciones :

- 1) Índice de datos de las marcas
- 2) Dimensiones y marcas para la reducción
- 3) Designar las escalas

NOTA: Estas especificaciones son sólo una parte que se necesita para el proceso de fabricación, la cual se necesita dar especificaciones de materiales que se deben de usar, estos datos deben de ir en la parte baja izquierda de cada juego de planos así como la identificación o leyenda del circuito.

Cada carácter debe de tener como mínimo 1.57mm (.62") de largo por .38mm (.015") de ancho. El espacio mínimo debe de ser respetado entre conductores, todas las referencias así como marcas de orientación de los mismos deben de ser incluidos en el diseño.

4.1.2) LEYENDA :

En un circuito impreso debe de llevar una hoja separada que contenga los componentes, la orientación de los mismos y las dimensiones de la tarjeta, esta hoja es llamada señalador (Marking).

Después de la reducción este molde es impreso normalmente con el método llamado pantalla de seda (Silk screen) el cual usa una tinta no conductiva. Esta indica todas las posiciones de los componentes sobre las tarjetas. Las referencias dadas deben de estar colocadas de cierta forma que ya montados los componentes sean visibles sobre la tarjeta y tendrán que ser leídas del mismo lado de la tarjeta si esto no es posible se tendrá que leer del segundo lado perpendicular al primero.

Los componentes deben de ser montados en la posición designada como lo indique la leyenda. Ninguna asignación de referencia debe de tapar una terminal o área de soldadura. El diseño de la leyenda debe de prepararse sobre una película de poliester usando la referencia y orientación de los componentes usando etiquetas adhesivas las cuales deberán de incluir marcas de registro que se incluye con las partes del molde que aparecerá en el área de la tarjeta después de que sea manufacturada.

4.2) CRITERIOS DE DISEÑO

Esta sección es una compilación de datos básicos que necesita el diseñador del circuito impreso, porque la complejidad en los circuitos esta cambiando constantemente así como los materiales, procesos y herramienta por lo que se recomienda que se consulte en el ultimo manual de especificaciones para tener una información precisa.

4.2.1) SISTEMA DE ENREJADO

El uso de un sistema de enrejado es esencial para la preparación y proceso del diseño maestro (master drawing). Este facilita el acomodo de componentes, áreas de terminales y tiro de conductores. Este sistema de enrejado es muy importante porque en el proceso de manufactura y montaje son considerados debido a que las maquinas funcionan con un sistema de localización por rejilla. El enrejado esta formado por dos rectángulos dimensionales que consiste en un juego de líneas paralelas equidistantes sobrepuestas

sobre otro juego de líneas paralelas equidistantes y una de ellas es perpendicular a la otra. La intersección de las líneas nos provee un incremento de la exactitud para la ubicación del sistema.

Los incrementos en las escalas estándar usados son de 2.54mm (.100"), 1.27mm (.050") y .635mm (.025") por orden de preferencia si se necesita mayor incremento de limitación es necesario el MIL-STD-275D especificado para cualquier múltiplo de .127mm (.05") según la comisión internacional de electrónica (IEC) que especifica .5mm (.0197") y .1mm (.0039), esto es para tener una mayor exactitud en el diseño del circuito.

Hay diferentes materiales para el Pre-diseño (Layout) del enrejado el cual se divide en buena precisión, media precisión y sin precisión. Normalmente se usa de buena precisión para el manual del circuito impreso y para la preparación del diseño maestro (master) se usa la máxima exactitud. Normalmente el enrejado esta fotográficamente preparado en materiales dimensionales estables así como las películas de vidrio o políester que tienen una precisión con una tolerancia de $\pm .051\text{mm}$ (.002") por cada 91.4cm (36") con un ambiente específico.

Por ser más estable el enrejado sobre vidrio es el que se usa con preferencia para una alta precisión como se muestra en la tabla.

MATERIAL	CANTIDAD DE CAMBIO	EFEECTO
Vidrio	0.0686 - 0.0838 mm (0.0027 - 0.0033 in)	Tamaño promedio cambia 76.2 cm. (30 in). La longitud del material base con un incremento de temp. de 6.7 °C (20 °F)
Polyester	0.203 - 0.254 mm (0.008 - 0.010 in)	
Tri-acetato	0.457 - 0.559 mm (0.018 - 0.022 in)	
Vinil o Poliestileno	0.406 - 0.508 mm (0.016 - 0.020 in)	

Figura 4.1) Efectos de Temperatura en Materiales de Enrejado

MATERIAL	CANTIDAD DE CAMBIO	EFFECTO
Vidrio	0.000	Tamaño promedio cambia 76.2 cm. (30 in). La longitud del material base con un incremento de 20% de humedad relativa.
Polyester	0.178 - 0.254 mm (0.007 - 0.010 in)	
Tri-acetato	0.178 - 0.254 mm (0.007 - 0.010 in)	
Vinil o Poliestileno	0.838 - 1.016 mm (0.033 - 0.040 in)	

* Las películas KODAK de base de estar tienen las mismas propiedades que el polliester

4.2) Efectos de Humedad en Materiales de Enrejado

Los de media precisión son usados cuando se hace un pre-diseño (Layout) de un circuito. Cuando el diseño maestro (master) es generado por computadora ella controlará el equipo con una compensación mínima de error en el patrón del enrejado.

4.2.2) ESCALA

Todo diseño y planeación de un circuito impreso debe de hacerse a gran escala. Errores de dibujo tales como mala alineación entre las donas de las terminales y los centros de la rejilla, variación de espaciado entre conductores, imperfecciones en las herramientas de dibujo se reducen proporcionalmente con la reducción de tamaño del dibujo hacia el tamaño real de la tarjeta.

Las escalas que más se usan universalmente son factores múltiplos enteros en factores de 2x, 4x y 1x en orden de preferencia.

La selección de la escala se debe de basar en la relación entre los errores de dibujo del diseño y los requerimientos de tolerancia de la tarjeta terminada dentro de las limitaciones prácticas. La escala se puede estimar usando la siguiente fórmula:

$$\text{Escala del dibujo} = \frac{DE}{FL}$$

donde :

DE : es el error de dibujo usualmente de .381mm (.015") esto es como rango de error para dibujos hechos manualmente y de .064mm (.0025") de rango para dibujos hechos por técnicas automatizadas.

FL : es la tolerancia requerida para la localización de los circuitos con respecto a su posición verdadera en una tarjeta terminada ejemplo :

$$\frac{.38 \text{ mm } (.015 \text{ pulg.})}{.127 \text{ mm } (.005 \text{ pulg.})} = \text{Escala de } 3x$$

La razón de que se usen escalas estándar 2x, 4x, 1x es el fácil acceso a herramientas y plantillas para el diseño y dibujo en estas escalas.

Otros factores limitantes en la selección de escala son la facilidad de manejo de los dibujos, la facilidad de acceso a tamaño de película estándar y la capacidad de copiado por cámara (usualmente 76.2cm x 101.6cm (30" x 40") ó 76.2cm x 111.8cm (30" x 44").

Siempre que sea posible hay que evitar usar la escala 1x dado que no puede haber ninguna reducción en error de diseño. El dibujo en escala 1x debe de usarse solamente en los siguientes casos :

- a) Cuando no hay ninguna facilidad de reducción.
- b) Cuando no hay límite de tolerancias en las tarjetas del circuito (por ejemplo, gran espaciado entre conductores y donas con dimensiones grandes).
- c) Para trabajos prototipos donde la velocidad y costo son importantes.
- d) Donde el patrón maestro es preparado a través de técnicas fotográficas automatizadas, asegurando un mínimo de error de dibujo.

Si se escoge la escala 4x se reducen grandemente los errores de dibujo y debe de ser usada solamente cuando se requieran dimensiones extremadamente exactas en la tarjeta del circuito impreso. Sin embargo, debido a las limitaciones de tamaño de los restridores y el dibujo en sí, también habría la limitación por el tamaño de las mesas de fotografía y los costos materiales serían elevados. La escala 4x por lo general no es la opción práctica.

Con la llegada de símbolos de diseño pre-espaciados, la escala 2x puede producir requerimientos dimensionales exactos, pero conservando bajos costos de material de diseño y facilidad de manejo. La escala 2x es la preferida generalmente para usos generales.

4.3) TAMAÑO DE LA TARJETA Y NUMERO DE CAPAS

Determinar el tamaño y número de capas de una tarjeta de circuito son actividades preliminares esenciales al dibujo de pre-diseño (layout).

Las tarjetas de circuitos impresos pueden ser diseñadas y manufacturadas en tres configuraciones básicas :

- 1.- Una sola capa : Contienen todo el cableado impreso de un lado y los componentes del otro lado.
- 2.- Dos capas : Tienen cableado de ambos lados con la mayoría del circuito de un lado y los componentes del otro.
- 3.- Multi-capas (sandwich) : Son en sí varias tarjetas muy finas laminadas juntas con los componentes en una o en ambas caras externas. Puede haber hasta 20 capas conductoras en una tarjeta multi-capa (sandwich).

En cada tarjeta, el laminado plástico sirve como aislante.

El costo es una consideración básica al determinar el tamaño de la tarjeta y el número de capas. Para aplicaciones de una sola tarjeta, las tarjetas chicas son por lo general menos costosas que las grandes. Las tarjetas de circuito de una sola capa son más económicas que las de varias capas. Sin embargo el uso de varias tarjetas de multi-capas (sandwich) sale más económico que usar varias tarjetas simples de PC en un sistema grande cuando se consideran los costos totales del sistema. Por ejemplo las pruebas son generalmente menos caras en una tarjeta grande que si fuera en muchas tarjetas chicas.

Las tarjetas más grandes requieren menos material y ya sea que reduzcan o totalmente eliminan los costos asociados con la interconexión de muchas tarjetas chicas.

También se deben de considerar limitaciones mecánicas y de diseño. Tarjetas grandes tienen una mayor tendencia a doblarse en ambos ejes, las sencillas y las de multi-capas (sandwich) requieren de un mayor tiempo de diseño que las tarjetas de doble capa. Al contemplar el uso de tarjetas grandes se debe de considerar también la máxima capacidad de las instalaciones de diseño, las herramientas de manufactura y el equipo de procesamiento. El diseño mecánico puede causar restricciones de tamaño por requerir del uso de cierto conector estándar los cuales no permiten diseños más chicos.

Una vez que las limitaciones de diseño han sido identificadas, el tamaño específico de la tarjeta puede ser establecido. Idealmente la tarjeta del circuito debe de ser suficientemente grande para contener sus componentes y sus interconexiones y aun así ser producida económicamente.

Un método para estimar el tamaño de la tarjeta terminada es calcular el área cuadrada requerida para contener cada tipo de componente incluyendo las patas y multiplicarlo por el número de componentes que hay. Para circuitos integrados se debe de incluir un área adicional porque requieren de un mayor número de circuitos asociados. Esto se puede estimar en base a otras tarjetas diseñadas previamente. Se suman las áreas de cada componente y se divide entre el área utilizable en el tamaño de la tarjeta propuesta. No se debe de incluir el área que va hacer utilizada por conectores, bordes de la tarjeta y área de montaje.

Esto arroja un índice de factibilidad del diseño expresado como un porcentaje. Un índice del 80% o menor indica que el diseño es posible. Si el índice se encuentra entre el 80% y el 90%, se tendrán que hacer consideraciones adicionales.

Si es mayor que el 90%, indicara que se tendrá que usar una tarjeta de mayor tamaño o que el circuito deberá ser dividido entre varias tarjetas más chicas.

Otro método sería usar las plantillas de componentes y colocarlos en forma aleatoria, dejando espacio para interconexiones, asegurándose de incluir espacio extra para interconexiones de circuitos integrados.

4.4) ANCHO Y ESPACIADO DE CONDUCTORES

Cuando se diseña una tarjeta de circuito es muy importante tener en consideración al ancho y espaciado de la "pista" del conductor. Si el ancho del conductor es muy pequeño, puede resultar en problemas de calor o falta de continuidad en el circuito. Si el espaciado es muy estrecho, resulta frecuentemente la causa de corto circuitos.

Por el contrario, si el ancho de los conductores y el espaciado es muy grande, resulta en desperdicio de espacio y aumento del costo.

El ancho y grosor de los conductores debe ser determinado en base a la capacidad de conducción de corriente requerida (Ver Gráfica 4.1). El tamaño máximo dentro del área disponible debe ser consistente con los requerimientos mínimos de espaciado. Esto debe mantenerse debido a la facilidad de manufactura y la durabilidad de uso.

Debe evitarse usar conductores mayores a 12.7 mm. (.500"). Si se desean áreas conductoras de mayor tamaño (como por ejemplo, en planos de tierra), se deben incorporar áreas de descanso para prevenir burbujas y deformaciones durante el soldado. Un ancho nominal de conductor de 1.27 mm. (.050") ó de 1.57 mm. (.062"), es recomendable para aplicaciones de bajo voltaje, siempre que el espacio lo permita. Ver la Tabla 4.1 para un sumario de los mínimos recomendables.

El espaciado de conductores debe determinarse considerando el voltaje pico entre conductores, la altitud a la que la tarjeta de circuito será usada, y las capas de revestimiento uniforme (conformal coatings) que se le aplicarán al circuito. Ver la Tabla 4.1 para los mínimos recomendables de espaciado. Un espaciado nominal entre conductores de .79 mm. (.031") ó de 1.27 mm. (.050") es recomendable para aplicaciones de bajo voltaje, siempre que el espacio lo permita. El espacio nominal entre un conductor y el borde de la tarjeta de circuito o equipo de montaje debe ser de 2.54 mm. (.100") a 6.35 mm. (.250").

La selección del ancho y espaciado de conductores debe tener un margen de error que permita variaciones en el proceso de manufactura tales como :

- 1) Exposición del patrón maestro (master).
- 2) Tipo de resistencia.
- 3) Variaciones en el grabado o laminado.

Ajustes al ancho del conductor que dan margen a variaciones de proceso se detallan en la Tabla 4.2 y son resumidas en la Tabla 4.1.

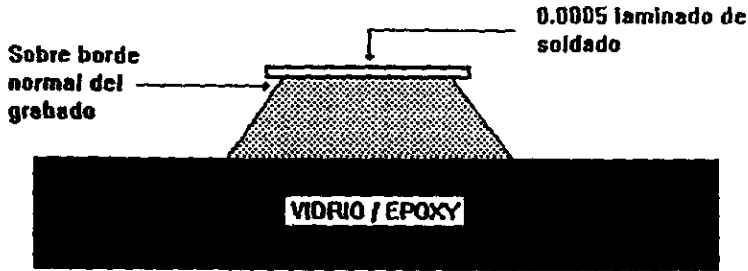


Figura 4.3) Sobre borde del grabado de conductores.

4.5) AGUJEROS DE TERMINALES DE COMPONENTES

Una tarjeta de circuito impreso debe de tener un agujero de montaje separado para cada guía o terminal de componente, y para cada extremo de cada puente o cable de interconexión a menos que las guías o cables se vayan a soldar juntos a terminales de tierra.

Los dos tipos básicos de agujeros de terminal que se usan en tarjetas de circuito impreso son los agujeros normales y los perforaciones conductivas (through holes). Los agujeros sin soporte no contienen ningún material conductor, laminado, soldadura, o algún tipo de refuerzo. Pueden ser taladrados o perforados en la tarjeta del circuito. Las perforaciones conductivas (through holes) laminadas empiezan como agujeros sin soporte. El material conductor es entonces depositado eléctricamente o "laminado" en las caras interiores formando una conexión eléctricamente conductiva entre las capas de la tarjeta de circuito. El laminado generalmente consiste en hoja de lata (tin lead) sobre cobre depositado eléctricamente.

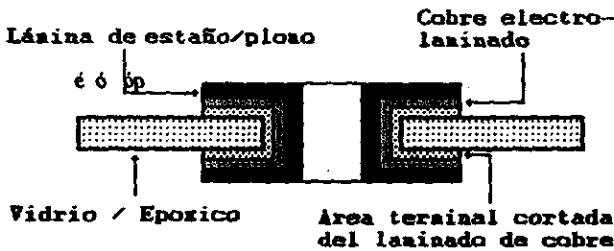


Figura 4.4) Corte transversal de un Perforación conductiva (through hole).

Las perforaciones conductivas (through holes) laminadas proveen una conexión de interfase entre capas de gran confiabilidad, y debe ser usados en toda producción a gran escala de tarjetas multi-capas (sandwich). Siempre que los requerimientos dicten que algunos de los agujeros sean perforaciones conductivas (through holes) laminadas, todos los agujeros deberán ser especificados como perforaciones

conductivas (through holes) laminadas para reducir costos de perforación. Aquellas tarjetas que tienen ambos tipos de agujeros requieren de dos operaciones de perforación (las perforaciones conductivas (through holes) laminadas se perforan antes del grabado). La segunda operación de perforación (después del grabado y laminado) es mucho más lenta debido a que la capa laminada frena las brocas.

Para determinar el diámetro mínimo para un agujero sin soporte, hay que usar la siguiente fórmula:

$$\text{Diámetro min. del agujero} = \text{Diámetro max. de la guía} + \text{Tolerancia min. de la Broca}$$

(Ajustese al siguiente tamaño mayor de broca)

Las tolerancias sugeridas para agujeros se listan en la Tabla 4.1. Para perforaciones conductivas (through holes) laminadas, sumar el grosor del laminado más la tolerancia máxima del laminado. Generalmente el grosor del laminado se especifica como un mínimo con una tolerancia aceptada de -0, +100%.

Un agujero sin soporte no debe ser más de .51 mm. (.020") mayor que la mínima guía que se vaya a insertar. Para perforaciones conductivas (through holes) laminadas, este valor puede incrementarse a .71 mm. (.028").

El número de tamaños de agujero diferentes en una tarjeta de circuito debe mantenerse a un mínimo. A medida que el número de tamaños de agujero diferentes aumenta, también aumenta el costo y la dificultad de manufactura de la tarjeta. Generalmente de 3 a 5 tamaños distintos pueden acomodar a la mayoría de los componentes. Ver la Tabla 4.3 para sugerencias de tamaños estándar de agujeros.

El espaciado de agujeros debe ser tal que las áreas terminales que rodean los agujeros cumplan con los requerimientos mínimos de espaciado de conductores. El espacio entre agujeros debe ser al menos igual o mayor que el grosor de la tarjeta o el diámetro del agujero, el que sea menor.

4.6 ÁREAS TERMINALES (PADS)

Un área terminal es una parte del circuito impreso que se utiliza para conexiones eléctricas entre un componente o cable y parte del patrón conductivo del circuito. Debe existir un área terminal para cada guía de componente o cable. Generalmente, deben rodear e incluir completamente los agujeros de montaje. Una excepción a esto sería cuando se utilizan componentes del tipo "flat pack" con guía de "listón" planas para montarse sobre la superficie de la tarjeta, o también cuando se utiliza una terminal "offset" adyacente al agujero de montaje en conjunción con una guía de enganche. Cuando se usan áreas de terminal offset, deben ser colocadas a suficiente distancia de los agujeros de montaje para permitir el cortado de las guías de los componentes, como paso preliminar al desoldar.

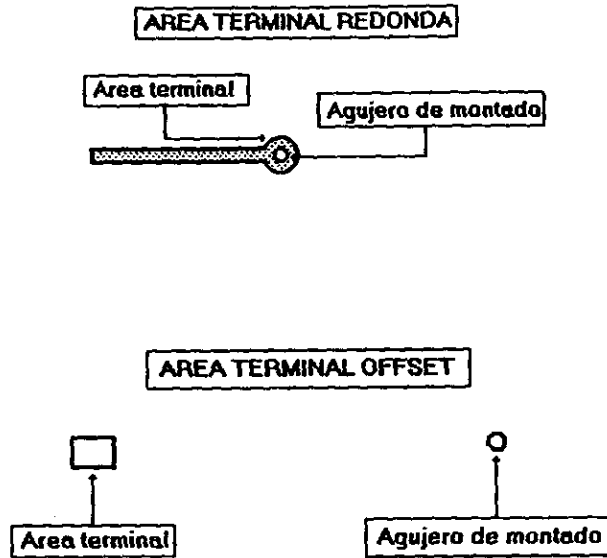


Figura 4.5) Área terminal.

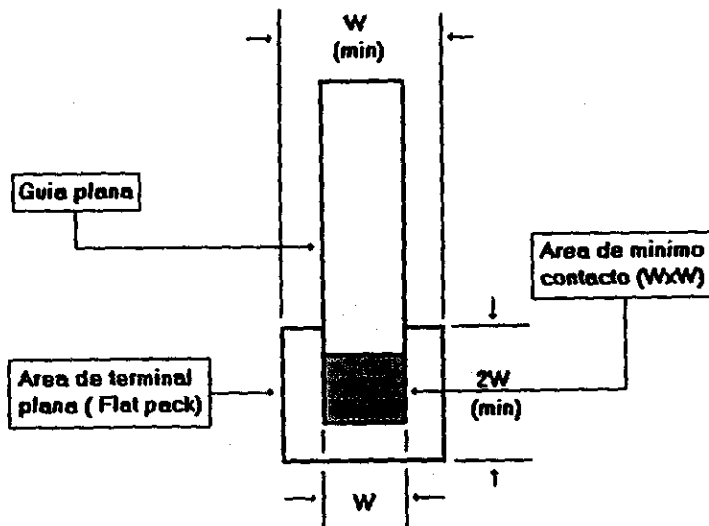


Figura 4.6) Área terminal plana

La forma de las áreas de terminal varía con las preferencias del diseñador. Sin embargo, algunas formas tienen ciertas ventajas y desventajas de diseño específicas. Las áreas de terminal cuadradas o rectangulares como se muestra en la figura 4.6, proveen la máxima adhesión de la terminal (pad) de cobre a la tarjeta del circuito. Son útiles cuando se requiere un agujero de componente bastante grande y existe un mínimo de área de terminal utilizable. Por otro lado, Las áreas terminales con lados rectos como cuadros, rectángulos u óvalos, si se colocan en gran proximidad a guías u otras áreas terminales, pueden contribuir a problemas de puente de soldadura durante el soldado en onda. Las áreas terminales redondas o elípticas reducen el puente de soldadura bajo las mismas circunstancias.

Algunos diseñadores prefieren el uso de áreas de terminal en forma de gota. Los filetes donde la guía se encuentra con el área terminal provee una conexión mecánica más fuerte, y al mismo tiempo provee una base para guías de enganche. Las plantillas de diseño para áreas de terminal en forma de gota son difíciles de alinear y no pueden ser utilizadas con técnicas de dibujo master de áreas de terminal a menos que se utilicen ayudas de diseño de filete separadas. Con las mejoras que ha habido en calidad y el incremento en requerimientos de densidad de las tarjetas de circuito, la mayoría de los diseñadores encuentra innecesario el uso de áreas de terminal en forma de gota como se muestra en la figura 4.7.

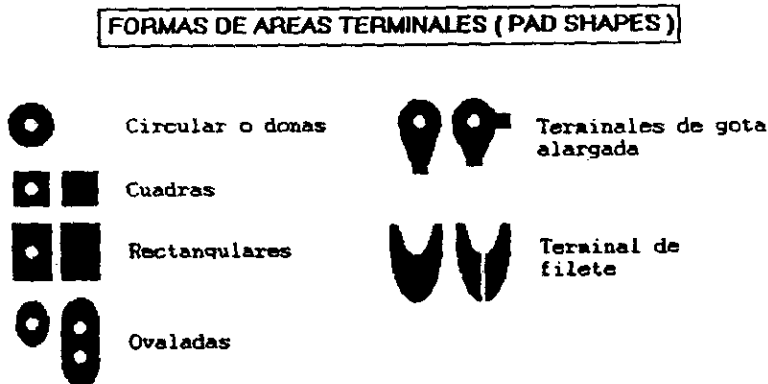


Figura 4.7) Formas de áreas terminales.

El tamaño de áreas de terminal debe ser tan grande como sea práctico y al mismo tiempo mantener una densidad de diseño consistente con los requerimientos mínimos de espaciado. El área de terminal mínima debe basarse en los siguientes criterios:

- 1.- Tamaño máximo del agujero
- 2.- Tolerancia del emplazamiento del agujero
- 3.- Tolerancia del emplazamiento del área terminal
- 4.- Mínimo anillo anular requerido

El tamaño máximo del agujero se determina por el diámetro de la guía, la tolerancia de la broca y, en el caso de la perforación conductiva (through hole) laminada, el grosor y tolerancia del laminado (Consultar la sección de Agujeros de Terminales de Componentes para una información más detallada sobre la determinación de tamaños de agujeros). La tolerancia del emplazamiento del agujero es la precisión con la

que un agujero puede ser localizado en relación a su posición real cuando es perforado (Ver la Tabla 4.1 para tolerancias sugeridas de emplazamiento de agujeros).

El área terminal o tolerancia del emplazamiento de elementos es la precisión dentro de la cual un área terminal u otra característica del circuito aparecerán en la tarjeta de circuito ya armada en relación con la posición deseada realmente. Varios factores influyen esta tolerancia (por ejemplo, el emplazamiento de las áreas terminales en el dibujo, precisión del enrejado del pre-diseño, el registro de las capas del dibujo, el registro del patrón maestro en la tarjeta, la calidad de la reducción, etc.). Las tolerancias sugeridas para emplazamiento de elementos se listan en la Tabla 4.1.

Las tolerancias de procesamiento de conductores se tratan en la sección "Ancho y Espaciado de Conductores", se listan en la Tabla 4.2 y están resumidos en la Tabla 4.1.

El mínimo anillo anular requerido es la parte más pequeña de una tira circular de material conductor que rodea un agujero de montaje que será suficiente para los requerimientos del diseño. MIL-STD-275D especifica .38 mm. (.015") para el anillo anular mínimo que rodea un agujero sin soporte. Para una perforación conductiva (through hole) laminada, se especifica un mínimo de .13 mm. (.005") para capas externas y .05 mm. (.002") para capas internas de tarjetas multi-capa (sandwich).

La fórmula para calcular el área terminal mínima es:

$$TA + H + L \text{ tol} + CP \text{ tol} + 2 AR$$

Donde :

- TA = Área terminal mínima
- H = Máximo diámetro de agujero (Ver sección "Agujeros de Terminales de Componentes")
- L tol = Tolerancia de emplazamiento
- Doble lado y Multi-capas: Tolerancia del emplazamiento de agujero 2x o Tolerancia de emplazamiento de elemento 2x, el que sea mayor.
- Un sólo lado: Tolerancia del emplazamiento de agujero más la Tolerancia de emplazamiento de elemento.
- CP tol = Tolerancia de procesamiento del conductor (el "menos" Tolerancia de Ancho de Conductor expresado como una cantidad "mas").
- AR = Requerimiento mínimo de anillo anular.

La Tabla 4.3 lista las áreas de terminal sugeridas además de sus correspondientes donas Bishop en escalas 1x, 2x y 4x para tamaños estándar de agujeros sin laminar y perforaciones conductivas (through holes) laminadas, basándose en los criterios explicados previamente.

4.7) PLANOS DE TIERRA

Un plano de tierra es un área conductiva continua que es usada como un punto de referencia común para retornos de circuito, potenciales de señal, recubrimiento o dispersión de calor.

Los planos de tierra que excedan un círculo de 12.7 mm. (.50"), deben ser cortados (relevados) a un patrón "rayado" o "cuadrulado" (ver abajo) con el área no conductiva equivaliendo aproximadamente al 50% del área conductiva. Esto previene burbujas y deformaciones durante las operaciones de soldado.

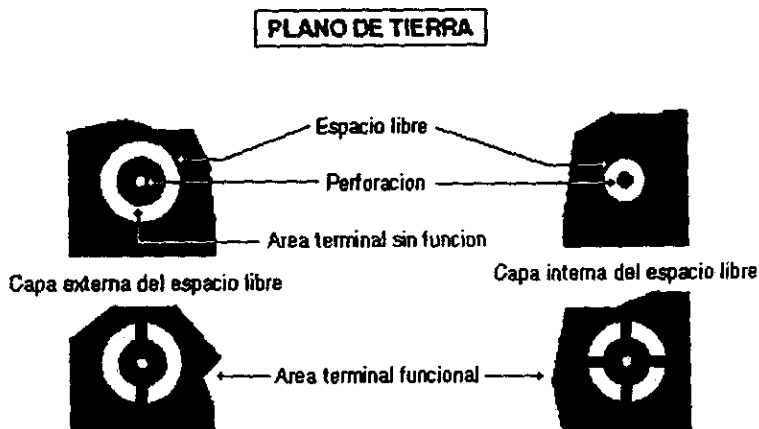


Figura 4.8) Planos de tierra.

Se debe proveer espacio libre adecuado alrededor de áreas de terminales no funcionales en planos de tierra de tarjeta de circuito multi-capas (sandwich). No es necesario usar un área terminal no funcional si un diámetro (generalmente del tamaño del área terminal) es dejado libre alrededor del agujero.

Cuando un agujero termina en un plano de tierra y se requiere continuidad eléctrica, se debe usar un área terminal. Se debe proveer espacio libre entre el área terminal y el plano de tierra para dos o cuatro conexiones para conservar la continuidad eléctrica. Esto previene "heat sinking" del área terminal durante las operaciones de soldado que de otra forma podría resultar en una unión de soldado inferior o poco confiable.

4.8) MONTAJE DE COMPONENTES

Los componentes deben estar siempre montados del lado de la tarjeta del circuito impreso que tenga la menor cantidad de circuito. Deben ser colocados de forma que su eje mayor sea paralelo al borde de la tarjeta y al flujo de aire frío si es que se aplica. Además debe hacer el esfuerzo de colocar los componentes paralelos (preferiblemente) o perpendiculares unos a otros de forma de dar una imagen ordenada, pero no a costa de un buen diseño funcional. También deben ser colocados de forma que los códigos de sus valores

se puedan leer en la misma dirección, preferentemente de arriba hacia abajo y que sean visibles las marcas de polaridad.

Ninguna parte de un componente debe proyectarse más allá del borde de la tarjeta a menos que su función así lo requiera. Típicamente, un área libre mínima de 1.57 mm. (.62") es la que se mantiene entre un componente y el borde de la tarjeta, guía de la tarjeta, u otro equipo de montaje. Todos los componentes deben estar montados de forma de no obstruir el cambio o instalación de otros componentes.

Aquellos componentes que pesen 7.1 gramos ($\frac{1}{4}$ oz.) o más por guía deben ser siempre montados usando abrazaderas u otro medio de soporte de manera de no depender de la soldadura para soporte mecánico.

Todas las partes que disipen 1 watt o más debe ser montadas de forma que el cuerpo de la parte no esté en contacto directo con la tarjeta del circuito a menos que se usen disipadores de calor como planos de tierra termales, etc.

Las guías de los componentes o partes con empaques conductivos deben ser montadas a por lo menos 1.57 mm. (.62") del patrón conductivo (mientras sea compatible con los datos de espaciado, voltaje/altitud/laminado de la Tabla 4.4). Si el ajustarse a los requerimientos mínimos de espaciado no resulta práctico, se puede usar aislamiento entre los conductores y las guías o empaques de las partes.

Los guías de componentes cuyo eje está montado horizontalmente deben ser fijados de manera que el cuerpo de la parte esté en contacto con la tarjeta del circuito. Sin embargo, los componentes no deben ser colocados en contacto con más de un conductor a menos que la superficie de la tarjeta esté protegida apropiadamente contra trampas de humedad.

Cuando las guías de componentes están montadas verticalmente, debe ser espaciadas a un mínimo de .38 mm. (.125") sobre la superficie de la tarjeta para permitir buenas uniones de soldadura y limpieza adecuada.

El punto más alto de la guía superior no debe extenderse a más de 13.97 mm. (.550") sobre la superficie de la tarjeta.

La guía inferior debe ir directo hacia la tarjeta, mientras que la superior debe estar doblada 180° alrededor del cuerpo del componente y hacia abajo en dirección de la tarjeta. La guía superior debe estar aislada para prevenir contacto con otros elementos conductivos.

Los componentes con guías radiales deben ser montados dentro de un rango de 15° de perpendicularidad a menos que un empaque demasiado grande haga esto poco práctico. En este caso, deben ser montados con una superficie lateral en contacto con la tarjeta y las guías dobladas hacia abajo a un ángulo de 90°. Si los componentes montados verticalmente tienen recubrimiento que se extiende desde el cuerpo hasta las guías, entonces debe ser montados de forma que el recubrimiento se encuentre a un mínimo de 1.52 mm. (.060") de la superficie de la tarjeta para prevenir interferencia con la unión de soldadura.

Los componentes en empaques de transistores pueden ser montados vertical u horizontalmente. Cuando se monten horizontalmente los empaques deben ser fijados a la tarjeta usando clips u otros fijadores mecánicos. Para montados verticales (que es lo más común) el paquete debe ser espaciado de .38 mm. (.015") a 3.18 mm. (.125") por arriba de la tarjeta para permitir flujo de cambio. La base del componente debe estar paralela a la superficie de la tarjeta en un rango no mayor de 1.27 mm. (.050").

Para determinar el espaciado de guías de componentes de guías axiales, IPC-CM-770B (sugerido) propone que la guía debe extenderse nominalmente 1.52 mm. (.060") directamente hacia afuera del cuerpo del componente antes de iniciar la curvatura. Se recomienda un empaque mínimo de alta densidad de .76 mm. (.030") como mínimo extensión de la guía antes de la curvatura de acuerdo con MIL-STD-275D.

Tanto las especificaciones del IPC y MIL-STD sugieren un radio de curvatura mínimo equivalente a una o dos veces (dependiendo del diámetro máximo de la guía) el diámetro máximo de las guías.

Para determinar el espaciado mínimo de guías para componentes de guías axiales, se puede usar la siguiente fórmula :

$$LS (MIN) = CL (MAX) + 2 (LE) + 2 (BR MIN) + LD$$

Donde :

LS = Espaciado de guías. Este valor debe redondearse al incremento de enrejado estandar inmediato superior (Ver sección "Sistema de Enrejado").

CL (MAX) = Máxima longitud de componente. Esto incluye capa (coating) mínima, sello de soldadura, o cualquier otra extensión.

LE = Extensión de la guía. 2x el diámetro de la guía.

BR MIN = Radio mínimo de curvatura.

DIÁMETRO DE GUÍA	MIN. RADIO DE CURVATURA
Hasta 0.69 mm. (.027")	1x Diámetro de la Guía
0.70 mm. (.028") - 1.19 mm. (.047")	1.5x Diámetro de la Guía
Más de 1.19 mm. (.047")	2x Diámetro de la Guía

LD = Diámetro de la guía (2x Radio de la Guía).

Ejemplo :

CL (MAX) = 7.11 mm. (.280")
 LE = 0.76 mm. (.030") (MIN)
 BR MIN = 0.66 mm. (.026") (1x LD)
 LD = 0.66 mm. (.026")
 LS (MIN) = 7.11 + 2(.76) + 2(.66) + .66 = 10.61 mm.

ESPACIO DE GUÍAS DE COMPONENTES	SISTEMA DE ENREJADO
12.70 mm. (.500")	2.54 mm. (.100")
11.43 mm. (.450")	1.27 mm. (.050")
10.80 mm. (.425")	0.64 mm. (.025")

Tabla 4.5) Espacio de guías de componentes.

Existen factores adicionales que hay que considerar cuando una tarjeta está siendo diseñada para inserción automática de componentes (NC). Generalmente se requieren un mínimo de dos agujeros para manipulación de tarjeta con una colocación y tamaño de precisión dentro del área recta de la tarjeta más grande.

Los agujeros de montaje de componentes deben agrandarse para acomodar factores de tolerancia adicional (por ejemplo, precisión de localización del equipo de inserción y el ajuste entre el pasador de sujeción y el agujero para manipulación de tarjeta). Para propósitos prácticos, el agregar .20 mm. (.008") a los diámetros estándar de los agujeros de montaje de componentes permitirá cumplir con estos factores de tolerancia. (Ver sección de "Agujeros de Terminales de Componentes").

La colocación de componentes es más significativa cuando se diseña para inserción automática. Es preferible tener a todos los componentes en un mismo eje con un espaciado y orientación de guías común. Cambios adicionales de manufactura, programación y manejo, pueden llegar a ser requeridos debido a variantes. Después de esto, la mejor opción es tener a todos los componentes en el mismo eje con un espaciado de guías común. Luego sigue, en orden de preferencia, el variar el espaciado de guías, y finalmente el usar más de un eje. El espaciado de guías de ejes debe ser de un mínimo de 7.62 mm. (.300") y un máximo de 33.02 mm. (1.300") de acuerdo a las recomendaciones de IPC.

En cuanto a otros requerimientos específicos y limitaciones con respecto a tamaño de la tarjeta, tipos y tamaños de componentes, espacios libres, etc., lo más aconsejable es consultar con el fabricante del equipo de inserción automática que se esté utilizando. IPC-CM-770B (revisión propuesta), es una referencia excelente en cuanto a datos para diseño por inserción automática.

4.9) MASCARAS DE SOLDADURA

La soldadura de ola se ha convertido en el método más común para fijar componentes a tarjetas de circuito impreso. Con esta técnica una "ola" de soldadura derretida es pasada sobre el lado de la tarjeta que tiene el circuito, haciendo de esta manera todas las conexiones. Para prevenir "puente" (corto de conductores adyacentes con exceso de soldadura), un revestimiento de polímero, llamado una máscara de soldadura, es aplicado a la tarjeta cubriendo todos los conductores con excepción de las áreas terminales (pads), tierras de conectores, y puntos de prueba.

Además de la prevención contra el puente, las máscaras de soldadura proveen aislamiento y protección física al circuito, logran que se aplique menos soldadura y minimizan la contaminación metálica causada por corrientes de soldadura. El material de la máscara de soldadura es aplicado a la tarjeta ya sea por líquido sensibilizado o por un revestimiento de imagen foto sensible o una película de laminado. Para dar cabida a tolerancias de procesamiento, las áreas libres para áreas terminales deben ser de .25 mm. (.010") a 1.02 mm. (.040") mayor que las áreas terminales.

4.10) CONSIDERACIONES EN DIMENSIONES Y TOLERANCIAS.

La información presentada en la tabla 4.1 y figura 4.9 es solamente de referencia. La tabla 4.1 se basa en una compilación de varios estándares militares (MIL-STD) y de las especificaciones del Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits (IPC). Las clases de materiales y procesos en el lado izquierdo de la tabla nos indica un aumento progresivo de complejidad y sofisticación. El uso de una sola especificación no quiere decir que sea estándar para otras aplicaciones. Los requerimientos de diseño

ESTA TEXTO NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

siempre deberán de ser consultados con el fabricante de circuitos impresos, ya que en el proceso de fabricación podrá haber una variación en el mismo.

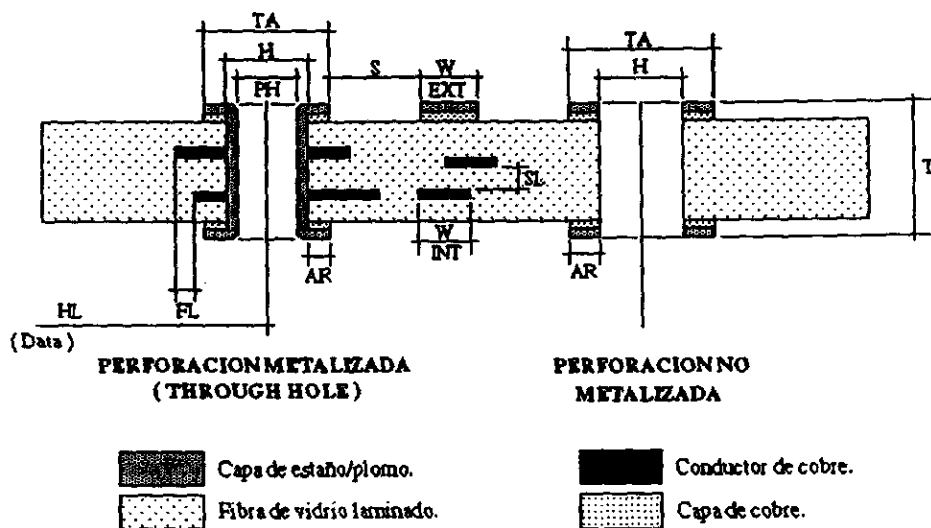


Figura 4.9) Corte transversal de un circuito impreso multi-capas

FALTAN PAGINAS

De la: **81**

A la: **82**

CONSIDERACIONES GENERALES Y SIMBOLOGÍA		ELECTRÓNICO	CLASES DE MATERIALES Y PROCESOS				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN		PRETERITO		ESTANILAR	MODIFICACIONES PRODUCTIVIDAD	
			CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	CLASE 5
T	Espesor de la tarjeta normal (de una o doble cara) Máximo	MIL-STD-275D	1.37 mm (0.052")		3.81 mm (0.150")		0.79 mm (0.031")
T ad.	Tolerancia del espesor de la tarjeta (1) de una o doble cara. Limitado: Esp 0.79 mm (0.031") Esp 1.57 mm (0.062") Esp 2.36 mm (0.093") Esp 3.18 mm (0.125") Esp 4.35 mm (0.150") Tarjeta terminada	MIL-STD-1304WE	± 0.17 mm (0.0065") ± 0.19 mm (0.0075") ± 0.23 mm (0.0090") ± 0.30 mm (0.0120") ± 0.34 mm (0.0130")		± 0.10 mm (0.004") ± 0.13 mm (0.005") ± 0.18 mm (0.007") ± 0.23 mm (0.009") ± 0.30 mm (0.012")		± 0.08 mm (0.003") ± 0.08 mm (0.003") ± 0.10 mm (0.004") ± 0.13 mm (0.005") ± 0.15 mm (0.006")
MDT	Espesor mínimo de la multicapa dieléctrica	MIL-STD-275D	0.20 mm (0.008")		0.15 mm (0.006")		0.09 mm (0.0035")
L	Cantidad de conductores conductores (2)	MIL-STD-275D	Seis		Ocho		Veinte
W	Ancho del conductor (mínimo) (3)	MIL-STD-275D	0.30 mm (0.012")		0.25 mm (0.010")		0.20 mm (0.008")
W ad.	Tolerancia del ancho del conductor (4) MIL-STD & IPC (Multicapa) sin construido (Estándar/planos). Con estándar IPC (una o doble cara) Sin estándar Con estándar	MIL-STD-275D IPC-MIL-910A IPC-D-300F	± 0.10 mm (0.004") - 0.15 mm (0.006") - 0.20 mm (0.008") - 0.15 mm (0.006")		+ 0.05 mm (0.002") - 0.15 mm (0.006") + 0.10 mm (0.004") - 0.10 mm (0.004")		+ 0.05 mm (0.002") - 0.08 mm (0.003") + 0.05 mm (0.002") - 0.05 mm (0.002")
S	Espequeamiento entre conductores (mínimo) (5) MIL-STD & IPC (multicapa)	MIL-STD-275D IPC-MIL-910A	0.31 mm (0.020")		0.25 mm (0.010")		0.13 mm (0.005")
SE	Espequeamiento entre conductores (mín) con respecto al borde de la tarjeta (5) MIL-STD & IPC (Multicapa) Inactivo Activo	MIL-STD-275D IPC-MIL-910A	2.54 mm (0.100") 2.54 mm (0.100")		1.27 mm (0.050") 2.54 mm (0.100")		0.64 mm (0.025") 2.54 mm (0.100")
SL	Espequeamiento mínimo vacío conductores en multicapa	IPC-MIL-910A	0.18 mm (0.007")		0.13 mm (0.005")		0.08 mm (0.003")
H	Diám. de la part. no montada Máximo Mínimo	IPC-D-300F MIL-STD-275D	3/32 (Máx) 60% 1/32 (Mín) 50%		3/16T (máx) 50% 1/16T (Mín) 25%		1/32T (Máx) 25% 1/32T (Mín) 20%
H ad.	Tolerancia de la perforación (7) MIL-STD & IPC (multicapa) (estructura señal) base: 0.31 mm (0.012") Diám. 0.61 mm (0.024") Diám. 1.01 mm (0.040") Diám. IPC (una o doble cara) base: 0.61 mm (0.024") Diám. 0.81 mm (0.032") Diám. 1.01 mm (0.040") Diám. 1.27 mm (0.050") Diám.	MIL-STD-275D IPC-MIL-910A IPC-D-300F	0.10 mm (0.004") 0.15 mm (0.006") 0.20 mm (0.008") ± 0.06 mm (0.002") ± 0.05 mm (0.002") ± 0.10 mm (0.004") ± 0.08 mm (0.003") ± 0.11 mm (0.005") ± 0.10 mm (0.004")		0.08 mm (0.003") 0.10 mm (0.004") 0.15 mm (0.006") ± 0.03 mm (0.001") ± 0.05 mm (0.002") ± 0.05 mm (0.002") ± 0.06 mm (0.002")		0.05 mm (0.002") 0.08 mm (0.003") 0.10 mm (0.004") ± 0.03 mm (0.001") ± 0.03 mm (0.001") ± 0.03 mm (0.001") ± 0.03 mm (0.001") - 0.05 mm (0.002") ± 0.05 mm (0.002") ± 0.03 mm (0.001") - 0.5 mm (0.020")

Tabla 4.1) Consideraciones de dimensiones y tolerancias.

		CEROS DE MATERIALES DE FIBRA Y PROCESOS				
		MATERIALES		PROCESOS		APLICACIONES DE FIBRA Y PROCESOS
		CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	
PM	Diámetro de la perforación normalizada (through hole) (R)	MIL-STD-275D IPC-MIL-910A	1/ST (Max) 3%	1AT (Max) 2%	1/ST (Max) 30%	
	Máximo		Diámetro mínimo de la capa de plomo: + 0.71 mm (0.028")			
	Mínimo	MIL-STD-275D	Espesor nominal de la capa de plomo: + 0.71 mm (0.028")			
PR cal.	Tolerancia del diámetro de la perf. normalizada (through hole) (R)(V)	MIL-STD-275D IPC-MIL-910A	0.20 mm (0.008") 0.25 mm (0.010") 0.30 mm (0.012")	0.13 mm (0.005") 0.15 mm (0.006") 0.20 mm (0.008")	0.10 mm (0.004") 0.10 mm (0.004") 0.15 mm (0.006")	
	IPC (Una & doble cara) hasta: 0.81 mm (0.032") Diám. 0.82 mm (0.032") - 1.40 mm (0.055") Diám. 1.41 mm (0.056") - 4.76 mm (0.187") Diám.	IPC-D-300F	+ 0.13 mm (0.005") + 0.15 mm (0.006") + 0.18 mm (0.007")	+ 0.08 mm (0.003") + 0.10 mm (0.004") + 0.13 mm (0.005")	+ 0.05 mm (0.002") + 0.08 mm (0.003") + 0.10 mm (0.004")	+ 0.03 mm (0.001") + 0.05 mm (0.002") + 0.10 mm (0.004")
RL cal.	Tolerancia de la localización de la perforación (tanto con respecto a la posición de la perforación MIL-STD & IPC (Múltiples) Trazos hasta: 30.5 cm (12") más de 30.5 cm (12") IPC (una & doble cara) < 15.2 cm (6") del diám. > 15.2 cm (6") del diám.	MIL-STD-275D IPC-MIL-910A	0.13 mm (0.005") 0.18 mm (0.007")	0.08 mm (0.003") 0.13 mm (0.005")	0.05 mm (0.002") 0.08 mm (0.003")	
	IPC (una & doble cara) < 15.2 cm (6") del diám. > 15.2 cm (6") del diám.	IPC-D-300F	0.25 mm (0.010") 0.36 mm (0.014")	0.18 mm (0.007") 0.25 mm (0.010")	0.13 mm (0.005") 0.18 mm (0.007")	0.08 mm (0.003") 0.13 mm (0.005")
AR	Una mínima del medio anular (no estándar)	MIL-STD-275D	0.36 mm (0.014")			
	Tolerancia normalizada y estándar	MIL-STD-275D	0.20 mm (0.008") 0.25 mm (0.010")	0.13 mm (0.005") 0.20 mm (0.008")	0.05 mm (0.002") 0.13 mm (0.005")	
	MIL-STD Interior	IPC-MIL-910A	0.13 mm (0.005")	0.05 mm (0.002")	0.03 mm (0.001")	
	IPC Interior	IPC Exterior	0.25 mm (0.010")	0.13 mm (0.005")	0.05 mm (0.002")	
TA	Una mínima en la longitud	MIL-STD-275D	Diámetro mínimo del fondo de la perforación: + 0.51 mm (0.020") o diámetro nominal de la perforación normalizada: + 1.02 mm (0.040")			
FL cal.	Tolerancia de localización en un eje respecto al medio y la variación de posición del conductor con respecto a la perforación.	MIL-STD-275D IPC-MIL-910A	0.30 mm (0.008") 0.25 mm (0.010")	0.18 mm (0.007") 0.23 mm (0.009")	0.15 mm (0.006") 0.20 mm (0.008")	
	MIL-STD & IPC < 30.5 cm (12") Múltiples > 30.5 cm (12") IPC una cara < 15.2 mm (6") (11) Doble cara > 15.2 mm (6") (11)	IPC-D-300F	0.33 mm (0.013") 0.64 mm (0.025")	0.36 mm (0.014") 0.46 mm (0.018")	0.25 mm (0.010") 0.36 mm (0.014")	0.18 mm (0.007") 0.25 mm (0.010")

Notas:

- 1) Las tolerancias de espesor de la tarjeta se aplican cuando el diámetro base de la tarjeta es de fibra de vidrio (resina de vidrio) cubierta con una capa de cobre.
- 2) El espesor de conductores por capa deberá de ser el mínimo en las especificaciones de la tarjeta para ser capaz de hacer una buena soldadura de la misma.
- 3) El ancho y espesor de las conducturas deberá de ser dimensionado en base al requerimiento de corriente que deberá de circular através de ellas. La temperatura permitida deberá de ser dimensionado por medio de la grafica 4.1.
- 4) Las tolerancias del resto de las características son dadas por el fabricante por procesos estándares de fabricación, estas tolerancias deberán de ser dimensionado con el fabricante de circuitos impresos. Estas tolerancias estas tolerancias en relación a una capa de cobre de 2 milésimas. Para 1 milésima una variación de 0.025 mm (0.001") pueden ser aplicadas en los bordes de los conductores. El dibujo muestra solo debe de indicar las tolerancias mínimas del resto de las características y el fabricante debe ellas.
- 5) Las dimensiones mínimas de especificaciones están indicadas por la cantidad de líneas. Ver la tabla 4.1 para tener información más detallada con respecto a símbolos y expresiones de la capa de cobre.
- 6) Se pegan con resina.
- 7) Las tolerancias mínimas con respecto al espesor del material base mayor que e incluye de 1.50 mm (0.0625"). Para espesores mínimos espesor a 1.50 mm (0.0625") se deberá de aumentar ±0.025 mm (0.001") por cada tolerancia.
- 8) Todas las tolerancias relacionadas a las perforaciones normalizadas (through hole) se una con respecto al diámetro de las perforaciones normalizadas ya estándar.
- 9) Las tolerancias mínimas con sus perforaciones no estándar o no están del espesor de la tarjeta. Las tolerancias pueden variar para cualquier aplicación de fibra de vidrio. Para perforaciones con un ancho mínimo de 1/2 del espesor de la tarjeta, se deberá de aumentar ±0.025 mm (0.001") a estas tolerancias. Para radios mayores de 16 se deberá de aumentar ± 0.05 mm (0.002")
- 10) MIL-STD que incluyen como preferencias solamente. Para dimensionar la longitud favor de leer la sección de Areas estándar (Págs).
- 11) Las tolerancias son proporcionadas cuando la dim es proporcionada.

Tabla 4.1) Consideraciones de dimensiones y tolerancias (continuación).

TAMBIEN SE CONSIDERAN		DIAM		DIAM		DIAM		DIAM		DIAM		DIAM	
AWG		MIL		MIL		MIL		MIL		MIL		MIL	
AWG		MIL		MIL		MIL		MIL		MIL		MIL	
34	0.1600(0063)	0.514(0.020)	0.1274(0.005)	D168	D177	D388	D174	D376	D194	D191	D135	D194	D191
33	0.1800(0071)	0.514(0.020)	0.1274(0.005)	D168	D177	D388	D174	D376	D194	D191	D135	D194	D191
32	0.2000(0080)	0.514(0.020)	0.1274(0.005)	D168	D177	D388	D174	D376	D194	D191	D135	D194	D191
31	0.2240(0.0089)	0.514(0.020)	0.1274(0.005)	D168	D177	D388	D174	D376	D194	D191	D135	D194	D191
30	0.2540(0.0100)	0.514(0.020)	0.1274(0.005)	D168	D177	D388	D174	D376	D194	D191	D135	D194	D191
28	0.2870(0.0113)	0.514(0.020)	0.1274(0.005)	D168	D177	D388	D174	D376	D194	D191	D135	D194	D191
28	0.3300(0.0136)	0.764(0.030)	0.1274(0.005)	D224	D245	D111	D263	D311	D176	D139	D134	D176	D139
27	0.3610(0.0142)	0.764(0.030)	0.1274(0.005)	D224	D245	D111	D263	D311	D176	D139	D134	D176	D139
26	0.4040(0.0154)	0.764(0.030)	0.1274(0.005)	D224	D245	D111	D263	D311	D176	D139	D134	D176	D139
25	0.4550(0.0179)	0.764(0.030)	0.1274(0.005)	D224	D245	D111	D263	D311	D176	D139	D134	D176	D139
24	0.5110(0.0204)	0.764(0.030)	0.1274(0.005)	D224	D245	D111	D263	D311	D176	D139	D134	D176	D139
23	0.5740(0.0229)	0.764(0.030)	0.1274(0.005)	D224	D245	D111	D263	D311	D176	D139	D134	D176	D139
22	0.6340(0.0253)	1.020(0.040)	0.1534(0.006)	D189	D193	D377	D248	D372	D373	D286	D276	D373	D286
21	0.7240(0.0288)	1.020(0.040)	0.1534(0.006)	D189	D193	D377	D248	D372	D373	D286	D276	D373	D286
20	0.8130(0.0320)	1.350(0.052)	0.1534(0.006)	D279	D286	D113	D284	D181	D374	D347	D371	D374	D347
19	0.9130(0.0359)	1.350(0.052)	0.1534(0.006)	D279	D286	D113	D284	D181	D374	D347	D371	D374	D347
18	1.0240(0.0403)	1.700(0.067)	0.1786(0.007)	D113	D183	D224	D286	D181	D115	D184	D181	D115	D184
17	1.1510(0.0453)	1.700(0.067)	0.1786(0.007)	D113	D183	D224	D286	D181	D115	D184	D181	D115	D184
16	1.2900(0.0508)	1.700(0.067)	0.1786(0.007)	D113	D183	D224	D286	D181	D115	D184	D181	D115	D184
15	1.4380(0.0571)	1.700(0.067)	0.1786(0.007)	D113	D183	D224	D286	D181	D115	D184	D181	D115	D184

Nota: Esta tabla fue hecha en base a 2 oz/pie² de cobre y una capa de estaño/plomo. La perforación conductiva (through hole) una capa de cobre con un mínimo de 0.025 mm (0.001 pulg) y una capa de estaño/plomo con un espesor de 0.025 mm (0.001 pulg).

Tabla 4.3 b) Areas terminales recomendadas para perforaciones conductivas (through holes).

DIMENSIONES FINALES DEL ANCHO DEL CONDUCTOR DESPUES DEL ATACADO DEPENDIENDO DE LOS SIGUIENTES PUNTOS

- 1) Opacidad de la cinta a la fotografia.
- 2) Tolerancia del ancho de la cinta.
- 3) Sobre o insuficiente revelado en la foto reduccion
- 4) Espesor del cobre laminado.
- 5) Proceso de manufactura.

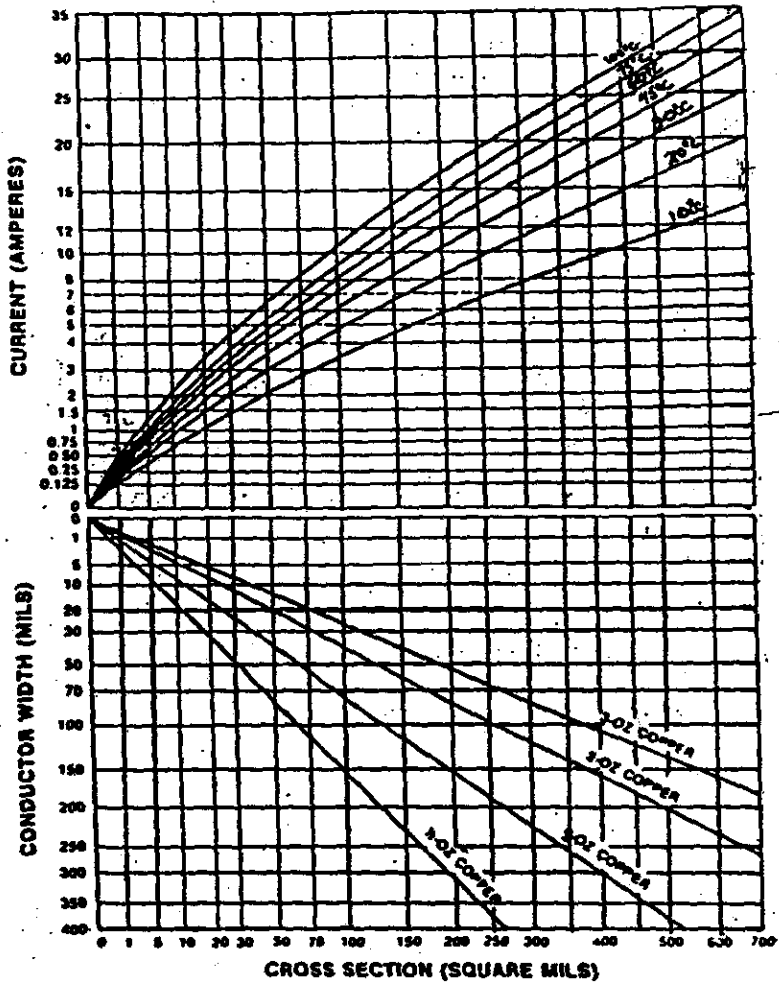
Generalmente las tolerancias siguientes pueden ser mantenidas (las dimensiones estan basados en la reduccion del diseño maestro 1:1 (artwork))

CHAPADO (plating)	MATERIAL CONDUCTIVO	ANCHO DEL CONDUCTOR	
		mm	Pulg
Sin cobrizado	2 oz de cobre	± 0.127	± 0.005
	1 oz de cobre	± 0.076	± 0.003
	1/2 oz de cobre	± 0.025	± 0.001
Cobrizado de la capa de cobre con un deposito minimo de 0.025 mm (0.001 pulg)	2 oz de cobre	0.127	0.005
	1 oz de cobre	-0.203	-0.008
		0.076	0.003
		-0.127	-0.005
	1/2 oz de cobre	0.025	0.001
		-0.076	-0.003
Patron cobrizado con un deposito minimo de cobre de 0.025 mm (0.001 pulg)	2 oz de cobre	± 0.0127	± 0.005
	1 oz de cobre	± 0.076	± 0.003
	1/2 oz de cobre	± 0.038	± 0.0015

Tabla 4.2) Tolerancias del procesamiento del ancho de conductores

VOLTAJE ENTRE CONDENSADORES CONDENSADORES CONDENSADORES	SIN CAPA AISLANTE MIL-STD-275D Y IPC-MIL-910A	SIN CAPA AISLANTE MIL-STD-275D Y IPC-MIL-910A	CON AISLANTE Y CAPA INTERVA MIL-STD-275D Y IPC-MIL-910A
0	0.38 mm (0.015 pulg)	0.64 mm (0.025 pulg)	0.13 mm (0.005 pulg)
15			0.25 mm (0.010 pulg)
16			0.38 mm (0.015 pulg)
30			0.51 mm (0.020 pulg)
31			0.76 mm (0.030 pulg)
50	0.64 mm (0.025 pulg)	1.52 mm (0.060 pulg)	0.38 mm (0.015 pulg)
51			0.51 mm (0.020 pulg)
100			0.76 mm (0.030 pulg)
101			1.27 mm (0.050 pulg)
150			1.27 mm (0.050 pulg)
151	1.27 mm (0.050 pulg)	3.18 mm (0.125 pulg)	0.76 mm (0.030 pulg)
170			1.27 mm (0.050 pulg)
171			1.27 mm (0.050 pulg)
250			1.27 mm (0.050 pulg)
251			1.27 mm (0.050 pulg)
300	2.54 mm (0.100 pulg)	12.70 mm (0.500 pulg)	1.52 mm (0.060 pulg)
301			1.52 mm (0.060 pulg)
500			1.52 mm (0.060 pulg)
500 +	0.0051 mm/v (0.0002 pulg/v)	0.0030 mm/v (0.0010 pulg/v)	0.00305 mm/v (0.00012 pulg/v)

* Aislamiento segun MIL-1-46058



Gráfica 4.1) Espesor y ancho de conductores (usado para determinar la capacidad de conducción de corriente en relación a la temperatura).

CAPITULO 5

PRE-DISEÑO (LAYOUT)

5.1) INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DEL PRE-DISEÑO (LAYOUT)

El pre-diseño de un circuito impreso es un dibujo preliminar que delinea el diseño físico de empaquetado de un circuito electrónico. Su forma puede ser en cualquier nivel desde un simple bosquejo hecho a mano, hasta un dibujo formal de ingeniería. El dibujo de pre-diseño es una herramienta de desarrollo muy necesaria, que es usada como referencia, para traducir el esquema eléctrico o diagrama lógico a un dibujo maestro (master drawing) del circuito impreso y un paquete de documentación de características mecánicas y eléctricas.

5.2) CONTENIDO

El pre-diseño debe contener toda la información de diseño necesaria para producir el dibujo del circuito impreso y el paquete de documentación. Todos los datos electrónicos pertinentes de los componentes deben ser representados, incluyendo forma, localización, orientación, espaciado de guías, denominación de las referencias y cualquier requerimiento especial de montaje. También debe incluir información de factores de forma como lo sería el sistema de la tarjeta, dimensiones, agujeros de manipulación de tarjeta, y relaciones con los puntos de sujeción y otras estructuras externas. Todos los circuitos de interconexión y áreas de terminal a escala deben ser presentadas con anotaciones generales y locales denotando tamaño de los agujeros, grosor del conductor y áreas libres, tamaño del área de terminal, designación de la capa, material, laminado y otros requerimientos de diseño físico.

5.3) CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Antes de iniciar el diseño de un circuito impreso, hay que tener un diagrama esquemático / lógico, una lista de partes, y todas las especificaciones que sean aplicables al diseño. Se debe de recopilar la información de todos los componentes, incluyendo tamaño físico, patrón y espaciado de las guías, datos de montaje especiales, tamaño de áreas terminales, agujeros requeridos, limitaciones eléctricas y térmicas.

También antes de iniciar el diseño deben determinarse el sistema de enrejado, escala, ancho y espaciado nominal mínimo de conductores, tamaño de la tarjeta y número de capas.

El diseñador del circuito impreso debe estar consciente de cualquier condición especial del circuito, como lo son requerimientos de puntos de prueba, distribución de alto voltaje y desacoplamiento, o la sensibilidad térmica de componentes individuales que pueden afectar el diseño físico.

Se debe pensar cuidadosamente como se va a producir la tarjeta, (referirse a los capítulos 1, 2 y 3). Los procesos automatizados, como la generación de dibujo, perforación, rutas, inserción de componentes.

soldadura en ola, y pruebas, todos tienen requerimientos de diseño específicos. Diferencias entre los distintos procesos de grabado y laminado también afectan los requerimientos del diseño.

5.4) DIBUJO DEL DISEÑO

Previamente a iniciar el dibujo del diseño del circuito impreso, se puede preparar una lista de los componentes que están conectados a un punto común para usarse de referencia cuando se hagan las interconexiones. Algunas veces uno o varios dibujos de prueba son hechos para relacionar el esquema con la tarjeta física. Los componentes son generalmente representados con símbolos esquemáticos con las guías orientadas en la misma manera que los componentes reales. La mayoría de los cruces y uniones del circuito, junto con los agrupamientos de componentes pueden ser trabajados en esta etapa.

ESQUEMA DE LA POSICION DE LOS COMPONENTES
(Trial Layout Sketch)

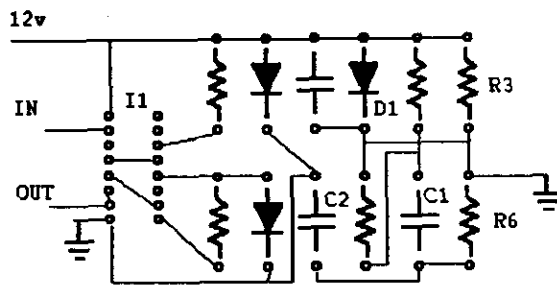


Figura 5.1) Pre-diseño (Layout)

Dependiendo de la complejidad del circuito y la experiencia del diseñador, estos pasos preliminares pueden ser ignorados. Sin embargo, esto no es recomendable debido a que cuesta menos detectar errores en esta etapa, que en el dibujo terminado o en la tarjeta del circuito impreso.

5.5) TÉCNICAS DE DISEÑO

Las convenciones de diseño dictan que los diseños deben ser vistos desde el lado de la tarjeta con los componentes. El aceptar este estándar eliminará posibles confusiones que llevarían a costosos errores. Se recomienda que el diseñador siempre dibuje un diseño y dibujo en la misma escala o sobre una hoja de enrejado. Esto ayuda tanto en la generación como en la verificación del dibujo terminado.

El factor de forma de la tarjeta del circuito impreso debe ser establecido antes de proceder con la colocación de componentes y las rutas de interconexión. Características tales como borde de la tarjeta, agujeros de montaje, bordes de conectores y áreas libres mecánicas debe ser definidas con precisión de acuerdo a la escala del diseño.

Las técnicas de diseño varían considerablemente debido a la naturaleza y complejidad del circuito así como también de acuerdo a las preferencias del diseñador. Generalmente la colocación de componentes es el paso siguiente. Sin embargo, algunos diseñadores prefieren integrar la colocación de componentes con las rutas de conexiones, particularmente en tarjetas de circuitos impresos que utilizan un gran número de componentes discretos. Existen cuatro conceptos básicos de colocación de componentes que pueden ser utilizados independientemente o en combinación.

El más básico de estos conceptos usado principalmente en tarjetas analógicas de mediana a baja densidad es llamado de orientación *esquemática*. Si el esquema ha sido dibujado con un sentido físico y tiene un mínimo de cruces de interconexiones, es generalmente posible colocar los componentes como se encuentran físicamente dibujados en el diagrama esquemático. Este método trabaja bien especialmente si las señales de entrada pueden ser colocadas en un borde de la tarjeta y las salidas en el borde opuesto.

El método de colocación *periférica* es apropiado cuando se utilizan conectores del borde de la tarjeta u otros componentes que requieren una posición fija específica con respecto al borde de la tarjeta. Estos componentes deben ser colocados primero con cualquier componente que se interconectan con ellos, y después seguir en forma radial hacia adentro a partir de sus posiciones.

El concepto de colocación *central* de componentes es aplicable para tarjetas que tienen uno o más dispositivos complejos de guías múltiples, como lo serían los circuitos integrados, relevadores o módulos con componentes de soporte periféricos. En este caso los componentes multi-guías predominantes son colocados centralmente con los componentes de soporte colocados en forma radial hacia afuera a partir de sus posiciones. Esta técnica es también usada con patrones fijos de grupo de circuitos, como por ejemplo los agrupamientos de memoria de semiconductores.

El concepto de *arreglo fijo* es generalmente usado en tarjetas de lógica digital directa que consisten casi exclusivamente de circuitos integrados. Con este método los circuitos integrados son colocados lógicamente en un patrón fijo con una distribución de espacio expresada en pulgadas cuadradas por equivalente de un dispositivo de 14 ó 16 guías. Esta técnica a veces permite el uso de hoja de pre-diseño pre-impresas que incluyen esquemas de la tarjeta, conectores, componentes y áreas terminales.

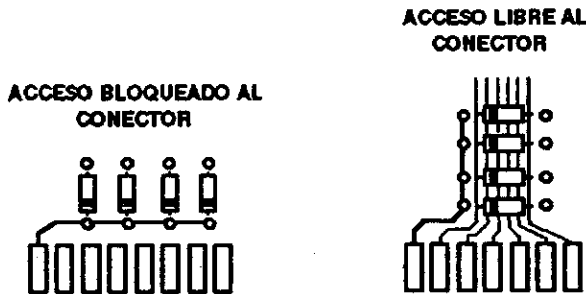


Figura 5.2) Ejemplo que un acceso a conector libre y bloqueado.

En general cuando se coloquen componentes en el diseño, se debe intentar presentar una imagen ordenada. Los cuerpos de los componentes deben ser paralelos al borde de la tarjeta y unos con otros, con la misma orientación y espaciado de guías para componentes similares. Esta orientación debe proveer rutas óptimas de interconexión.

Es buena práctica seguir los lineamientos para colocación automática de componentes siempre que sea posible. Los componentes pesados deben ser siempre colocados cerca de los soportes de la tarjeta. Deben considerarse durante la colocación la dirección del flujo de aire y los requerimientos de aislamiento o disipación de calor de componentes generadores de calor, dado que afectan la colocación y orientación de los componentes.

No se deben de colocar en el diseño marcas de polaridad, asignación de pasadores y designaciones de referencia para estos componentes hasta la etapa de interconexión. Esto permite una mayor flexibilidad en las rutas de conexiones.

Muchos diseñadores prefieren la codificación por colores para facilitar la interconexión de circuitos en el dibujo del diseño. La práctica más común en la codificación por colores es el usar diferentes colores para conexiones en cada capa del circuito. Las líneas azules y rojas funcionan particularmente bien cuando el dibujo final va a ser generado por el método de cinta azul y roja (Ver sección 5.8 "Técnicas de Registro"). La codificación por colores también puede ser usada para designar conexiones de tierra y corriente, ancho de conductores y tamaños de áreas de terminal.

Para tarjetas de una sola capa, el circuito debe ser siempre colocado del lado contrario a los componentes. La tarjeta misma funciona como aislante entre los componentes y el circuito, y esta práctica permite una mayor flexibilidad en las rutas de conexiones. Si muchos entre cruzamientos quedan sin resolver después de varios intentos de reorganización, se debe considerar el uso de una tarjeta multicapas. Sin embargo, si sólo unos pocos cruces no pueden ser eliminados, se deben usar "puentes" de cables.

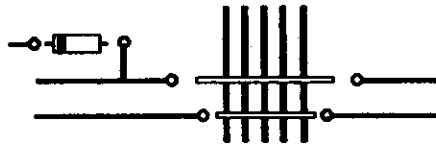


Figura 5.3) Puente de alambre (Jumper wire).

En tarjetas multicapas las conexiones de interface (a veces llamadas vías de alimentación o feed-through), que consisten en perforaciones conductivas (through holes) laminados con ó sin guías de componentes, son usadas para transferir el circuito al lado opuesto de la tarjeta para resolver cruces. Para máxima confiabilidad se debe hacer un esfuerzo por mantener las conexiones comunes en la misma superficie de la tarjeta.

En diseños de tarjetas de lógica digital, es una práctica común el marcar las rutas del circuito en un lado de la tarjeta en forma perpendicular al circuito en el lado opuesto. Mientras que esta práctica requiere el uso de más vías de alimentación (feed-thrus), permite una máxima flexibilidad de rutas, incrementa la confiabilidad y generalmente aumenta la densidad de empaque del circuito.

Cuando todas las interconexiones hayan sido completadas exitosamente, el diseño deberá ser refinado para mejorar la facilidad de producción. Siempre que sea posible, eliminar exceso de agujeros de vía de

alimentación, marcas entre áreas terminales (pads), y largas líneas de conductor. Se debe ampliar el ancho de conductores y espacios, cuando el espacio lo permita. Estos refinamientos harán que la tarjeta sea más fácil de producir y por ello más confiable y más barata.

5.6) MÉTODOS DE DIBUJO

Hay varias técnicas para realizar el diseño. La más primitiva es la dibujar detalladamente cada componente de dimensiones junto con el circuito interconectados. Debido a las técnicas de prueba y error inherentes en el diseño de un circuito impreso, esto no es muy práctico.

Un método alternativo es el de usar plantillas para dibujar los componentes. Los cambios y reajustes siguen siendo algo tardado, y frecuentemente un diseño parcial debe ser desechado y vuelto a hacer.

Otro método es el de usar "muñecas" de siluetas de componentes. Estas consisten en las formas de los componentes dibujadas en papel, cartón o película de dibujo y recortadas con tijeras. Este método, usado en conjunto con la capa superpuesta (overlay) de interconexión, permite una re localización conveniente de componentes sin tener que re-dibujar los contornos de los componentes hasta que el diseño está terminado. Esta técnica tiene varias desventajas. Primero, después de terminar el diseño, todavía falta que sea dibujado con una plantilla para obtener un registro permanente estable. Segundo, las "muñecas" son difíciles de manejar y muy fácilmente pueden ser dañadas, colocadas incorrectamente o movidas de lugar.

El mejor método es utilizar el sistema de diseño de circuitos impresos PUPPETStm desarrollado por Bishop Graphics, que se basa en el concepto de "muñecas" de componentes. Sin embargo, las desventajas tradicionales han sido eliminadas y se han agregado varios beneficios. Los Kits de Diseño PUPPETStm incluyen una variada gama de siluetas pre-impresas de componentes y tablas de referencia cruzada de tipos de componentes.

Las siluetas de componentes PUPPETStm se colocan directamente en la superficie reflejante de la red de precisión o en una capa superpuesta (overlay) transparente. Estos se adhieren a cualquier superficie (no opaca) de película de diseño sin necesidad de pegamentos.

Las interconexiones se hacen en hojas de capas superpuestas (overlays) de acabado mate que se fijan con pins o son pegadas sobre las siluetas de los componentes y el patrón de red.

Los cambios y refinamientos que se quieran hacer, pueden hacerse fácilmente. Sólo basta con re-acomodar los PUPPETStm y revisar o re-dibujar la capa superpuesta (overlay) de interconexión.

Las copias permanentes, reproducibles, para archivo, verificación y ensamblaje, pueden ser generadas del diseño realizado con los PUPPETStm a través de impresoras de contacto, máquinas de reproducción y algunas copiadoras de oficina.

Independientemente de la técnica básica de diseño que se utilice, es recomendable empezar con las siluetas de componentes en una hoja, y las interconexiones ya sea en capas superpuestas (overlays) o copias del diseño de los componentes para minimizar duplicación de trabajo.

5.7) PUNTOS A VERIFICAR EN UN PRE-DISEÑO (LAYOUT)

5.7.1) GENERAL

- Se han definido la red del diseño, la escala y el número de capas ?
- Verificar la continuidad eléctrica usando copias del diseño y el diagrama esquemático / lógico, marcando cada conexión con un plumón de color en ambas copias.
- Se han definido todas las dimensiones mecánicas pertinentes al tamaño de la tarjeta, posiciones de montaje, cortes y espacios libres ?
- Es el tamaño de la tarjeta compatible con la capacidad fotográfica y de fabricación de equipo?

5.7.2) COMPONENTES

- Se han incluido y diseñado correctamente todos los componentes del esquema ?
- Están en la escala correcta todas las siluetas de componentes ?
- Se han colocado los componentes en una forma ordenada ?
- Se ha usado espaciado estándar para componentes similares ?
- Se ha definido la orientación para los componentes polares y de guías múltiples ?
- Hay espacio libre adecuado entre componentes y bordes de tarjeta, equipo de montaje, y otros componentes ?
- Se ha reservado espacio para requerimientos especiales de montaje (aislantes, dispersores de calor, soportes, equipo, etc.) ?
- Hay un acceso adecuado para los componentes que requieren ajustes después de la instalación ?

5.7.3) PERFORACIONES

- Se han colocado todos los agujeros en una red estándar o dimensionados desde una localidad de la red ?
- Se ha provisto de un agujero independiente para cada guía o terminal de cada componente ?
- Se han indicado cada tamaño y tipo de agujero, y cumplen con los requisitos del diseño ?
- El espaciado de agujero a agujero cumple con los requisitos ?

- Están libres de cuerpos de componentes u obstrucciones los agujeros de via de alimentación (feed-through) ?

5.7.4) CONDUCTORES

- Se han indicado el espaciado y grosor de todos los conductores, y cumplen con los requisitos del diseño ?
- Se han indicado el tamaño de todas las áreas de terminal, y cumplen con los requisitos del diseño ?
- Se han fijado las rutas de conductores de la forma más eficiente (flujo continuo, tan corto como sea práctico, mínimo de puentes (jumpers), etc) ?
- Se han acomodado los puntos críticos del circuito (longitud de conductores, blindaje, aislamiento, planos de tierra, planos de voltaje, dispersión de calor, etc) ?
- Se ha indicado claramente la diferencia entre conductores de capas separadas ?

5.8) TÉCNICAS DE REGISTRO

La posición relativa de uno o más patrones de circuitos o porciones de los mismos, con respecto a su posición descada en la tarjeta del circuito impreso es llamada *registro*. Las relaciones de los elementos de registro y las técnicas para lograr el registro son llamadas registros. El registro de tarjetas de circuitos impresos consiste de tres elementos básicos :

- 1.- Alineación general del patrón de capa a capa
- 2.- Alineación de las áreas de terminal (pads) individuales de capa a capa
- 3.- Alineación de los agujeros perforados al patrón del circuito.

El primer y tercer elementos conciernen primeramente a registros de manufactura. Si la foto reducción del patrón maestro no se controla cuidadosamente, las diferencias de tamaño entre las capas del dibujo pueden contribuir a la mala registros de los patrones del circuito de capa a capa. La misma situación puede ocurrir si las hojas del dibujo maestro son expuestas a diferentes condiciones ambientales. Si la alineación mecánica de los patrones maestros con el patrón de agujeros perforados, y uno con el otro, no se logra exactamente durante la fabricación, los agujeros no estarán alineados con las áreas terminales.

El segundo elemento es una función de dibujo. El control preciso de la alineación de fabricación y fotografía no puede compensar las áreas terminales individuales no alineadas en el dibujo.

5.9) MARCAS EN EL DIBUJO

Las marcas en los dibujos de circuitos impresos que se refieren a la registros incluyen puntos de dato (datum points), marcas de registro, agujeros de indexado, y puntos de foto reducción. (otros tipos de marcado de tarjeta son números parte (part numbers), referencias de destino, marcas de esquinas, etc.).

Los *puntos de dato* (datum points) son puntos que, asumiendo que son exactos, de los cuales se puede establecer, por medio de cómputo dimensional, la colocación de características de cableado de la tarjeta impresa. Tres puntos de dato (datum points) establecen el sistema de coordenadas cartesianas perpendiculares del dimensionamiento de la red. Los puntos de dato (datum points) se marcan normalmente usando cojines de formas identificables cuando se colocan directamente en la tarjeta del circuito impreso. Todo dimensionamiento mecánico del patrón maestro debe hacerse a partir de puntos de dato (datum points).



Figura 5.4) Terminales (pads) típicas usadas para puntos de dato o para indexar perforaciones.

Las *marcas de registro* son formas geométricas remarcadas que se utilizan para establecer la registros. Las marcas de registro son fijadas al dibujo en todas sus capas de forma que, cuando se superponen las capas, se sobrepongan los patrones. Las marcas de registro se pueden colocar adentro o fuera del dibujo de la tarjeta, según sea necesario. Cuando se coloquen dentro del área de la tarjeta, pueden ser perforados para agujeros de montaje después de haber servido su propósito original.



Figura 5.5) Mira universal.

Los *agujeros de indexado* o agujeros de herramienta son agujeros colocados en la tarjeta de circuito impreso para posicionar exactamente la tarjeta durante los procesos de manufactura. Pueden o no aparecer dentro del área de la tarjeta terminada pero deben aparecer en el patrón maestro.

Se requiere un mínimo de dos agujeros de indexado, y deben estar colocados en forma diagonal para abarcar la mayor área posible. Algunas veces se utiliza un tercer agujero y debe formar un triángulo recto con los primeros dos. Siempre deben estar colocados en intersecciones de la red.

Los puntos de dato, marcas de registro y agujeros de indexado pueden combinarse en las mismas localidades o pueden ser completamente independientes unos de otros. Se puede usar un blanco de registro como el Blanco Universal de Bishop's Graphics o Grano de Mira modificada como un símbolo de punto de dato, combinado con el símbolo de agujero de indexado y marca de registro.

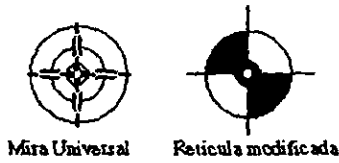


Figura 5.6) Mira universal y mira modificada (Reticula modificada)

Los *Puntos de foto reducción* son dos puntos equidistantes que se utilizan para indicar visualmente la extensión a la que debe reducirse el dibujo del circuito impreso. Se debe tener cuidado al seleccionar una marca que claramente indique el punto preciso de la medición.



Figura 5.7) Puntos de foto reducción.

Use marcas de reducción o simples cuadrantes, dado que el punto exacto de medición no puede ser confundido - debe ser tomado a partir del borde. Además, los puntos de intersección indican la correcta exposición y revelado fotográfico.

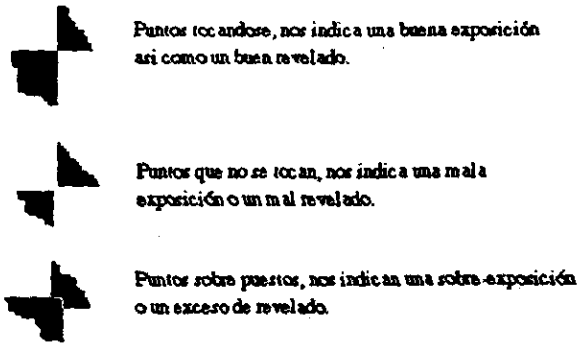


Figura 5.9) Puntos de intersección indicando una buena exposición y revelado.

NO USE miras como puntos de reducción dado que el ancho de la línea hace que la determinación del punto de medición sea ambigua.

5.10) PREPARACIÓN DEL DIBUJO

5.10.1) INTRODUCCIÓN

Deben considerarse cuatro aspectos importantes antes de iniciar la generación del dibujo:

1. Los requerimientos de la tarjeta de producto terminado
2. Consideraciones del material
3. Consideraciones fotográficas
4. Capacidad de fabricación

Estos factores deben considerarse cuidadosamente para decidir el método de generación del dibujo que se requiera para producir una tarjeta de circuito impreso satisfactoria para las varias categorías de complejidad de la tarjeta (Los requerimientos de producto terminado se definen en IPC-D-320 para tarjetas de uno y dos lados y en IPC-ML-910 para tarjetas de circuitos impresos de varias capas).

La preparación adecuada del dibujo es esencial debido a los diversos procesos de fabricación que se necesitan para completar finalmente la tarjeta de circuito impreso. Las tolerancias dimensionales requeridas en la tarjeta de producto terminado, aunada a la capacidad de las técnicas de fabricación y generación del dibujo para respetar estas tolerancias, son las que determinan el método que se utilice para obtener los resultados deseados.

La utilización de materiales Bishop sensibles a la presión ha mejorado y facilitado en gran medida la generación de dibujos de circuitos impresos. Con los símbolos a presión de Bishop, los cambios y modificaciones necesarios pueden hacerse rápida y fácilmente, la preparación del dibujo se simplifica y la velocidad de dibujo y precisión se incrementan. El registro también se ha visto mejorado a través del uso de apliques pre-espaciados de áreas de terminal (pads) múltiples y enfoques sistemáticos a la preparación y realización del dibujo de circuitos impresos.

5.10.2) PLANTILLA DE ÁREAS DE TERMINAL (*Pad Master*)

El concepto de *Plantilla de áreas de terminal* elimina las fallas de registro en el diseño de los agujeros y áreas de terminal individuales. Existen varios métodos para implementar este concepto, pero todos ellos emplean el uso de una hoja de dibujo de una sola base que contiene las áreas de terminales con marcas de referencia de agujeros y circuito que son comunes a todas las capas del circuito.

El dibujo de la *Plantilla de áreas de terminal* se prepara con áreas terminales, registros, agujero de indexado, esquema de la tarjeta y marcas de reducción. Esta sola hoja se utiliza entonces para crear un dibujo maestro funcionando como la capa base de un sistema de diseño por capas superpuestas con patrones de circuito. Copias estables de contacto de la plantilla de áreas de terminal se pueden utilizar también para realizar el cableado directo de cada capa. Sin embargo, con este método de duplicación, puede ocurrir variaciones dimensionales en las hojas de dibujo, debidas a cambios del medio

ambiente, condiciones de procesamiento o simplemente a la estabilidad del material. Estas variaciones pueden causar fallas de registro y por lo tanto mayores costos.

Si se usa la misma plantilla de áreas de terminal al tamaño reducido final para digitalizar las posiciones de los agujeros o para crear una plantilla de perforación, se puede asegurar un alineamiento preciso de agujero y terminal durante el proceso de fabricación y verificación de la tarjeta.

5.10.3) MÉTODO BÁSICO DE DIBUJO

El método más básico de generación de dibujos es simplemente producir una sola hoja de dibujo para cada capa de circuito de la tarjeta. Obviamente, para una tarjeta de un solo lado, esta sola hoja de dibujo es todo lo que se necesita. En situaciones en que el dibujo es una labor de equipo, donde dos o más diseñadores están trabajando simultáneamente en el dibujo de una tarjeta de dos lados o multicapas, es a veces preferible hacer dibujos "individuales".

Se puede minimizar la repetición innecesaria dentro del método de dibujo en equipo a través de la producción de sólo una plantilla de áreas de terminal original que refleje todos los componentes y circuitos que son comunes a todas las capas. Las copias de este dibujo pueden ser distribuidas a cada miembro del equipo de trabajo de forma que cada diseñador esté trabajando con la misma información básica. Aunque la naturaleza idéntica de estas copias de contacto elimina las fallas de registros de agujeros individuales, pueden existir pequeñas variaciones dimensionales debido a las diferencias de estabilidad entre las diferentes secciones de película. Por lo tanto, las copias de contacto deben ser verificadas cuidadosamente en cuanto a su precisión antes de completar las capas individuales.

Para crear el dibujo maestro final, cada dibujo "individual" es colocado directamente sobre su copia de contacto de la plantilla de áreas de terminal. Esta técnica es llamada frecuentemente el método de plantilla de áreas de terminal duplicado.

5.11) REGISTRO DE PINS

Una forma de producir dibujos de diseño de precisión de registro es a través de técnicas de registro de pins para dibujos de varias capas. Con este método, una hoja base de la plantilla de áreas de terminal es creada sobre película transparente. Un patrón preciso de agujeros de localización de tamaño preciso que se perfora en la hoja, será utilizado para fijar las capas sucesivas para un registro preciso.

Se produce una capa superpuesta (overlay) por cada capa de circuito en hojas de película transparente perforadas con un patrón de agujeros idéntico al de la plantilla de áreas de terminal. Estas capas superpuestas (overlays) contienen solamente los circuitos de conductores de interconexión, y otras características que se identifican como específicas para esa capa en particular. La identificación de cada capa superpuesta (overlay) y su descripción de capa deben anotarse en la leyenda del conjunto de dibujos.

Cuando el dibujo es reducido fotográficamente para generar los patrones maestros, las capas superpuestas de capas individuales son colocadas en contacto con la plantilla de áreas de terminal en un marco fijador de copias de cámara la vacío. El registro de la plantilla de áreas de terminal a las capas superpuestas se mantiene colocando los pins de precisión del tamaño correcto a través de los agujeros de registro precisos.

Cada uno de estos dibujos "compuestos" es ahora fotografiado a escala reducida para generar la herramienta fotográfica del patrón maestro del circuito para cada capa de la tarjeta. Dado que todas las características de registro de fabricación son fotografiadas de la misma hoja de dibujo (la plantilla de áreas de terminal), todo el manejo fotográfico del patrón maestro estará en perfecto registro (dentro de los límites de la repetición del proceso fotográfico).

Si los pins de alineamiento se montan directamente en la tabla de copiado de la cámara, el dibujo permanecerá en la misma posición a través de todas las reducciones fotográficas. Es entonces posible registrar con pins toda la película fotográfica de la cámara. Esto es especialmente benéfico durante la fabricación de la tarjeta, el planteamiento de producción o la verificación de las herramientas fotográficas del master.

Cuando se utiliza un sistema de dibujos multi-hojas, es necesario identificar cada hoja para asegurar su orientación correcta cuando se arme el dibujo compuesto para verificación, re-diseño, duplicación o reducción fotográfica. Una tabla de índice de hojas deberá ser colocado en la hoja base en un área que permanecerá libre en cada capa superpuesta. Empezando con la hoja base, todas las demás capas del dibujo deben ser claramente descritas en esta tabla, incluyendo números de identificación del dibujo, códigos de revisión, números de hoja, descripciones de la hoja o capa de circuito y otros datos pertinentes.

Cada identificación de hoja de dibujo de capa superpuesta debe ser agregado mientras se coloca sobre la hoja base. La información debe poder leerse claramente y no interferir con otra información de la hoja base o de las otras capas superpuestas del conjunto cuando el dibujo compuesto es armado.

5.11.1) DOCUMENTOS AUXILIARES

Usando técnicas de registro de pins, se pueden crear diseños y dibujos de documentación auxiliares que tienen requerimientos de registro ya sea durante producción o fabricación. Los dibujos de la marcación de tarjetas de circuito impreso (pantalla de seda: silkscreen), plano de tierra, máscara de soldadura pueden ser preparados usando apliques, cinta, material auto-adherible o métodos de reproducción fotográficos mientras son registrados a través de pins en la plantilla de áreas de terminal. Los dibujos de ensamblado, borde, plantilla de perforación y fabricación pueden ser también generados por dibujo de capas superpuestas o técnicas de reproducción de dibujos mientras son fijados a las diversas hojas o combinaciones de hojas de dibujos compuestos registrados con pins.

5.11.2) PATRÓN DE PINS

Existen ciertos elementos que resultan críticos para el registro de pins, entre ellos se encuentran la posición y forma de los agujeros, la precisión y consistencia del patrón de agujeros, y la proximidad del ajuste entre el pin y los agujeros. Debido a que todos los materiales de películas tienden a cambiar de tamaño según los afecte la temperatura y la humedad, es importante colocar un agujero *redondo* que se encuentre tan al centro del dibujo como sea práctico.

Este agujero redondo es perforado con tolerancias que aseguren que, cuando la película se fije a su pin metálico correspondiente, no pueda ocurrir ningún cambio que afecte su posición o registro. Son necesarios agujeros de registro adicionales para prevenir que la película rote sobre el eje del pin metálico. Estos agujeros adicionales deben ser alargados

con bordes que ajusten firmemente en el eje radiando del agujero central. El alargado de los agujeros da cabida a la expansión o contracción de la película que causen los cambios ambientales, y mantiene las fallas de registro en los bordes exteriores de las hojas a un mínimo. Si se utiliza más de un agujero redondo puede causar pandeo y distorsión a medida que las hojas cambian de tamaño.

Para mantener la precisión del registro, todos los agujeros en una hoja deben ser perforados simultáneamente con la misma herramienta de perforación. Esta perforación debe ser absolutamente repetible, y debe incorporar un método para fijar la película totalmente plana. Cada hoja debe ser perforada individualmente para minimizar la distorsión de los agujeros. La tolerancia de ajuste de los agujeros con los pins debe mantenerse con gran precisión. Con un sistema de registro de pins que cumpla con estos requerimientos, es posible mantener una precisión consistente de registro de imágenes de ± 0.051 mm (.002").

CAPITULO 6

DIBUJO DEL DISEÑO MAESTRO

6.1) INTRODUCCIÓN

El dibujo maestro de una tarjeta de circuito impreso presenta una descripción completa de todas las características de diseño de ingeniería de la misma.

La información que pasa de tarjeta a tarjeta debe ser colocada en la misma posición en el dibujo para facilitar la comunicación entre departamentos, y entre la compañía y los vendedores externos.

6.1.1) CONTENIDO

El dibujo maestro de la tarjeta de circuito impreso debe siempre tener :

- 1.- Una reproducción de la imagen del patrón de conductores para el lado de soldaduras de la tarjeta. Puede también incluir las imágenes del patrón de conductores para todos los demás niveles.
- 2.- La marcación del borde completo de la tarjeta, con las dimensiones y tolerancias necesarias para la fabricación, incluyendo los requerimientos estructurales.
- 3.- La designación completa de las especificaciones de material, proceso y trabajo que se apliquen a la tarjeta.
- 4.- Toda la información necesaria para la identificación de agujeros, incluyendo tipo, tamaño terminado y localización.

6.1.2) LOCALIZACIÓN DE AGUJEROS

Existen tres métodos fundamentales para la localización de agujeros en tarjetas de circuito impreso.

La localización a través de un sistema de enrejado es usada generalmente para cumplir requerimientos militares o para tener todas las características de una tarjeta localizadas en un patrón de enrejado (Ver sistema de enrejado). Este método es esencial para técnicas de perforación automática y de ensamblaje de componentes, dado que las coordenadas del sistema de enrejado son digitalizadas para localizar los componentes. La principal desventaja de este método, es la absoluta precisión requerida en :

- 1.- El enrejado del dibujo.
- 2.- La localización de las áreas de terminal en el patrón de enrejado.

- 3.- La foto reducción del dibujo.
- 4.- El registro de capa-a-capa

Cualquier falla en alguna de estas áreas puede resultar en serias fallas de alineación entre el patrón y el agujero.

La localización a través de *dimensión* de líneas data (*datum*) ó coordenadas de eje "X" y "Y" es similar al método de sistema de enrejado porque las áreas de terminal deben estar colocadas con precisión con referencia a las dimensiones de la localización de los agujeros. Cuando se localiza un patrón de componentes de guías múltiples, sólo se debe localizar un agujero del grupo a partir de los puntos de dato estándar o de los agujeros de indexado. Los otros agujeros deben colocarse dimensionalmente a partir de este agujero de referencia para conservar la precisión dentro del patrón. Además del alto riesgo de fallas de alineación del patrón al agujero, este método consume mucho tiempo del diseñador y del fabricante del circuito impreso.

El método más sencillo es el de localizar los agujeros en forma *óptica a partir de los centros de áreas de terminal* del patrón maestro o de la tarjeta del circuito impreso. Este método es generalmente el menos caro y produce la alineación más precisa de patrón al agujero. Debe ser usado siempre que no se requiera alineación precisa de partes externas o de herramientas.

6.1.3) TOLERANCIA DE LOCALIZACIÓN

Los tres métodos fundamentales de tolerancia de localización de agujeros son :

6.1.3.1) TOLERANCIA DE LIMITACIÓN DE POSICIÓN

Sólo es aplicable cuando se utiliza el método óptico a partir de los centros de áreas de terminal de localización de agujeros. La tolerancia de localización se define a partir de fijar limitaciones del anillo anular mínimo del área terminal. Este método sólo debe ser usado cuando no se requiera alineación precisa de los agujeros con partes externas o de herramientas.

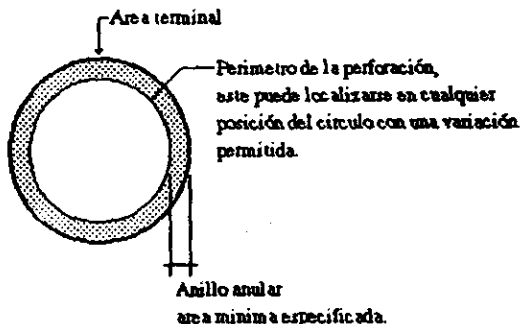


Figura 6.1) Alineación de perforaciones.

6.1.3.2) TOLERANCIA DE COORDENADAS

La tolerancia se aplica directamente a dimensiones lineales y angulares, que generalmente forman un área rectangular de variación permisible.

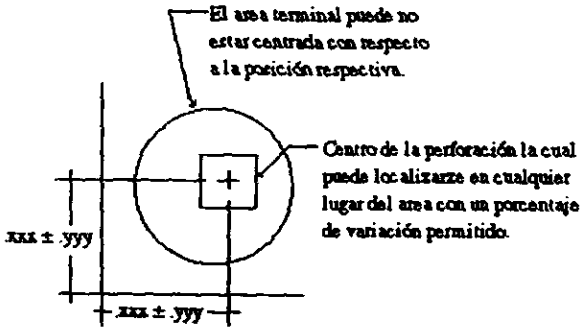


Figura 6.2) Coordenadas de tolerancia de la perforación con respecto a la terminal.

6.1.3.3) TOLERANCIA DE POSICIÓN REAL

Se expresa como un radio o un diámetro de variación permisible del centro de "posición real" que es definido por una coordenada de dimensión o de enrejado.

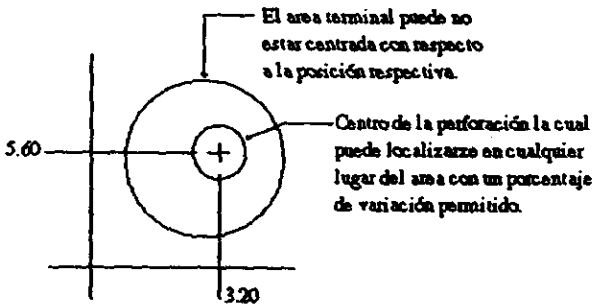


Figura 6.3) Coordenadas de tolerancia de la perforación con respecto a la terminal.

6.1.4) TÉCNICAS

Existen varias formas de delinear el patrón de un circuito en el dibujo maestro de una tarjeta de circuito impreso. Uno de los métodos más sencillos es el de hacer una impresión fotográfica del diseño del lado de soldadura. Esta impresión debe hacerse en una mesa de luz plana, marco al vacío o tabla de copiado. NUNCA procese el diseño original a través de una máquina que tenga acción de enrollado, o una que emita gases o calor excesivo. Esto puede dañar el dibujo original. Una imagen de "espaldas protegida" es

preferible, ya que al mismo tiempo que delinea toda la imagen del circuito, permite que los esquemas, dimensiones y cualquier otra información necesaria aparezca más prominentemente.

Las imágenes de circuito pueden ser preparadas primero y después "cortadas" a un formato estándar de dibujo. Este método puede dejar marcas de cinta indeseables en las impresiones, y hace que el dibujo sea de alguna manera frágil.

Un método que elimina estos problemas, y que tiene varios beneficios adicionales, es el de hacer varias copias compuestas de terminación mate en la película fotosensible. Esto se logra mediante una impresión de contacto en película transparente de un dibujo maestro de tarjeta de circuito impreso realizado en formato estándar, con una copia reducida con espalda protegida del patrón del circuito colocada apropiadamente. La información que es idéntica de tarjeta a tarjeta (notas, ciertos esquemas, etc.), pueden ser colocados en los formatos maestros para reducir esfuerzos repetitivos de dibujado. Puede desearse incluir un patrón de enrejado transparente que esté alineado con precisión con el patrón del circuito para ayudar a localizar características (como agujeros) durante la fabricación.

Si no es posible utilizar técnicas de foto reproducción, la porción de área terminal del patrón del circuito puede ser rastreada desde el dibujo o desde el patrón maestro para delinear localización de agujeros en el dibujo maestro. Este método requiere mucho tiempo y se sugiere su utilización sólo como último recurso.

6.1.5) PUNTOS A VERIFICAR EN UN DIBUJO MAESTRO

- Se ha mostrado propiamente la imagen del circuito del lado de soldadura ?
- Se han indicado propiamente los tipos y tamaños de agujeros y sus tolerancias, y se han referenciado a la imagen del circuito ?
- Se ha definido claramente un método de localización de agujeros?
- Se ha indicado claramente el esquema completo de la tarjeta y se ha dimensionado correctamente ?
- Se han dimensionado propiamente todos los agujeros no estándar (de montado, de componentes de hardware, etc.) ?
- Se han especificado como radio máximo las esquinas interiores de muescas, troqueles, etc. ?
- Se ha especificado propiamente el material base ?
- Se han referenciado correctamente todos los dibujos de referencia como el patrón maestro, dibujo de marcas, etc. ?
- Se han referenciado en las notas todas las especificaciones de trabajo y manufactura aplicables ?
- Se ha especificado correctamente todo el laminado y tolerancias necesarias para los circuitos, agujeros, y contactos de conectores ?
- Se han indicado las provisiones para variaciones de proceso en el registro, ancho de conductores, y anillo anular mínimo ?

- En caso de ser critico, ¿ se ha indicado el margen de cantidad y dirección de deformación de material permisible ?
- Se ha indicado claramente la escala utilizada en el dibujo ?
- Se ha especificado si el número de identificación de la tarjeta a sido grabado o impreso en la tarjeta ?
- Se puede construir completa y correctamente la tarjeta de circuito impreso a partir del dibujo maestro sin lugar a dudas ?

6.2) DIBUJO DE ENSAMBLAJE

6.2.1) INTRODUCCIÓN

El ensamblaje de una tarjeta de circuito impreso es una descripción completa de ingeniería del ensamblaje de una tarjeta de circuito impreso, incluyendo todas las piezas y componentes que se monten por ajuste, soldadura o atornillado.

6.2.2) CONTENIDO

El dibujo debe tener como mínimo :

- Una vista del lado de componentes de la tarjeta terminada.
- Una lista completa de partes o factura de materiales (por lo general se trata de un documento aparte).
- Todas las notas generales y especificas que permitan que la tarjeta sea fabricada, probada y revisada.

El dibujo de ensamblado de la tarjeta de circuito impreso es dibujado generalmente en la escala usada en la creación del dibujo maestro. Sin embargo, se puede utilizar una escala que pueda ser leída más claramente. Se debe mostrar la escala.

La lista de partes debe tener la siguiente información para cada elemento : número de parte, descripción del elemento, número de partes requeridas y los números de elemento de cada parte de la lista. Para componentes electrónicos, las designación(es) de referencia se usa(n) como número(s) de búsqueda y debe(n) incluirse. Otra información que resulta a veces útil o llega a ser requerida por contrato es el Código Federal de Identificación y los números de zona de dibujo que indiquen localización.

6.2.3) TÉCNICAS

Los dibujos de ensamblaje de tarjetas de circuito impreso se preparan fácilmente utilizando una serie de métodos de reproducción de contacto, que usan ya sea películas lavables o fotosensibles.

Usando el dibujo del patrón maestro de lado de componentes de la tarjeta en una pantalla de medio tono (85 línea, 40% por ejemplo), se produce una máscara de copia de la configuración del dibujo dentro de un formato de dibujo estándar. Los esquemas de los componentes y designaciones de referencia se agregan entonces en negro sólido, usando un lápiz y una plantilla o plantillas adhesivas pre-cortadas. La máscara del patrón del dibujo ofrece una referencia que permite localizar fácilmente los componentes durante el ensamblado y las pruebas. La misma técnica básica puede usar un esquema del patrón del dibujo en lugar de una máscara del patrón. Esta técnica utiliza un negativo extendido hecho a través de colocar un espaciador de película transparente entre el negativo maestro y la película de duplicación. El negativo extendido y el dibujo original se usan entonces para producir el dibujo de ensamblaje. Un dibujo de ensamblaje hecho utilizando el método de esquemas resulta más fácil de cambiar o revisar.

La mínima documentación requiere que sólo los esquemas de los componentes se coloquen en sus lugares correctos dentro del esquema de una tarjeta en blanco.

El método más rápido y fácil de preparar dibujos de ensamblaje es hacer una copia reproducible de la porción de componentes hecho con los PUPPETSSM de Bishop, y entonces dibujar el esquema de la tarjeta y agregar las notas y detalles apropiados.

6.2.4) PUNTOS A VERIFICAR EN UN DIBUJO DE ENSAMBLAJE

- Los dibujos de ensamblaje de tarjetas de circuito impreso deben ser dibujados vistos desde el lado de los componentes. Si se montan componentes en ambos lados, deben mostrarse los dos lados.
- Utilice vistas auxiliares para clarificar cualquier detalle como localización precisa y orientación de partes mecánicas.
- Debe incluirse la altura máxima para los componentes y el grosor general de la tarjeta.
- Se deben identificar los componentes electrónicos dentro del esquema de componentes con la designación de referencia que se utilizó en el diagrama esquemático.
- Todas las partes, fuera de los componentes electrónicos, debe de estar identificados por números de elementos encerrados en "globos".
- La orientación de los componentes (número de pins, polaridad, etc.), debe ser desplegada claramente, cuando se aplique.
- El número de parte de ensamblaje, nivel de revisión, y número de serie (si se aplica) debe estar claramente señalado en la tarjeta ensamblada.

CAPITULO 7

PROCESO ESTÁNDAR PARA LA FABRICACIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS (APLICACIONES CIVILES Y MILITARES).

7.1) INTRODUCCIÓN

Este capítulo describe el proceso estándar a seguir para la realización de circuitos impresos de doble o multicapas destinado a aplicaciones civiles o militares. El tratamiento para el acabado de los circuitos impresos consistirá de un depósito de soldadura por inmersión ("solder coating") siempre y cuando no se especifique lo contrario. Los materiales base son de estratificado epóxico o sea de vidrio, del tipo FR-4 recubierto por una o por las dos caras de una capa de cobre. Estas serán conforme a las normas especificadas en el MIL-P-13949.

7.2) DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Las especificaciones concernientes a los circuitos impresos se encuentran en:

- MIL-STD-275 " Printed wiring for Electronic Equipment ".
- MIL-P-55110 " Printed wiring Board, General Specification for ".
- MIL-P-13949 " Plastic sheet, laminated, copper clad (for printed wiring) ".

7.2.1) ESPECIFICACIONES INTERNAS RELATIVAS AL PROCESO DE FABRICACIÓN

- 91000087 Reproducción por proceso fotográfico del patrón sobre superficies metálicas o por medio de una película fotopolimérica (negativo).
- 91000685 Metalización de circuitos impresos: revestimiento de cobre químico espeso seguido por un revestimiento de cobre electrolítico según el método de patrón " Pattern ".
- 91000539 Puesta en funcionamiento de la prensa de estratificación.
- 91000566 Oxidación química del cobre a estratificar para la realización de circuitos impresos de multicapas.
- 91000571 Realización de circuitos impresos de multicapas.
- 91000651 Selección de materiales de base para la realización de circuitos impresos.
- 91000686 Acabado de circuitos impresos con un depósito de estaño/plomo (selectivo o no) por la técnica de aire caliente (Hot Air Levelling).
- 91000626 Aplicación de una tinta para la máscara anti-soldante (solder mask) líquida foto-imagen para los circuitos impresos.

7.3) ESQUEMA DEL PROCESO

Los circuitos impresos son elaborados siguiendo la secuencia de operación como se indica a continuación.

CIRCUITO IMPRESO DOBLE CARA	CIRCUITO IMPRESO MULTICAPAS
	Realización del estratificado de multicapas (proceso 9100.0571 que consiste de: 2) la impresión fotográfica del patrón sobre cada capa interna por laminación de una película fotosensible, aislamiento y revelado (proceso 9100.0087). 3) Gravado del cobre de capas internas. 4) La eliminación de la capa fotosensible de las capas internas. 5) La oxidación del cobre de las capas internas (proceso 9100.0566). 6) la construcción de varias capas (stack) (proceso 9100.0570). 7) La compresión y la polimerización del conjunto (proceso 9100.0539)
Metalización (revestimiento de cobre) de los circuitos impresos según el método de patrón (proceso 9100.0685), que comprende: 1) Perforación de los agujeros para su metalización (Thru-Hole). 2) Limpieza y desengrazamiento de las superficies a metalizar (proceso 9100.0577). 3) El recubrimiento de cobre espeso por proceso químico seguido de una capa de cobre electrolíticamente depositado como refuerzo. 4) La impresión fotográfica del patrón por laminación de una película fotosensible, aislamiento y revelado (proceso 9100.0087).	
Acabado por la realización de un deposito de estaño/plomo (selectiva o no) por el método de aire caliente " hot air levelling " (proceso 9100.0686), que consiste de: 1) Un deposito electrolítico de plomo o estaño/plomo. 2) La eliminación de la película fotosensible. 3) El gravado del cobre. 4) La eliminación del plomo o del estaño/plomo. 5) La aplicación eventual de la capa anti-soldante " Solder mask " (proceso 9100.0626). 6) Estañado 7) diversos procesos mecánicos. 8) Empacar y almacenar.	

NOTA: LOS MATERIALES DE CALIDAD ESTÁNDAR, O SEA LOS MATERIALES QUE SE DEBEN DE ESCOGER PREFERENTEMENTE ESTÁN DESCRITOS EN LA ESPECIFICACIÓN 9100.0651.

Tabla 7.1) Proceso de fabricación de circuitos impresos

7.4) CONTROLES

- 1.- Los controles de entrada de material.
- 2.- Los controles de inter-operaciones.
- 3.- Los controles finales sobre los circuitos impresos terminados son explícitos salvo mención contraria relativa a un programa determinado en las especificaciones siguientes:

9100.1634 Método de verificación de los laminados vidrio epóxico con capas de cobre.

9015.1308 Control de adherencia de las capas de cobre de los materiales de base para circuitos impresos.

9100.1645 Método de verificación de los tejidos de vidrio pre-impregnados.

9015.1310 Control del espesor del cobre, estaño/plomo y mascarilla de soldado (solder mask) sobre los circuitos impresos.

7.5) METALIZACIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS (Recubrimiento de cobre por método químico seguido de un recubrimiento de cobre por método electrolítico según el método de " Pattern ").

7.5.1) INTRODUCCIÓN

Esta especificación define los procesos a seguir para realizar la metalización (recubrimiento de cobre) de los circuitos impresos según la técnica " Pattern plating " .

Según esta técnica, el estratificado de doble cara o multicapas es primeramente perforado. En el caso del estratificado de multicapas únicamente procederemos a un lavado químico de las perforaciones. Después las paredes de las perforaciones de los estratificados de multicapas y de doble cara serán recubiertos con un proceso químico con una capa de cobre. Inmediatamente después del proceso químico, el estratificado cubierto de cobre es recubierto con un primer depósito de cobre por proceso electrolítico sobre toda la superficie.

La reproducción del patrón se realiza por procesos fotográficos a partir de un positivo (positif cliché)". Para la realización, el estratificado como se indica anteriormente, es cubierto por una película fotopolimérica. Después del aislamiento y revelado, las áreas no protegidas por la película de protección y son recubiertas de una segunda capa de cobre por medios electrolíticos.

7.5.2) NOTAS GENERALES

Los estratificados a base de epóxico son los materiales más utilizados por su alta característica de aislamiento. El proceso permite el uso de otros materiales para aplicaciones que requieren menos aislamiento entre las capas por lo que se deberá de consultar el área técnica.

Comparado a la técnica de cobrizado (panel plating), y el cobrizado según la técnica de (Pattern plating) este conduce a una reducción sensible en el espesor del cobre grabado a la hora del ataque químico. Esto

permite una subgrabación más limitada y permite la realización de circuitos impresos con mayor densidad de conductores (el espaciamento entre conductores es menor).

7.5.3) MEDIO DE APLICACIÓN

Este proceso es aplicado esencialmente en la fabricación de circuitos impresos de doble cara con perforaciones metalizadas (through hole) y de circuitos impresos multicapas destinados a aplicaciones civiles y militares.

7.5.4) ESPECIFICACIONES

La especificación MIL-STD-275 " Printed wiring for electronic equipment " y la especificación MIL-P-55110 " Printed Wiring Boards, General Specification for " son considerados como documentos base.

Las especificaciones siguientes son llamados documentos:

9100.0087 Reproducción por proceso fotográfico de figuras sobre superficies metalizadas o no metalizadas por medio de una película fotopolimérica " negative type ".

9100.0577 Limpieza química de las perforaciones metalizadas en la realización de circuitos impresos.

7.6) MATERIALES Y PRODUCTOS NECESARIOS

7.6.1) MATERIALES

- Los materiales previstos en las especificaciones 9100.0087 y 9100.0577.
- Guillotina de precisión.
- Perforadora numérica.
- Maquina de limpieza mecánica por cepillos.
- Maquina de limpieza por pulverización de agua mezclada con piedra Ponce.
- Maquina de limpieza por pulverización química.
- Lijadora manual de vibración.
- Línea automática de metalización para proceso de cobrizado químico y electrolítico, formado por un conjunto de recipientes con todas los equipos necesarios (rectificadores, agitación por aire, filtradores, calentadores, extractores de gases tóxicos, conductos de evacuación, agitadores mecánicos).

7.6.2) PRODUCTOS QUÍMICOS NECESARIOS

- Los productos especificados en las especificaciones 9100.0087 y 9100.0577.
- Compuesto limpiador acondicionador 1175 (de Shipley), artículo No. E3521BA00V.
- " Preposit Etch 748 " (de Shipley), artículo No. E2319AD11X.
- " Cataprep 404 " (de Shipley), artículo No. E2311KG11U.
- " Cataposit 44 " (de Shipley), artículo No. E2217AC00V.
- Acelerador 19 (de Shipley), artículo No. E3501BE01A.

- Ácido sulfúrico concentrado químicamente puro ($d=1.84$), artículo No. E2216AA01A.
- " Cuposit 251 M ".
- " Cuposit 251 A ".
- " Cuposit 251 R ".
- " Cuposit Z ".
- " Cuposit Y ".
- Abrillantador de cobre " copper Gleam " P.C. Aditivo (de Lea Ronal) (Formula concentrada), artículo No. E3521BD01A.
- Superficie de cobre químicamente puro ($Cu SO_4 \cdot 5H_2O$) o abrillantador de cobre concentrado de Lea Ronal " Copper Gleam ".
- Cloruro de sodio para análisis, artículo No. E2311EC10Z.
- Carbón activo.
- Disco con granos de carbón activo.
- " Neutra Clean 7 " (de Shipley), artículo No. E2205AA11J.
- Piedra poma (tipo Lipari de Resco).
- " Ingapur R " (de Ingo-Chemie).
- " Ardrox PC 4758 " (the Breat) o equivalente (agente anti espuma).
- Anti-opacante " anti-tarnish E2/34 " (de Shipley).

7.6.3) PREPARACIÓN Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN DE LAS SOLUCIONES

7.6.3.1) SOLUCIÓN DEL COMPUESTO ACONDICIONADOR 1175

PRODUCTO	FORMULACIÓN	LIMITES
Acondicionador 1175	1 parte por volumen	
H ₂ O de-ionizado.	40 partes por volumen	

CONDICIONES

T°C	75	65-80
-----	----	-------

PREPARACIÓN

Agregar la solución del acondicionador al agua desyonizada y agitarla hasta que sea homogénea.

7.6.3.2) SOLUCIÓN PREPOSIT ETCH 748

PRODUCTO	FORMULACIÓN	LIMITES
Preposit Etch 748	30 gr.	
Acido sulfúrico puro (d=1.84)	10 mil	
H ₂ O desyionizado	1000 cm. ³	

CONDICIONES

T°C	Ambiente	20-25
-----	----------	-------

PREPARACIÓN

Disolver la cantidad de Preposit Etch en el agua desyionizada. Hacer homogénea la solución, para obtener el volumen deseado se deberá agregar agua desyionizada.

7.6.3.3) SOLUCIÓN DE CATAPREP 404

PRODUCTO	FORMULACIÓN	LIMITES
Cataprep 404	270 gr.	
H ₂ O desyionizado	1000 cm. ³	

CONDICIONES

T°C	Ambiente	20 - 25
-----	----------	---------

PREPARACIÓN

Vaciar la solución Cataprep 404 en el agua desyionizada al mismo tiempo que se agita y se aclare la solución, filtrar si es necesario.

7.6.3.4) SOLUCIÓN CATAPOSIT 44

PRODUCTO	FORMULACIÓN	LIMITES
Cataprep 404	270 gr.	
Cataposit 44	30 mil (3% de volumen)	
H ₂ O desyionizado	1000 cm. ³	

CONDICIONES

T°C	50	48 a 52
-----	----	---------

PREPARACIÓN

- 1) Disolver primero completamente el Cataprep 404 con agua tibia.
- 2) Agregar agua para aclarar la solución y filtrar si es necesario.
- 3) Agregar el Cataposit 44 y calentar para alcanzar 50°C.

NOTA: La temperatura de utilización del baño es directamente proporcional a la concentración de la solución de Cataposit 44.

7.6.3.5) SOLUCIÓN CON UN ACELERADOR

PRODUCTO	FORMULACIÓN	LIMITES
H ₂ O desyionizado	5 partes por volumen	
Acelerador 19	1 parte por volumen	

CONDICIONES

T°C	Ambiente	20-25
-----	----------	-------

PREPARACIÓN

Mezclar los diferentes constituyentes en el orden indicado hasta homogeneización.

7.6.3.6) SOLUCIÓN DE COMPOSIT 251

PRODUCTO	FORMULACIÓN	LIMITES
H ₂ O desyonizado	812 cm. ³	
Cuposit 251 M	120 cm. ³	
Cuposit 251 A	30 cm. ³	
Cuposit Z	23 cm. ³	
Cuposit Y	15 cm. ³	

CONDICIONES

T°C	46	43-50
Tasa de cambio		1.25 a 4.0 dm ² /L

NOTA:

- Una filtración constante del baño es recomendable.
- Una agitación por aire de la solución en el baño en el periodo de uso y se recomienda cuando no es usado.

PREPARACIÓN

Mezclé los diferentes constituyentes en el orden antes mencionado hasta perfecta homogeneicen con la ayuda de una agitación por aire vigorosa.

7.6.3.7) SOLUCIÓN DE NEUTRALIZACIÓN SULFÚRICA

PRODUCTO	FORMULACIÓN	LIMITES
Acido sulfúrico concentrado	100 cm. ³	
H ₂ O desyonizado	900 cm. ³	

CONDICIONES

T°C	Ambiente	20-25
-----	----------	-------

PREPARACIÓN

Vacíe el ácido sulfúrico poco a poco en el agua destilada y agite hasta que la solución sea homogénea.

7.6.3.8) BAÑO ELECTROLITICO DE SULFATO DE COBRE

PRODUCTO	FORMULACIÓN	LIMITES
Cu SO ₄ ·5H ₂ O o Abrillantador de cobre concentrado " Lea Ronal Copper gleam concentrado "	75 g/L 250 ml/L	60-90 g/L 225-275 ml/L
Acido sulfúrico concentrado (d=1.84)	100 ml/L	90-110 ml/L
Copper gleam PC aditivo (concentrado)	2.5 ml/L	1.25-5 ml/L
Na Cl	70 ppm	40-80 ppm
Agua desyionizada	1000 cm. ³	

CONDICIONES DE OPERACIÓN

PRODUCTO	FORMULACIÓN	LIMITES
T°C	27	21 - 32
Densidad de la corriente (A/dm. ²)	2.5	0.1 - 5
Anodo de cobre electrolítico OFHC constituido de fósforo: y cobre:	99.9%	0.03-0.06%
Relación Anodo/Catodo	1/1	
Agitación del baño por aire comprimido	Vigoroso	
Agitación de las placas	Moderado	
Filtrado	Continuo con filtro de papel	
Adición de brillantes	20 ml/100 A/H	

PREPARACIÓN

Si se utiliza el abrillantador de cobre " Lea Ronal Copper Gleam" concentrado, hay que disolver la cantidad requerida para constituir el baño con agua desyionizada hasta alcanzar un 80% del volumen de la tina.

Si se usan cristales de sulfato de cobre (Cu SO₄ 5H₂O), disolver la cantidad requerida del producto, agitando en un volumen de agua desyionizada igual al 80% del volumen de la tina.

Agregar lentamente la cantidad requerida de ácido sulfúrico agitando constantemente la solución.

Llenar la tina al nivel requerido agregando agua desyionizada.

En el caso de que se hayan utilizado cristales de sulfato de cobre, se deberá de hacer un tratamiento al baño durante 2 dias con carbón activo el cual es agregado en la tina para filtrar la solución.

Analizar la solución por medio de potenciometria la concentración de iones de cloruro de la solución. Este debe de encontrarse entre 40 y 80 ppm. si esta es más baja, se deberá de agregar cloruro de sodio para alcanzar 70 ppm (para aumentar la concentración de cloruro de 1 ppm en la solución, es necesario agregar 1.64 mg. de cloruro de sodio por litro de solución.

Electrolizar la solución durante 8 horas con un catodo ondulado en cobre electrolítico con una corriente inferior a 1 A/dm.².

Agregar la cantidad requerida de aditivo abrillantador de cobre " Copper Gleam PC ".

7.6.3.9) BAÑO ANTI-OPACANTE " anti-tarnish "

PRODUCTO	FORMULACIÓN	LIMITES
Anti-opacante "anti-tarnish"	25 cc	
Ácido Sulfúrico	30 cc	
Agua desyionizada	945 cc	

CONDICIONES

T°C	Ambiente	
-----	----------	--

7.6.3.10) BAÑO DE " NEUTRA CLEAN 7 "

PRODUCTO	FORMULACIÓN	LIMITES
Neutra Clean 7	90 gr.	
Agua desyionizada	1000 cc	

CONDICIONES

T°C	70	65 - 80
pH	7	6 - 8.5

PREPARACIÓN

Agregar la cantidad de polvo en el agua y agitar hasta que la solución sea homogénea.

7.6.3.11) SOLUCIÓN DE AGENTE DE LIMPIEZA

PRODUCTO	FORMULACIÓN	LIMITES
Ingopur R	184 cc	
Ardlox PC 4758	1 cc	
Agua desyionizada	816 cc	

CONDICIONES

T°C	Ambiente	20°C mínimo a 50°C
pH	0.8	

PREPARACIÓN

Mezclar los diferentes productos en el orden antes mencionado hasta homogeneizar.

NOTA:

- A) las soluciones deben de realizarse estrictamente siguiendo los métodos de operación descritos y el orden antes mencionado. En ningún caso, los productos deberán de hacerse en las tinas de tratamiento. Estos deberán de realizarse en recipientes separados y perfectamente limpios y no puedan ser atacados por las soluciones que contengan (los recipientes de polietileno son recomendables).
- B) Ninguna modificación en las soluciones deberán de hacerse sin la autorización del área técnica así como la de calidad y de producción.
- C) En lo que concierne al baño electrolítico, las barras y ganchos que conducen la corriente deberán de estar en perfectas condiciones (perfectamente limpios y sin rastros de corrosión o opacamiento).
- D) Los accesorios de suspensión serán de cobre, en bronce o en acero inoxidable y recubiertos de un material plástico menos en lugares de contacto, para evitar pérdidas de corriente.

7.7) MODO DE OPERACIÓN

Los circuitos impresos son realizados en la secuencia que se indica a continuación:

A) Recorte (aplicación única para los circuitos impresos de doble cara). los estratificados de cobre serán cortados en placas de dimensiones requeridas usando una cizalla.

NOTA:

Antes de cortar la placa con la cizalla se deberá calentar durante 8 horas a una temperatura de 120 grados.

B) Perforación de agujeros para perforaciones metalizadas " Through Holes ".

Las perforaciones a metalizar (Through Holes) deberán de ser hechos con una perforadora numérica. Los parámetros de perforación, el tiempo de perforación y el tipo de perforación, serán determinados de manera a minimizar las rebabas y tener las paredes de la perforación lo más liza posible.

C) Preparación de la superficie

Los estratificados con cobre perforados serán limpiados para eliminar las rebabas hechas por el proceso de perforado, el oxido, manchas de grasa o de contaminantes así como los eventuales defectos de la superficie.

Para preparar la superficie se procederá a realizar las siguientes operaciones:

- Lijado bajo agua con ayuda de papel abrasivo y eventualmente con productos detergentes. Esta operación se hará manual o con la ayuda de una lijadora.
- Cepillado mecánico por medio de una maquina con cepillos abrasivos.
- Limpieza química por medio de una maquina con banda transportadora y pulverización del agente detergente.
- Lijado húmedo por pulverización de agua cargado con piedra Ponce por banda transportadora.

D) Limpieza de las perforaciones a metalizar, (Aplicación única para los circuitos impresos multicapas de dos caras). ver especificación 9100.0577.

E) Depósito de cobre químico seguido por un refuerzo de cobre electrolítico.

Los estratificados cobrizados seguiran los procesos automáticos de metalización por operación química como se indica en la tabla 7.2.

OPERACIÓN	BAÑO	CONDICIÓN	OBSERVACIÓN
Inmersión en el baño de acondicionador 1175	1	T° : 75°C Duración: 15 min.	
Enjuague caliente		T° : 65°C Duración: 30 seg.	
Enjuague con agua normal		T° : Ambiente Duración: 30 seg.	
Inmersión en el baño de des oxidación	2	T° : Ambiente Duración: 5 min.	
Enjuague con agua normal		T° : Ambiente Duración: 60 seg.	
Inmersión en el baño de Cataprep 404	3	T° : Ambiente Duración: 1 min.	Min.: 30 seg.
Enjuague con agua normal		T° : Ambiente Duración: 60 seg.	
Inmersión en el baño con Cataposit 44	4	T° : 50°C Duración : 4 min.	
Enjuague con agua normal		T° : Ambiente Duración: 60 seg.	
Inmersión en el baño con acelerador 19	5	T° : Ambiente Duración: 4 min.	Min.: 2 min. Max: 120 min.
Enjuague con agua normal		T° : Ambiente Duración: 60 seg.	
Inmersión en el baño de cobrizado químico	6	T° : 46°C Duración: 30 min.	
Enjuague con agua normal		T° : Ambiente Duración: 60 seg.	
Inmersión en el baño Anti-opacante	9	T° : Ambiente Duración: 2 min.	
Enjuague con agua normal		T° : Ambiente Duración: 60 seg.	
Enjuague con agua desyonizada		T° : Ambiente Duración: 30 seg.	
Secado			

Figura 7.2) Proceso de cobrizado químico

Los estratificados cobrizados químicamente son quitados de las canastas y montados en canastas de metalización electrolítica para seguir el proceso automático de las operaciones indicadas en la tabla 7.3.

OPERACIÓN	BAÑO	CONDICIÓN	OBSERVACIÓN
Inmersión en una solución de Neutra Clean 7	10	T° : 70°C Duración: 5 min.	
Enjuague con agua normal		T° : Ambiente Duración: 60 seg.	
Solución de Preposit Etch 748	2	T° : Ambiente Duración: 12 seg.	
Enjuague con agua normal		T° : Ambiente Duración: 60 seg.	
Neutralización con una solución de ácido sulfúrico diluido	7	T° : Ambiente Duración: 30 seg.	
Deposito electrolítico de cobre	8	T° : Ambiente Densidad de corriente =2.5 A/dm. ² Duración: Suficiente para depositar un espesor deseado	
Enjuague con agua normal	5	T° : Ambiente Duración: 60 seg.	
Enjuague con agua normal con Anti-opacante		T° : Ambiente Duración: 2 min.	
Enjuague con agua normal		T° : Ambiente Duración: 60 seg.	
Enjuague con agua desyionizada		T° : Ambiente Duración: 30 seg.	
Secado			

los estratificados son quitados de las canastas de metalización.

Figura 7.3) Proceso de cobrizado químico (continuación).

F) Transferencia de patrón (imagen)

La impresión fotográfica de un circuito impreso es realizado a partir de un positivo (cliché), inspeccionado y eventualmente corregido siguiendo el proceso descrito en la especificación 9100.0087.

Los paneles son revelados, secados y guardados en soportes adecuados de manera a evitar la deterioración de la imagen de los mismos.

G) Deposito de cobre electrolítico.

Los estratificados cobrizados son puestos en canastas de metalización (como en el primer proceso de cobrizado), y siguen las operaciones del proceso automático que se mencionan en la tabla siguiente:

FALTAN PAGINAS

De la:

120

A la:

121

Cortes metalograficos son entonces realizados a través de perforaciones, conductores, y son examinados en microscopio óptico a fin de determinar la regularidad y el espesor de la metalización.

Este examen de metalización practica permite llevar un control de calidad en todo el proceso de metalización.

7.8.4) RESISTENCIA A CHOQUES TÉRMICOS

La resistencia a choques térmicos en la metalización es evaluada de la siguiente manera:

- Sea soldando o desoldando cinco veces consecutivas en una misma perforación o conexión.
- O realizando las pruebas siguientes:
- Entubar la muestra y calentar a una temperatura de $135^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ durante 6 horas mínimo, para eliminar la humedad.
- Dejar enfriar la muestra a temperatura ambiente.
- Agregar un desoxidante no activo.
- Hacerlo flotar durante 10 seg. sobre un baño de soldadura a $285^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Un examen con microscopio óptico de los cortes metalograficos realizados a través de las perforaciones, no deberán de presentar ninguna grieta sobre el deposito.

Este examen es realizado por lo menos tres veces por semana. Por otra parte las muestras que están destinadas a efectuar este examen se harán todos los días.

Este examen sirve para llevar un control sobre los baños y la calidad del proceso, si hay alguna anomalía se requerirá efectuar una depuración de los baños.

7.9) TERMINADO DE LOS CIRCUITOS IMPRESOS CON LA REALIZACIÓN DE UN DEPOSITO DE SOLDADURA (SELECTIVO O NO) POR TÉCNICA DEL AIRE CALIENTE (HOT AIR LEVELLING).

7.9.1) INTRODUCCIÓN

- 1) Esta especificación define el proceso a seguir para realizar el acabado de los circuitos impresos destinados a aplicaciones civiles o militares. Estas definen esencialmente la descripción del proceso de acabado de los estratificados cubiertos de cobre.
- 2) Después de la operación de cobrizado (ver proceso 9100.0685), los conductores que resaltan en el fondo colorado de la película protectora, son revestidos electrólíticamente por un deposito de estaño/plomo.
- 3) La película fotopolimerica es enseguida eliminada y el cobre no cubierto de estaño-plomo es atacado químicamente, el deposito de estaño/plomo juega un papel de revestimiento de protección durante esta operación.
- 4) Después de eliminar el cobre no deseado sobre la superficie de la tarjeta, es aplicada sobre el plano si requerido, un revestimiento de mascarilla de soldadura (solder mask (ver proceso 9100.0626)).

- 5) Luego los circuitos son cubiertos por soldadura por inmersión en un baño de estaño plomo según la técnica de aire caliente (Hot Air Levelling).
- 6) Después de los procesos anteriores se realizan las operaciones mecánicas como el revestimiento de perforaciones no conductores, recorte, etc..

NOTA: En el caso en que se requiera de la mascarilla de soldadura (solder mask), hablamos de estañamiento selectivo y de la técnica SMOBC (Solder Mask Over Bare Copper).

7.9.2) NOTAS GENERALES

- 1) Los estratificados a base de epóxico/ sea de vidrio, es el material de aislamiento el más utilizado. Los procesos pueden ser aplicados en otro tipo de superficies aislantes utilizados en otras aplicaciones; en estos casos se debe de consultar al grupo tecnológico.
- 2) En lo que concierne a la protección de los circuitos impresos después de su fabricación, es recomendado de empacarlos en bolsas tratadas con un inhibidor de corrosión (vapores o contacto) y eventualmente guardarlo en una bolsa de polietileno.
- 3) Después de montaje y soldado de componentes, el circuito impreso de doble cara puede ser eventualmente recubierto de una capa de barniz protectora.

7.9.3) MEDIO DE APLICACIÓN

Este proceso se aplica a la fabricación de circuitos impresos de doble cara con perforaciones metalizadas (Through Holes) y multicapas, destinados a aplicaciones civiles y militares y por lo cual un deposito electrolítico inalterable no es explícitamente necesario.

7.9.4) ESPECIFICACIONES

- 1) Las especificaciones MIL-STD-275 " Printed Wiring for Electronic Equipment " y MIL-P-55110 " Printed Wiring Board, General Specification for" son a considerar en este capítulo de referencia.
- 2) Las especificaciones siguientes son llamadas por este capítulo como:

9100.0685 Metalización de circuitos impresos: cobrizado químico espeso seguido de un cobrizado electrolítico según el método de Pattern.

9100.0626 Aplicación de una tinta " mascarilla de soldadura (Solder Mask) " líquida foto-imagen para circuitos impresos

7.10) CARACTERÍSTICAS DEL REVESTIMIENTO DE SOLDADURA

7.10.1) COMPOSICIÓN

El revestimiento de soldadura obtenido con el proceso de estañamiento o inmersión tendrá un porcentaje de estaño de $60\% \pm 10\%$. Es siempre deseable en fabricación de tener un revestimiento con un porcentaje de estaño/plomo situado en límites más estrechos: $63\% \pm 5\%$.

7.10.2) ESPESOR

El revestimiento máximo de soldadura deberá de ser de por lo menos 8 micras. Este será lo más regular posible, sobre toda la superficie recubierta de estaño/plomo así como en el interior de las perforaciones (Through Holes).

7.11) MATERIAL Y PRODUCTOS QUÍMICOS REQUERIDOS

7.11.1) MATERIAL

- 1) las que se encuentran incluidas en la especificación 9100.0626
 - 2) Mesas de inspección y retoques equipados con lupas (x 4 mínimo).
 - 3) Línea automática de metalización para operación de depósito electrolítico de Sn-Pb, comprendiendo un conjunto de tinas equipadas de todos los equipos necesarios (agitación por aire, filtración, calentamiento, extracción de vapor, estabilizador de nivel, sistema de evacuación, agitación mecánica, etc..).
 - 4) Conjunto de tinas para separar la película fotosensible eventualmente incluido en la línea automática, con dos tinas en cascada, la primera esta equipada de un sistema de ultrasonido.
 - 5) El conjunto de tinas para la eliminación del estaño/plomo eventualmente están incluida en la línea automática descrito como sigue:
 - Máquina de perforación numérica.
 - Máquina con banda transportadora para revelar la película fotosensible.
 - Máquina con banda transportadora para el atacado de cobre.
 - Lupas tipo WILD M28 (amplificación de 6.4x, 16x y 40x).
 - Microscopio óptico.
 - Máquina de serigrafía.
 - Cámara de secado con circulación de aire (30 - 150°C).
 - Área de limpieza de las telas de serigrafía.
 - Báscula.
 - Máquina mecánica de limpieza por cepillos.
 - Máquina de limpieza por pulverización de agua mezclada con piedra poma (tipo Jet Scrubber de Resco) seguido por un secado.
 - Máquina transportadora para micro grabación por aspersión.
 - Instalación de la capa de soldadura (Solder Coating) de los circuitos impresos por la técnica de aire caliente (Hot Solder Levelling) que comprende:
 - Un depósito de ola (Flux).
 - Máquina de estañamiento por inmersión.
-

- Una banda transportadora para la limpieza de los circuitos impresos (con enjuague en cascada por pulverización seguido de un secado).

7.11.2) PRODUCTOS QUÍMICOS NECESARIOS

- los previstos en la especificación 9100.0626
- " Preposit Etch 748 " (de Shipley), articulo numero : E2319AD11X.
- " Neutra Clea 7 ", articulo numero: E2205AA11J.
- Concentrado de plomo FP.
- Concentrado de estaño FS20
- Concentrado de ácido FF.
- Aditivo " Slotolet K ".
- Ácido sulfúrico concentrado (químicamente puro, d: 1.84), articulo numero: E2216AA01A).
- Solvente " Stripper K ", articulo numero: E3421AJ01C.
- Cloruro metílico, articulo numero: E1550CA01H.
- Acetona, articulo numero: E1550BB14V.
- Carbón activo.
- Discos de carbón activo.
- Paquetes de papel tratado para la inhibición de corrosión por medios de vapor o contacto tipo Arjoprox.
- Polvo detergente no abrasivo (Ajax o equivalente).
- Baño de gravado alcalino " Starter " (High Speed AC-CU-GUARD), articulo numero E2206AA01A.
- Soldadura tipo Sn 63 según norma QQ-S-571.
- Flujo de estañamiento o inmersión tipo Levelox GX de Alfacimici o equivalente.
- Piedra Ponce.
- " Ingopur R " (de Ingo-quimicos)
- Agente anti-espuma.

7.12) PREPARACIÓN DE LAS CONDICIONES DE UTILIZACIÓN DE LAS SOLUCIONES

7.12.1) SOLUCIÓN DE DESENGRASANTE " NEUTRA-CLEAN 7 ".

PRODUCTOS	FORMULACIÓN	LIMITES
Neutra Clean 7	90 gr.	
Agua desyionizada	1000 cc	

CONDICIONES

T°C	70	65 - 80
pH (papel)	7	6 - 8.5

PREPARACIÓN

Agregar la cantidad de polvo en el agua desyionizada y agitar hasta que sea homogénea.

7.12.2) SOLUCIÓN DE " PREPOSIT ETCH 748 "

PRODUCTOS	FORMULACIÓN	LIMITES
Preposit Etch 748	30 gr.	
Ácido Sulfúrico puro (d: 1.84)	10 mil	
Agua desyonizada	1000 cm. ³	

CONDICIONES

T°C	Ambiente	20 - 25
-----	----------	---------

PREPARACIÓN

Disolver la cantidad de " Preposit Etch " en agua desyonizada y agregar el ácido sulfúrico en pocas cantidades, agitar la solución hasta homogeneizar. Ya homogeneizada la solución llevarla al volumen deseado agregando agua desyonizada.

7.12.3) SOLUCIÓN DE NEUTRALIZACIÓN

PRODUCTOS	FORMULACIÓN	LIMITES
Concentrado Acido FF	56.5 mil (75 gr.)	
Agua desyonizada	1000 cm. ³	

CONDICIONES

T°C	Ambiente	
-----	----------	--

7.12.4) BAÑO DE PLOMO POR ELECTROPOSICIÓN

PRODUCTOS	FORMULACIÓN	LIMITES
Concentración ácida FF	150 gr. = (113 ml/L)	
Concentración de plomo FP	40 gr. = (29 ml/L)	
Concentración de estaño FS20	90 gr. = (75 ml/L)	
Aditivo Stotolet K	20 gr. = (21 ml/L)	

CONDICIONES

T°C	25° (Ambiente)	20 - 30
A/dm. ²	1.5	1 - 4
Anodo	Aleación Sn/Pb = 65/35	
Relación Anodo/catodo	1 : 1	
Filtración	Continua	
Placas	Moderadas	
Cantidad de aditivo	-	10 - 20 gr. / 10 m ² de placas o 10 - 14 mil / 100 Ah

PREPARACIÓN

- Llenar la tina con la mitad del volumen requerido de agua desyionizada.
- Agregar los productos en el orden antes mencionado, a la vez que se agita y después llenar con agua desyionizada al nivel requerido.
- Hacer trabajar el baño algunas horas con una densidad de corriente de 1.5 A / dm.².

7.12.5) BAÑO CÁUSTICO

La solución de alta velocidad Ac-Cu-GUARD esta lista para su empleo.

7.12.6) BAÑO PARA LA SEPARACIÓN DE LA PELÍCULA FOTORESISTIVA

PRODUCTOS	FORMULACIÓN	LIMITES
Cloruro metilico	300 cc	
Stripper K (limpiador)	700 cc	

CONDICIONES

T°C	Ambiente	
-----	----------	--

7.12.7) BAÑO ABRILLANTADOR DE ESTAÑO/PLOMO

PRODUCTOS	FORMULACIÓN	LIMITES
Acabado de alta velocidad	100%	
Solución	Baño preparado para uso	

CONDICIONES

T°C	Ambiente	20 - 40
pH	< 1	1
Sn	-	1000 ppm
Pb	-	650 ppm

NOTA: La eficiencia del baño depende principalmente de la superficie tratada de estaño/plomo.

7.12.8) BAÑO PARA DESPRENDIMIENTO DEL ESTAÑO/PLOMO

PRODUCTOS	FORMULACIÓN	LIMITES
Separador de soldadura SM parte A	600 mil	
Separador de soldadura SM parte B	200 mil	
Agua desyonizada	200 mil	

CONDICIONES

T°C	Ambiente	20 - 30
-----	----------	---------

7.12.9) SOLUCIÓN CON UN AGENTE LIMPIADOR

PRODUCTOS	FORMULACIÓN	LIMITES
Ingoipur R	184 cc	
Ardrox PC4758	1 cc	
Agua desyonizada	816 cc	

CONDICIONES

T°C	Ambiente	20 - 25
pH	0.8	

PREPARACIÓN

Mezclar los diferentes productos en el orden antes mencionado hasta homogeneizar.

NOTA:

A) las soluciones deben de realizarse estrictamente siguiendo los métodos de operación descritos y el orden en que se deben de mezclar.

En ningún caso, los productos deberán de hacerse en las tinas de tratamiento. Siempre deben de realizarse en recipientes separados y perfectamente limpios y no puedan ser atacados por las soluciones que contengan (los recipientes de polietileno son recomendables).

B) Ninguna modificación deberá de hacerse en las soluciones así como las condiciones de utilización, si se requiere alguna modificación se deberá tener la autorización del área técnica así como la de calidad y de producción.

C) En lo que concierne al baño electrolítico, las barras que conducen la corriente así como los ganchos deberán de estar en perfectas condiciones (perfectamente limpios y sin rastros de corrosión o opacamiento).

D) Los accesorios de suspensión serán de cobre, en bronce o en acero inoxidable y recubiertos de un material plástico menos en lugares de contacto, esto es para evitar pérdidas de corriente.

7.13) MODO DE OPERACIÓN

Los estratificados cobrizados pasan por la secuencia de operación como se menciona a continuación:

7.13.1) DEPOSITO ELECTROLITICO DE UNA CAPA PROTECTORA DE ESTAÑO/PLOMO

Los estratificados son puestos en canastillas para la metalización y consecuentemente seguiran las operaciones automáticas indicadas en la tabla 7.5 sin interrupción.

OPERACIÓN	BAÑO	CONDICIONES
Inmersión en la solución de Neutra Clean 7	1	T° : 70°C Duración: 5 min.
Enjuague con agua natural		T° : Ambiente Duración: 60 seg.
Solución de Preposit Etch 748	2	T° : Ambiente Duración: 3 min.
Enjuague con agua natural		T° : Ambiente Duración: 60 seg.
Neutralización ácida	3	T° : Ambiente Duración: 1 min.
Deposito de estaño-plomo	4	T° : Ambiente. Corriente: 1.5 A/dm. ² . Duración: suficiente para obtener un deposito de 10 micrómetros.
Enjuague con agua natural		T° : Ambiente Duración: 60 seg.
Enjuague con agua desyionizada		T° : Ambiente Duración: 30 seg.
Secado		

Los estratificados son removidos de las canastillas de metalización.

Tabla 7.5) Proceso electrolítico de la capa de estaño/plomo.

NOTA:

En el caso de que los circuitos impresos son cobrizados por el método " Pattern plating " (especificación 9100.0685), la operación de electroposición del estaño/plomo debe de efectuarse inmediatamente después de la segunda electroposición de cobre.

En este caso, las placas al salir del enjuague después de la segunda cobrización electrolítica (especificación 9100.0685) no deberán de pasar por el baño desengrasante (baño 1) ni por el de desoxidación (baño 2). Estos serán sumergidos en un baño de neutralización (baño 4) antes de ser recubiertos de estaño/plomo.

En el caso en que el proceso de estaño/plomo no pueda realizarse inmediatamente después de la segunda cobrización electrolítica, el ciclo antes mencionado deberá realizarse.

7.13.2) ELIMINACIÓN DE LA PELÍCULA FOTOPOLIMERICA

La película fotopolimérica seca utilizada como una película de protección será eliminada por inmersión del circuito impreso en dos baños en cascada conteniendo una solución de Stripper K. El primer baño contiene la solución de Stripper K menos pura, y estará equipado con un sistema de agitación por ultrasonido. La duración de este baño es en función del espesor de la película fotopolimérica.

Es recomendado para garantizar la eliminación de los residuos de la película fotopolimérica del circuito impreso al pasar este por una máquina de revelado

7.13.3) INSPECCIÓN

Se hará una inspección de los circuitos impresos con lupa para detectar todos los defectos que puedan tener estos, y sean corregidos.

DEFECTOS	CORRECCIONES
Discontinuidad en la metalización de los conductores	Recubrir estas áreas con una tinta de retoque resistente a la grabación (tipo Aetzreserve SD 2055 de Werner Peters).
Metalización accidental de superficies que no son conductores	Remover por raspado con un exacto de acero o de un estratificado epóxico.

7.13.4) GRAVADO O ATACADO (Ataque por un solución alcalina)

Los circuitos son montados sobre una banda transportadora la cual pasa dentro de una máquina de aspersión para llevar a cabo operación de gravado o atacado por medio de una solución alcalina.

Esta grabación o atacado permite de eliminar los depósitos de cobre no necesarios, el depósito estaño/plomo teniendo un rol de protección sobre las pistas, las donas y las perforaciones conductivas (through holes).

La velocidad de la banda transportadora está en función del espesor de la capa de cobre que hay que atacar.

La velocidad de ataque de la solución es mantenida constante por la regeneración automática de la solución con ayuda de bombas.

El atacado de los circuitos impresos nos genera un proceso de verificación visual o con lupas. Los eventuales residuos no descados de cobre que queden sobre el circuito impreso serán removidos por dos métodos:

- Por raspado con un exacto.
- Por el atacado químico localizado (realizado con la aplicación puntual de un agente de atacado).

7.13.5) ELIMINACIÓN DEL DEPOSITO PROTECTOR DE ESTAÑO/PLOMO

El revestimiento de estaño/plomo es eliminado por tratamiento de los circuitos, en una línea automática siguiendo la secuencia que a continuación se describe en la tabla 7.6.

OPERACIÓN	BAÑO	CONDICIONES
Inmersión en una solución abrillantador	7	T° C: Ambiente Duración: 2 min.
Enjuague con agua natural		T° C: Ambiente Duración: 60 seg.
Inmersión en la solución Stripper " de Sn-Pb	8	T° C: Ambiente Duración: 3 a 6 min.
Enjuague con agua natural		T° C: Ambiente Duración: 60 seg.
Enjuague con agua natural		T° C: Ambiente Duración: 30 seg.
Secado		

Tabla 7.6) Proceso de eliminación del estaño/plomo.

7.13.6) APLICACIÓN EVENTUAL DE LA MASCARILLA ANTISOLDADURA (SOLDER MASK)

Ver especificación 9100.0626

7.13.7) DEPOSITO DE UNA CAPA DE SOLDADURA POR LA TÉCNICA DEL AIRE CALIENTE (HOT AIR LEVELLING).

Los circuitos impresos con o sin la mascarilla anti-soldante (solder mask) son limpiados y reciben las operaciones siguientes:

- Des oxidación (o microetching) por el paso en una maquina que pulveriza una solución desengrasante sobre los circuitos. La velocidad de la banda transportadora esta arreglada de manera a tener un mínimo ataque sobre la superficie del cobre.
- Limpieza mecánica por el paso en una maquina de pulverización de agua cargada con piedra Ponce.
- Secado.

Enseguida los circuitos impresos son pasados a una maquina para depositar la capa de soldadura por el método del aire caliente (hot air Levelling).

Para realizar este proceso los circuitos impresos son pasados para ponerles un fundente de tipo Levelox GX o equivalente con la ayuda de una maquina de impregnación de fundente. Enseguida pasan en una maquina para estañar por medio de inmersión en un baño de soldadura a $245^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 2 segundos, a la hora de sacarlos son sometidos a un chorro de aire comprimido a $245^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ a fin de quitar el exceso de estaño/plomo en las perforaciones así como en las pistas.

Los parámetros de temperatura del baño de inmersión y la presión del chorro de aire comprimido deben de ser controlados a fin de permitir la obtención de un espesor de la superficie lo más uniforme posible y conforme a las exigencias de las especificaciones.

7.13.8) OPERACIONES MECÁNICAS

Los circuitos impresos son sometidos a una perforadora de control numérico para la perforación de agujeros no conductores.

7.13.9) MANIPULACIÓN DE LAS PLACAS

A fin de no ocasionar ninguna herida a la película fotopolimérica sec. y al depósito electrolítico, así como para evitar la contaminación de los circuitos impresos después de los diversos procesos de acabado, las placas serán siempre manipuladas por los costados y con guantes.

Si en una parte del proceso de fabricación se requiere almacenamiento de las placas, estos serán secados, almacenados y separados en anaqueles adecuados.

7.13.10) EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO

Los circuitos impresos son empaquetados en bolsas de papel tratado con un inhibidor de corrosión (por vapor o contacto) y eventualmente son metidos en una bolsa de polietileno.

El almacenamiento se hace en anaqueles adecuados de manera a que no haya deterioraciones de los circuitos impresos por golpes o raspaduras.

7.14) CONTROL DE CALIDAD, SUSTITUCIÓN Y CONTROL DE BAÑOS

7.14.1) LINEA DE PREPARACIÓN ANTES DEL BAÑO ESTAÑO/PLOMO Y LINEA DE QUITADO (STRIPPING) DEL ESTAÑO/PLOMO

La sustitución y el control de las soluciones son programadas por el laboratorio de análisis, con respecto a la cantidad de superficie tratada en la misma superficie.

El control de las soluciones tiende a realizarse en varios reajustes o añadir solución en el baño de Preposit Etch 748 y de estaño/plomo.

7.14.2) BAÑO DE ELECTROPOSICIÓN DE ESTAÑO/PLOMO

CONTROL	LIMITES	OPTIMO
Estaño Sn ++	16 - 24 g/L	18 g/L
Plomo	7 - 11 g/L	8 g/L
Relación Pb : Sn++		1 : 2.2
Ácido concentrado FF	120 - 180 g/L	150 g/L
Aditivo Sotolect K	16 - 24 g/L	20 g/L

Estos controles así como la renovación de estos baños serán programados por el laboratorio de análisis con base a los Ampers sobre hora totales que han pasado por el mismo.

7.14.3) BAÑO CÁUSTICO ALCALINO

CONTROL	LIMITES	OPTIMO
Densidad °B	25 - 27	1 vez / semana
pH	8 - 9	1 vez / semana

7.14.4) BAÑO DE SOLDADURA

El baño de soldadura será periódicamente controlado a fin de mantener el porcentaje de Sn y Pb en los límites indicados.

Para realizar este control, se toman muestras periódicamente de soldadura en la zona que se solidifica. Estos controles son efectuados de la siguiente manera:

- Por análisis gravimétricos (dosis de estaño, el plomo es calculado por diferencia).
- Por espectrofotometría de absorción atómica (dosis del Sn, Pb y Cu).
- Por examen de un corte metalograficos (evaluación de la relación Sn/Pb, y la cantidad de cobre).

NOTA:

- 1) La frecuencia de los análisis es determinado por los servicios de control de calidad con base al volumen de los productos tratados.
- 2) Otras impurezas deberán ser determinados por los servicios de control de calidad. Es el caso del Ag (cantidad Max de 2.5%), Sb (cantidad Max de 0.5%), Au (cantidad Max de 0.2%), Fe, Ni y As (cantidad Max de 0.01%), Zn y Cd (cantidad Max de 0.002%).

7.14.5) EXAMEN DE LA CAPA DE SOLDADURA

La calidad de la capa de soldadura será evaluada según las pruebas siguientes:

- Evaluación de la adherencia de la capa de soldadura.
- Determinación del espesor de la capa de soldadura.

7.14.6) EVALUACIÓN DE LA ADHERENCIA DE LA CAPA DE SOLDADURA

La adherencia de la capa de soldadura es controlado tomando circuitos impresos al hazar en un lote de fabricación.

Aplicamos firmemente con una presión manual un pedazo de cinta adhesiva transparente a través del circuito impreso a fin de cubrir un cierto numero de conductores.

La cinta adhesiva es despegada lo más rápido posible por un extremo. No deberá de haber ningún residuo de soldadura pegado a la cinta adherente

NOTA:

- Una nueva cinta adherente es usada para cada prueba.
- No hay que confundir el desprendimiento del revestimiento y el retiro eventual (poco probable) de un cordón a todo lo largo del borde del conductor.

7.14.7) DETERMINACIÓN DEL ESPESOR

El espesor de la capa es determinada sobre un circuito impreso en el cual el dibujo fue especialmente hecho para esta prueba. este circuito impreso será de doble cara y con una implantación similar a los circuitos impresos a realizar.

Una capa de soldadura será realizada sobre este circuito impreso en condiciones normales de trabajo.

Una o varias partes de este circuito impreso serán recortados y preparados para un examen metalograficos (la muestra esta puesta en una resina).

Después de pulido del corte metalograficos así realizado, el espesor de la capa de soldadura es medida microscópicamente en un cliché fotográfico.

NOTA:

- 1) La frecuencia de los controles sobre el espesor de la capa de soldadura es determinado por el departamento de control de calidad en base a la cantidad de volumen de producción tratado en este proceso.
- 2) Los controles de espesor pueden ser efectuados en uno o varios circuitos impresos tomados al hazar en la producción, si el área de control de calidad considera necesario, este etiquetara un circuito impreso para su prueba.

7.14.8) EXAMEN GENERAL VISUAL DE LOS CIRCUITOS IMPRESOS

- 1) La configuración de los circuitos impresos será exactamente la misma que la hecha en el diseño maestro (master drawing) sin omisión de ningún conductor o de parte del mismo funcionalmente necesario.

En lo que concierne a la leyenda, para el montado de componentes, la no visibilidad de las marcas no será en ningún caso considerado rechazo del circuito impreso.

Las indicaciones faltantes o no legibles serán reproducidas sobre el circuito impreso por medio de una película " Silk-screen ", por serigrafía o cualquier otro proceso parecido.

- 2) Ningún conductor deberá de presentar un desprendimiento de la capa de aislamiento, de laminación, fisura o otro defecto que puede causar un problema de funcionamiento.
- 3) Las zonas de no conducción en el circuito impreso deben de ser las mismas que las del plano, sobre todo en el espaciamento entre conductores, si hay un residuo de cobre en alguna de estas áreas, la separación entre conductores se reduce al mínimo permitido y podrá causar problemas de funcionamiento.
- 4) Los circuitos impresos estarán exentos 100% de grasa, huellas digitales, productos de corrosión, o cualquier otro contaminante que pueda influenciar en la calidad y fiabilidad del circuito impreso.
- 5) La metalización de las perforaciones (through holes) no presentaran ninguna interrupción aislante en las dos caras del circuito impreso o exponiendo el material base (cobre). Un examen con luz rasante bajo lupa será efectuado a fin de verificar la continuidad de la metalización de las perforaciones.

CAPITULO 8

VENTILACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

8.1) CARACTERÍSTICAS DEL LOCAL

Para tener una estimación real de las cargas de acondicionamiento de aire es necesario realizar un estudio del lugar. Para esto se requiere tener los planos de detalles mecánicos así como arquitectónicos, croquis sobre el terreno y en algunos casos fotografías de aspectos importantes del local y orientación del mismo con respecto a la latitud. En todo caso se deben de considerar los siguientes punto:

- 1) Orientación del edificio con respecto a puntos cardinales (efectos de sol y viento), efectos de sombra y superficies reflejantes (agua, arena, lugares de estacionamiento, etc.).
- 2) Uso del local.
- 3) Dimensiones del local o locales: largo, ancho y alto.
- 4) Altura de techo, espacio entre el suelo al techo, espacio entre vigas, etc.
- 5) Columnas y vigas: Tamaño, profundidad y forma de los mismos.
- 6) Materiales de construcción: Materiales, espesor de paredes, techos, suelos y composición de los mismos.
- 7) Condiciones de circunambiente: Color exterior de las paredes y techos, sombra proyectada por edificios adyacentes y luz solar. Áticos ventilados o sin ventilar, por gravedad o por ventilación forzada. Espacios circundantes acondicionados o no; temperatura de los no acondicionados, etc. Si el suelo esta sobre tierra, levantado, si no es el primer piso o si hay sótano.
- 8) Dimensiones de las ventanas: Dimensiones y situación, tipo de marco, cristal simple o múltiple, tipo de persiana, distancia del marco de la ventana a la cara exterior de la pared.
- 9) Dimensiones de las puertas: situación, material de las mismas.
- 10) Numero de ocupantes. Algunas veces es preciso estimar los ocupantes a base de metros cuadrados por persona o por medio de circulación.
- 11) Alumbrado: Potencia máxima de trabajo, tipo; si es incandescente, fluorescente, directo o indirecto. Si el alumbrado es indirecto deben de ser previstos el tipo de ventilación que tiene y el sistema de salida y alimentación del aire. Si se carece de información exacta se recurre a hacer un calculo de la iluminación en vatios por metro cuadrado.
- 12) Numero de motores: Situación, potencia nominal y empleo. Este ultimo dato es muy importante y debe de valorarse cuidadosamente. La potencia de entrada de los motores eléctricos no es necesariamente igual a la potencia útil dividida por el rendimiento. Frecuentemente, los motores trabajan con una sobre carga permanente o bien por debajo de su capacidad nominal.

- 13) Maquinaria comercial o equipo electrónico: Es necesario saber su ubicación, potencia indicada a falta de este se puede obtener midiendo los consumos de energía eléctrica.
- 14) Ventilación: Metros cúbicos por persona o por metro cuadrado.
- 15) Almacenamiento térmico: Este comprende el horario de funcionamiento del sistema, variación de la temperatura en el espacio durante el día, naturaleza de los materiales superficiales que rodean el espacio del local.
- 16) Funcionamiento continuo o intermitente: Esto es si el sistema debe de funcionar cada día laborable o solamente en ocasiones.

8.1.1) ORIENTACIÓN DEL EDIFICIO CON RELACIÓN A PUNTOS CARDINALES

Las temperaturas interiores se elevan considerablemente por la acción solar a través de las ventanas, paredes y tejados. A pleno sol, las caras expuestas a las radiaciones pueden elevar su temperatura a más de 33°C sobre el ambiente. Parte de ese calor volverá a la atmósfera pero parte penetrará en el interior de las paredes.

La cantidad de calor radiado y absorbido por las paredes de los inmuebles variará según su color. Las superficies de color oscuro absorben más calor que aquellas de color más claro. El flujo de calor que atraviesa paredes y tejados dependerá de su naturaleza y su grosor. El vidrio es transparente a las radiaciones solares y permite que pasen instantáneamente en casi su completa intensidad. El hierro ondulado también permite la rápida transmisión de calor. En otros materiales hay un retardo en la transmisión de calor del exterior hacia el interior. Cuando los inmuebles son de paredes muy gruesas o bien aisladas, el tiempo de máxima intensidad de radiación pasará antes que el calor absorbido penetre en el interior. En este caso, las caras exteriores se refrescarán con un cambio de dirección de los rayos solares y el calor absorbido por las paredes cesará de fluir hacia el interior y fluirá hacia el exterior. Pero en los inmuebles de construcción ligera, la penetración del calor radiado es más rápida y la máxima absorción de calor proveniente de esta fuente debe tenerse en cuenta para el plan de ventilación.

El calculo de la influencia solar sobre las temperaturas de los inmuebles son complejas. Estas dependen de muchos factores tales como:

- A) Color de las superficies externas.
- B) La velocidad del viento.
- C) Las propiedades de los materiales de construcción.
- D) La claridad atmosférica.
- E) La sombra de los arboles.
- F) La orientación del inmueble
- G) Otros.

Las tablas 8.1 y 8.2 indican aproximaciones para tiempo caluroso y claro asi como para máximas radiaciones y el tiempo requerido en la transmisión del calor.

CALENTAMIENTO SOLAR A TRAVÉS DEL TECHO

Transmisión máxima en tiempo claro, con una temperatura interior igual a la exterior a la sombra.
 Latitud 20° Norte o Sur

Techo de cielo raso sobre caballetes, cubiertas de tejas mecánicas:	
Caja de yeso de 0.11 m aproximadamente dos tablas juntas.	100 - 140 Kcal/m ² h
Techo de carpintería de madera o hierro:	
Placas onduladas de palastro, zinc o fibrocemento	375 Kcal/m ² h
Tejas mecánicas:	
Simple recubrimiento de doble maderamen.	250 Kcal/m ² h
Doble recubrimiento y doble maderamen.	225 Kcal/m ² h
Vidrio:	
3 a 6 mm. sobre hierro con juntas embetunadas.	735 Kcal/m ² h

Tabla 8.1) Calentamiento solar a través del techo

Las tablas 8.1 y 8.2 se refieren únicamente a la transmisión del calor solar cuando la temperatura es prácticamente la misma en el interior que en el exterior. No indican el flujo de calor por grado de diferencia de temperatura entre el aire exterior e interior, y por lo tanto, no pueden ser utilizadas para calcular la potencia de enfriamiento cuando la temperatura interior es más baja que la existente a la sombra del exterior.

La duración media de los rayos solares sobre las superficies del inmueble se indican en la tabla 8.3. Los valores indicados para 20° de latitud Norte pueden usarse igualmente para 20° de latitud Sur y para latitudes ecuatoriales. Para otras latitudes los valores indicados en las tablas 8.1 y 8.2 deberán multiplicarse por los factores de la tabla 8.4.

CALENTAMIENTO SOLAR A TRAVÉS DEL LOS MUROS

Transmisión máxima en tiempo claro, con una temperatura interior igual a la exterior a la sombra.
 Latitud 20° Norte o Sur

MATERIAL Y CONSTRUCCIÓN	ESTE U OESTE	SUDESTE U OESTE	SUR
Muros de ladrillo:			
Muro simple, exterior sin protección de espesor.			
0.06 m	112	65	13.2
0.11 m	88	51	10.4
0.22 m	61	35	7.2
0.33 m	44	26	5.2
0.45 m	37	22	4.4
0.56 m	31	18	3.6
0.66 m	27	16	3.2
Al menos 0.03 m			
2 ladrillos 0.06 m + 0.06 m	51	30	6.0
0.11 m + 0.06 m	47	28	5.6
0.11 m + 0.11 m	41	24	4.8
0.22 m + 0.11 m	34	20	4.0
0.22 m + 0.22 m	29	17	3.4
Muros de hormigón sin protección:			
0.05 m	142	82	16.8
0.10 m	122	71	14.4
0.15 m	108	63	12.8
0.20 m	95	55	11.5
0.25 m	88	51	10.4

Tabla 8.2) Calentamiento a través de muros

CALENTAMIENTO SOLAR A TRAVÉS DEL LOS MUROS

Transmisión máxima en tiempo claro, con una temperatura interior igual a la exterior a la sombra.
 Latitud 20° Norte o Sur

MATERIAL Y CONSTRUCCIÓN	ESTE U OESTE	SUDESTE U OESTE	SUR
Muros de piedra sin protección:			
0.25 m	112	65	13.2
0.30 m	105	61	12.4
0.40 m	95	55	11.2
0.50 m	85	49	10.0
Muros exteriores de madera, espesor total de la madera:			
0.02 m			
0.03 m	112	65	13.2
0.04 m	98	57	11.6
0.05 m	85	49	10.0
0.08 m	74	44	8.8
0.10 m	58	34	6.8
	47	28	5.6
Pared de placa ondulada de fibrocemento.	170	98	20
Ventana exterior de vidrio con simple chasis de alum. /mad.	500	300	105
Ventana exterior de simple chasis y doble vidrio.	103	59	11.9

- 1) Los valores indicados se refieren a superficies de color oscuro, para colores claros multiplicar estos valores por 0.75. No es aconsejable usar factores para paredes muy claros, pues suelen ensuciarse.
- 2) Para las latitudes australes usar estos valores para las paredes Nordeste, Noroeste y Norte.

Tabla 8.2) Calentamiento a través de muros (continuación).

DURACIÓN MEDIA DE LA RADIACIÓN SOLAR HORAS DE INTENSIDAD MÁXIMA

Latitud 20° Norte o sur

	SUPERFICI E HORIZ.	PARE D ESTE	PARED SUDESTE	PARE D SUR	PARED SUDOEST E	PARE D OEST E
Horas de intensidad máxima	12	8	9	12	15	16
Duración media en horas	14.7	7	6	2.4	6	7

Tabla 8.3) Duración media de la radiación solar

FACTORES DE CORRECCIÓN SEGÚN LA LATITUD

Usar con las tablas 8.1, 8.2 y 8.3

GRADOS DE LATITUD	SUPERFICIE NORMAL AL SOL	SUPERFICIE HORIZONT AL	PARED ESTE U OESTE	PARED SUDESTE O SUDOESTE	PARED SUR *
45	1.00	0.89	1.00	1.52	4.84
40	1.00	0.92	1.00	1.38	4.00
35	1.00	0.95	1.00	1.26	3.12
30	1.00	0.97	1.00	1.16	2.24
25	1.00	0.99	1.00	1.07	1.00
20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
15	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

* Para las latitudes australes emplear estos factores para las paredes Nordeste, Noroeste y Norte.

Tabla 8.4) Factores de corrección según la latitud

Cuando se calculan los incrementos debidos al calor de las radiaciones solares se debe de partir de la tabla 8.1 a la tabla 8.4, es necesario recordar que los efectos de las radiaciones afectan al mismo tiempo una o dos paredes de un edificio rectangular. Es recomendable basar los cálculos en las paredes que reciben más calor solar en los momentos más calurosos del día, es decir, cuando la diferencia de temperatura entre la exterior e interior es mínima.

La ventilación necesaria para eliminar el calor, puede calcularse a partir del incremento total de calor en Kcal/hora mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Número de Kcal/h} / .288 \times \text{elevación de temperatura} = \text{Número de m}^3/\text{hora}$$

8.1.2) SITUACIÓN DEL EQUIPO Y SERVICIOS

El análisis del local debe de incluir también la información que permitirá seleccionar la situación del equipo y planificar los sistemas de distribución de aire y agua así como alimentación eléctrica. A continuación se da una guía para obtener esta información:

- 1) Espacios disponibles : Se debe de considerar también espacios para unidades de ventilación, maquinas de refrigeración, etc.
- 2) Posibles obstrucciones : Situación de los ductos eléctricos, cañerías o interferencias en general que pueden ser situadas en el trazado de los ductos.
- 3) Localización de las entradas de aire exterior.
- 4) Suministro de energía eléctrica: Capacidad, limitaciones de corriente, tensión, fases y frecuencia, numero de hilos, forma de incrementar la energía en caso de ser necesario.
- 5) Suministro de agua: Agua fría (si la suministra el cliente): tipo de sistema, capacidad, temperatura, caudal, presión.

- 6) Equipo y conducción de aire existentes.
- 7) Drenaje.
- 8) Resistencia de la construcción del edificio.
- 9) Requisitos de condiciones sonoras y vibración.
- 10) Accesibilidad del equipo al lugar del montaje.
- 11) Reglamentos del lugar, zona.
- 12) Características arquitectónicas del local para seleccionar las salidas de aire o entradas de la misma.

8.2) ESTIMACIÓN DE LA CARGA DEL PROCESAMIENTO DEL AIRE.

La estimación de la carga sirve de base para seleccionar el equipo de procesamiento de aire. Debe de tenerse en cuenta que el calor procedente del exterior en un día así como el calor que se genera en el interior del local. La hora de carga máxima puede establecerse generalmente por simple examen de las condiciones del local; no obstante, se pueden hacer mediciones a diversas horas del día. Para obtener resultados reales deben de aplicarse varios factores:

1) Cargas exteriores las cuales consiste en:

- A) Rayos del sol que entran por las ventanas.
- B) Rayos del sol que inciden sobre las paredes y techo.
- C) Temperatura del aire exterior.
- D) Viento que sopla sobre la pared del edificio.
- E) Aire exterior necesario para la ventilación: Generalmente, se necesita para la eliminación de olores, renovar el aire interior o extraer gases tóxicos.

2) Cargas internas las cuales consisten en:

- A) Numero de personas.
- B) Alumbrado.
- C) Equipos eléctricos.
- D) Motores eléctricos.
- E) Disposición de tuberías.
- F) Diversas fuentes de calor.

Además de las ganancias de calor que tienen su origen en el exterior o en el interior del lugar de trabajo, el mismo equipo de acondicionamiento y el sistema de conducción producen una ganancia o pérdida de calor. Los ventiladores y bombas que se utilizan para distribuir el aire o agua en el sistema generan calor; también se añade calor cuando los ductos de impulsión de aire o de retorno atraviesan espacios más calientes. En los ductos de impulsión pueden producirse fugas de aire frío y en los retornos fugas de aire caliente. El método para evaluar las ganancias de calor debidas a estas fuentes valoradas es un porcentaje de la carga de calor sensible, de calor latente y de calor total, se indica en la gráfica 8.1 y la tabla 8.17.

8.3) GANANCIAS INTERIORES Y GANANCIAS DEBIDAS A LA INSTALACIÓN.

Se denominan ganancias interiores las cantidades de calor latente y sensibles que se generan en el interior del local, las cuales son emitidas por los ocupantes, por el sistema de alumbrado, aparatos eléctricos, motores, tuberías, etc. A continuación se determinaran las ganancias instantáneas procedentes de estas fuentes diversas. parte de estas ganancias sensibles instantáneas, emitidas en forma de radiaciones, las cuales son absorbidas por los materiales que forman el local y los cuales no se debe de tener en cuenta al hacer el balance térmico.

8.3.1) OCUPANTES

En la tabla 8.11 los valores se determinaron con la cantidad media de calor desarrollada por una persona adulta, teniendo diferentes grados de actividad. La cantidad de calor desarrollada por una mujer y un niño son de 85% y 75%, respectivamente de las desarrolladas por el adulto. Los valores mencionados son validos para una permanencia superior a tres horas en el local acondicionado.

8.3.2) ILUMINACIÓN

El alumbrado constituye una fuente de calor sensible. Este calor se emite por radiación, convección y conducción. Las lamparas incandescentes transforman la electricidad en un 10% de luz y el resto lo transforma en calor que se disipa por radiación, convección y conducción. Un 80% de potencia absorbida se disipa por radiación y un 10% por convección y conducción como se muestra en la figura 8.1.

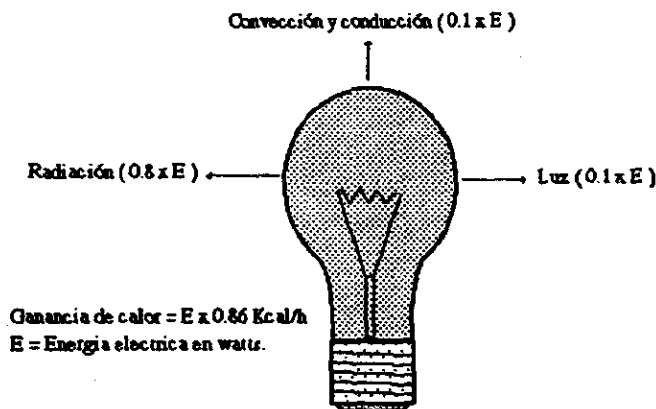
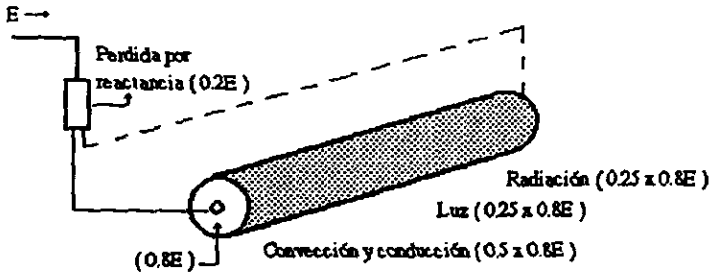


Figura 8.1) Conversión de la energía eléctrica en calor y luz en lamparas incandescentes.

las lamparas fluorescentes transforman un 25% de energía absorbida en luz, mientras que otro 25% se disipa en radiación hacia las paredes del local y el resto por conducción y convección como se muestra en la figura 8.2.



Ganancia de calor = $E \times 0.86$ Kcal/h

Ganancia de calor = $0.8E \times 1.25 \times 0.86$ Kcal/h

E = Potencia absorbida por la lámpara en watts.

0.8E = Potencia efectiva en watts.

Figura 8.2) Conversión de la energía eléctrica en calor y luz en las lámparas fluorescentes

TIPO	GANANCIAS SENSIBLES * (Kcal / h)
Fluorescente	Potencia útil watts $\times 1.25^{**} \times 0.86$
Incandescente	Potencia útil watts $\times 0.86$

* Ganancias reales debidas al alumbrado de acuerdo con las tablas 12 y 13.

** 25% suplementario corresponde a la potencia absorbida en la resistencia.

Tabla 8.5) Ganancias debidas al alumbrado

8.3.3) APARATOS ELÉCTRICOS

Los aparatos eléctricos generan calor latente en función de su utilización. En la mayoría de los casos hay una disminución importante de ganancia de calor, tanto sensible como latente, por medio de campanas de extracción.

El calor procedente de los aparatos eléctricos y procesos exotérmicos, estos al usuarios calientan la atmósfera. Además la energía del motor se convertirá directa o indirectamente en calor.

EMISIÓN DE CALOR QUE PROVIENE DE APARATOS ELÉCTRICOS

Potencia absorbida I NW	Emisión de calor 860 Kcal/ h
1 NW	1.341 HP
1 CA	0.736 NW
1 CA	1.013 HP

Figura 8.6) Factores de conversión para el calculo de calor producido por motores y aparatos eléctricos

8.3.4) MOTORES ELÉCTRICOS

Los motores eléctricos constituyen fuentes de ganancias sensibles por el hecho de transformar una gran parte de energía en calor. En la carcasa, el calor que se disipa es igual al producto de:

$$\text{Potencia absorbida} \times (1 - \text{Rendimiento del motor}).$$

La potencia restante es absorbida como potencia útil.

8.3.6) MOTORES CON FUNCIONES MECÁNICAS

Los rendimientos de los motores de jaula de ardilla se muestran en la tabla 8.10. Son motores de potencia inferior a 1 CA los cuales se alimentan generalmente con una tensión de 110 o 220 Volts, mientras que los motores de potencia superior a 1 CA suelen ser trifasicos y son alimentados con una tensión de 220 o 440 Volts. Los valores de la tabla pueden aplicarse a los motores monofasicos de potencia inferior a 1CV. Los valores de la presente tabla representan las ganancias de calor debidas a los motores eléctricos y maquinas acopladas cuando el aparato esta localizado en el local acondicionado. Se tiene que considerar que la potencia real absorbida por un motor eléctrico no es forzosamente el cociente de su potencia nominal por su rendimiento.

Si el motor y la maquina acoplada están localizados en el interior del local, las ganancias correspondientes son iguales a 0.86 Kcal/h x Watt. Si el motor esta localizado en el exterior del local y la maquina en el interior del mismo, multiplique el producto anterior por el rendimiento del motor. Si la maquina se encuentra localizada en el exterior del local, la ganancia se expresara por la potencia absorbida en watts, multiplicada por 0.86 (1 - Rendimiento). Los valores obtenidos se aplicaran a las relaciones indicadas en la tabla 8.7.

TIPO DE TENSION	POTENCIA UTIL CA	POTENCIA ABSORBIDA NW
CONTINUA	$(I \times V \times p) / 736$	$(I \times V) / 1000$
MONOFASICA	$(I \times V \times \text{Cos } \beta \times p) / 736$	$(I \times V \times \text{Cos } \beta) / 1000$
TRIFASICA	$(I \times V \times p \times \text{Cos } \beta \times 1.73) / 736$	$(I \times V \times \text{Cos } \beta \times 1.73) / 1000$

Donde :

V = Tension (Volts).

p = Rendimiento.

I = Corriente (Amp.).

Cos β = Factor de potencia.

Tabla 8.7) Relaciones de potencia.

8.3.7) GANANCIAS DE CALOR DEBIDAS A LA INSTALACION

Las ganancias de calor debidas a la instalacion estan constituidas por las cantidades de calor, suministradas por los diferentes componentes de la instalacion como tuberias, ductos de ventilacion, ventiladores de impulsión, bombas, maquinaria, etc. Estas ganancias deben de tenerse en cuenta en el balance térmico, aunque su importancia no puede establecerse de forma precisa hasta que se haya determinado el tipo de instalacion.

8.3.8) FUGAS DE LOS DUCTOS DE IMPULSION

Las fugas de los ductos de inyección de aire, se genera una disminucion de la potencia disponible que pueden ser importantes, por lo que hay que considerar un 10 % del caudal de aire inyectado. El porcentaje de fugas por metro lineal es más pequeño en ductos de seccion grande. Se han registrado en la practica porcentajes desde 5% hasta un 30%, por lo que la estimación de las fugas en los ductos de inyección podrá basarse en los siguientes puntos:

- 1) Ductos desnudos en el interior del local acondicionado pueden ser despreciables.
- 2) Ductos revestidos en el interior del local acondicionado no se tendrá en cuenta las fugas de aire.
- 3) Cuando parte de los ductos situados en el exterior del local acondicionado se tendrá que considerar un 10% de fugas multiplicado por la relación entre la longitud del ducto exterior y la longitud total.

8.4) CALCULO DE UN SISTEMA DE DUCTOS DE AIRE

Los sistemas de inyección de aire así como los de retorno o extracción del mismo se clasifican tomando en consideración la velocidad y presión del aire dentro de los ductos. Existen dos tipos de sistemas de transmisión de aire empleados en el acondicionamiento de aire. Los considerados de baja velocidad o sistemas convencionales, y los de alta velocidad. Se consideran las siguientes normas para diferenciar los sistemas de alta velocidad y los de baja como se menciona a continuación:

1) Acondicionamiento de aire para locales comerciales:

- A) Se considera de baja velocidad desde 6 hasta 12 m/s.
- B) Se considera de alta velocidad cuando es mayor de 12 m/s.

2) Acondicionamiento de aire para locales industriales:

- A) Es considerado de baja velocidad desde 11 hasta 12 m/s.
- B) Es considerado de alta velocidad cuando es mayor de 20 m/s.

Normalmente, los sistemas de retorno o extracción de aire, tanto para baja como para alta velocidad de impulsión se considera siempre como sistema de baja velocidad. En aplicaciones comerciales así como industriales, las velocidades empleadas para estos sistemas son:

- 1) Para locales comerciales la velocidad de extracción de aire son de 8 a 10 m/s.
- 2) Para locales industriales las velocidades requeridas normalmente son entre 10 y 12 m/s.

los sistemas de distribución de aire se dividen en tres categorías en cuanto a la presión del aire en el ducto; o sea de baja, media y alta presión. Esta clasificación corresponde a la misma que los ventiladores, que se clasifican de la siguiente manera:

- 1) Clase I: de baja presión, (hasta 90 mm. c.a.).
- 2) Clase II: de mediana presión, (desde 90 mm. c.a. hasta 180 mm. c.a.).
- 3) Clase III: de alta presión, (desde 180 mm. c.a. hasta 300 mm. c.a.).

las presiones indicadas son presiones totales, incluyendo las perdidas de carga dentro del equipo acondicionador, ductos y bocas de impulsión.

8.5) ESPACIO DISPONIBLE

El espacio disponible para los ductos de inyección de aire como de extracción del mismo, presentan con frecuencia limitaciones que obligan a adoptar un determinado sistema de ductos. En lugares donde el espacio es muy importante, la solución es el uso de sistemas de alta velocidad para las unidades de inducción, empleando ductos circulares.

8.6) COEFICIENTE DE ROZAMIENTO

La tabla 8.13 se emplea para obtener dimensiones de ductos rectangulares que tienen la misma capacidad y el mismo coeficiente de rozamiento que los ductos circulares equivalentes. Por ejemplo:

Supongamos que la sección recta de un ducto es de 0.309 m^2 y que las dimensiones del ducto rectangular se deducen de la tabla 8.8. Los datos que siguen a continuación nos indican los diámetros del ducto equivalente y el coeficiente de rozamiento correspondiente cuando circulan $6.8 \text{ m}^3/\text{h}$ en los ductos seleccionados.

Si la presión estática total que se necesita ha de ser de unos 25 mm. c.a. basándose en 30 m de ducto, más el equipo correspondiente. Cuando se utiliza un ducto en espiral, se obtiene no solo un bajo costo, sino también un bajo costo de uso. Si no pudiese usarse el ducto circular por las limitaciones de espacio, se deberá de usar ductos rectangulares que más se aproxime a la forma cuadrada, o sea con una relación de dimensiones de 1 : 1.

DIMENSIONES DEL DUCTO (mm.)	DIÁMETRO DEL DUCTO CIRCULAR EQUIVALENTE (mm.)	PERDIDA UNIT. DE CARGA (COEF. DE ROZAMIENTO) (mm. c.a. / 30 m)	RELACIÓN DE FORMA
600 x 500	607	2.28	1.2 : 1
750 x 400	602	2.41	1.9 : 1
1.200 x 250	567	3.17	4.8 : 1
2.000 x 150	511	5.33	13.3 : 1

Tabla 8.8) Relación del coeficiente de rozamiento en relación a la forma del ducto.

8.7) TIPOS DE ACOPLAMIENTOS

En general los acoplamientos pueden ser de Clase A o B tal como se indica en la tabla 8.9. Cuando se desea un bajo costo, es preferible el empleo de los acoplamientos de Clase A, ya que los de Clase B se requiere un tiempo de fabricación mayor que los de clase A.



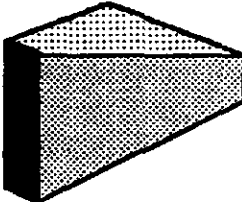
CLASE A: ACCESORIOS SIN GUÍA	
	Todos los accesorios con dimensiones constantes o iguales de sección recta.
	Todos los accesorios con radio variable y anchura constante.
	Accesorios con caras rectas y con anchuras variables.

Tabla 8.9) Acoplamientos de clase A y B

CLASE B: TODOS LOS ACCESORIOS QUE CONTIENEN GUÍAS



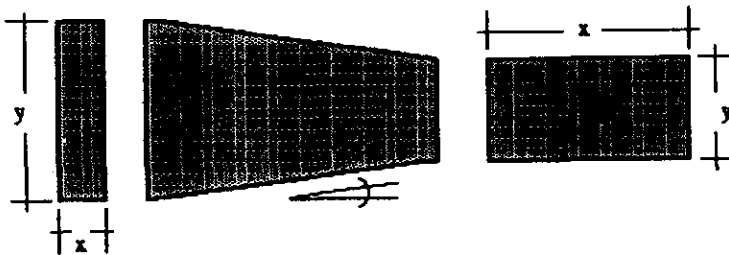
	<p>Todos los accesorios que tengan radios concéntricos y anchuras variables.</p>
	<p>Todos los accesorios con radios excentricos y anchura variable.</p>

Tabla 8.9) Acoplamientos de clase A y B

8.8) TRANSFORMACIONES

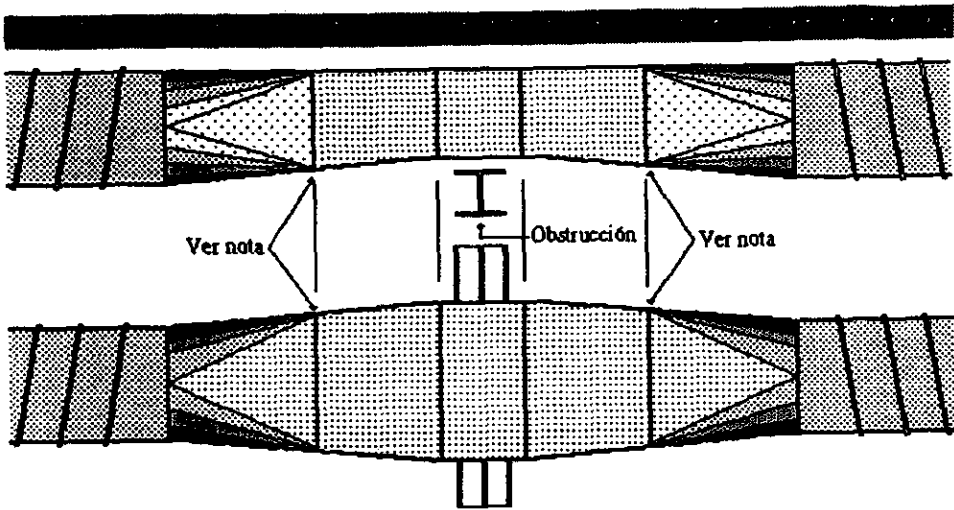
Se emplean las transformaciones para unir dos ductos de diferente forma o sección recta. Cuando se modifica la forma del ducto rectangular, permaneciendo igual su sección recta, se recomienda una pendiente de 15% para las piezas laterales de la transformación, como se puede ver en la figura 8.3. Si esta pendiente no pudiera realizarse, no deberá sobrepasarse de un 25% como máximo.



15% de inclinacion recomendada para alta velocidad.
 25% de inclinacion recomendada para baja velocidad.

Figura 8.3) Transformación de una sección recta.

Con frecuencia debe reducirse el tamaño de los ductos para salvar un obstáculo; en este caso una buena norma es no reducir su sección más de un 20%. La pendiente más recomendable para reducir la sección de ducto es como se menciono anteriormente de un 15%. Cuando sea imposible se podrá aumentar la inclinación hasta un 25%. Si la sección del ducto aumenta, la pendiente de la transformación no debe de pasar de 15%. la figura 8.4 nos muestra una transformación de un ducto circular a un rectangular con el objeto de evitar un obstáculo.



NOTA: Pendiente de 15% para alta velocidad, 25% para baja velocidad.

Figura 8.4) Transformación de ducto redondo para evitar obstrucciones

8.9) CODOS

En los ductos circulares y rectangulares pueden establecerse distintos tipos de codos. Los más comunes son los que se indican en las tabla 8.10.

DUCTO RECTANGULAR	DUCTO CIRCULAR
Codo ordinario	Codo suave
Codo reducido con aletas directrices	Codo de tres piezas
Codo recto con aletas	Codo de cinco piezas

Tabla 8.10) Tipos de codos rectangulares y circulares

las pérdidas de carga en los codos rectangulares y circulares están indicados en las tablas 8.14, 8.15, 8.16 y 8.17. Los codos ordinarios como se muestra en la figura 8.5, se construyen con el radio menor igual a los 3/4 de la dimensión del ducto en la dirección del giro.

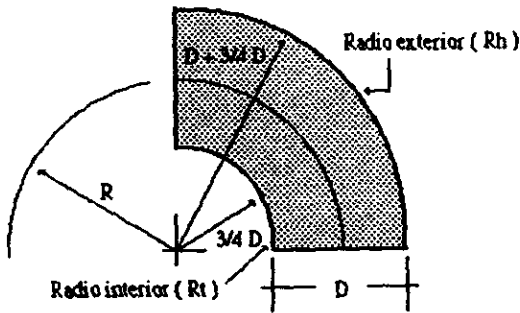


Figura 8.5) Codo de sección rectangular

Un codo con el radio menor tiene una relación R/D de 1.25. Esta relación se considera óptima. Un codo rectangular puede tener guías de doble espesor o sencillas. La figura 8.6 nos muestra un codo recto cuyas guías son de doble espesor. Estos codos se utilizan en aquellos sitios donde, por limitaciones de espacio, no se pueden instalar codo curvos. Este tipo de codo no solo es más caro sino que tiene una caída de presión mayor que el codo ordinario ($R/D = 1.25$).



Figura 8.6) Codo recto con guías de doble espesor

En los ductos que se construyen con tubo en forma espiral se recomienda la instalación de codos suaves. La figura 8.7 nos muestra un codo suave de 90° con la relación R/D de 1.5. Esta relación es la normal en todos los codos que se realizan con tubos de tipo espiral o en los ductos de sección circular. El codo de tres secciones tiene la misma relación R/D que el codo suave, pero su caída de presión es mayor, y también mayor que la de cinco piezas. Este tipo de codo es el que se recomienda cuando hay imposibilidad de colocar codos suaves.

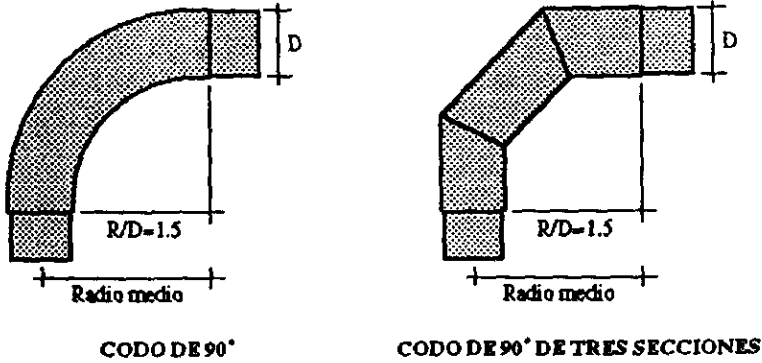


Figura 8.7) Codo cilíndrico suave y de tres piezas

8.10) DERIVACIONES

En ductos rectangulares se pueden instalar varios tipos de derivaciones. En las derivaciones de tipo A se pueden aplicar las mismas consideraciones hechas en los codos. La figura 8.8 presenta los tipos de derivación mas empleados. La derivación tipo A es una derivación que utiliza un codo ordinario. Tanto la A, como en la B los radios interior y exterior inician de distintos puntos, puesto que el diámetro D es mayor que el diámetro D_1 . La principal diferencia entre la derivación de tipo A y B consiste en que esta ultima la derivación parte del interior del ducto y no hay ninguna reducción del ducto principal.

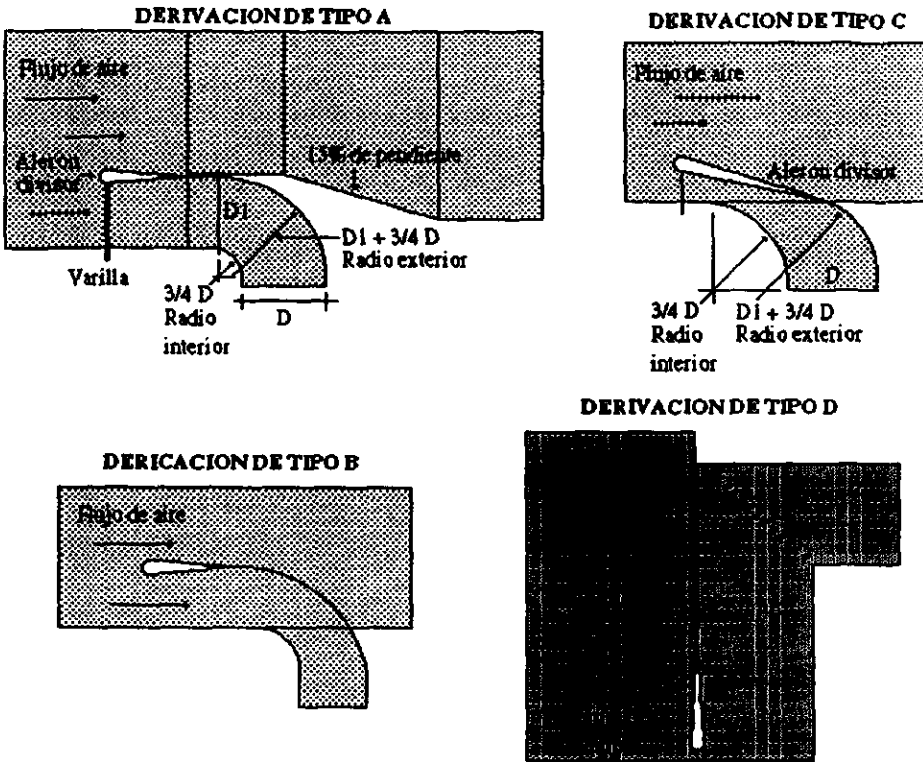


Figura 8.8) Derivaciones típicas

En la figura 8.8, la derivación de tipo C no forma parte del ducto principal. Este tipo es muy utilizado cuando la cantidad de aire que se deriva es pequeña. La derivación de tipo D de ángulo recto, utilizando un codo rectangular, es la menos adecuada, no solo por su costo sino por su mayor caída de presión. Su empleo se limita a los casos en que no se puede instalar un codo ordinario.

En los ductos circulares y los tubos espirales pueden hacerse dos clases de derivaciones como se muestra en la figura 8.9, la T de 90° y la T cónica de 90°. la T cónica se utiliza cuando la velocidad del aire es mayor a 20 m/s, o cuando se requiere tener una caída de presión menor que una derivación perpendicular a T de 90°.

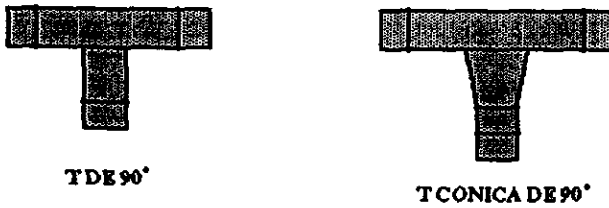


Figura 8.9) Derivaciones en T de ductos cilindricos

Cuando se proyecta el sistema de ductos, puede presentarse el problema de reducir el tamaño de los mismos en ciertas derivaciones. Esta reducción puede realizarse en la misma derivación o inmediatamente después de ella como se muestra en la figura 8.10. Lo recomendable es hacer la reducción en la misma derivación, ya que de este modo se evita un acoplamiento.

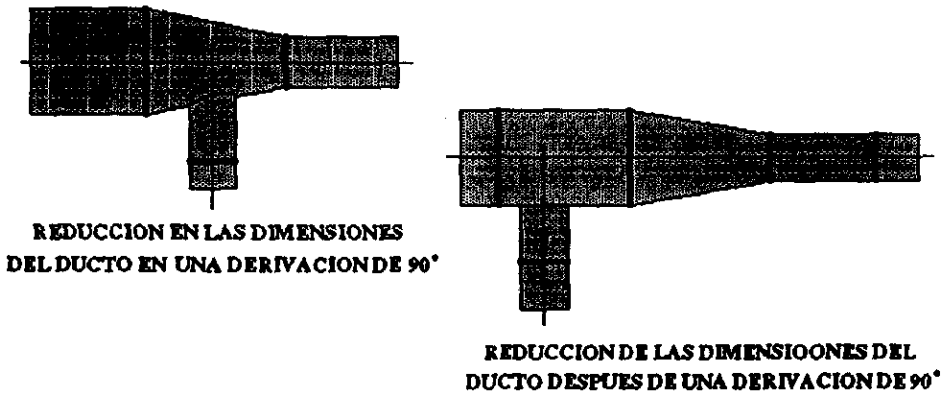


Figura 8.10) Reducción de las dimensiones del ducto en una derivación

8.11) REGULACIÓN DE AIRE

En los sistemas de distribución de baja velocidad, la corriente de aire hacia los ramales se regula por medio de compuertas. En la figura 8.8 se puede ver una compuerta para ducto rectangular. A veces se montan compuertas giratorias en vez de compuertas divisoras como se muestra en la figura. Estas ultimas se utilizan con preferencia en los sistemas de baja velocidad, mientras que las giratorias son más empleadas en los de alta velocidad. En estos últimos sistemas las compuertas giratorias reguladoras de caudal, o equilibradoras, son indispensables en las unidades de tratamiento de aire para la regulación del caudal.

8.12) ACCESORIOS DEL SISTEMA DE DUCTOS

Existen una serie de accesorios tales como corta fuegos, puertas de acceso y amortiguadores de sonido, que no afectan al calculo del sistema, pero pueden ser necesarios. Únicamente será preciso tenerlos en cuenta en el calculo en el caso de que varios elementos se encuentren en serie, al objeto de que la resistencia que oponen sea tenia en cuenta en la elección del ventilador. Por otro lado se debe de tener en cuenta los revestimientos anticorrosivos de los ductos cuando en las áreas involucradas se utilizan productos corrosivos.

8.12.1) CORTA FUEGOS

La colocación, empleo y construcción de corta fuegos, suele ajustarse a las normas de seguridad establecidas por la identidad gubernamental correspondiente. El " National Board of Fire Underwriters ", de Estados Unidos, explica en su folleto NBFU 90 A, las normas generales para la construcción e instalación. En un ducto rectangular se suele utilizar dos tipos de corta fuegos:

- 1) La figura 8.11 nos muestra una compuerta rectangular giratoria que pivota sobre el eje vertical u horizontal.

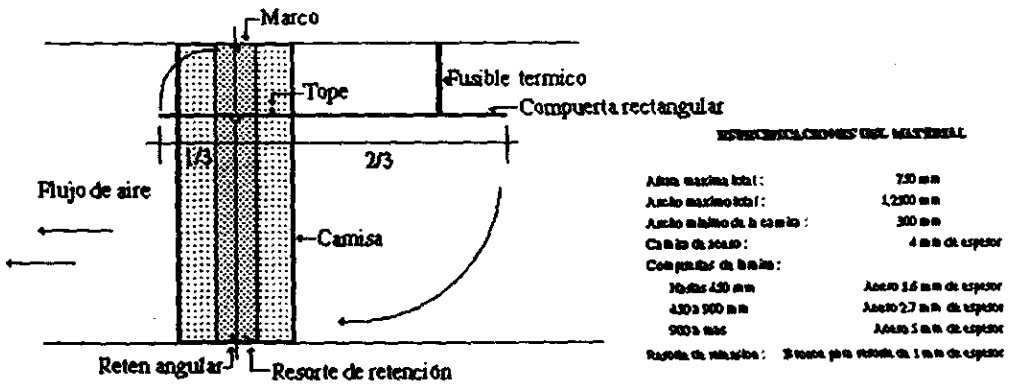
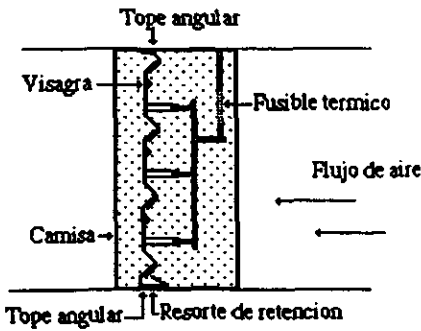


Figura 8.11) Pantalla rectangular basculante contra incendios

- 2) la figura 8.12, nos muestra una persiana corta fuegos rectangular que puede utilizarse solamente en posición horizontal.



ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL

Altura max :	2,300 mm
Ancho max :	1,250 mm
longitud min de la camisa :	300 mm
Gruesor de las persianas :	150 mm
Camisa :	Acero 4 mm de espesor
Fusibles :	Acero 2,7 mm de espesor
Varilla de retencion :	Acero laminado
Resorte de retencion :	3 veces para resorte 1 mm de espesor

Figura 8.12) Persiana rectangular contra incendios

3) La figura 8.13 presenta un corta fuegos giratorio para ductos circulares que pueden utilizarse en el eje vertical u horizontal.

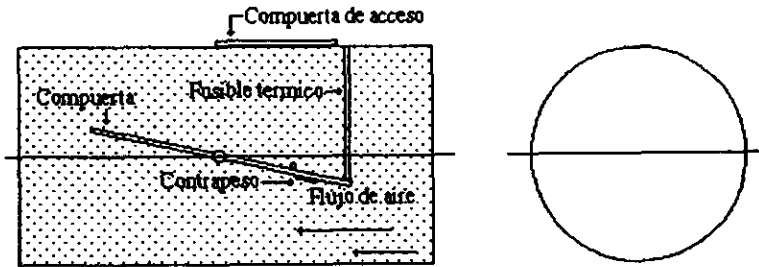


Figura 8.13) Compuerta circular corta fuegos basculante

8.12.2) ATENUADORES DE SONIDO

Los atenuadores de sonido o silenciadores subdividen generalmente el área disponible para el flujo de aire en varios lugares cada uno encamisado con hojas perforadas y entre las dos lana de vidrio, fibras u otros materiales absorbentes. La atenuación en decibeles deberá ser anotada preferiblemente en bandas de octavas de frecuencia, para poder evaluar el grado de conformidad con distribución de frecuencias del ventilador. La resistencia al flujo de aire también debe considerarse, puesto que es claramente insatisfactorio absorber excesiva presión de la que el ventilador ha tenido que crear, ya que este método genera más ruido e incurrirá en un aumento de consumo.

Los atenuadores serán construidos para que se adapten a la instalación insertándolos en los ductos con paredes perforadas y rellenándolos con material absorbente. Para ser eficaces por los dos lados estas divisiones tendrán dos veces el espesor del ducto encamisado equivalente. El beneficio obtenido utilizando estas separaciones reside principalmente en la reducción de longitud para la misma cantidad de material

absorbente utilizado, pues un simple encamisado puede ser eficaz si la longitud necesaria esta disponible. Los atenuadores son calculados con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$\text{Atenuación (dB) } = 4.2 \times \beta \times (L \times P) / 4A$$

donde:

L= Longitud en la dirección del flujo de aire.

P= Perímetro de la sección.

A= Área de la sección.

$4A/p$ = Diámetro de la sección circular equivalente;

= Longitud del lado de la sección cuadrada;

= dos veces el ancho de una sección rectangular alargada.

β = no es solamente el coeficiente de absorción del particular encamisado. Es también una función compleja de la forma y tamaño del ducto y de la frecuencia del sonido. En la gráfica se ilustran algunos valores efectivos de β que se han determinado experimentalmente.

8.13) REVESTIMIENTOS RESISTENTES A LA CORROSIÓN

El problema de tecnología de pinturas es combinarla con otros elementos de forma que se pueda aplicar a una superficie metálica y ser a la vez una capa flexible y adherente. Además todas las materias orgánicas son permeables a la humedad y aún más a las soluciones químicamente activas, de forma que éstas tarde o temprano penetrarán llegando a la capa metálica y empezaran su acción corrosiva. El periodo de penetración de un líquido activo se medirá en horas para una capa de poca calidad y en años para otra capa muy buena.

Mientras que un revestimiento electrolítico de un metal protector como el zinc es muy útil en las exposiciones en la intemperie, es la impermeabilidad de la capa la que se debe considerar en las condiciones fuertemente corrosivas. El espesor y la dureza son los indicadores de la resistencia de la película, cualquier recubrimiento de superficie debería ser tratado de forma que alcanzara su máximo espesor compatible con una cierta flexibilidad, para evitar la fragilidad y pérdida de adhesión. Por esta razón los materiales secados al horno son más resistentes que los que se secan al aire, y además puede decirse que los materiales que necesitan temperaturas más altas suelen ser los mejores.

Aunque la mayoría de los revestimientos protectores son mezclas complejas de numerosos ingredientes, pueden clasificarse en varios grupos. A continuación se hará un resumen de aquellos que dan una protección adecuada a los ventiladores como a los ductos:

8.13.1) CAUCHO CLORADO

Esta es probablemente la protección más resistente a la corrosión de todas la que secan al aire, cuando se aplica en forma de pintura. En su forma más simple hay peligro de descomposición a temperaturas que excedan a los 80°C en presencia de fuertes concentraciones de azufre o hidrocarburos de alquitrán de hulla. A temperaturas normales es muy resistente a ligeras concentraciones de ácidos y álcalis.

Ciertos plásticos sintéticos del tipo de caucho clorado tienen una mejor resistencia a petróleos, aceites y otros disolventes, pueden asimismo aplicarse por pintado de pistola. Su resistencia a los ácidos no suele ser tan elevada como la de la pintura de caucho clorado.

8.13.2) RESINAS FENOLICAS

Los materiales como la baquelita tienen muy buena resistencia a los ácidos y a la abrasión. Los revestimientos originales de este tipo eran quebradizos y no adhesivos, pero posteriormente se han encontrado diferentes métodos para asegurar una buena adhesión, flexibilidad y capacidad de fundir varias capas sucesivas. A menudo estas resinas se polimerizan después de aplicarlas usando aire caliente.

Otras resinas más complicadas están disponibles pero son más difíciles de aplicar. No obstante tienen mejores propiedades de resistencia a la corrosión, algunas veces hasta temperaturas de servicio bastante elevadas.

8.13.3) RESINAS VINÍLICAS

Estos materiales están adquiriendo muy buena reputación, principalmente en los recipientes y embalajes de alimentación y bebidas.

8.13.4) POLIETILENO

Este tipo de revestimiento es único, en el sentido de que el producto es de estructura simple y tiene una resistencia muy elevada a los ácidos y los álcalis, aunque es ligeramente atacado por disolventes más poderosos. Puede aplicarse en forma pulverulenta proyectándolo en espesores de .75 mm. y después de pulverizado calentándolo a una temperatura próxima a los 140°C, lo que le convierte en un líquido viscoso que se reparte por toda la superficie y elimina los poros. La máxima temperatura de trabajo en condiciones estáticas es de 80°C, pero es preferible limitarse a 50°C cuando las piezas están en movimiento, este es el caso de las hélices de ventiladores que deben de tener un pequeño juego de funcionamiento. Su gran espesor y el ser químicamente inerte, aseguran buenos resultados de este revestimiento, para su empleo en atmósferas altamente corrosivas.

8.13.5) ESMALTE VITRIFICADO

Aunque no sea un material orgánico, el esmalte vitrificado no puede omitirse. Los esmaltes no son nunca tan resistentes como el propio vidrio, pero tienen gran resistencia a un amplio margen de ácidos, álcalis y otros disolventes, quizá mayor que cualquier otro material a excepción de algunas cerámicas. Tienen asimismo gran resistencia a la abrasión y al calor. Su limitación proviene de las inherentes dificultades de aplicación. Los de mejores cualidades químicas necesitan una temperatura de fusión superior a los 500°C, lo que excluye ya el aluminio como metal de base. Los objetos a recubrir deberán ser cuidadosamente diseñados para evitar deformaciones en el proceso de calentamiento y enfriamiento.

8.13.6) REVESTIMIENTO POR PULVERIZACIONES METÁLICAS

El zinc es, sin duda, el metal más empleado con este fin y puede ser aplicado por galvanización o por pulverización. Su mayor importancia en la protección electroquímica que da al hierro y al acero, protección que se mantiene independientemente de la porosidad de la protección electroquímica limitada al hierro y al acero; este revestimiento suele tener gran duración. El plomo también puede pulverizarse y

protegerá el acero, aluminio u otros metales del ácido sulfúrico o vapores sulfurosos, es también efectivo contra ácidos fosfóricos, crómicos y fluorhídricos. Los productos de la corrosión inicial sellan los poros de la capa pulverizada y limitan la rapidez del ataque posterior. En todos los tipos de metalizado un posterior pintado es recomendable y una gran parte del éxito de las protecciones del acero se debe a las pinturas. Otra protección metálica a destacar es el cadmiado, equivalente al zincado, pero más caro. Es útil en piezas pequeñas tales como tornillería.

8.14) CALCULO DE DUCTOS

A continuación se darán los datos necesarios para el calculo de ductos de baja y alta velocidad. Estos datos comprenden las gráficas de pérdida de carga normales, las velocidades recomendadas, las pérdidas de la carga en los codos y acoplamientos, y los métodos de calculo de sistemas de distribución de aire. También se dan datos para evaluar los efectos de la altitud y ganancias de calor en el ducto, así como en el calculo del sistema.

8.14.1) GRÁFICA DE PERDIDAS DE CARGA

En todo los ductos por los que circula el aire, existe una continua pérdida de presión. Esta pérdida de presión se llama también pérdida de carga por rozamiento y depende de:

- 1) La velocidad del aire.
- 2) Tamaño de los ductos.
- 3) Rugosidad de la superficie interior.
- 4) Longitud de los ductos.

Cualquier variación en uno de estos factores modifica la pérdida de carga en el ducto. La relación que existe entre ellos viene dada por la ecuación:

$$AP = 0.4f (L/d) V$$

donde:

- AP = Pérdida de carga en mm. c.a.
f = rugosidad de la superficie interior (0.9 para ductos galvanizado).
L = Longitud del ducto en metros.
d = Diámetro del ducto circular (cm.) equivalente a otro rectangular.
V = Velocidad del aire en m/s.

La ecuación anterior es la que se usa para general la gráfica 8.1 de pérdidas de carga para ductos galvanizados. Esta gráfica puede utilizarse en los sistemas que transportan aire a temperaturas comprendidas entre 0° y 49°C, y para altitudes de hasta 600 m sobre el nivel del mar sin necesidad de corregir la densidad del aire. Más adelante se dan los datos necesarios para proyectar sistemas de distribución de aire a grandes alturas.

8.14.2) DIÁMETRO DEL DUCTO

La tabla 8.13 nos indica las dimensiones de ducto rectangular que corresponden a varios diámetros de ducto equivalente que se puede obtener en la gráfica 8.1. En la columna próxima a la de los diámetros, aparece la sección recta del ducto circular. Los ductos rectangulares, que se obtienen en esta tabla, transportan el aire con la misma pérdida de carga que los ductos circulares correspondientes. Por esta razón, el área de la sección recta es menor que la del ducto que se obtiene multiplicando sus dimensiones. Para determinar estas dimensiones en la tabla 8.13 puede determinarse con los diámetros de ducto hallados en la gráfica de pérdidas de carga, o con las secciones calculadas partiendo del caudal y velocidad del aire.

No obstante, las dimensiones del ducto rectangular no pueden deducirse directamente conociendo la sección, sino que es preciso utilizar la tabla 8.13. Si no se hiciera estos, resultaría un ducto más pequeño y con mayor pérdida de carga.

8.14.3) VELOCIDAD DEL AIRE

En los sistemas de alta velocidad, los ductos se limitan generalmente a una velocidad máxima de 25 m/s. Por encima de esta velocidad se genera el problema de ruido. Para velocidades altas se requiere ductos pequeños, por lo tanto con un costo menor, pero los costos de operación serán mayores por requerir un ventilador con mayor potencia. Si se emplea una velocidad menor, los ductos serán mayores pero los costos de operación serán menores.

Los ductos de retorno de un sistema de gran velocidad tienen las mismas limitaciones que las indicadas en la tabla 8.18 para los sistemas de baja velocidad, a no ser que se disponga de atenuadores de sonido para emplear mayores velocidades en los ductos.

8.14.4) PERDIDA DE CARGA

Las pérdidas de carga se muestran en la gráfica 8.1, en mm. c.a (milímetros de columna de agua) por metro de longitud equivalente del ducto. Para determinar la pérdida las pérdidas en una sección del ducto, se multiplica su longitud equivalente por la pérdida de carga deducida de la gráfica. La longitud total equivalente del ducto incluye los codos y acoplamientos que pueda haber en dicha sección. Las tablas 8.14 y 8.17 nos proporcionan las pérdidas de carga de los elementos del ducto en longitud equivalente. Las secciones de ducto que comprenden estos elementos se miden como se indica en la figura 8.14. Los acoplamientos se miden como parte de la sección del ducto de mayores dimensiones, tomando como referencia para las medidas los ejes centrales, los accesorios o ajustes se miden como parte del ducto que tenga la mayor dimensión. La gráfica 8.1 y la tabla 8.19 no proporcionan las velocidades y las presiones dinámicas correspondientes.

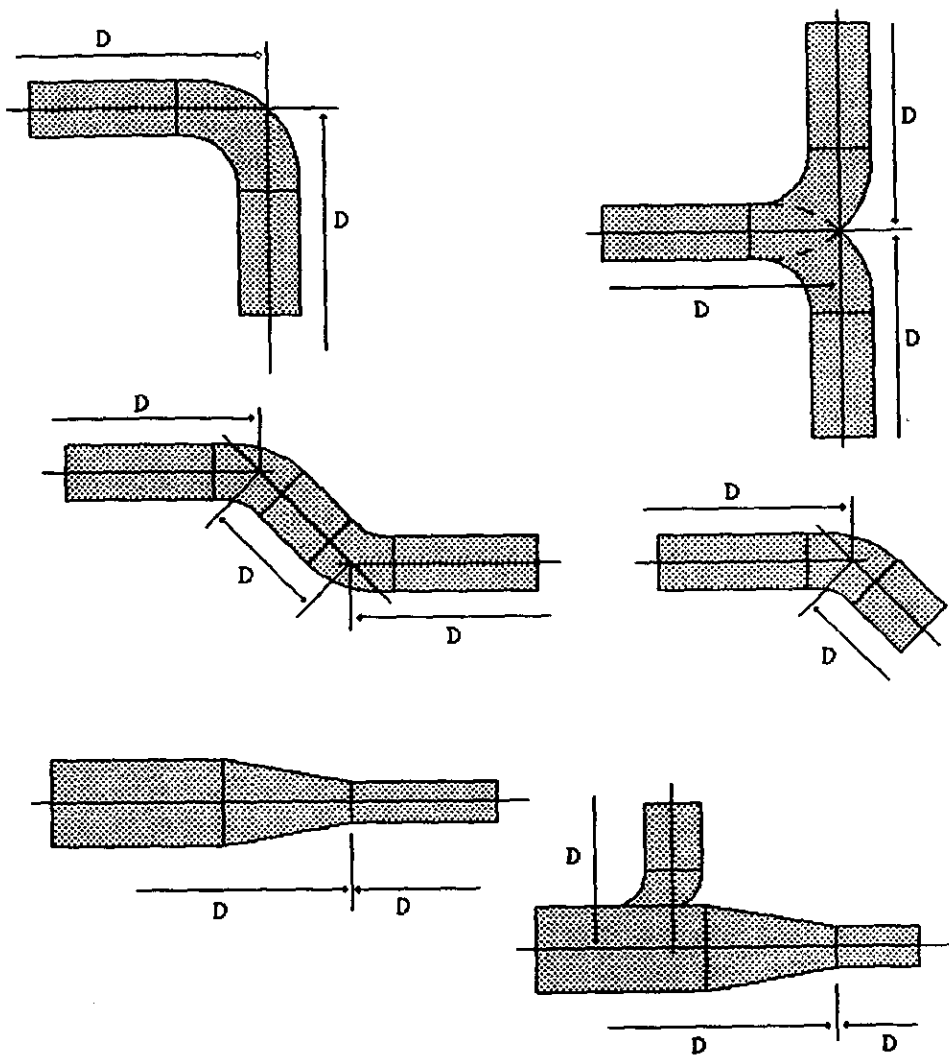


Figura 8.14) Guia para la medida de las longitudes de los ductos

8.14.5) PERDIDAS DE CARGA EN UN ELEMENTO DEL SISTEMA

La pérdida de carga en un acoplamiento se expresa en términos de " longitud equivalente del ducto ". Este método proporciona unidades utilizables en la gráfica 8.2 de pérdida de carga para calcular las pérdidas en una sección de ducto que contenga codos de acoplamiento. La tabla 8.17 nos proporciona las pérdidas de carga para codos rectangulares y la tabla 8.16 para codos circulares. En ambas tablas, las pérdidas de carga se dan en función de la longitud equivalente de ductos rectos. De este modo , el valor obtenido se suma a la longitud del ducto para obtener la longitud equivalente total. La longitud de los ductos rectos se miden entre las intersecciones de los ejes de acoplamientos. La figura 8.14 nos indica claramente la forma de medir estas longitudes.

La tabla 8.14 y 8.15 nos proporcionan las pérdidas para codos de otras dimensiones, o que tengan distintas relaciones R/D. La tabla 8.15 indica las pérdidas en los codos rectangulares y combinaciones de codos, en función de L/D. También indica esta tabla las pérdidas y las ganancias correspondientes a distintas formas de ducto, entrada y salida y elementos situados en la corriente de aire. Esta pérdida o ganancia de recuperación se expresa por medio de factores de velocidad representados por la letra n. Esta pérdida o ganancia puede convertirse en longitud equivalente de ducto por medio de la ecuación escrita al pie de la tabla y sumarse o restarse a la longitud del ducto.

La tabla 8.14 nos proporciona la pérdida para codos de sección circular en función de L/D, longitud equivalente adicional dividida por el diámetro del codo. Las pérdidas de las T y crucetas de sección circular se expresan en valores de n. Con la ecuación al pie de la tabla nos permite calcular la longitud equivalente del ducto.

Los sistemas de alta velocidad es preferible tener las pérdidas de carga en los codos, T y crucetas, en mm. c.a.. Esta pérdida se puede localizar en la gráfica 8.2, para acoplamientos circulares normales.

8.14.6) MÉTODOS DE CALCULO

Por regla general, en el proyecto de cualquier sistema de ductos, se procura que el tendido de ductos sea lo más sencillo y simétrico. Los elementos como las terminales o bocas de impulsión se sitúen en puntos adecuados para proporcionar una correcta distribución de aire. El calculo de un sistema de baja velocidad puede hacerse por tres diferentes métodos:

- 1) Reducción de velocidad.
- 2) Igualdad de pérdidas por rozamiento o pérdida de carga constante.
- 3) Recuperación estática.

8.15) SISTEMA DE DUCTOS DE BAJA VELOCIDAD

8.15.1) MÉTODO DE REDUCCIÓN DE VELOCIDAD

Este método consiste en seleccionar una velocidad de salida en la descarga del ventilador y establecer arbitrariamente una serie de reducciones a lo largo del ducto. La velocidad inicial no debe de exceder de los valores indicados en la tabla 8.18. Los valores de diámetro del ducto circular equivalente se puede

encontrar en la gráfica 8.1 partiendo de la velocidad del aire y de su caudal. La tabla 8.13 es empleada para elegir dimensiones del ducto rectangular, partiendo del ducto circular equivalente. La presión estática del ventilador se determina por calculo, utilizando la mayor longitud del ducto, comprendidos todos los codos y acoplamientos. Las tablas 8.15 y 8.17 proporcionan las perdidas en los codos y acoplamientos rectangulares. El ducto más largo no es necesariamente el de mayor pérdida de carga, puesto que ductos más cortos pueden tener más codos, acoplamientos y restricciones.

8.15.2) MÉTODO DE PERDIDA DE CARGA CONSTANTE

Este método se utiliza en los ductos de impulsión, retorno y extracción de aire, y consiste en calcular los ductos de forma que tengan la misma pérdida de carga por unidad de longitud, a lo largo de todo el sistema. Si la instalación consta de tramos largos y cortos, el corto exige mucho amortiguamiento. Un sistema de este tipo es difícil de equilibrar porque el método de pérdida de carga constante no tiene en cuenta el equilibrio de caídas de presión en las distintas ramas, ni esta provisto de medios para igualar las caídas de presión o para la misma presión estática en cada boca terminal de impulsión.

El procedimiento más común consiste en elegir una velocidad inicial en el ducto principal cerca del ventilador. Esta velocidad se deduce de la tabla 8.18 en la que el factor restrictivo es el nivel de ruido. En este caso se utiliza la gráfica 8.1, partiendo de la velocidad y caudal del aire, para determinar la pérdida de carga por unidad de longitud. Esta debe de mantenerse constante a lo largo del sistema, y el diámetro de ducto circular equivalente se deduce de dicha tabla.

para abreviar los cálculos de la sección de los ductos se utiliza con frecuencia la tabla 8.12, que proporciona los mismos resultados que si se utilizara la gráfica 8.2 de pérdidas de carga.

Con los datos que nos proporciona la tabla 8.12 o los diámetros obtenidos en la gráfica 8.1, se entra en la tabla 8.13 para seleccionar las dimensiones del ducto rectangular. Esta forma de dimensionar los ductos reduce automáticamente la velocidad del aire en el sentido de la corriente. Para determinar las pérdidas de carga total, que debe ser superada por el ventilador, es necesario calcular las pérdidas en el tramo que tenga mayor resistencia. La resistencia debe incluir los codos y acoplamientos correspondientes a dichos ductos.

El método de caída de presión constante no satisface la condición de tener una presión estática uniforme en todas las ramas y bocas de impulsión. Para tener en el comienzo de cada rama la cantidad de aire correcta es necesario poner una compuerta que regule el caudal en todas las ramas y en las terminales de aire (bocas de impulsión). También puede ser necesario disponer de un sistema de control (regulador de volumen o control de volumen en las bocas de impulsión) para regular el caudal de aire en cada boca de impulsión y conseguir una distribución correcta del aire.

8.15.3) MÉTODO DE RECUPERACIÓN ESTÁTICA

Este método consiste en dimensionar el ducto de forma que el aumento de presión estática (ganancia debida a la reducción de velocidad) en cada rama o boca de impulsión, compense las pérdidas por rozamiento en la siguiente sección del ducto. De esta forma la presión estática será la misma en cada boca y al rozamiento de cada rama.

8.16) DIFUSIÓN O DISPERSIÓN

La difusión es el ángulo de divergencia de la corriente de aire después de salir de la boca de impulsión. La dispersión horizontal es la divergencia en el plano horizontal, y dispersión vertical es la divergencia en el plano vertical. El ángulo de dispersión se mide en grados. La dispersión es resultado de la ley de cantidad de movimiento.

Una boca de salida que descarga el aire uniformemente hacia adelante, sin interposición de rejillas para divergencia o convergencia, produce una dispersión de 18° a 20° aproximadamente, en ambos planos. Esto equivale a una dispersión aproximada de 15 cm. por cada metro de propulsión. El tipo y la forma de la boca de impulsión afectan dicho ángulo, pero con casi todos los tipos de bocas de impulsión su valor esta comprendido entre 15° y 23° .

8.16.1) DEFLECTORES

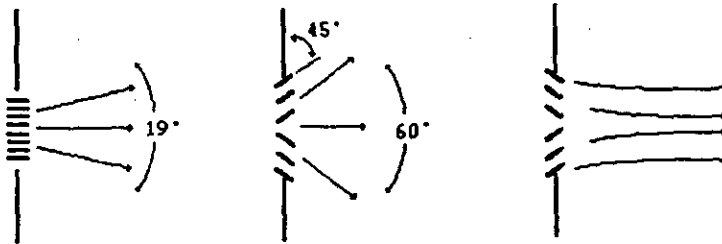
Las bocas de salida con deflectores perpendiculares al ducto producen una dispersión de aproximadamente 19° , tanto en el plano horizontal como en el vertical (figura 8.15A).

8.16.2) DEFLECTORES CONVERGENTES

las bocas de salida con deflectores colocados de modo que dirijan directamente el aire de descarga producen, aproximadamente la misma presión (19°) que las colocadas perpendicularmente (figura 8.15C). Sin embargo, la distancia de propulsión resultante es aproximadamente un 15% mayor que con deflectores perpendiculares.

8.16.3) DEFLECTORES DIVERGENTES

las bocas de salida con deflectores convergentes colocados para producir una dispersión oblicuamente tienen un efecto considerable sobre la dirección y el alcance. Estando los deflectores colocados verticalmente y de modo que los laterales formen un ángulo de 45° con el ducto, y los demás formen ángulos intermedios, se produce una corriente de aire cuyo ángulo horizontal es aproximadamente de 60° (figura 8.15B). En estas condiciones, la distancia de propulsión se reduce aproximadamente un 50%. En las bocas de salida con guías inclinadas menos de 45° y los demás ángulos intermedios, la distancia de propulsión es más larga que en la posición de 45° , pero menor que con deflectores perpendiculares.



A: Aletas rectas

B: Aletas divergentes

C: Aletas convergentes

Figura 8.15) Formas del chorro de aire al dejar una boca de suministro con aletas.

8.17) TIPOS DE BOCAS DE IMPULSIÓN

8.17.1) REJILLA PERFORADA

La rejilla perforada tiene una relación de deflexión entre 0.05 y 0.20 por lo que tiene poco efecto direccional. Se utiliza principalmente como rejilla de extracción o de impulsión.

8.17.2) REJILLA CON DEFLECTORES FIJOS

Las rejillas con deflectores fijos se utilizan en locales donde la dirección de la corriente de aire no es muy importante.

8.17.3) REJILLA CON DEFLECTORES AJUSTABLES

Las rejillas con deflectores ajustables se utilizan frecuentemente para dirigir la corriente de aire a lugares deseados.

8.17.4) BOCAS DE RENDIJA

Este tipo de boca puede tener rendijas múltiples ampliamente separadas. El rendimiento es aproximadamente el mismo que el de una rejilla con deflectores, a igualdad de caudal y presión estática, pero la distancia de propulsión es menor debido a que es mayor la inducción en la cara de la boca.

8.17.5) SALIDAS DE EYECCIÓN

La boca de salida de eyección actúa a alta presión para obtener una relación de inducción elevada y se emplea principalmente en lugares industriales y enfriamiento de lugares determinados.

8.17.6) SALIDAS CON INDUCCIÓN INTERNA

Quando se emplea una presión de aire suficientemente elevada, se induce aire del local dentro de la rejilla a través de aberturas auxiliares. Con este proceso se mezcla aire primario y se descarga en el local con una temperatura más baja que la del caudal de aire primario. La inducción se efectúa en dos fases, la primera en la carcasa de la rejilla y la segunda después de que el aire sale de la boca.

8.17.7) DIFUSOR DE TECHO

Estos tipos de difusores de techo apresuran la inducción por suministrar el aire en varias capas. Las condiciones de instalación deben de ser adecuadas para asegurar una distribución uniforme y evitar corrientes de aire molestas.

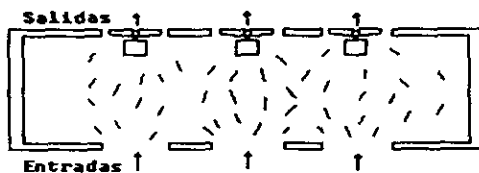
8.18) SISTEMA DE EXTRACCIÓN

El método de ventilación por extracción no es simplemente cuestión de extraer un determinado volumen de aire por hora. Para obtener una ventilación satisfactoria los puntos de aspiración y aberturas naturales deben de estar dispuestos de tal forma que el aire fresco pase a través de todo el espacio. Ejemplos típicos de buen y mal montaje se muestran en las figuras 8.16, 8.17.



Figura 8.16) Instalación incorrecta de extracción

Figura correcta de



8.17) Forma extracción

Donde las dos edificios dan acceso a la atmósfera, la

simple de instalar en una pared los ventiladores helicoidales aspirando hacia la atmósfera y prever, convenientemente espaciadas, entradas en las pared opuesta. Si solamente una de las paredes laterales da acceso a la atmósfera, una posible solución sería utilizar una canalización de extracción a lo largo de la pared interior tal como se indica en la figura 8.18

paredes de un acceso a la disposición más

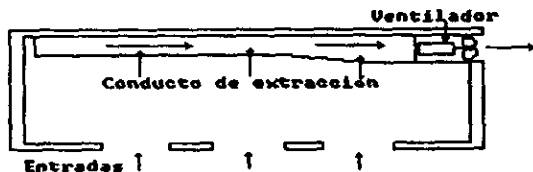


Figura 8.18) Forma de extracción por medio de ducto.

Si la distancia entre paredes laterales es considerable, generalmente es mejor proceder a una extracción central. De esta manera el trayecto del aire se reduce. Esto se logra algunas veces mediante una canalización central de aspiración tal como se muestra en la figura 8.19.

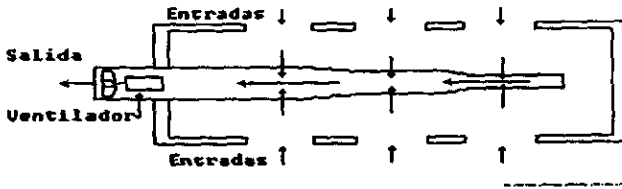


Figura 8.19) Ducto central de extracción.

Normalmente los gases contaminados suelen localizarse en la parte superior del local, por lo que en tales casos se acostumbra extraerlo desde nivel alto o a través del techo, mientras que las entradas de aire fresco estarán situadas a un nivel inferior. Cuanto más rápida sea la extracción del aire caliente superior, con más rapidez se elimina el calor del área de trabajo y más fácilmente el aire entrante se distribuirá a través del espacio.

En algunos casos donde vapores pesados son liberados a la atmósfera, como en lugares de pintura por aspersión, es necesario situar extractores al nivel del suelo. Esto se hace porque a menudo los gases son más pesados que el aire.

Es de remarcar que el éxito de un sistema de extracción esta influenciado en gran manera por las entradas de aire. Donde las ventanas estén frecuentemente cerradas, o no existan, es preferible prever entradas en las paredes. Estas deben de estar espaciadas de tal forma que el aire entrante a través de ellas se reparta uniformemente en todo el lugar. No se deben de situar en alturas demasiado elevadas del suelo porque en tiempo caluroso el aire entrante tiende a elevarse sobre las cabezas de los ocupantes con su recorrido a los orificios de salida. Por regla general las entradas de aire deberán colocarse a nivel de la zona de respiración.

Las dimensiones de las aberturas influyen en el confort y en el funcionamiento del ventilador. Si su área total es pequeña, habrá resistencia a la entrada y su velocidad de extracción del lugar disminuirá. Al mismo tiempo la velocidad de aire entrante puede producir corrientes desagradables. Por ejemplo, supongamos que el ventilador expulsa 7.2 m^3 por hora y que la habitación tiene solamente dos orificios de entrada de aire de un total de 0.5 m^2 ; la velocidad de entrada de aire será :

$$(7.2 \text{ m}^3 / \text{h}) / (1 \text{ h} / 3600 \text{ s}) \times 0.5 \text{ m}^2 = 4 \text{ m} / \text{s}$$

Esta velocidad es demasiado elevada. Se recomienda generalmente para climas templados una velocidad de 0.5 a 1 m/s . Velocidades más altas se reservan para edificios industriales, en donde la gente no se sienta cerca de las entradas de aire. En latitudes tropicales se admiten velocidades mayores.

Por regla general el área libre total de entrada es por lo menos de 1.5 a dos veces el área total de los orificios de salida. Es generalmente indicada por los fabricantes como porcentaje del área total. La dimensión de la abertura de entrada necesaria para ventilación puede expresarse como sigue:

$$(\text{m}^3 / \text{num de abert} \times \text{vel de entrada en m/s} \times 3.6) \times (100 / \% \text{ área libre}) = \text{sup de abertura en m}^2$$

8.19) RUIDO EN LAS INSTALACIONES DE VENTILACIÓN

La importancia del ruido en la vida moderna no necesita resaltarse. Aparte de ser molesto, tiene efectos adversos en el rendimiento de las personas. Al igual que cualquier otra máquina en movimiento, un ventilador inevitablemente genera algún ruido y es deber del fabricante asegurarse de que este no sea excesivo, considerando su función.

El ruido producido en los sistemas de ventilación se pueden subdividir en tres categorías principales:

- 1) Ruido mecánico.
- 2) Ruido de torbellinos.
- 3) Ruido de rotación.

El ruido mecánico proviene de las partes en rotación, cojinetes, correas, etc., así como de tamborileo y clics de piezas insuficientemente rígidas o mal montadas de la estructura. En los acondicionadores de aire y los ventiladores de mesa, pared o ventana en que el ruido mecánico se oye directamente, debe mantenerse a un nivel muy bajo por el fabricante. No obstante en las unidades acopladas a sistemas de conducción, también depende del instalador el ruido total.

Esto es debido a que el ruido mecánico se oye mucho por conducción a través de los ductos o estructura del edificio a grandes áreas de pared o techo en el que la energía sonora se transfiere eficientemente al aire y de ahí al oído. Usando conexiones aislantes en los ductos y aislando el ventilador y soportes del motor con bloques pesados la molestia del ruido mecánico puede ser virtualmente eliminada.

El ruido de torbellinos es generalmente el creador de la mayor parte del ruido de los ventiladores y aparece en las regiones de flujo turbulento, asociadas con pérdidas debidas a imperfecciones aerodinámicas en el diseño de ventiladores; también aparece en el choque de choros de aire a las rejas de salida, codos bruscos y otras partes del sistema de conducción donde hay pérdidas de presión. La intensidad sonora del ruido por torbellinos crece muy rápidamente con la velocidad del aire, multiplicándose por 30 y 250 veces (un aumento de 15 a 24 dB) cada vez que la velocidad se dobla.

El ruido por rotación se produce inevitablemente por ventiladores y proviene del trabajo efectuado por las hélices sobre el aire. El efecto distintivo del ruido de rotación es que toda la energía esta concentrada en tonos puros; una frecuencia principal de estos tonos es siempre igual al número de palas de la hélice multiplicado por la velocidad en r.p.m.

El ruido de rotación puede ser intensificado en gran manera por la obstrucción cercana a la hélice, tal obstrucción debe ser cuidadosamente evitada o perfilaria aerodinámicamente si es inevitable. Los peores efectos son producidos cuando las obstrucciones están situadas antes de la hélice de flujo axial, de forma que el aire entrante en turbulencia choque con las palas de la hélice; de esta misma forma las obstrucciones situadas después de un rotor del ventilador centrifugo.

8.20) LA ELECCIÓN DE LOS VENTILADORES

Antes de elegir un ventilador es necesario conocer cierta información básica, principalmente :

- 1) La cantidad de aire que debe ser movido en un tiempo determinado.
- 2) La presión contra la que opera el ventilador.
- 3) La densidad de aire o gas que se desea desplazar.

- 4) El grado de ruido permisible en el ventilador y la salida de aire.
- 5) El tipo de motor disponible:

Si la corriente es continua o alterna.

Si es alterna hay que saber si es monofasica o trifasica.

La tensión del suministro eléctrico.

- 6) Si el servicio es continuo o intermitente, y en el último caso la frecuencia de variación.
- 7) La cantidad de ventiladores necesarios para el sistema.
- 8) Los peligros resultantes debido a las condiciones especiales de funcionamiento, por ejemplo: temperaturas muy bajas o muy altas, humedad elevada, humos abrasivos, corrosivos o inflamables.
- 9) La dirección de la descarga del aire y la posición del árbol motor (horizontal, vertical, inclinado).

TABLA 8.14) ROZAMIENTO EN LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE DUCTOS CILÍNDRICOS






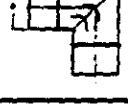
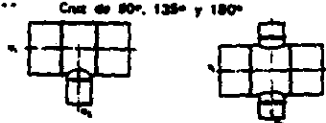

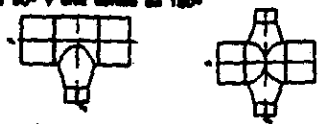
ELEMENTO	CONDICION	RELACION L/D *
Codo liso en 90° 	R/D = 1.5	8
Codo de 90° de 3 piezas 	R/D = 1.5	24
Codo de 90° de 5 piezas 	R/D = 1.5	12
Codo de 45° de 3 piezas 	R/D = 1.5	6
Codo de 45° liso 	R/D = 1.5	4.5
Codo recto de 90° 	Con guías Sin guías	22 85
ELEMENTO	CONDICION	VALOR DE n **
T de 90° *** Cruz de 90°, 135° y 180° 	$\frac{V_2}{V_1} = \begin{cases} 0.2 \\ 0.5 \\ 1.0 \\ 5.0 \end{cases}$	1.27 0.80 0.63 0.48
Pérdida de presión en la rama = env., T de 45° *** 	$\frac{V_2}{V_1} = \begin{cases} 0.5 \\ 1.0 \\ 2.0 \\ 3.0 \end{cases}$	0.09 0.13 0.26 0.44
Pérdida de presión en la rama = env., T cónica de 90° y una cónica de 180° 	$\frac{V_2}{V_1} = \begin{cases} 0.5 \\ 1.0 \\ 2.0 \\ 5.0 \end{cases}$	0.08 0.16 0.30 0.38
Pérdida de presión en la rama = env.,		

TABLA 8.15) ROZAMIENTO EN LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE DUCTOS RECTANGULARES





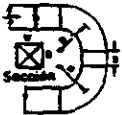

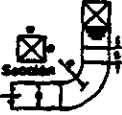
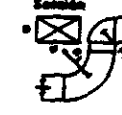


ELEMENTO	CONDICIONES	RELACION L/D **																																						
Codo de radio en sección rectangular 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">W/D</th> <th colspan="4">R/D</th> </tr> <tr> <th>0.5</th> <th>0.75</th> <th>1.00</th> <th>1.25</th> <th>1.50</th> </tr> <tr> <th colspan="4">Relación L/D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.5</td> <td>33</td> <td>14</td> <td>9</td> <td>5</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>45</td> <td>18</td> <td>11</td> <td>7</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>80</td> <td>30</td> <td>14</td> <td>8</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>125</td> <td>40</td> <td>18</td> <td>12</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>	W/D	R/D				0.5	0.75	1.00	1.25	1.50	Relación L/D				0.5	33	14	9	5	4	1	45	18	11	7	4	3	80	30	14	8	5	6	125	40	18	12	7	
W/D	R/D																																							
	0.5		0.75	1.00	1.25	1.50																																		
	Relación L/D																																							
0.5	33	14	9	5	4																																			
1	45	18	11	7	4																																			
3	80	30	14	8	5																																			
6	125	40	18	12	7																																			
Codo de radio de sección rectangular con guías 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Número de guías</th> <th colspan="4">R/D</th> </tr> <tr> <th>0.50</th> <th>0.75</th> <th>1.00</th> <th>1.50</th> </tr> <tr> <th colspan="4">Relación L/D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>18</td> <td>10</td> <td>8</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>7</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>	Número de guías	R/D				0.50	0.75	1.00	1.50	Relación L/D				1	18	10	8	7	2	12	8	7	7	3	10	7	7	6											
Número de guías	R/D																																							
	0.50		0.75	1.00	1.50																																			
	Relación L/D																																							
1	18	10	8	7																																				
2	12	8	7	7																																				
3	10	7	7	6																																				
Codo de X° 	Codo de radio con o sin guías	X/90 multiplicado por el valor correspondiente a cada ángulo de 90°																																						
Codo recto rectangular 	Sin guías Guías de cambio de dirección de simple espesor Guías de cambio de dirección de doble espesor	60 15 10																																						
Doble codo  <p>W/D = 1, R/D = 1.25°</p>	S = 0	18																																						
Doble codo  <p>W/D = 1, R/D = 1.25°</p>	S = 0	10																																						
Doble codo  <p>W/D = 1, R/D = 1.25° para ambos</p>	S = 0	20																																						
Doble codo  <p>W/D = 2, R/D = 1.25°, R₁/D = 0.5</p>	S = 0	22																																						
Doble codo  <p>W/D = 4, R/D = 1.25° para ambos codos</p>	Dirección de la flecha Dirección inversa	13 16																																						
Doble codo  <p>W/D = 4, R/D = 1.25° para ambos codos</p>	Dirección de la flecha Dirección inversa	45 40 17 18																																						

TABLA 8.15) ROZAMIENTO EN LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE DUCTOS RECTANGULARES (cont.)

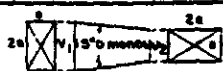
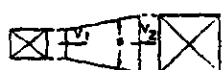






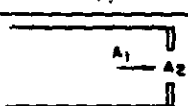
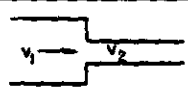
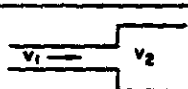


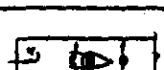





ELEMENTO	CONDICIONES	VALOR DE n^{***}																												
Transformación 	$v_1 = v_2$ Pérdida p. e. = $n v_1$	0.04																												
Expansión 	n Ángulo α en ° <table border="1"> <tr> <td>v_2/v_1</td> <td>5°</td> <td>10°</td> <td>15°</td> <td>20°</td> <td>30°</td> <td>40°</td> </tr> <tr> <td>0.20</td> <td>0.25</td> <td>0.22</td> <td>0.20</td> <td>0.18</td> <td>0.16</td> <td>0.13</td> </tr> <tr> <td>0.40</td> <td>0.27</td> <td>0.25</td> <td>0.23</td> <td>0.22</td> <td>0.20</td> <td>0.19</td> </tr> <tr> <td>0.60</td> <td>0.28</td> <td>0.26</td> <td>0.25</td> <td>0.24</td> <td>0.24</td> <td>0.23</td> </tr> </table> Ganancia p. e. = $n (v_1 - v_2)$	v_2/v_1	5°	10°	15°	20°	30°	40°	0.20	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.13	0.40	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.60	0.28	0.26	0.25	0.24	0.24	0.23	
v_2/v_1	5°	10°	15°	20°	30°	40°																								
0.20	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.13																								
0.40	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19																								
0.60	0.28	0.26	0.25	0.24	0.24	0.23																								
Contracción 	<table border="1"> <tr> <td>α</td> <td>30°</td> <td>45°</td> <td>60°</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>0.311</td> <td>0.317</td> <td>0.326</td> </tr> </table> Pérdida p. e. = $n (v_1 - v_2)$ Ponderante 25 %	α	30°	45°	60°	n	0.311	0.317	0.326																					
α	30°	45°	60°																											
n	0.311	0.317	0.326																											
Entrada abrupta 	Pérdida p. e. = $n v_1$	0.10																												
Entrada suave 		0.009																												
Salida abrupta 																														
Salida suave 	Pérdida p. e. o ganancia consideradas nulas																													
Entrada reentrante 	Pérdida p. e. = $n v_1$	0.25																												
Orificio redondeo de borde agudo 	<table border="1"> <tr> <td>A_1/A_2</td> <td>0</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> <td>0.75</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>0.76</td> <td>0.70</td> <td>0.57</td> <td>0.33</td> <td>0</td> </tr> </table> Pérdida p. e. = $n v_1$	A_1/A_2	0	0.25	0.50	0.75	1.00	n	0.76	0.70	0.57	0.33	0																	
A_1/A_2	0	0.25	0.50	0.75	1.00																									
n	0.76	0.70	0.57	0.33	0																									
Contracción abrupta 	<table border="1"> <tr> <td>v_1/v_2</td> <td>0</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>0.40</td> <td>0.37</td> <td>0.29</td> <td>0.15</td> </tr> </table> Pérdida p. e. = $n v_1$	v_1/v_2	0	0.25	0.50	0.75	n	0.40	0.37	0.29	0.15																			
v_1/v_2	0	0.25	0.50	0.75																										
n	0.40	0.37	0.29	0.15																										
Expansión abrupta 	<table border="1"> <tr> <td>v_2/v_1</td> <td>0.20</td> <td>0.40</td> <td>0.60</td> <td>0.80</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>0.09</td> <td>0.14</td> <td>0.14</td> <td>0.08</td> </tr> </table> Ganancia p. e. = $n v_1$	v_2/v_1	0.20	0.40	0.60	0.80	n	0.09	0.14	0.14	0.08																			
v_2/v_1	0.20	0.40	0.60	0.80																										
n	0.09	0.14	0.14	0.08																										
Tubo que atraviesa el conducto 	<table border="1"> <tr> <td>E/D</td> <td>0.10</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>0.06</td> <td>0.16</td> <td>0.05</td> </tr> </table> Pérdida p. e. = $n v_1$	E/D	0.10	0.25	0.50	n	0.06	0.16	0.05																					
E/D	0.10	0.25	0.50																											
n	0.06	0.16	0.05																											
Barra que atraviesa el conducto 	<table border="1"> <tr> <td>E/D</td> <td>0.10</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>0.21</td> <td>0.42</td> <td>1.21</td> </tr> </table> Pérdida p. e. = $n v_1$	E/D	0.10	0.25	0.50	n	0.21	0.42	1.21																					
E/D	0.10	0.25	0.50																											
n	0.21	0.42	1.21																											
Alivio sobre la obstrucción 	<table border="1"> <tr> <td>E/D</td> <td>0.10</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>0.02</td> <td>0.07</td> <td>0.27</td> </tr> </table> Pérdida p. e. = $n v_1$	E/D	0.10	0.25	0.50	n	0.02	0.07	0.27																					
E/D	0.10	0.25	0.50																											
n	0.02	0.07	0.27																											

TABLA 8.16) ROZAMIENTO EN CODOS DE SECCION CIRCULAR

DIÁMETRO DEL CODO (cm)	LISO DE 90°	90° 5 PIEZAS	90° 3 PIEZAS	45° 3 PIEZAS	45° LISO
	 R/D = 1.5	 R/D = 1.5	 R/D = 1.5	 R/D = 1.5	 R/D = 1.5
LONGITUD EQUIVALENTE ADICIONAL DE CONDUCTO RECTO (METROS)					
8	0.73	0.98	1.32	0.48	0.34
10	0.88	1.20	1.40	0.60	0.44
12	1.08	1.44	1.88	0.72	0.64
14	1.28	1.68	3.32	0.83	0.83
16	1.44	1.90	2.80	0.96	0.73
18	1.63	2.18	4.32	1.08	0.82
20	1.81	2.40	4.80	1.20	0.92
22		2.64	5.28	1.32	
24		2.88	5.78	1.44	
26		3.12	6.24	1.56	
28		3.36	6.72	1.68	
32		3.84	7.68	1.92	
36		4.34	8.68	2.17	
40		4.82	9.64	2.41	
44		5.30	10.60	2.66	
48		5.78	11.62	2.88	
52		6.24	12.68	3.12	
56		6.70	13.40	3.36	
60		7.20	14.40	3.60	

NOTA de la tabla 8.23:

* L y D estas en metros. D es el diametro del codo. L es la longitud equivalente adicional del ducto sumado a la longitud medida. La longitud equivalente L es igual a D multiplicada por la relación indicada.

** El valor de a representa la pérdida de presión y se puede convertir en la longitud equivalente adicional del conducto por la siguiente ecuación.

$$L = a x (h_v / h_f)$$

donde:

L = Longitud equivalente adicional, metros.

h_v = Presión dinámica en V_2 , mm c.a.

h_f = Pérdida por rozamiento por metro, diametro del ducto en V_2 , mm c.a. (Grafica 8.3).

a = Valor para T o cruz.

*** La T o la cruz pueden ser reducidas o se puede adoptar la misma dimensión en tramo recto.

NOTA de la tabla 8.24:

* 1.25 es valor estandar para codo de radio completo sin guías.

** L y D estas en metros. D es la dimensión del ducto representada en el dibujo. L es la longitud adicional equivalente del ducto añadido al ducto medido. La longitud equivalente L es igual a D multiplicada por la relación indicada.

*** El valor a es el numero representativo de la presión dinámica, pérdida de presión dinámica o ganancias de velocidad en un accesorio, y puede ser convertida en longitud adicional equivalente del ducto por la siguiente ecuación:

$$L = a x (h_v / h_f)$$

donde:

L = Longitud adicional equivalente, metros.

h_v = Presión dinámica para V_1 o V_2 , mm c.a.

h_f = Pérdida por rozamiento por metro, sección recta del ducto en h_v , mm c.a. (Grafica 8.3).

a = Valor para un determinado accesorio.

TABLA 8.17) ROZAMIENTO EN CODOS RECTANGulares

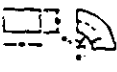

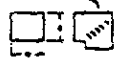

DIMENSIONES DEL CONDUCTO (cm)		CODO DE RADIO SIN GUIAS	CODO DE RADIO CON GUIAS ***		CODOS CUADRADOS ***	
W	D					
		Relación de radio ** R/D = 1.25	R ₁ = 150 mm (Recomendado)	R ₁ = 75 mm (Aceptable)	Guías cambio dirección Doble espesor	Guías cambio dirección Simple espesor
LONGITUD ADICIONAL EQUIVALENTE DE CONDUCTO RECTO (METROS)						
240	120	3.22	13.40	12.80	11.90	11.70
	90	7.28	10.82	9.22	8.85	13.40
	75	8.51	9.22	11	7.30	10.88
	60	8.85	8.84	8.34	5.80	8.88
180	90	4.67	8.23	7.30	5	7.30
	120	8.25	12.04	11.82	10.48	17.70
	90	8.90	9.80	8.65	8.58	13.40
	75	8.20	8.40	8.80	7.43	10.88
150	75	5.06	6.48	7.31	6.33	8.88
	60	4.42	6.78	6.75	6.31	7.30
	45	3.80	5.30	4.72	4.42	6.88
	30	3.38		4.50	3.20	4.80
120	120	8	12.17	11.43	9.74	17.70
	90	8.51	8.10	8.08	8.04	13.40
	75	5.88	7.52	8.20	8.88	10.88
	60	4.77	8.08	7.75	5.88	8.88
90	60	4.18	6.44	6.17	5.01	7.30
	45	3.56	4.67	4.47	3.80	6.88
	30	2.98		4.21	2.98	4.60
	150	13.31	10.48	9.96	8.88	17.70
120	120	7.87	10.38	9.80	8.88	13.40
	90	5.80	7.87	8.80	6.88	10.88
	75	5.28	6.88	8.40	6.20	8.88
	60	4.42	7.13	6.20	5.28	7.30
90	60	4.18	6.68	6.03	4.48	6.88
	45	3.28	4.42	4.18	3.88	6.88
	30	2.82		3.80	2.98	4.80
	150	2.40		3.24	2.28	3.88
105	105	2.38		2.67	2.08	2.98
	90	6.81	8.23	7.57	7.17	16.88
	75	5.90	7.06	6.31	6.98	13.40
	60	5.23	8.30	7.74	8.92	10.88
75	75	4.42	6.28	6.64	4.78	8.88
	60	3.67	5.28	4.70	4.18	7.30
	45	3.28	4.11	3.88	3.64	6.88
	30	2.86		3.80	2.98	4.60
45	45	2.40		2.99	2.38	3.88
	30	2.08		2.33	1.72	2.98
	150	10.04	8.04	8.89	8.90	13.40
	90	6.80	6.58	6.49	6.28	10.88
75	75	4.79	5.70	6.64	5.28	8.88
	60	4.14	5.96	6.47	4.42	7.30
	45	3.63	5.03	4.42	3.80	6.88
	30	2.98	3.82	3.82	3.28	4.80
45	45	2.70		3.56	2.70	3.88
	30	2.38		2.88	2.33	3.88
	150	2.08		2.36	1.72	2.98
	90	8.00	8.53	8.10	8.00	11.88
75	75	4.78	6.48	6.20	6.03	10.88
	60	4.11	6.89	6.00	4.38	8.88
	45	3.56	6.67	4.18	3.88	7.30
	30	2.98	3.82	3.88	3.18	6.88
45	45	2.33		3.51	2.33	4.80
	30	2.08		2.88	2.08	3.88
	150	1.72		2.36	1.72	2.98

TABLA 8.17) ROZAMIENTO EN CODOS RECTANGULARES

DIMENSIONES DEL CONDUCTO (cm)		CODO DE RADIO SIN GUÍAS	CODO DE RADIO CON GUÍAS ***		CODOS CUADRADOS ***	
W	D	Relación de radio ** R/D = 1,25	Rt = 150 mm (Recomendado)	Rt = 75 mm (Aceptable)	Guías cambia dirección Doble espesor	Guías cambia dirección Simple espesor
LONGITUD ADICIONAL EQUIVALENTE DE CONDUCTO RECTO (METROS)						
			Deflec- tores	Deflec- tores		
70	70	4.40	4.22 2	5.03 2	4.16	10.33
	60	3.84	5.10 1	4.46 2	3.84	8.88
	50	3.54	4.40 1	3.80 2	3.54	7.30
	40	2.95	3.19 1	3.26 2	2.95	5.86
	30	2.33		3.21 1	2.33	4.60
	25	2.08		2.68 1	2.08	3.88
	20	1.72		2.38 1	1.72	2.98
60	240*	11.28	5.65 3		6.62	23.83
	180*	9.46	5.13 3		6.28	21.46
	120*	8.55	6.02 2	5.98 3	5.32	18.30
	90*	7.74	4.75 1	4.17 2	3.53	8.85
	60	3.25	3.84 1	3.54 2	2.95	7.30
	40	2.91	3.25 1	2.92 2	2.64	6.06
	30	2.33		2.99 1	2.34	4.60
	25	2.05		2.33 1	2.06	3.64
	20	1.75		2.08 1	1.73	2.98
	15	1.47		2.04 1	1.17	2.36
50	200*	9.47	4.88 3		5.85	19.83
	150*	7.75	3.85 2		5.03	17.41
	100*	6.50	4.50 2	4.13 3	4.13	14.57
	90*	3.25	3.52 1	2.95 2	2.95	7.30
	40	2.86	2.81 1	2.70 2	2.37	6.06
	30	2.05		2.68 1	2.06	4.60
	25	1.90		2.37 1	1.80	3.88
	20	1.47		2.04 1	1.47	2.98
	15	1.17			1.17	2.36
40	180*	7.72	2.78 3		4.18	14.28
	120*	6.22	3.63 2	3.52 3	3.56	12.87
	90*	4.43	3.26 2	2.67 3	3.25	11.24
	60	2.66	2.36 1	2.40 2	2.08	6.06
	30	2.05		2.34 1	1.76	4.60
	25	1.78		1.77 1	1.48	3.64
	20	1.47		1.81 1	1.47	2.98
	15	1.17			1.17	2.36
30	120*	5.64	2.24 2	2.34 3	2.96	8.84
	90*	4.31	2.10 2	2.10 3	2.87	8.06
	60*	3.25	2.42 1	2.42 2	2.32	7.74
	30	2.05		2.01 1	1.49	4.60
	25	1.78		1.49 1	1.47	3.64
	20	1.47		1.47 1	1.16	2.98
	15	1.18			0.88	2.36
25	100*	5.83	1.79 2	1.88 3	2.33	7.88
	75*	3.81	1.79 2	2.38 2	2.07	7.18
	60*	2.86	2.08 1	1.78 2	1.76	6.28
	25	1.47		1.49 1	1.18	3.64
	20	1.18		1.49 1	1.16	2.98
	15	0.88			0.88	2.36
20	80*	3.82	1.83 2	1.23 3	1.78	6.28
	60*	3.21	1.77 1	1.49 2	1.78	6.06
	40*	2.33	1.18 1	1.47 2	1.47	4.72
	25	1.18		1.17 1	0.88	2.98
	15	0.88			0.88	2.36
15	60*	2.95	1.17 1	1.19 2	1.16	4.45
	45*	2.37	0.86 1	1.19 2	1.17	3.83
	30*	1.72		1.18 1	0.88	3.01
	15	0.88			0.88	2.36

* Doblezuras efectuadas como se representan.

Doblezura axial



Doblezura lateral



POTENCIA NOMINAL CV	RENDIMIENTO A PLENA CARGA %	POSICION DEL EQUIPO RESPECTO AL LOCAL A CONDICIONADO **	
		Motor en el interior, equipo en el exterior (CV x 0,7) / 1	Motor en el exterior, equipo en el interior (CV x 0,7) / 1

		Motor en el interior, equipo en el exterior (CV x 0,7) / 1	Motor en el exterior, equipo en el interior (CV x 0,7) / 1	
1/20	40	80	30	47
1/12	49	105	50	55
1/8	55	145	80	65
1/6	60	180	105	70
1/4	64	250	160	90
1/3	66	320	215	110
1/2	70	450	320	135
3/4	72	660	480	187
1	79	800	630	170
1.5	80	1.200	950	237
2	80	1.600	1.260	320
3	81	2.350	1.990	450
5	82	3.900	3.160	700
7.5	85	5.500	4.800	850
10	85	7.500	6.400	1.125
15	86	11.100	9.500	1.575
20	87	14.500	12.750	1.875
25	88	18.100	15.900	2.200
30	89	21.300	19.100	2.350
40	89	28.700	25.500	3.250
50	89	35.700	31.800	4.000
60	89	43.000	38.400	4.750
75	90	53.000	47.800	5.250
100	90	71.000	63.800	7.250
125	90	87.500	79.500	9.000
150	91	105.000	95.600	9.500
200	91	140.000	127.500	12.500
250	91	175.000	159.000	16.000

* En el caso de un funcionamiento no continuo, aplicar el coeficiente de simultaneidad, determinando a ser posible mediante pruc
 ** Para un ventilador o una bomba que impulse al fluido hacia el exterior, utilizar los valores de la ultima columna.

GRADO DE ACTIVIDAD	METAB. PERSONA ADULTA (Kcal/h)	METAB. PERSONA MEDIA (Kcal/h)	TEMPERATURA DEL LOCAL (°C) AMBIENTE SECO											
			25°		27°		26°		24°		21°			
			Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente		
Sentado en reposo	98	88	44	44	49	39	53	35	58	30	65	23		
Sentado, trabajo muy ligero	113	100	45	55	48	52	54	46	60	40	68	32		
Empleado de oficina	120	113	45	68	50	63	54	59	61	52	71	42		
De pie, marcha lenta	139	113	45	68	50	63	54	59	61	52	71	42		
Sentado, de pie	139	126	45	81	50	76	55	71	64	62	73	53		
De pie, marcha lenta	139	126	45	81	50	76	55	71	64	62	73	53		
Sentado	126	139	48	91	55	84	61	78	71	68	81	58		
Trabajo ligero en un taller	202	189	48	141	55	134	62	127	74	115	92	97		
Desplazamiento, 5 Km/h	252	252	68	184	76	176	83	169	96	156	116	136		
Trabajo penoso	378	365	113	252	117	248	122	243	132	233	152	213		

TABLA 8.11) GANANCIAS DE CALOR DEBIDO A OCUPANTES

TABLA 8.12) PORCENTAJE DE AREA DE SECCION RECTA EN RAMAS PARA CONSERVAR CONSTANTE EL ROZAMIENTO

% CAUDAL	% AREA DUCTO	% CAUDAL	% AREA DUCTO	% CAUDAL	% AREA DUCTO
1	2	41	49	81	85.5
2	3.5	42	50	82	86
3	5.5	43	51	83	87
4	7	44	52	84	87.5
5	9	45	53	85	88.5
6	10.5	46	54	86	89.5
7	11.5	47	55	87	90
8	13	48	56	88	90.5
9	14.5	49	57	89	91.5
10	16.5	50	58	90	92
11	17.5	51	59	91	93
12	18.5	52	60	92	94
13	19.5	53	61	93	94.5
14	20.5	54	62	94	95
15	21.5	55	63	95	96
16	23	56	64	96	96.5
17	24	57	65	97	97.5
18	25	58	65.5	98	98
19	26	59	66.5	99	99
20	27	60	67.5	100	100
21	28	61	68		
22	29.5	62	69		
23	30.5	63	70		
24	31.5	64	71		
25	32.5	65	71.5		
26	33.5	66	72.5		
27	34.5	67	73.5		
28	35.5	68	74.5		
29	36.5	69	75.5		
30	37.5	70	76.5		
31	39	71	77		
32	40	72	78		
33	41	73	79		
34	42	74	80		
35	43	75	80.5		
36	44	76	81		
37	45	77	82		
38	46	78	83		
39	47	79	84		
40	48	80	84.5		

NOTA: 1) El caudal se mide en metros cúbicos por hora.
 2) El área del ducto en metros cuadrados.

TABLA 8.13) DIM. DE DUCTOS, AREA DE SECCION, DIAMETRO EQUIV., TIPO DE DUCTO

						0.087	333						
						0.103	361	0.119	389				
		0.075	308	0.094	348	0.115	384	0.134	414	0.154	445		
0.061	280	0.084	328	0.106	368	0.129	407	0.151	439	0.173	470		
0.067	292	0.092	343	0.117	384	0.142	427	0.168	460	0.192	496		
0.072	305	0.100	358	0.128	404	0.156	447	0.184	483	0.210	518		
0.078	315	0.107	371	0.139	422	0.169	465	0.196	503	0.229	541		
0.083	324	0.115	384	0.149	435	0.182	483	0.214	526	0.249	561		
0.089	333	0.123	397	0.158	448	0.195	499	0.232	541	0.268	582		
0.095	342	0.131	409	0.168	461	0.207	516	0.249	559	0.285	602		
0.101	351	0.139	421	0.179	473	0.218	529	0.267	576	0.301	620		
0.106	359	0.146	432	0.188	485	0.230	544	0.274	582	0.318	637		
0.112	367	0.153	442	0.198	496	0.242	556	0.288	597	0.336	656		
0.117	375	0.160	452	0.208	516	0.255	572	0.303	622	0.352	671		
0.123	383	0.167	463	0.217	526	0.267	585	0.318	637	0.368	684		
0.128	396	0.172	470	0.225	536	0.276	595	0.330	650	0.384	701		
0.132	404	0.180	480	0.233	546	0.284	607	0.343	662	0.401	716		
0.137	412	0.186	488	0.242	556	0.298	618	0.359	674	0.416	729		
	419	0.193	498	0.250	567	0.310	630	0.373	691	0.430	742		
		0.196	506	0.260	577	0.320	641	0.384	701	0.448	757		
		0.205	514	0.270	587	0.330	651	0.398	714	0.463	770		
		0.212	523	0.276	595	0.343	664	0.410	724	0.478	782		
		0.218	531	0.286	605	0.354	674	0.422	734	0.492	793		
		0.225	536	0.296	615	0.365	684	0.434	744	0.507	806		
		0.237	544	0.303	622	0.376	694	0.448	756	0.523	819		
		0.244	559	0.320	640	0.392	709	0.472	773	0.548	841		
				0.334	656	0.415	729	0.497	798	0.580	862		
				0.355	674	0.446	746	0.527	820	0.610	885		
				0.380	696	0.484	762	0.543	831	0.632	900		
				0.384	701	0.478	782	0.570	854	0.656	916		
						0.507	800	0.534	878	0.599	938		
						0.527	816	0.563	897	0.628	956		
						0.533	828	0.640	905	0.753	963		
						0.546	839	0.650	920	0.776	986		
								0.685	937	0.787	1.020		
								0.704	951	0.814	1.039		
								0.771	966	0.852	1.061		
								0.756	981	0.890	1.083		
										0.898	1.078		
										0.925	1.090		
										0.944	1.095		
										0.953	1.120		



Ducto clase 1



Ducto clase 4



Ducto clase 2



Ducto clase 5



Ducto clase 3



Ducto clase 6

NOTA de la tabla 8.23:

* L y D están en metros. D es el diámetro del codo. L es la longitud equivalente adicional del ducto sumado a la longitud medida. La longitud equivalente L es igual a D multiplicada por la relación indicada.

** El valor de n representa la pérdida de presión y se puede convertir en la longitud equivalente adicional del conducto por la siguiente ecuación.

$$L = n \times (h_v / h_f)$$

donde:

L = Longitud equivalente adicional, metros.

h_v = Presión dinámica en V_2 , mm. c.a.

h_f = Pérdida por rozamiento por metro, diámetro del ducto en V_2 , mm. c.a. (Gráfica 8.3).

n = Valor para T o cruz.

*** La T o la cruz pueden ser reducidas o se puede adoptar la misma dimensión en tramo recto.

NOTA de la tabla 8.24:

* 1.25 es valor estándar para codo de radio completo sin guías.

** L y D están en metros. D es la dimensión del ducto representada en el dibujo. L es la longitud adicional equivalente del ducto añadido al ducto medido. La longitud equivalente L es igual a D multiplicada por la relación indicada.

*** El valor n es el número representativo de la presión dinámica, pérdida de presión dinámica o ganancias de velocidad en un accesorio, y puede ser convertida en longitud adicional equivalente del ducto por la siguiente ecuación:

$$L = n \times (h_v / h_f)$$

donde:

L = Longitud adicional equivalente, metros.

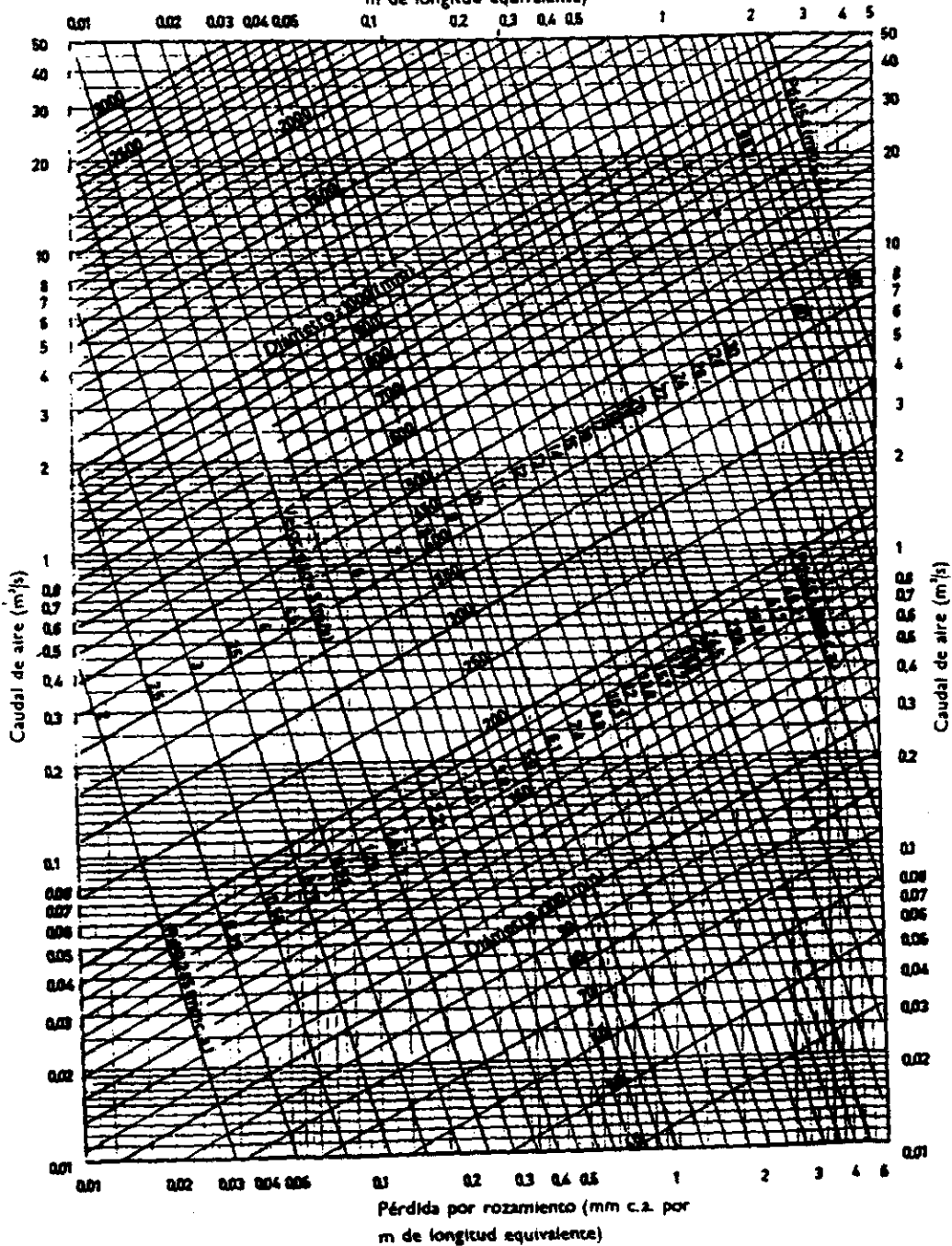
h_v = Presión dinámica para V_1 o V_2 , mm. c.a.

h_f = Pérdida por rozamiento por metro, sección recta del ducto en h_v , mm. c.a. (Gráfica 8.3).

n = Valor para un determinado accesorio.

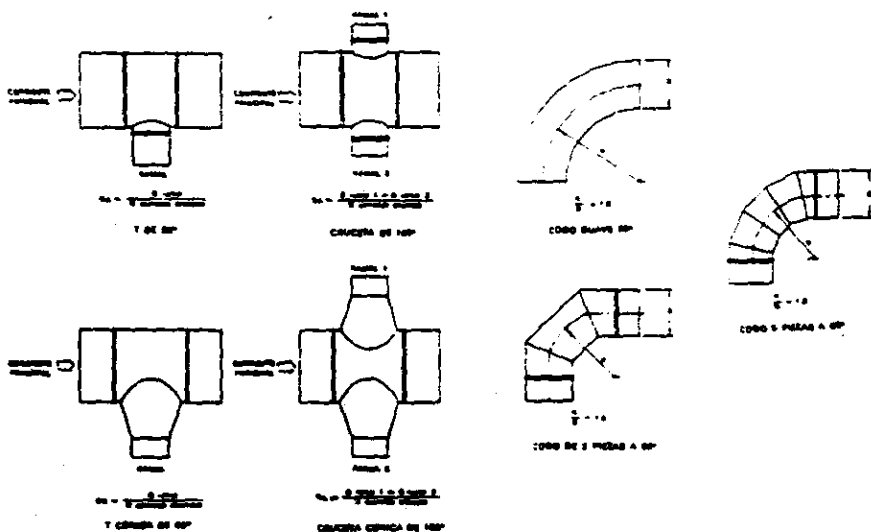
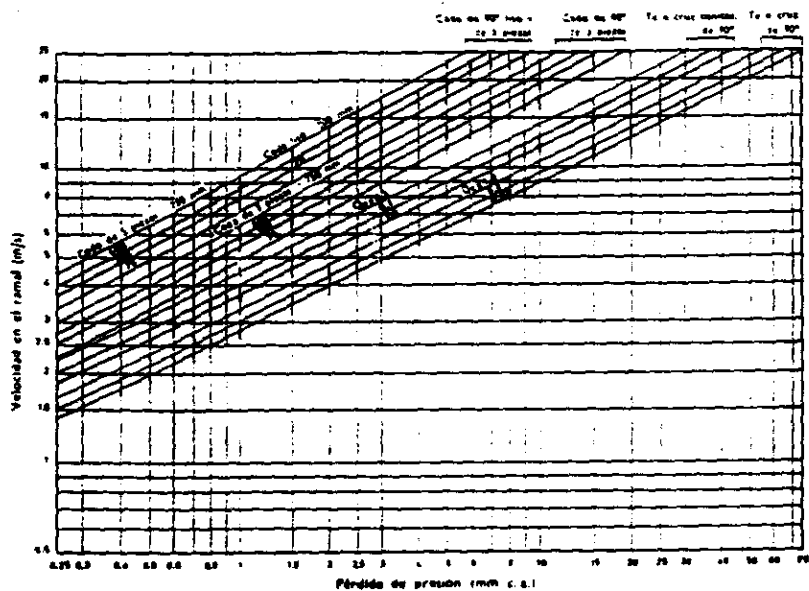
GRAFICA 8.1) PERDIDA POR ROZAMIENTO EN DUCTOS CIRCULARES

Pérdida por rozamiento (mm c.a. por m de longitud equivalente)



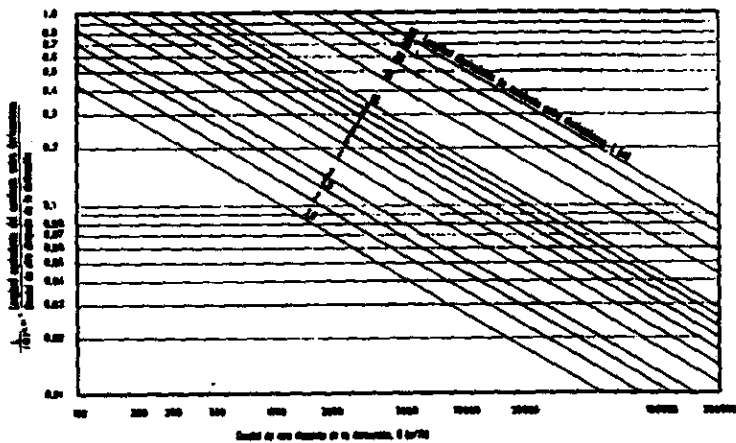
GRÁFICA 8.1) PERDIDA POR ROZAMIENTO EN DUCTOS CIRCULARES

GRÁFICA 8.2) PERDIDAS POR ACCESORIOS CIRCULARES (Codos T y Cruces)



- NOTAS: 1. Las pérdidas de presión en los T, o cruces, son función de la velocidad del aire en la derivación. Esto representa una caída de presión constante desde la corriente principal a la derivada. Q₂ es la relación entre el caudal de aire derivado y el de la corriente principal.
2. La pérdida de presión en un codo suave de 45° es la mitad del correspondiente de 90°.
3. La pérdida de presión en un codo de 3 piezas de 45° es la mitad de la correspondiente al codo de cinco piezas de 90°.

GRÁFICA 8.3) RELACIÓN L/Q



CAPITULO 9

ILUMINACIÓN

9.1) INTRODUCCIÓN

Se utilizan dos métodos de para calcular el nivel de iluminación promedio en un local; el método de cavidad zonal, este método considera el local dividido en tres secciones y el método de punto por punto cuando se requiere un nivel de iluminación en un punto específico.

9.2) MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL

Este método de calculo como se menciona en el inicio de este capitulo, divide el local en tres secciones las cuales son las siguiente:

- 1) Cavidad del techo (h_{cc}): Es el área medida desde el plano del luminario al techo. Esta área es solamente para los luminarios colgados.
- 2) Cavidad local (h_{rc}): Es el espacio entre el plano de trabajo y la parte inferior del luminario; este plano de trabajo se localiza normalmente arriba del nivel del piso aproximadamente 76 a 92 cm.
- 3) Cavidad de piso (h_{fc}): Se considera desde el piso a la parte superior del plano de trabajo, o bien al nivel donde se realiza las funciones específicas.

La teoría básica que se considera en este método de calculo es que la iluminación producida por una lampara es reflejada por las superficies del área del local así como las áreas de trabajo. Por este hecho es muy importante determinar :

- 1) Dimensiones del local.
- 2) Las reflectancias del local se dividen en techo, paredes y piso.
- 3) Características de la lampara.
- 4) Características del luminario.
- 5) Efectos ambientales como polvo, suciedad y temperatura.
- 6) Mantenimiento planeado del sistema de iluminación.

Con el objeto de producir un lux en el plano de trabajo, el sistema de iluminación debe de producir un lumen sobre cada metro cuadrado. O sea :

$$\frac{1 \text{ Lumen}}{\text{m}^2} = 1 \text{ Lux}$$

Por lo tanto un nivel de iluminación promedio de 1,000 luxes sobre una área de 10 m² requerirá de 10,000 lúmenes que sean dirigidos al plano de trabajo.

Conforme la fuente de iluminación se encuentre más alejada del plano de trabajo, el nivel de iluminación se reducirá en proporción al cuadrado de la distancia o sea :

$$L = \frac{1}{d^2}$$

donde:

L = Nivel de iluminación.

d = Distancia entre la lampara y el plano de trabajo.

9.3) LOCAL

Es muy importante considerar los colores del local, los cuales tienen una gran influencia con el nivel de iluminación producido por el sistema. Usar colores claros en las paredes, techo y pisos, dará como resultado un nivel de iluminación mayor que si se usan colores oscuros. Lo anterior se aplica a muebles dentro del local, alfombras, etc..

9.4) MÉTODO DE CALCULO

La fórmula básica para determinar el número de lámparas necesarias para producir un nivel de iluminación deseado en un local con dimensiones conocidas es la siguiente :

$$\text{Luxes} = \frac{\text{No. de luminarios} \times (\text{lámparas / luminario}) \times (\text{lúmenes / lámpara}) \times \text{C.U.} \times \text{m.f.}}{\text{Área}}$$

donde :

CU = Coeficiente de utilización.

m.f = Factor de mantenimiento = L.L.D x L.D.D.

L.L.D = Depreciación de lúmenes de las lámparas.

L.D.D = Depreciación del luminario.

Como se observa en la ecuación anterior, se requiere conocer las características de las lámparas, luminarios y los factores de mantenimiento de los mismos. Para determinar y localizar los factores antes mencionados se deberá hacer lo siguiente:

- 1) Factores de la lámpara, los cuales se dividen en valor de lúmenes iniciales y lúmenes promedio producidos por la lámpara a través de sus horas de vida (L.L.D.). Los fabricantes de las lámparas publican datos en los cuales se indica el valor inicial de producción luminica y el valor promedio del mismo.

- 2) Factores de luminarios, los cuales se dividen en factor de depreciación del luminario (L.D.D.) debido al polvo y coeficiente de utilización (c.u.). Los fabricantes de luminarios publican datos sobre los mismos, los cuales la pérdida de luz debido al polvo y suciedad en la superficie de los luminarios. También proporcionan el coeficiente de utilización para diferentes tamaños de local, usando diferentes reflectancias de las superficies. El coeficiente de utilización es un parámetro que nos indica la eficiencia del luminario para convertir los lúmenes producidos por la lampara en nivel de iluminación útil.

Un coeficiente de utilización de un 80% de la luz emitida por la lampara podrá ser utilizada en el plano de trabajo. Esto indica que el coeficiente de utilización depende de otros factores independientes del luminario, como son las reflectancias de las superficies del local.

Los fabricantes de luminarios especifican el espaciamiento máximo entre luminarios en relación a la altura de montaje. Este factor es conocido como relación del " espaciamiento a altura de montaje " o S/M.H.

Con objeto de simplificar el proceso de calculo para determinar el numero de luminarios así como su localización, se deberán seguir los siguientes pasos:

- 1) Determinar el tipo de trabajo que se desarrollara en el local. El Illuminating Engineering Society of North America proporciona los niveles de iluminación recomendados para trabajos específicos.
- 2) Determinar el fuente de iluminación que se va a usar.
- 3) Determinar que condiciones ambientales prevalecerán en el área.
- 4) Determinar las condiciones físicas y operaciones del área. Esto incluye dimensiones del local, valores de reflectancias, localización del plano de trabajo y características operacionales.
- 5) Seleccionar el luminario que llene las características. Algunos de los factores que ayudan a determinar el luminario son:
 - A) Altura del montaje.
 - B) Tipo de lampara seleccionada.
 - C) Características de depreciación del luminario.
 - D) Restricciones físicas del montaje (colgante, empotrado, abierto, cerrado, etc.).
 - E) Mantenimiento requerido (limpieza del reflector y el reemplazo de las lamparas).
 - F) Costo, tamaño y peso.
 - G) Aspecto estético.
- 6) Determinar los factores de depreciación de luz para el área. Los factores de pérdida de luz se pueden dividir en dos categorías:
 - A) No recuperables; Los factores no recuperables se consideran como la temperatura ambiental, la cual puede afectar el comportamiento del luminario, la tensión de alimentación al luminario, características de la balastra y de la superficie del luminario).
 - B) Recuperables; La depreciación de la producción luminica de la lampara, las lamparas fuera de operación, depreciación debido al polvo y de la superficie del local debido al polvo.

Multiplicando todos los factores de perdida antes mencionados se obtiene un factor de perdida neta.

L.L.D. = Depreciación de lúmenes de la lampara.

L.D.D. = Depreciación del luminario debido al polvo.

Multiplicando los factores anteriores obtenemos el factor de mantenimiento (m.f.).

7) Calculo de las relaciones de cavidad

A) Cavidad de techo.

B) Cavidad de local.

C) Cavidad de piso.

La ecuación para el calculo de la relación de cavidad es:

$$\text{Relacion de Cavidad} = \frac{5 \times \text{Altura} \times (\text{Largo} + \text{Ancho})}{\text{Largo} \times \text{Ancho}}$$

donde:

Altura = altura de cavidad de local, piso o techo.

8) Determinar las reflectantes efectivas correspondientes a las cavidades de techo y piso. Este procedimiento contempla el efecto de interreflexión de la luz considerando las diferentes superficies del local. En la tabla 9.1 se indican las reflectancias efectivas.

Si todas las superficies son altamente reflectoras o si los luminarios se encuentran localizados directamente en el techo, no será necesario efectuar este calculo. En este caso se puede usar el valor actual de las reflectancias de las superficies (medias) para determinar el coeficiente de utilización.

9) Determinar el coeficiente de utilización (c.u.).

El coeficiente de utilización se encuentra en los datos técnicos proporcionados por el fabricante, para el luminario que se utilizara. (ver tabla 9.4).

Con objeto de seleccionar el valor apropiado del c.u. de las tablas, se deberá conocer primeramente las reflectancias efectivas de techo, pared y piso. La mayoría de las tablas muestran solamente un valor como reflectancias de piso. Este valor es 20% y es considerado como un valor normal. En caso de que el valor de reflectancias sea mayor o menor a 20%, se deberá de usar la tabla 9.3 para su corrección.

10) Calculo del numero de luminarios requeridos:

Con los datos anteriores se debe aplicar la ecuación siguiente:

$$\text{No. de luminarios} = \frac{\text{Area} \times \text{Luxes (promedio)}}{(\text{No. de lamparas / Luminario}) \times (\text{Lúmenes / Lampara}) \times \text{Coeficiente de utilización} \times \text{Factor de mantenimiento}}$$

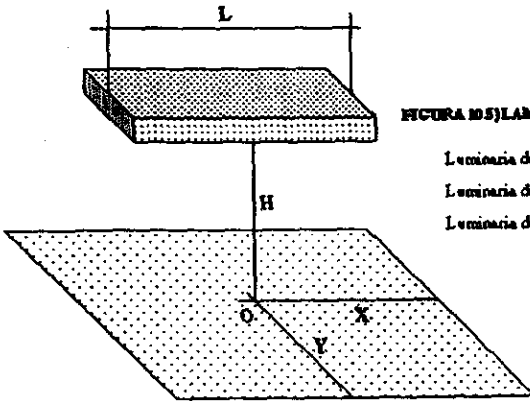
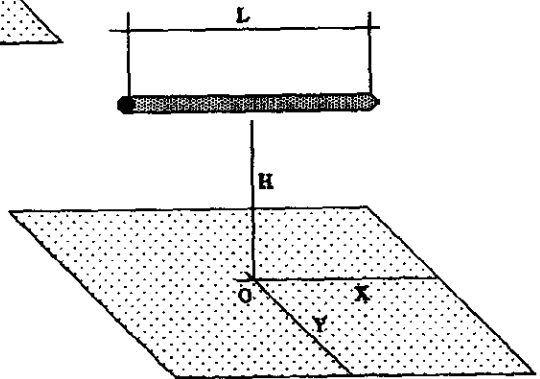


FIGURA 10.5) LAMPARA BAJO UNA LUMINARIA

- Luminaria de 1.20 m, 4,200 lumenes.
- Luminaria de 1.80 m, 6,200 lumenes.
- Luminaria de 2.40 m, 8,400 lumenes.

FIGURA 10.6) LAMPARA EN LUMINARIA

- Lampara de 1.20 m, 2,800 lumenes.
- Lampara de 1.80 m, 4,100 lumenes.
- Lampara de 2.40 m, 5,600 lumenes.



FALTAN PAGINAS

De la: **186**

A la: **189**

TABLA 9.1) PORCENTAJE DE LAS REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE TECHO O PISO PARA VARIAS COMBINACIONES DE REFLECTANCIAS

REFLECTANCIA BASE (DE TECHO) EN 90%	90					80					70					60															
	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0			
	REFLECTANCIA DE LAS PAREDES EN %																														
0.20	89	88	88	86	85	84	82	79	78	78	77	76	74	72	70	68	70	69	68	67	66	65	64	60	59	59	58	56	55	53	
0.40	88	87	86	84	81	79	76	73	72	72	70	68	65	63	61	58	69	68	67	65	63	61	58	60	59	59	57	54	52	50	
0.60	87	86	84	80	77	74	73	78	76	75	71	68	65	57	69	67	65	69	67	65	63	59	57	54	60	58	57	55	51	50	46
0.80	87	85	82	77	73	69	67	78	75	73	69	65	61	57	68	66	64	66	66	64	60	56	53	50	59	57	56	54	48	46	43
1.00	86	83	80	75	69	64	62	77	74	72	67	62	57	55	68	65	62	65	65	62	58	53	50	47	59	57	55	51	45	43	41
1.50	85	80	76	68	61	55	51	75	72	68	61	54	49	46	67	62	59	66	60	54	46	42	40	59	55	52	46	40	37	34	
2.00	83	77	72	62	53	47	43	74	69	64	56	48	41	38	66	60	56	69	60	56	49	40	36	33	58	54	50	43	35	31	29
2.50	82	75	68	57	47	40	36	73	67	61	51	42	35	32	65	60	54	65	60	54	45	36	31	29	58	53	47	39	30	25	23
3.00	80	72	64	52	42	34	30	72	65	58	47	37	30	27	64	58	52	64	58	52	42	32	27	24	57	52	46	37	28	23	20
3.50	79	70	61	48	37	31	26	71	63	55	43	33	26	24	63	57	50	63	57	50	38	29	23	21	57	50	44	35	25	20	17
4.00	77	69	58	44	33	25	22	70	61	53	40	30	22	20	63	55	48	63	55	48	26	20	17	17	57	49	42	32	23	18	14
5.00	75	69	53	38	28	20	16	68	58	48	35	25	18	14	61	52	44	61	52	44	31	22	16	12	56	48	40	28	20	14	11
6.00	73	61	49	34	24	16	11	66	55	44	31	22	15	10	60	51	41	60	51	41	28	19	13	9	55	45	37	25	17	11	7
8.00	68	55	42	27	18	12	6	62	50	38	25	17	11	5	57	46	35	57	46	35	23	15	10	5	53	42	33	22	14	8	4
10.00	65	51	36	22	15	9	4	59	46	33	21	14	8	3	55	43	31	55	43	31	19	12	8	3	51	39	29	18	11	7	2

TABLA 9.1) PORCENTAJE DE LAS REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE TECHO O PISO
PARA VARIAS COMBINACIONES DE REFLECTANCIAS (cont.)

REFLECTANCIA BASE (DE TECHO) EN 90%	50										40										30										20									
	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0					
	REFLECTANCIA DE LAS PAREDES EN %	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0				
0.20	50	50	49	48	47	46	45	40	40	39	39	38	36	36	31	31	31	30	29	29	28	27	21	20	20	20	20	19	19	17	17	17	17	17	17	17				
0.40	50	49	48	47	45	44	42	41	40	39	38	36	34	34	31	31	31	30	29	28	26	25	22	21	20	20	20	19	18	16	16	16	16	16	16	16				
0.60	50	48	47	45	43	41	38	41	40	39	37	34	32	31	32	31	30	28	26	25	23	23	23	21	21	21	19	18	17	15	15	15	15	15	15					
0.80	50	48	47	44	40	38	36	41	40	38	36	33	31	29	32	31	30	28	25	23	22	24	24	22	21	19	18	16	14	14	14	14	14	14						
1.00	50	48	46	43	38	36	34	42	40	38	34	32	29	27	33	32	30	27	24	22	20	25	25	23	22	19	17	15	13	13	13	13	13	13						
1.50	50	47	45	40	34	31	26	42	39	37	32	28	24	22	34	33	30	25	22	18	17	26	26	24	22	18	16	13	11	11	11	11	11	11						
2.00	50	46	43	37	30	26	24	42	39	36	31	25	21	19	35	33	29	24	20	16	14	28	28	25	23	18	15	11	9	9	9	9	9	9						
2.50	50	46	41	35	27	22	21	43	39	35	29	23	18	12	36	32	29	24	18	14	12	29	29	26	23	18	14	10	8	8	8	8	8	8						
3.00	50	45	40	32	24	19	17	43	39	35	27	21	16	13	37	33	29	22	17	12	10	30	30	27	23	17	13	9	7	7	7	7	7	7						
3.50	50	44	39	30	22	17	15	44	39	34	26	20	14	12	38	33	29	21	15	10	9	32	32	27	23	17	12	8	5	5	5	5	5	5						
4.00	50	44	38	28	20	15	12	44	38	33	25	18	12	10	38	33	28	21	14	9	7	33	33	28	23	17	11	7	7	7	7	7	7	7						
5.00	50	42	35	25	17	12	9	45	38	31	22	15	10	7	39	33	28	19	13	8	5	35	35	29	24	16	10	6	4	4	4	4	4	4						
6.00	50	42	34	23	15	10	6	44	37	30	20	13	8	5	39	33	27	18	11	6	4	36	36	30	24	16	10	5	2	2	2	2	2	2						
8.00	49	40	30	19	12	7	3	44	35	28	18	11	6	3	40	33	26	16	9	4	2	37	37	30	23	15	8	3	1	1	1	1	1	1						
10.00	47	37	27	17	10	6	2	43	34	25	15	8	5	2	40	32	24	14	8	3	1	37	37	29	22	13	7	3	1	1	1	1	1	1						

TABLA 9.3) FACTORES UTILIZADOS PARA REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE PISO DIFERENTES AL 20%

% DE REFLECTANCIA EFEC DE CAV DE TECHO pec DE PAREDES, pw	80			70			50			30			10				
	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	
1.00	1.092	1.082	1.075	1.068	1.077	1.070	1.064	1.059	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008
2.00	1.079	1.066	1.055	1.047	1.068	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.006
3.00	1.070	1.054	1.042	1.033	1.061	1.041	1.037	1.028	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.005
4.00	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004
5.00	1.056	1.038	1.026	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004
6.00	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003
7.00	1.047	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.032	1.013	1.007	1.018	1.011	1.005	1.014	1.008	1.003
8.00	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003
9.00	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.009	1.004	1.013	1.007	1.002
10.00	1.037	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.005	1.017	1.010	1.004	1.015	1.009	1.003	1.013	1.007	1.002

Para 30% de reflectancia efectiva de cavidad de piso (20% = 1.00)

% DE REFLECTANCIA EFEC DE CAV DE TECHO pec DE PAREDES, pw	80			70			50			30			10				
	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	
1.00	0.923	0.929	0.935	0.940	0.933	0.939	0.943	0.948	0.956	0.960	0.963	0.973	0.976	0.979	0.989	0.991	0.993
2.00	0.931	0.942	0.950	0.958	0.940	0.949	0.957	0.963	0.962	0.968	0.974	0.976	0.980	0.985	0.988	0.991	0.995
3.00	0.939	0.951	0.961	0.969	0.945	0.957	0.966	0.973	0.967	0.975	0.981	0.978	0.983	0.988	0.988	0.992	0.996
4.00	0.944	0.958	0.969	0.978	0.950	0.963	0.973	0.980	0.975	0.980	0.986	0.981	0.986	0.991	0.987	0.992	0.996
5.00	0.949	0.964	0.976	0.983	0.954	0.968	0.978	0.985	0.972	0.983	0.989	0.980	0.988	0.993	0.987	0.992	0.997
6.00	0.953	0.969	0.980	0.986	0.958	0.972	0.982	0.989	0.977	0.985	0.992	0.982	0.989	0.995	0.987	0.993	0.997
7.00	0.957	0.973	0.983	0.991	0.961	0.975	0.985	0.991	0.979	0.987	0.994	0.983	0.990	0.996	0.987	0.993	0.998
8.00	0.960	0.976	0.986	0.993	0.963	0.977	0.987	0.993	0.981	0.983	0.995	0.984	0.991	0.997	0.987	0.994	0.998
9.00	0.963	0.978	0.987	0.994	0.965	0.979	0.989	0.994	0.983	0.990	0.996	0.985	0.992	0.998	0.988	0.994	0.999
10.00	0.965	0.980	0.989	0.995	0.967	0.981	0.990	0.995	0.984	0.991	0.997	0.986	0.993	0.998	0.988	0.994	0.999







Para 10% de reflectancia efectiva de cavidad de piso (20% = 1.00)

TABLA 9.3) FACTORES UTILIZADOS PARA REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE PISO DIFERENTES AL 20% (cont.)

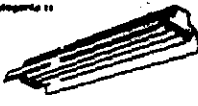



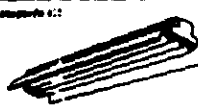



% DE REFLECTANCIA EFBC DE CAY DE TECHO por % DE REFLECTANCIA DE PAREDES. P ^o	80						70						60						50						40						30									
	70		50		30		10		70		50		30		10		70		50		30		10		70		50		30		10		70		50		30		10	
	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10				
1.00	0.859	0.870	0.879	0.886	0.873	0.884	0.893	0.901	0.916	0.923	0.929	0.948	0.954	0.960	0.979	0.983	0.987	0.871	0.887	0.903	0.919	0.886	0.873	0.884	0.893	0.901	0.916	0.923	0.929	0.948	0.954	0.960	0.979	0.983	0.987					
2.00	0.871	0.887	0.903	0.919	0.886	0.902	0.916	0.928	0.926	0.938	0.949	0.954	0.963	0.971	0.978	0.983	0.991	0.882	0.904	0.915	0.942	0.898	0.918	0.934	0.947	0.936	0.950	0.964	0.958	0.969	0.979	0.976	0.984	0.993						
3.00	0.882	0.904	0.915	0.942	0.898	0.918	0.934	0.947	0.936	0.950	0.964	0.958	0.969	0.979	0.976	0.984	0.993	0.893	0.919	0.941	0.958	0.908	0.930	0.948	0.961	0.945	0.961	0.974	0.961	0.974	0.984	0.973	0.985	0.994						
4.00	0.893	0.919	0.941	0.958	0.908	0.930	0.948	0.961	0.951	0.967	0.980	0.964	0.977	0.988	0.975	0.985	0.995	0.903	0.931	0.953	0.969	0.914	0.939	0.958	0.970	0.951	0.967	0.980	0.964	0.977	0.988	0.975	0.985	0.995						
5.00	0.903	0.931	0.953	0.969	0.914	0.939	0.958	0.970	0.951	0.967	0.980	0.964	0.977	0.988	0.975	0.985	0.995	0.911	0.940	0.961	0.976	0.920	0.945	0.965	0.977	0.955	0.972	0.985	0.966	0.979	0.991	0.975	0.986	0.996						
6.00	0.911	0.940	0.961	0.976	0.920	0.945	0.965	0.977	0.955	0.972	0.985	0.966	0.979	0.991	0.975	0.986	0.996	0.922	0.953	0.971	0.985	0.924	0.950	0.970	0.982	0.959	0.975	0.988	0.968	0.981	0.993	0.975	0.987	0.997						
7.00	0.917	0.947	0.967	0.981	0.924	0.950	0.970	0.982	0.959	0.975	0.988	0.968	0.981	0.993	0.975	0.987	0.997	0.928	0.958	0.975	0.988	0.928	0.958	0.975	0.988	0.966	0.980	0.993	0.971	0.985	0.996	0.976	0.988	0.998						
8.00	0.922	0.953	0.971	0.985	0.928	0.958	0.975	0.988	0.966	0.980	0.993	0.971	0.985	0.996	0.976	0.988	0.998	0.933	0.959	0.980	0.989	0.933	0.959	0.980	0.989	0.966	0.980	0.993	0.971	0.985	0.996	0.976	0.988	0.998						
9.00	0.928	0.958	0.975	0.988	0.933	0.959	0.980	0.989	0.966	0.980	0.993	0.971	0.985	0.996	0.976	0.988	0.998	0.933	0.959	0.980	0.989	0.933	0.959	0.980	0.989	0.966	0.980	0.993	0.971	0.985	0.996	0.976	0.988	0.998						
10.00	0.933	0.962	0.979	0.991	0.937	0.963	0.983	0.992	0.969	0.982	0.995	0.973	0.987	0.997	0.977	0.989	0.999	0.933	0.962	0.979	0.991	0.937	0.963	0.983	0.992	0.969	0.982	0.995	0.973	0.987	0.997	0.977	0.989	0.999						

Para 10% de reflectancia efectiva de cavidad de piso (20% = 1.00)

TABLA 9.4) COEFICIENTE DE UTILIZACION (cont.)


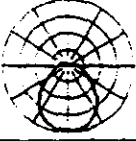

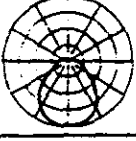

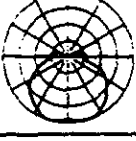
LUMINARIA		DISTRIBUCION		Separación no superior a	Reflektividades												
					Coeficiente de reflexión												
					90 %		50 %		10 %		0 %						
					90%	80%	10%	90%	50%	10%	50%	10%	0%				
						COEFICIENTES DE UTILIZACION											
				A.C.L.													
 <p>Ventilador de diámetro 675 mm, grado de luz, para montar. Lámpara de vapor fluorescente de potencia 1.000 w.</p>		1,0 a altura de montaje	7 ↓ 79	1	9,10	8,90	8,80	8,60	8,20	8,00	7,90	7,80	7,50	7,30	7,10		
				2	8,90	7,90	7,80	7,70	7,30	7,10	7,00	6,70	6,50	6,30	6,10	5,90	5,70
				3	7,90	6,90	6,80	6,70	6,30	6,10	6,00	5,70	5,50	5,30	5,10	4,90	4,70
				4	6,90	5,90	5,70	5,60	5,20	5,00	4,90	4,60	4,40	4,20	4,00	3,80	3,60
				5	5,90	4,90	4,60	4,50	4,10	3,90	3,80	3,50	3,30	3,10	2,90	2,70	2,50
				6	4,90	3,90	3,60	3,50	3,10	2,90	2,80	2,50	2,30	2,10	1,90	1,70	1,50
				7	3,90	2,90	2,60	2,50	2,10	1,90	1,80	1,50	1,30	1,10	0,90	0,70	0,50
				8	2,90	1,90	1,60	1,50	1,10	0,90	0,80	0,50	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00
				9	1,90	1,00	0,80	0,70	0,30	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				10	0,70	0,30	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
 <p>Ventilador de diámetro 675 mm, grado de luz, Lámpara de vapor fluorescente de potencia 1.000 w.</p>		1,2 a altura de montaje	12 ↓ 73	1	8,00	7,90	7,80	7,60	7,20	7,10	7,00	6,70	6,50	6,30	6,10		
				2	7,70	7,20	7,00	6,90	6,50	6,40	6,30	6,00	5,80	5,60	5,40	5,20	5,00
				3	7,10	6,60	6,40	6,30	5,90	5,80	5,70	5,40	5,20	5,00	4,80	4,60	4,40
				4	6,30	5,80	5,60	5,50	5,10	5,00	4,90	4,60	4,40	4,20	4,00	3,80	3,60
				5	5,60	5,10	4,90	4,80	4,40	4,30	4,20	3,90	3,70	3,50	3,30	3,10	2,90
				6	4,80	4,30	4,10	4,00	3,60	3,50	3,40	3,10	2,90	2,70	2,50	2,30	2,10
				7	3,90	3,40	3,20	3,10	2,70	2,60	2,50	2,20	2,00	1,80	1,60	1,40	1,20
				8	3,10	2,60	2,40	2,30	1,90	1,80	1,70	1,40	1,20	1,00	0,80	0,60	0,40
				9	2,30	1,80	1,60	1,50	1,10	1,00	0,90	0,60	0,40	0,20	0,10	0,00	0,00
				10	1,40	0,90	0,80	0,70	0,30	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
 <p>2 Lámparas T-8 - Colector para Pot Lámpara T-10 - C.A. = 1,02.</p>		1,2 a altura de montaje	10 ↓ 75	1	8,00	7,90	7,80	7,60	7,20	7,10	7,00	6,70	6,50	6,30	6,10		
				2	7,70	7,10	6,90	6,80	6,40	6,30	6,20	5,90	5,70	5,50	5,30	5,10	4,90
				3	7,00	6,10	5,90	5,80	5,40	5,30	5,20	4,90	4,70	4,50	4,30	4,10	3,90
				4	6,30	5,30	5,10	5,00	4,60	4,50	4,40	4,10	3,90	3,70	3,50	3,30	3,10
				5	5,60	4,60	4,40	4,30	3,90	3,80	3,70	3,40	3,20	3,00	2,80	2,60	2,40
				6	4,70	3,70	3,50	3,40	3,00	2,90	2,80	2,50	2,30	2,10	1,90	1,70	1,50
				7	3,90	2,90	2,70	2,60	2,20	2,10	2,00	1,70	1,50	1,30	1,10	0,90	0,70
				8	3,10	2,10	1,90	1,80	1,40	1,30	1,20	0,90	0,70	0,50	0,30	0,10	0,00
				9	2,30	1,30	1,10	1,00	0,60	0,50	0,40	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				10	1,40	0,40	0,30	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

COEFICIENTES DE UTILIZACION


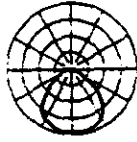





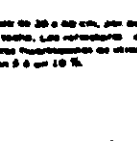
 <p>2 Lámparas T-8 - Colector para Pot Lámpara T-10, C.A. = 1,02.</p>		1,2 a altura de montaje	17 ↓ 71	1	8,00	8,00	8,10	7,70	7,30	7,20	6,90	6,60	6,30	6,10			
				2	7,70	7,10	6,70	6,60	6,30	6,00	5,70	5,50	5,30	5,10	4,90	4,70	
				3	6,90	6,10	5,60	5,50	5,10	4,80	4,60	4,30	4,10	3,90	3,70	3,50	3,30
				4	6,00	5,20	4,70	4,60	4,20	3,90	3,80	3,50	3,30	3,10	2,90	2,70	2,50
				5	5,20	4,40	3,90	3,70	3,30	3,10	3,00	2,70	2,50	2,30	2,10	1,90	1,70
				6	4,40	3,60	3,10	2,90	2,50	2,30	2,20	1,90	1,70	1,50	1,30	1,10	0,90
				7	3,60	2,80	2,30	2,10	1,70	1,60	1,50	1,20	1,00	0,80	0,60	0,40	0,20
				8	2,80	2,00	1,50	1,40	1,00	0,90	0,80	0,50	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00
				9	2,00	1,20	0,70	0,60	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				10	1,10	0,30	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
 <p>2 Lámparas T-8 - Colector para Pot Lámpara T-10, C.A. = 1,02.</p>		1,2 a altura de montaje	18 ↓ 68	1	8,00	8,10	7,90	7,40	7,00	7,00	6,70	6,40	6,10	5,80	5,60		
				2	7,90	7,80	7,60	7,10	6,70	6,70	6,40	6,10	5,80	5,50	5,20	4,90	4,70
				3	6,90	6,80	6,60	6,10	5,70	5,70	5,40	5,10	4,80	4,50	4,20	3,90	3,70
				4	6,00	5,80	5,60	5,10	4,70	4,70	4,40	4,10	3,80	3,50	3,20	2,90	2,70
				5	5,20	4,90	4,70	4,20	3,70	3,70	3,40	3,10	2,80	2,50	2,20	1,90	1,70
				6	4,40	4,10	3,90	3,40	2,90	2,90	2,60	2,30	2,00	1,70	1,40	1,10	0,90
				7	3,60	3,30	3,10	2,60	2,10	2,10	1,80	1,50	1,20	0,90	0,60	0,30	0,10
				8	2,80	2,50	2,30	1,80	1,30	1,30	1,00	0,70	0,40	0,10	0,00	0,00	0,00
				9	2,00	1,70	1,50	1,00	0,50	0,50	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				10	1,10	0,80	0,60	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
 <p>Lámpara T-12 - 430 x 900 mA. Pot Lámpara T-10, C.A. = 1,02.</p>		1,2 a altura de montaje	9 ↓ 74	1	8,00	8,00	8,00	7,80	7,40	7,30	6,90	6,50	6,20	5,90	5,60		
				2	7,80	7,80	7,80	7,60	7,20	7,10	6,70	6,30	6,00	5,70	5,40	5,10	4,80
				3	6,90	6,90	6,90	6,70	6,30	6,20	5,80	5,40	5,10	4,80	4,50	4,20	3,90
				4	6,00	6,00	6,00	5,80	5,40	5,30	4,90	4,50	4,20	3,90	3,60	3,30	3,00
				5	5,20	5,20	5,20	5,00	4,60	4,50	4,10	3,70	3,40	3,10	2,80	2,50	2,20
				6	4,40	4,40	4,40	4,20	3,80	3,70	3,30	2,90	2,60	2,30	2,00	1,70	1,40
				7	3,60	3,60	3,60	3,40	3,00	2,90	2,50	2,10	1,80	1,50	1,20	0,90	0,60
				8	2,80	2,80	2,80	2,60	2,20	2,10	1,70	1,30	1,00	0,70	0,40	0,10	0,00
				9	2,00	2,00	2,00	1,80	1,40	1,30	0,90	0,50	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
				10	1,10	1,10	1,10	0,90	0,50	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
 <p>3 Lámparas T-12 - 430 x 900 mA. Pot Lámpara T-10, C.A. = 1,02.</p>		1,2 a altura de montaje	15 ↓ 69	1	8,00	8,00	7,90	7,50	7,10	7,10	6,80	6,40	6,10	5,80	5,60		
				2	7,90	7,90	7,80	7,40	7,00	7,00	6,70	6,30	6,00	5,70	5,40	5,10	4,80
				3	6,90	6,90	6,80	6,40	6,00	6,00	5,70	5,30	5,00	4,70	4,40	4,10	3,80
				4	6,00	6,00	5,90	5,50	5,10	5,10	4,80	4,40	4,10	3,80	3,50	3,20	2,90
				5	5,20	5,20	5,10	4,70	4,30	4,30	3,90	3,50	3,20	2,90	2,60	2,30	2,00
				6	4,40	4,40	4,30	3,90	3,50	3,50	3,10	2,70	2,40	2,10	1,80	1,50	1,20
				7	3,60	3,60	3,50	3,10	2,70	2,70	2,30	1,90	1,60	1,30	1,00	0,70	0,40
				8	2,80	2,80	2,70	2,30	1,90	1,90	1,50	1,10	0,80	0,50	0,20	0,00	0,00
				9	2,00	2,00	1,90	1,50	1,10	1,10	0,70	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				10	1,10	1,10	1,00	0,60	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

COEFICIENTES DE UTILIZACION

TABLA 9.4) COEFICIENTE DE UTILIZACION (cont.)

COEFICIENTES DE UTILIZACION													
LUMINARIA	DISTRIBUCION	Separacion no. tableros i	Reflectancias										
			Cavidad en: metros h C.L.	80 %		70 %		50 %					
				100 %	20 %	100 %	20 %	100 %	20 %	100 %			
Categoría V  2 Lámparas T-12, 420 mA. Cavidad con altura de 30 cm en plano.		1.2 m altura de montaje	1	4,00	4,50	3,20	4,50	4,20	4,10	4,10	4,00	3,20	
			2	3,00	3,50	3,20	3,00	3,00	3,20	3,20	3,20	3,00	2,50
			3	2,00	2,50	2,50	2,20	2,00	2,00	2,00	2,00	1,90	1,50
			4	1,50	2,00	2,00	1,70	1,50	1,50	1,50	1,50	1,40	1,10
			5	1,00	1,50	1,50	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,70
			6	0,50	1,00	1,00	0,80	0,60	0,60	0,60	0,60	0,50	0,40
			7	0,20	0,50	0,50	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,10
			8	0,10	0,20	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,02
			9	0,05	0,10	0,10	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
			10	0,02	0,05	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,005
Categoría V  2 Lámparas T-12, 420 mA. Cavidad con altura de 60 cm en el plano.		1.2 m altura de montaje	1	4,00	4,50	4,10	4,00	4,20	4,00	4,10	4,00	3,70	
			2	3,00	3,50	3,20	3,00	3,00	3,10	3,00	3,00	2,90	2,60
			3	2,00	2,50	2,50	2,20	2,00	2,00	2,00	2,00	1,90	1,50
			4	1,50	2,00	2,00	1,70	1,50	1,50	1,50	1,50	1,40	1,10
			5	1,00	1,50	1,50	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,70
			6	0,50	1,00	1,00	0,80	0,60	0,60	0,60	0,60	0,50	0,40
			7	0,20	0,50	0,50	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,10
			8	0,10	0,20	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,02
			9	0,05	0,10	0,10	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
			10	0,02	0,05	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,005
Categoría I  2 Lámparas de potencia variable.		1.6 m altura de montaje	1	4,20	3,70	3,50	3,20	3,60	3,20	3,20	3,20	2,70	
			2	3,10	3,50	3,00	2,80	3,00	2,80	2,80	2,80	2,70	2,30
			3	2,20	2,50	2,50	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,10	1,70
			4	1,50	1,70	1,70	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,40	1,10
			5	1,00	1,20	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,70
			6	0,50	0,70	0,70	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40	0,30
			7	0,20	0,30	0,30	0,10	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,10
			8	0,10	0,20	0,20	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05
			9	0,05	0,10	0,10	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02
			10	0,02	0,05	0,05	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01

COEFICIENTES DE UTILIZACION

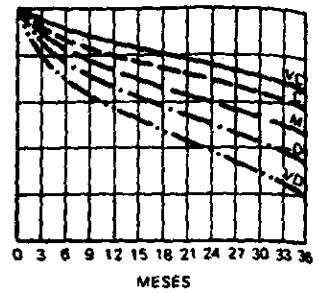
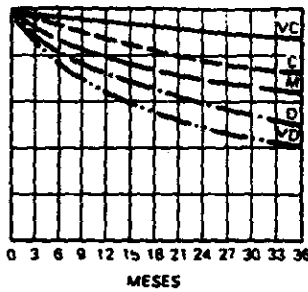
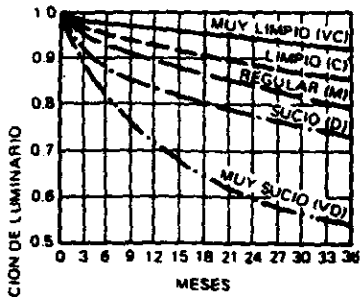
COEFICIENTES DE UTILIZACION													
LUMINARIA	DISTRIBUCION	Separacion no. tableros i	Reflectancias										
			Cavidad en: metros h C.L.	80 %		70 %		50 %					
				100 %	20 %	100 %	20 %	100 %	20 %	100 %			
Categoría V  1 Lámpara "multiplex" con 2000 mA. Cavidad alta 60 cm en el plano y 30 cm alta.		1.2 altura de montaje	1	4,00	4,50	4,00	4,20	4,00	4,10	4,00	3,90	3,70	
			2	3,00	3,50	3,20	3,00	3,00	3,10	3,00	3,00	2,90	2,60
			3	2,20	2,50	2,50	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,10	1,70
			4	1,50	1,70	1,70	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,40	1,10
			5	1,00	1,20	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,70
			6	0,50	0,70	0,70	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40	0,30
			7	0,20	0,30	0,30	0,10	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,10
			8	0,10	0,20	0,20	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05
			9	0,05	0,10	0,10	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02
			10	0,02	0,05	0,05	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Categoría VI  2 Lámparas "multiplex" con 2000 mA. Cavidad alta 60 cm.		1.2 altura de montaje	1	4,20	3,70	3,50	3,20	3,60	3,20	3,20	3,20	2,70	
			2	3,10	3,50	3,00	2,80	3,00	2,80	2,80	2,80	2,70	2,30
			3	2,20	2,50	2,50	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,10	1,70
			4	1,50	1,70	1,70	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,40	1,10
			5	1,00	1,20	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,70
			6	0,50	0,70	0,70	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40	0,30
			7	0,20	0,30	0,30	0,10	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,10
			8	0,10	0,20	0,20	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05
			9	0,05	0,10	0,10	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02
			10	0,02	0,05	0,05	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Categoría VI  Tanto tableros. Transmisión 80 %. Reflec- tancia de cavidad 80 %.		1.5 y 2.0 m altura de mon- taje sobre el ce- loso	1	Para cavidades sin tableros de aluminio	4,00	3,50	3,50	3,00	3,50	3,00	3,00	2,50	
			2	Para cavidades sin tableros de aluminio	3,00	3,00	2,50	3,00	2,50	2,50	2,50	2,40	2,00
			3	Para cavidades sin tableros de aluminio	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,10	1,70
			4	Para cavidades sin tableros de aluminio	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,40	1,10
			5	Para cavidades sin tableros de aluminio	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,70
			6	Para cavidades sin tableros de aluminio	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40	0,30
			7	Para cavidades sin tableros de aluminio	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,10
			8	Para cavidades sin tableros de aluminio	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05
			9	Para cavidades sin tableros de aluminio	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02
			10	Para cavidades sin tableros de aluminio	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Categoría VI  Tableros de 30 x 60 cm, sin tableros en el techo. Los reflectores con eficiencia fluorescente de aluminio con un θ de 10 %.		1.5 y 2.0 m altura de mon- taje sobre el ce- loso	1	0,70	0,80	0,70	0,60	0,70	0,60	0,60	0,50	0,40	
			2	0,50	0,60	0,50	0,40	0,50	0,40	0,40	0,40	0,30	0,20
			3	0,30	0,40	0,40	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,20	0,10
			4	0,20	0,30	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,05
			5	0,10	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,02
			6	0,05	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,01
			7	0,02	0,05	0,05	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,005
			8	0,01	0,02	0,02	0,005	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,005
			9	0,005	0,01	0,01	0,002	0,005	0,005	0,005	0,005	0,002	0,002
			10	0,002	0,005	0,005	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001

GRAFICA 9.1) CATEGORIAS DE MANTENIMIENTO

CATEGORIA I

CATEGORIA II

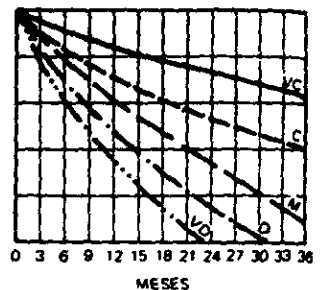
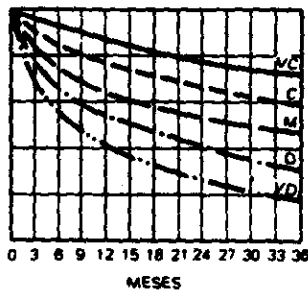
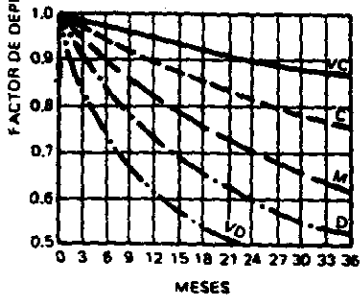
CATEGORIA III



CATEGORIA IV

CATEGORIA V

CATEGORIA VI



CATEGORIA DE MANTENIMIENTO	PARTE SUPERIOR	PARTE INFERIOR
I	1 Nada.	1 Nada.
II	1 Nada. 2 Transparente con 15% o más de luz hacia arriba a través de las aberturas. 3 Translúcida con 15% o más de luz hacia arriba a través de las aberturas. 4 Opaca con 15% o más de luz hacia arriba a través de las aberturas.	1 Nada. 2 Rejillas o reflectores
III	1 Transparente con menos del 15% de luz hacia arriba a través de las aberturas. 2 Translúcida con menos del 15% de luz hacia arriba a través de las aberturas. 3 Opaca con menos del 15% de luz a través de las aberturas.	1. Nada 2. Rejillas o reflectores
IV	1 Transparente sin aberturas. 2 Translúcida sin aberturas. 3 Opaco sin aberturas.	1. Nada 2. Rejillas
V	1 Transparente sin aberturas. 2 Translúcida sin aberturas. 3 Opaco sin aberturas.	1. Transparente sin aberturas. 2. Translúcida sin aberturas. 3 Opaco sin aberturas.
VI	1. Nada. 2 Transparente sin aberturas. 3 Translúcida sin aberturas. 4. Opaco sin aberturas.	1. Transparente sin aberturas. 2 Translúcida sin aberturas. 3 Opaco sin aberturas

GRAFICA 9.1) CATEGORIAS DE MANTENIMIENTO

CAPITULO 10

PUNTOS A CONSIDERAR EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN CUARTO OSCURO

10.1) INTRODUCCIÓN

Cualquier cuarto seleccionado para ser usado como cuarto oscuro debe de tener como volumen mínimo 35 m³, o sea, que el cuarto no debe de medir menos de 3.5 m. x 4 m. x 2.5 m. de altura. Tendrá que estar situado en un lugar fresco y no deberá de haber equipos que emitan gases, rayos x o cualquier otra radiación. El diseño del cuarto oscuro, así como los materiales que se van a utilizar para su construcción, deben de estar considerados adecuadamente.

Un piso ideal debe de ser impermeable para permitir que se lave frecuentemente, no sea poroso para evitar acumulaciones de químicos que puedan dañar el suelo, resistente a la corrosión de los productos químicos, que no sea susceptible a mancharse, que no sea resbaloso cuando esté mojado y que tenga un tono claro. Como es imposible de que un material reúna todas estas cualidades, es necesario encontrar un material que combine aproximadamente todos estos requerimientos esenciales. Por ejemplo, un piso de madera es inadecuado porque no es impermeable y los productos químicos que lleguen a caerse se acumularán en las ranuras de éste. También un piso normal de concreto es inadecuado por ser poroso y es susceptible a la corrosión que producen los productos químicos.

Los dos efectos más importantes que se producen en un piso son la corrosión y las manchas que producen los productos químicos. El grado de corrosión y de manchas es proporcional a las propiedades químicas del material que cubre el suelo y las propiedades de absorción que tenga éste. Por ejemplo, si se olvida de limpiar unas gotas que un producto que se cayó al suelo y se deja hasta que se oxide, si el suelo llena las propiedades anteriores cuando se limpie el piso con un trapo húmedo se quitarán las manchas. En caso de que la superficie sea porosa la absorción de ese producto hará que sea imposible de limpiar esa mancha del piso, la reacción del producto es una decoloración del piso o viceversa dependiendo del producto utilizado.

En cualquier cuarto oscuro ocasionalmente hay posibilidad de que haya un lugar resbaloso con agua y solución, esto crea un peligro potencial y más aún si se tiene la costumbre de limpiar el suelo con productos que contengan cera o sirvan para pulir, por lo que se recomienda nunca usar éstos.

Cuando se construye cualquier piso impermeable de los discutidos aquí, es recomendable colocar una membrana de tela antes de colocar el piso impermeable. Dado que las membranas de papel se rompen fácilmente, se recomienda utilizar una red de algodón saturada con resina (pitch) o algún material plástico.

El asfalto está considerado como una de las mejores alternativas de uso como piso, ya que satisface varios de los requerimientos antes mencionados. Hay otros materiales resistentes a los productos fotográficos pero hay que considerar que su valor es mayor.

Los muros deben de ser claros para que haya buena reflexión de luz, la superficie de los mismos debe de ser lisa para que no acumule polvo y que sea fácil de limpiar por lo que se recomienda usar pintura de aceite o poner azulejo.

Las trampas de luz deben de estar diseñadas para que uno pueda salir o entrar del cuarto oscuro sin que la luz entre y afecte lo que se este haciendo. Por ejemplo un laberinto con dos ángulos rectos es un sistema muy eficiente, los muros de éste deben de ser pintados de color negro mate para prevenir que haya reflexión de la luz. Se pintará en las paredes una línea blanca de cinco centímetros de ancho a la altura de los ojos para así facilitar la entrada y la salida del mismo.

Para salvar espacio se puede usar el sistema de doble puerta, si el espacio es reducido se pueden poner dos cortinas enfrente de la puerta o sea una quede en el exterior y otra en el interior del laboratorio. Si se usan cortinas, éstas se deben de abrir por la parte de en medio. Otras entradas comúnmente usadas son:

- 1) Puerta con doble cortina.
- 2) Laberinto con cortinas.
- 3) Laberinto sin cortinas.
- 4) Habitación con doble puerta.
- 5) Etc..

Si el lugar que usted va a usar tiene ventanas se tendrán que pintar con un color que no permita el paso de la luz o sustituir los cristales por un material opaco. Si estas ventanas se pueden abrir, no las clausure ya que serán útiles para facilitar el trabajo de limpieza. Lo anterior es cuando no las ventanas no reciben la luz solar en todo el año.

10.2) DRENAJE

Es muy peligroso tirar los productos por el drenaje si éste está hecho de cobre por lo que se puede formar una reacción peligrosa. Un sistema de plomería de PVC es la recomendada para este caso por que no es afectado por las soluciones usadas en el laboratorio. Es recomendable antes de drenarlas diluir las soluciones lo más posible para evitar problemas. El sistema de drenado deberá de tener antes de que se conecte a un equipo una trampa de drenado y estar diseñado para facilitar la limpieza del mismo si hay una obstrucción. También este deberá de estar conectado a un sistema de tratamiento de aguas antes de ser enviadas al drenaje principal.

10.3) SISTEMA ELÉCTRICO

La mayoría del equipo eléctrico en un cuarto oscuro es usado intermitentemente, por lo que se debe de calcular el circuito con una capacidad, versatilidad y seguridad adecuada para los consumos requeridos. Se debe de instalar contactos con tierra física y en lugares accesibles en el local. Normalmente se tienen dos circuitos eléctricos, uno para alimentar el equipo eléctrico y el segundo para la iluminación el cual comprende: Lámparas de luz blanca, las cuales son usadas cuando se hace la limpieza del lugar u otras funciones como trabajos sin productos fotosensitivos, y luz de seguridad la cual es utilizada cuando se realizan procesos con productos fotosensitivos.

10.4) CONTROL DE TEMPERATURA

El cuarto oscuro debe de mantenerse a una temperatura entre 18.3 y 21.1°C . Es más sencillo calentar el lugar que enfriarlo, el cuarto oscuro debe de estar situado en un lugar fresco. No debe de haber vapor o calentador de agua. Un sistema eficiente para calentar el lugar es un calentador eléctrico. La temperatura rocomendada para los productos fotográficos así como el proceso es de 20 °C .

10.5) VENTILACIÓN

La ventilación y regulación del área es muy importante, ya que el uso de productos nocivos para la salud son usados, es necesario una renovación de aire fresco constante. Para mayor información vea " ventilación y acondicionamiento de aire " .

CAPITULO II

CONSTRUCCIÓN DE UN LABORATORIO DE CIRCUITOS IMPRESOS

11.1) EQUIPO

11.1.1) MESA DE DIBUJO

La mesa de dibujo es utilizada por los diseñadores para el diseño del dibujo maestro. Mascarilla antisoldante, mascarilla de leyenda y el diagrama de perforación y cortes. La mesa de dibujo esta formada de:

- 1) Un marco de madera o de aluminio.
- 2) Un Soporte.
- 3) Dos vidrios transparentes.
- 4) Una hoja milimetrica.
- 5) Un sistema de alumbrado con luz fluorescente.

Hoy en día ya no es muy común este método de diseño ya que con la llegada de las micro computadoras, estas han facilitado el trabajo al diseñador asi como una disminución de tiempo, errores y costo del mismo.

11.1.2) GUILLOTINA DE PRECISIÓN

La guillotina deberá de ser operada manualmente y estar diseñada para cortar tarjetas de un espesor de 2.36 mm. (.093 pulg) con una capa de cobre hasta de 1.02 mm. (0.040 pulg) asi como tener la capacidad de cortar tarjetas con un ancho de 304.8 mm. a 406.4 mm. (12 a 16 pulg) y tener la posibilidad de usar accesorios. Las dimensiones del equipo dependerán de la necesidad del usuario o sea del tamaño de las tarjetas.

11.1.3) MESA DE SERIGRAFÍA

La mesa de serigrafía esta compuesta de:

- 1) Una base.
- 2) Una superficie de metal de preferencia.
- 3) Un sujetador de tarjeta.
- 4) Un sujetador de malla.
- 5) Una bisagra
- 6) Un seguro.

Se pueden encontrar una variedad sin fin de mesas de serigrafía, diseñadas para usos específicos. Esta se consiguen en las casas especializadas en diseño gráfico,

11.1.4) LAMINADOR DE FOTO-PELICULA (Dry Film Laminator)

Este equipo adhiere una película foto sensible (Dry Film Photo Resist) sobre la capa de cobre de la tarjeta a una velocidad constante de 1.65 m/min (5.4 pies/min) adhiriendo a su vez una película de papel para proteger la película fotosensible del proceso de laminado térmico. Dependiendo del equipo escogido el equipo laminador que se escogió para este propósito fue el Laminador de foto-película modelo BTL-121 de Kepro el cual tiene el siguiente requerimiento: 115 V AC, 12 Amp, 60 Hz, dimensiones 457.2mm L x 508mm W x 406mm H (18" L x 20" W x 16" H). Las dimensiones dependerán de la necesidad del usuario o sea del tamaño de las tarjetas que se desean procesar. Los requerimientos eléctricos del mismo variaran con el tamaño del equipo.

11.1.5) TINAS DE SENSIBILIZADO Y REVELADO

El método es usado manualmente para sensibilizar la superficie de cobre de la tarjeta y así grabar el patrón del circuito sobre la misma. Este proceso requiere como mínimo 6 tinas, los cuales contienen las siguientes soluciones:

- 1) Solución de sensibilizado.
- 2) Tina de secado.
- 3) Solución de revelado.
- 4) Solución neutralizadora.
- 5) Solución fijadora.
- 6) Enjuague.

11.1.6) HORNO DE SECADO (Infrarrojo)

Este horno de secado o también llamado de curado es utilizado para el secado de la tinta serigrafía sobre la tarjeta. Este esta formado por los siguientes componentes:

- 1) Focos infrarrojos.
- 2) Termostato.
- 3) Timer.
- 4) Policetileno u otro aislante.

El horno trabaja a 115 V AC, 15 Amp, 60 Hz, las dimensiones son 558.8mm L x 431.8mm W x 533.4mm H (22" L x 17" W x 21" H), estas dimensiones dependerán de la necesidad del usuario. Los requerimientos eléctricos del mismo variaran con el tamaño.

11.1.7) EQUIPO DE EXPOSICIÓN

Este equipo es usado para gravar el patrón sobre la tarjeta por medio de la exposición de la película fotosensible. Este aparato esta compuesto de:

- 1) un marco de madera o metal
- 2) Un vidrio transparente.
- 3) Sistema de luz ultravioleta.
- 4) Un timer.
- 5) Una cubierta con hule espuma duro.
- 6) Pins.

La exposición de la capa fotosensible es de 2 a 5 minutos, siendo este controlado por un timer que apaga la luz ultravioleta. El hule espuma duro provee una buena presión sobre la tarjeta y la película maestra. Los pins proveen un centrado de la tarjeta con la película maestra para la exposición de doble cara. El requerimiento de este equipo es el siguiente: 115 V AC, 3 Amp, 60 Hz, y las dimensiones son 508mm L x 431.8mm W x 152.4 mm. H (20" L x 17" W x 6" H). Estas dimensiones dependerán de la necesidad del usuario. Los requerimientos eléctricos del mismo variaran con el tamaño.

11.1.8) EQUIPO DE REVELADO POR ASPERSIÓN

El equipo de revelado por aspersión tiene la capacidad de revelar la capa foto sensitiva. Este puede revelar 3 tarjetas de 304.8 mm. x 609.6 mm. (12" x 24") al mismo tiempo o 6 de 152.4mm x 304.8mm (6" x 12"). Las tarjetas están suspendidas verticalmente por el orificio del equipo, en donde los aspersores se encuentran colocados a los costados del mismo. El tiempo de revelado es entre 1 y 1.5 minutos, el tiempo es controlado con un timer el cual activa y desactiva la bomba. Cuando la tapa el equipo es levantada la bomba es desactivada como medida de seguridad. La solución es almacenada en un recipiente de PVC. El sistema funciona con 8 galones de solución. El requerimiento eléctrico es el siguiente: 115 V AC, 4 Amp, 60 Hz, dimensiones : 558.8 mm. L x 698.5 W x 558.8mm H (22" L x 27.5" W x 22" H). Las dimensiones del equipo anteriores dependerán de la necesidad del usuario. Los requerimientos eléctricos del mismo variaran con el tamaño.

En producciones de gran capacidad y alta precisión, la ayuda de equipos automáticos de revelado han ayudado en este proceso en la minimización de tiempo y la eficiencia de este proceso. Estos equipos están constituidos por aspersores de alta presión, bombas de alta presión, una banda transportadora con regulación de velocidad y secadoras. También estos equipos son utilizados para la sensibilización de tarjetas a falta de laminadora de película fotosensible. Las dimensiones de estos equipos es de alrededor de 2.5 m de ancho por 4 m de largo y 1.6 m de altura. Estas dimensiones dependerán de la necesidad del usuario. Los requerimientos eléctricos del mismo variaran con el tamaño.

11.1.9) EQUIPO DE ATACADO

Las tarjetas de una o doble cara deben de ser atacadas en menos de 3 minutos. Una resistencia de 1,000 Watts de titanio mantiene la temperatura de los 8 galones de solución de atacado a una temperatura de 43 33°C (110°F). Aspersores en los dos costados del equipo nos proporcionan una distribución aleatoria en ambas caras de las tarjetas, estas se encuentran colocadas verticalmente. El ciclo esta controlado por un timer en el cual apaga las bombas y un sistema de seguridad se tiene en la puerta del equipo si es levantada. La capacidad del equipo es de 3 tarjetas de doble cara con dimensiones de 304.8 mm. x 609.6mm (12" x 24") o 6 tarjetas con dimensiones de 152.4mm x 304.8mm (6" x 12"). El equipo esta formado de un tanque de PVC así como el aparato. El requerimiento eléctrico es : 115/120 V AC, 15 Amp, 60 Hz, trifasico. Dimensiones 558.8mm L x 685.8mm W x 558.8mm H (22" L x 27" W x 22" H)

Estas dimensiones dependerán de la necesidad del usuario. Los requerimientos eléctricos del mismo variaran con el tamaño.

11.1.10) EQUIPO DE ENJUAGUE

Este equipo nos proporciona el enjuague de las tarjetas por medio de aspersión en cada lado del equipo, el agua es reciclada después de ser tratada, el equipo esta constituido de PVC con las siguientes dimensiones: 558.8mm L x 228.6mm W x 508mm H (22" L x 9" W x 20" H). Las dimensiones dependerán de la necesidad del usuario. Los requerimientos eléctricos del mismo variaran con el tamaño.

11.1.11) EQUIPO DE SECADO

Este equipo seca las tarjetas después del proceso de enjuagado en un tiempo de 10 seg, el requerimiento eléctrico es: 115 V AC, 2 Amp, 60 Hz. Las dimensiones dependerán de la necesidad del usuario. Los requerimientos eléctricos del mismo variaran con el tamaño.

11.1.12) UNIDAD DE RECALENTAMIENTO DE LA CAPA ESTAÑO/PLOMO " REFLOW "

Esta unidad esta diseñada para proveer un rápido y fácil método de " reflow " para tarjetas de 304.8mm x 304.8mm (12" x 12") con capa de estaño/plomo. Este funciona con 5 litros de aceite especial para " reflow ", los cuales se encuentran en el recipiente de acero inoxidable, se tiene dos termostatos que controlan dos resistencias de 500 Watts los cuales proporcionan una distribución de calentamiento uniforme. La unidad alcanzara y mantendrá la temperatura pre-ajustada de operación entre rangos de 246.11°C a 251.67°C (475°F a 485°F) en aproximadamente una hora. Se cuenta con un termostato de sobre calentamiento que apagara las resistencias a 273.89°C (525°F) e indicara un sobre calentamiento. Los requerimientos eléctricos son : 115V AC, 10 Amp, 60 Hz, las dimensiones serán: 558.8mm L x 228.6mm W x 508mm H (22" L x 9" W x 20" H). Las dimensiones dependerán de la necesidad del usuario. Los requerimientos eléctricos del mismo variaran con el tamaño.

11.1.13) EQUIPOS ELECTROLITICOS Y DE ATACADO.

Estos equipos son utilizados para el cobrizado, dorado y nickelado.

11.1.14) PROVEEDORES

Para mayores informes de los equipos antes mencionados, se podrá consultar con los fabricantes de estos equipos. (Véase anexo 1)

MECO Instruments and Processes
Sportlaan 76 Postbus 2146 5202 CC s-Hertogenbosch
Tel: 98 (073) 21 55 50
TELEX : 50465

Kepro Circuit Systems Inc.
630 Axminister Drive/Fenton, MO 63026-2992
Tel: 95 (314) 343-1630

11.2) ILUMINACIÓN

A continuación se calculara el sistema de iluminación requerida en las áreas del laboratorio de circuitos impresos, siendo estas:

- 1) Área de producción.
- 2) Área de diseño.
- 3) Cuarto oscuro.

11.2.1) ILUMINACIÓN DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN

A) El área de producción tiene las dimensiones siguientes

- Longitud : 18.50 m
- Ancho : 13.48 m
- Altura : 3.48 m

B) Altura del plano de trabajo : 1.20 m.

C) Altura de montaje del luminario 2.65 m.

D) Reflectancias del local:

- Pared : 50%
- Techo : 80%
- Piso : 30%

E) Características de la lampara:

- Slimline, clave No. 37745 de 75 W
- Lúmenes iniciales : 6,656
- L.L.D. : 0.90

F) El luminario escogido requiere dos lamparas por luminario (luminario categoría 5).

G) El factor de depreciación del luminario debido al polvo es de 86%, según la gráfica 10.1 a 12 meses.

H) El nivel de iluminación requerido: 1000 luxes.

Con la tabla 10.1 de relación de cavidad y los datos anteriores se procede a calcular la relación de cavidad para el techo, local y piso, dándonos los siguientes resultados:

$$\text{Cavidad de Techo} = \frac{5 \times 0.855 \text{ m} (18.50 \text{ m} + 13.48 \text{ m})}{(18.50 \text{ m} \times 13.48 \text{ m})} = 0.54$$

$$\text{Cavidad de Local} = \frac{5 \times 1.45 \text{ m} (18.50 \text{ m} + 13.48 \text{ m})}{(18.50 \text{ m} \times 13.48 \text{ m})} = 0.93$$

$$\text{Cavidad de Piso} = \frac{5 \times 1.20 \text{ m} (18.50 \text{ m} + 13.48 \text{ m})}{(18.50 \text{ m} \times 13.48 \text{ m})} = 0.77$$

Tomando en cuenta las relaciones de cavidad, y con el uso de la tabla 10.2, se puede determinar las reflexiones efectivas para techo y piso, siendo estas:

$$P_{cc} = \text{Reflectancia efectiva de techo} = 72.5 \%$$

$$P_{fc} = \text{Reflectancia efectiva de piso} = 27.83 \%$$

En la tabla 10.9 de coeficientes de utilización de luminarios en relación con la altura y separación entre estos, y con la ayuda de las reflectancias de las cavidades de techo y muros se obtiene para una altura del luminario de 2.65 m un factor de 6.34. Por lo tanto la relación de espaciamiento entre luminarios y la altura de los mismos son multiplicados dándonos un valor de 3.18. Este a su vez se divide entre el factor encontrado proporcionándonos el factor de utilización siendo este de 0.500.

El factor de utilización deberá de multiplicarse por un factor de corrección que nos proporciona la tabla 10.4 para reflectancias de piso mayores a 20%. Con un factor de 0.93 de cavidad del local se obtiene el factor de corrección siendo este de 1.080. Se multiplica el factor de utilización por el factor de corrección dándonos esto un valor de 0.542.

Por otro lado se calcula el factor de mantenimiento, multiplicando el porcentaje de depreciación por el porcentaje de depreciación de lúmenes de la lámpara.

$$90\% \times 86\% = 0.774$$

Por lo tanto el numero de luminarios en el área de producción del laboratorio de circuitos impresos será de:

$$\text{No. de Luminarios} = \frac{(18.50 \text{ m} \times 13.48 \text{ m}) \times 1,000 \text{ Luxes}}{1 \times 6,656 \times 0.774 \times 0.542} = 44.69$$

siendo así, 45 luminarios. El área promedio de luminarios se calcula como sigue:

$$\frac{\text{Área total}}{\text{No. Luminarios}} = \frac{(18.50 \text{ m} \times 13.48 \text{ m})}{45} = 5.54 \text{ m}^2$$

El espaciamiento entre luminarios esta determinado por la raíz cuadrada del área promedio de luminarios siendo este de 2.35 m. El numero aproximado de luminarios en cada hilera se puede encontrar dividiendo

primero la longitud del local por el espaciamento de los luminarios, posteriormente dividiendo el ancho del mismo por el espaciamento promedio.

$$A \text{ lo largo} = \frac{18.5}{2.35} = 7.86 \text{ Luminarios}$$

$$A \text{ lo ancho} = \frac{13.48}{2.35} = 5.74 \text{ Luminarios}$$

El numero instalado en cada hilera y la localización de las luminarias se determinan de acuerdo con las limitaciones físicas del espacio en el local.

11.2.2) ILUMINACIÓN DEL ÁREA DE DISEÑO

A) El área de diseño tiene las dimensiones siguientes:

- Longitud : 7.30 m
- Ancho : 3.88 m
- Altura : 3.48 m

B) Altura del plano de trabajo : 0.70 m.

C) Altura de montaje del luminario 2.65 m.

D) Reflectancias del local:

- Pared : 50%
- Techo : 80%
- Piso : 30%

E) Las características de las lamparas y luminarios son las mismas para todo el laboratorio. Por consiguiente el factor de depreciación del luminario debido al polvo es de 86%, según la gráfica 10.1 a 12 meses.

H) El nivel de iluminación requerido: 1000 luxes.

$$\text{Cavidad de Techo} = \frac{5 \times 0.855 \text{ m} (7.30 \text{ m} + 3.88 \text{ m})}{(7.30 \text{ m} \times 3.88 \text{ m})} = 1.65$$

$$\text{Cavidad de Local} = \frac{5 \times 1.95 \text{ m} (7.30 \text{ m} + 3.88 \text{ m})}{(7.30 \text{ m} \times 3.88 \text{ m})} = 3.85$$

$$\text{Cavidad de Piso} = \frac{5 \times 0.70 \text{ m} (7.30 \text{ m} + 3.88 \text{ m})}{(7.30 \text{ m} \times 3.88 \text{ m})} = 1.38$$

$$P_{cc} = \text{Reflectancia efectiva de techo} = 59.68 \%$$

$$P_{fc} = \text{Reflectancia efectiva de piso} = 25.69 \%$$

En la tabla 10.9 de coeficientes de utilización de luminarios en relación con la altura y separación entre estos, y con la ayuda de las reflectancias de las cavidades de techo y muros se obtiene para una altura del luminario de 2.65 m con un factor de 4.27. Por lo tanto la relación de espaciamento entre luminarios y la altura de los mismos son multiplicados dándonos un valor de 3.18. Este a su vez se divide entre el factor encontrado proporcionándonos el factor de utilización siendo este de 0.744.

El factor de utilización deberá de multiplicarse por un factor de corrección que nos proporciona la tabla 10.4 para reflectancias de piso mayores a 20%. Con un factor de 0.93 de cavidad del local se obtiene el factor de corrección siendo este de 1.048. Se multiplica el factor de utilización por el factor de corrección dándonos esto un valor de 0.780.

Por otro lado se calcula el factor de mantenimiento, multiplicando el porcentaje de depreciación por el porcentaje de depreciación de lúmenes de la lampara.

$$90\% \times 86\% = 0.774$$

El numero de luminarios en el área de producción del laboratorio de circuitos impresos será de:

$$\text{No. de Luminarios} = \frac{(7.30 \text{ m} \times 3.88 \text{ m}) \times 1,000 \text{ Luxes}}{2 \times 6,656 \times 0.774 \times 0.780} = 3.52$$

por lo tanto, se instalaran 4 luminarios. El numero aproximado de luminarios en cada hilera se puede encontrar dividiendo primero la longitud del local por el espaciamento de los luminarios, posteriormente dividiendo el ancho del mismo por el espaciamento promedio.

11.2.3) ILUMINACIÓN DEL CUARTO OSCURO

A) El área del pasillo principal tiene las dimensiones siguientes

- Longitud : 7.30 m
- Ancho : 7.20 m
- Altura : 3.48 m

B) Altura del plano de trabajo : 1.10 m.

C) Altura de montaje del luminario 2.65 m.

D) Reflectancias del local:

- Pared : 30%
- Techo : 50%
- Piso : 20%

E) Las características de las lamparas y luminarios son las mismas para todo el laboratorio. Por consiguiente el factor de depreciación del luminario debido al polvo es de 86%, según la gráfica 10.1 a 12 meses.

H) El nivel de iluminación requerido: 500 luxes.

$$\text{Cavidad de Techo} = \frac{5 \times 0.855 \text{ m} (7.30 \text{ m} + 7.20 \text{ m})}{(7.30 \text{ m} \times 7.20 \text{ m})} = 1.15$$

$$\text{Cavidad de Local} = \frac{5 \times 1.55 \text{ m} (7.30 \text{ m} + 7.20 \text{ m})}{(7.30 \text{ m} \times 7.20 \text{ m})} = 2.14$$

$$\text{Cavidad de piso} = \frac{5 \times 1.10 \text{ m} (7.30 \text{ m} + 7.20 \text{ m})}{(7.30 \text{ m} \times 7.20 \text{ m})} = 1.52$$

P_{cc} = Reflectancia efectiva de techo = 36.69 %

P_{fc} = Reflectancia efectiva de piso = 18.19 %

En la tabla 10.9 de coeficientes de utilización de luminarios en relación con la altura y separación entre estos, y con la ayuda de las reflectancias de las cavidades de techo y muros se obtiene para una altura del luminario de 2.65 m un factor de 5.10. Por lo tanto la relación de espaciamento entre luminarios y la altura de los mismos son multiplicados dándonos un valor de 3.18. Este a su vez se divide entre el factor encontrado proporcionándonos el factor de utilización siendo este de 0.623.

Por otro lado se calcula el factor de mantenimiento, multiplicando el porcentaje de depreciación por el porcentaje de depreciación de lúmenes de la lámpara.

$$90\% \times 86\% = 0.774$$

Por lo tanto el número de luminarios en el área de producción del laboratorio de circuitos impresos será de:

$$\text{No. de Luminarios} = \frac{(7.30 \text{ m} \times 7.20 \text{ m}) \times 500 \text{ Luxes}}{2 \times 6.656 \times 0.774 \times 0.623} = 4.09$$

el número de luminarios será de 4. El área promedio de luminarios se calcula como sigue:

$$\frac{\text{Área total}}{\text{No. Luminarios}} = \frac{(7.30 \text{ m} \times 7.20 \text{ m})}{4} = 12.84 \text{ m}^2$$

La localización se determinará de acuerdo con las limitaciones físicas del espacio en el local.

11.3) CÁLCULOS DE GANANCIAS DE CALOR DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD ANAHUAC (Planta baja)

11.3.1) CALCULO DE GANANCIAS DE CALOR EN EL ÁREA DE FABRICACIÓN DEL LABORATORIO DE CIRCUITOS IMPRESOS.

A) Ganancias de calor por radiación:

Calcular el incremento máximo de calor de las radiaciones solares, a través de una pared de ladrillo de 22 cm. de espesor y de 14.60 m x 3.48 m poseyendo 4 ventanas con dimensiones de 2.56 m x 3.35 m orientadas al Este y otra pared similar al Oeste, tomando en cuenta que la Ciudad de México localizada entre 19°.25 y 19°.45 Latitud Norte. (véase el capítulo 8)

Área de la pared Este y Oeste:

$$(14.60\text{m} \times 3.48\text{m}) - 4(2.56\text{m} \times 3.35\text{m}) = 50.81\text{m}^2 - 34.30\text{m}^2 = 16.51\text{m}^2$$

Área de las ventanas Este y Oeste:

$$4(2.56\text{m} \times 3.35\text{m}) = 34.30\text{m}^2$$

La tabla 8.2 nos indica un flujo de 61 Kcal / h m² de calor a través de una pared de ladrillo de 22 cm. de espesor, a través de una ventana con chasis de aluminio el flujo de calor es de 500 Kcal / h m² a una latitud de 20° Norte. Estos valores son los mismos para la pared localizada al Oeste. De forma que el incremento de calor será de:

Para la pared Este y Oeste:

$$16.51\text{m}^2 \times 61\text{Kcal/h m}^2 = 1,007.11\text{Kcal/h}$$

Para las ventanas Este y Oeste:

$$34.30\text{m}^2 \times 500\text{Kcal/h m}^2 = 17,150\text{Kcal/h}$$

El total para la pared Este y Oeste de: 18,157.11 Kcal/h

El laboratorio por localizarse en el primer piso del edificio, no se requerirá calcular las ganancias de calor por el techo. Este recibe los rayos solares casi todo el día excepto de 11.45 A.m. a 1.45 P.m. aproximadamente. Por lo que se puede considerar un muro a la vez ya que la orientación del edificio lo permite. Además de calcular las ganancias de calor a través de las ventanas y muros, se deben de considerar las siguientes ganancias internas del local:

Dimensiones del área de producción del laboratorio de circuitos impresos: 14.6 m x 13.48 m x 3.48 m de altura. El área de proceso del laboratorio de circuitos impresos es de 684.89 m³.

A) Ganancia de calor por los ocupantes :

En este caso se debe de considerar el numero de ocupantes y el grado de actividad de los mismos. Analizando el área del laboratorio y a su vez la cantidad de alumnos por curso la cual no excede de 30. También teniendo en cuenta que el laboratorio esta destinado como área de aprendizaje y desarrollo de circuitos impresos, por el cual se considera un grado de actividad de trabajo ligero de los ocupantes. Haciendo uso de la tabla 8.20, este nos proporciona las calorías generadas por una persona adulta con una actividad de trabajo ligero el cual es de 202 Kcal/h, por lo tanto multiplicando las calorías antes mencionadas por el numero de ocupantes este nos dará la ganancia de calor total de:

$$30 \text{ Personas} \times 202 \text{ Kcal/h} = 6,060 \text{ Kcal/h}$$

B) Fuentes de calor producidos por motores eléctricos:

Se tiene que considerar la cantidad de motores que utilizan los equipos utilizados en el proceso de fabricación de circuitos impresos como bandas transportadoras, equipo de Niquelado, cobrizado, sistemas de enjuagado, etc.. La universidad Anahuac no ha precisado el equipo a adquirir, por lo que se tomara una cantidad aproximada de 25 motores de 1.5 Hp de 220 Volts con un rendimiento de 80% a plena carga aproximadamente. Con la anterior suposición se utilizara la tabla 8.6 la cual nos proporciona:

$$1 \text{ Kw} = 1.341 \text{ Hp}$$

$$1 \text{ Kw} = 860 \text{ Kcal/h}$$

donde

$$1.5 \text{ Hp} = 1.12 \text{ Kw}$$

$$1.12 \text{ Kw} = 961.97 \text{ Kcal/h}$$

Teniendo en cuenta un rendimiento del 80% para un motor de 1.5 Hp, se obtendrá una ganancia de calor de:

$$961.97 \text{ Kcal/h} / 80\% = 1,202.46 \text{ Kcal/h por motor}$$

Por lo que el total de Kcal/h producidos por los motores será de:

$$21 \text{ motores} \times 1,202.46 \text{ Kcal/h} = 25,251.66 \text{ Kcal/h}$$

Otro método de calculo es la utilización de la tabla 8.18, teniendo en cuenta que ICV = 1.013 Hp por lo que es considerado igual. Por lo tanto considerando los datos anteriores del motor con un rendimiento del 80% este nos proporcionara una ganancia de 1,200 Kcal/h por motor, entonces:

$$21 \text{ motores} \times 1,200 \text{ Kcal/h} = 25,200 \text{ Kcal/h}$$

Como se puede observar ambos métodos son validos.

C) Ganancia de calor por equipos para procesos electroliticos y de ataque:

Teniendo en cuenta los requerimientos de los procesos de producción de circuitos impresos como se menciona en el capitulo 5, se puede estimar una cantidad de 6 tinas de 1 m de largo x 0.60 m de ancho x 1 m de profundidad, con una resistencias de 7,000 W cada una para mantener 500 litros de solución a alta temperatura según fabricante.

Con lo anterior se tendrá un consumo total de potencia de 42,000 W y que produce una ganancia de calor de:

$$42 \text{ Kw} \times 860 \text{ Kcal/h} = 36,120 \text{ Kcal/h}$$

D) Ganancia de calor por iluminación:

Considerando la figura 11.5 se obtienen los valores de la tabla 12.1, en donde la ganancia de calor total para el área de proceso del laboratorio de circuitos impresos será la suma de los circuitos S₃ y S₄ dándonos un total de 48 lamparas con una producción de calor de 7,740 Kcal/h.

Teniendo calculados los datos anteriores se procede a la suma total de las ganancias de calor en el área de producción del laboratorio de circuitos impresos como se muestra a continuación:

A) Gan. de calor por radiación:	18,157.11 Kcal/h
B) Gan. de calor por ocupantes:	6,060.00 Kcal/h
C) Gan. de calor por eq. elect.:	36,120.00 Kcal/h
D) Gan. de calor por iluminación:	7,740.00 Kcal/h
E) Gan. de calor por mot. elect:	<u>25,251.66 Kcal/h</u>

Ganancia de calor total: **93,328.77 Kcal/h**

A la ganancia de calor total se le aumentara un margen de seguridad del 10%, por lo que tendremos un total de 102,662 Kcal/h

Suponiendo que la temperatura exterior a la sombra es de 22°C y la temperatura máxima interior admisible es de 26°C, la diferencia será de 4°C. La velocidad de ventilación requerida tiende a incrementarse a medida que la diferencia de temperaturas decrece, y es imposible refrescar mediante la ventilación a una temperatura inferior a la de la sombra exterior. Tomando los datos anteriores así como los valores de temperatura antes mencionados se obtiene:

$$102,662 \text{ Kcal/h} / 4^\circ\text{C} \times .288 = 89,116.01 \text{ m}^3 / \text{h}$$

11.3.2) CALCULO DE GANANCIAS DE CALOR EN EL ÁREA DE DISEÑO Y PASILLO PRINCIPAL DEL LABORATORIO DE CIRCUITOS IMPRESOS

A) Ganancias de calor por radiación:

Calcular el incremento máximo de calor de las radiaciones solares, a través de una pared de ladrillo de 22 cm. de espesor y de 7.30 m x 2.58 m poseyendo 2 ventanas con dimensiones de 2.56 m x 2.58 m

orientadas al Este, teniendo encuentra que la Ciudad de México localizada entre 19°.25 y 19°.45 Latitud Norte. (véase el capitulo 8)

Área de la pared Este:

$$(7.30\text{m} \times 2.58\text{m}) - 2(2.56\text{m} \times 2.58\text{m}) = 18.83\text{m}^2 - 13.21\text{m}^2 = 5.62\text{m}^2$$

Área de las ventanas Este:

$$2 (2.56 \times 2.58) = 13.21\text{m}^2$$

La tabla 8.2 nos indica un flujo de 61 Kcal / h m² de calor a través de una pared de ladrillo de 22 cm. de espesor, a través de una ventana con chasis de aluminio el flujo de calor es de 500 Kcal / h m² a una latitud de 20° Norte. De forma que el incremento de calor será de:

Para la pared Este:

$$5.62 \text{ m}^2 \times 61 \text{ Kcal/h m}^2 = 842.82 \text{ Kcal/h}$$

Para las ventanas Este:

$$13.21 \text{ m}^2 \times 500 \text{ Kcal/h m}^2 = 6,605 \text{ Kcal/h}$$

Dándonos un total para la pared Este de: **6,947.82 Kcal/h**

El laboratorio por localizarse en el primer piso del edificio, no se requerirá calcular las ganancias de calor por el techo. Este recibe los rayos solares casi toda la mañana. Además de calcular las ganancias de calor a través de las ventanas y muros, se deben de considerar las siguientes ganancias internas del local:

Dimensiones del área de diseño y pasillo principal del laboratorio de circuitos impresos: 7.30 m x 6.28 m x 2.58 m de altura. El área de diseño y pasillo principal del laboratorio de circuitos impresos es de 118.28 m³.

A) Ganancia de calor por los ocupantes :

En este caso se debe de considerar el numero de ocupantes y el grado de actividad de los mismos. Analizando el área de diseño y pasillo principal del laboratorio de circuitos impresos y a su vez la cantidad de alumnos haciendo la misma función por curso el cual no excederá de 10. También teniendo en cuenta que el laboratorio esta destinado como área de aprendizaje y desarrollo de circuitos impresos, por el cual se considera un grado de actividad de trabajo ligero de los ocupantes. Haciendo uso de la tabla 8.20, este nos proporciona las calorías generadas por una persona adulta con una actividad de trabajo ligero el cual es de 202 Kcal/h, por lo tanto multiplicando las calorías antes mencionadas por el numero de ocupantes este nos dará la ganancia de calor total de:

$$10 \text{ Personas} \times 202 \text{ Kcal/h} = 2,020 \text{ Kcal/h}$$

B) Fuentes de calor producidos por motores eléctricos:

No se tiene en esta área.

C) Ganancia de calor por equipos eléctricos :

En el área de diseño del laboratorio de circuitos impresos se cuenta con 8 computadoras equipadas con 4 UPS, teniendo un consumo por par de terminal de 1,200 W a 120 V, 2 impresoras láser con un consumo total de 1,440 W a 120 V, 3 graficadoras con un consumo total de 1,620 W a 120 V y 2 mesas de diseño con 2 lamparas de alumbrado fluourescente de 39 W a 120 V.

Nota: Los consumos se tomaron de equipos estándar de computo.

A continuación se hará la suma de los consumos de los equipo para así tener un total y poder proceder a calcular la ganancia total de calor producidos por los equipos antes mencionados.

Computadoras:	1,200 W
Impresoras láser:	1,440 W
Graficadoras:	1,620 W
Mesas de diseño:	<u>156 W</u>
Consumo total :	4,416 W

Ya teniendo el consumo total en watts y con la ayuda de la tabla 8.6 se procederá a calcular las Kcal/h producida por los aparatos eléctricos.

$$4.416 \text{ Kw} \times 860 \text{ Kcal/h} = 3,797.76 \text{ Kcal/h}$$

D) Ganancia de calor por iluminación:

Considerando la figura 11.5 se obtienen los valores de la tabla 12.1, en donde la ganancia de calor total para el área de diseño y pasillo principal del laboratorio de circuitos impresos será la suma de los circuitos S₅ y S₆ dándonos un total de 968 Kcal/h.

Teniendo calculados los datos anteriores se procede a la suma total de las ganancias de calor en el área de producción del laboratorio de circuitos impresos como se muestra a continuación:

A) Gan. de calor por radiación:	6,947.82 Kcal/h
B) Gan. de calor por ocupantes:	2,020.00 Kcal/h
C) Gan. de calor por eq. elect:	3,797.76 Kcal/h
D) Gan. de calor por iluminación:	968.00 Kcal/h
E) Gan. de calor por mot. elect:	<u>0.00 Kcal/h</u>
Ganancia de calor total:	13,733.58 Kcal/h

A la ganancia de calor total se le aumentara un margen de seguridad del 10%, por lo que tendremos un total de 15,107 Kcal/h

Suponiendo que la temperatura exterior a la sombra es de 22°C y la temperatura máxima interior admisible es de 26°C, la diferencia será de 4°C. La velocidad de ventilación requerida tiende a incrementarse a medida que la diferencia de temperaturas decrece, y es imposible refrescar mediante la ventilación a una temperatura inferior a la de la sombra exterior. Tomando los datos anteriores así como los valores de temperatura antes mencionados se obtiene:

$$14,538 \text{ Kcal/h} / 4^\circ\text{C} \times .288 = 13,114 \text{ m}^3 / \text{h}$$

11.3.3) CALCULO DE GANANCIAS DE CALOR PARA EL ÁREA DEL CUARTO OSCURO DEL LABORATORIO DE CIRCUITOS IMPRESOS

A) Ganancias de calor por radiación:

En este caso solo se tendrá el incremento de calor por radiaciones solares a través de la pared de ladrillo del lado Oeste con las siguientes dimensiones: 22 cm. de espesor, 7.30 m x 3.48 m poseyendo cero ventanas. Considerando que la Ciudad de México esta localizada entre 19°.25 y 19°.45 Latitud Norte. (véase el capítulo 8)

Área de la pared Oeste:

$$(7.30 \text{ m} \times 3.48 \text{ m}) = 25.40 \text{ m}^2$$

La tabla 8.2 nos indica un flujo de 61 Kcal / h m² de calor a través de una pared de ladrillo de 22 cm. de espesor a una latitud de 20° Norte. De forma que el incremento de calor será de:

Para la pared Oeste:

$$25.40 \text{ m}^2 \times 61 \text{ Kcal/h m}^2 = 1,549.40 \text{ Kcal/h}$$

Dándonos un total para la pared Oeste de: 1,549.40 Kcal/h

El laboratorio por localizarse en el primer piso del edificio, no se requerirá calcular las ganancias de calor por el techo. Ademas de calcular las ganancias de calor a través de las ventanas y muros, se deben de considerar las siguientes ganancias internas del local:

Dimensiones del cuarto oscuro del laboratorio de circuitos impresos: 7.30 m x 7.20 m x 3.48 m de altura. El área del cuarto oscuro del laboratorio de circuitos impresos es de 182.91 m³.

A) Ganancia de calor por los ocupantes :

En este caso se debe de considerar el numero de ocupantes y el grado de actividad de los mismos. Analizando el área del cuarto oscuro del laboratorio de circuitos impresos y a su vez la cantidad de alumnos haciendo la misma función por curso, el cual no excederá de 10. También teniendo en cuenta que el laboratorio esta destinado como área de aprendizaje y desarrollo de circuitos impresos, por el cual se considera un grado de actividad de trabajo ligero de los ocupantes. Haciendo uso de la tabla 8.20, este nos proporciona las calorías generadas por una persona adulta con una actividad de trabajo ligero el cual es de 202 Kcal/h, por lo tanto multiplicando las calorías antes mencionadas por el numero de ocupantes este nos dará la ganancia de calor total de;

$$10 \text{ Personas} \times 202 \text{ Kcal/h} = 2,020 \text{ Kcal/h}$$

B) Fuentes de calor producidos por motores eléctricos:

Se tiene que considerar la cantidad de motores que utilizan los equipos utilizados en el proceso de fabricación de circuitos impresos como bandas transportadoras, equipo de revelado, sensibilizado, enjuagado, laminado, etc.. La universidad Anahuac no ha precisado el equipo a adquirir, por lo que se tomara una cantidad aproximada de 10 motores de 1 Hp de 220 Volts con un rendimiento de 79% a plena carga aproximadamente según la tabla 8.18. Con la anterior suposición se utilizara la tabla 8.6 la cual nos proporciona:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Kw} &= 1.341 \text{ Hp} \\ 1 \text{ Kw} &= 860 \text{ Kcal/h} \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta un rendimiento del 79% según la tabla 8.18 para un motor de 1 Hp, se obtendrá una ganancia de calor de:

$$860 \text{ Kcal/h} / 79\% = 1,088.61 \text{ Kcal/h por motor}$$

Por lo que el total de Kcal/h producidos por los motores será de:

$$10 \text{ motores} \times 1,088.61 \text{ Kcal/h} = 10,886.10 \text{ Kcal/h}$$

C) Ganancia de calor por equipos para procesos de sensibilizado, revelado, etc.:

Estos procesos no requieren de soluciones a altas temperaturas, sino de lo contrario se deben de mantener a temperatura ambiente o menor a esta según el fabricante, por lo que no se tendrá ganancia de calor en este caso. Por otro lado, el equipo de exposición tienen el siguiente consumo utilizando 6 lamparas de luz ultravioleta a 420 NM a 140 W por lampara, modelo TL-03 Actinica proveedor Philips:

$$\text{Equipo de exposición:} \qquad \qquad \qquad 840 \text{ W}$$

por lo anterior la ganancia de calor por equipos eléctricos será de:

$$0.840 \text{ Kw} \times 860 \text{ Kcal/h} = 722.40 \text{ Kcal/h}$$

D) Ganancia de calor por iluminación:

Considerando la figura 11.5 se obtienen los valores de la tabla 12.1, en donde la ganancia de calor total para el área de proceso del laboratorio de circuitos impresos será el circuito de iluminación de seguridad ya que el de iluminación general se utiliza solo para la limpieza del área o reparación de los equipos. El circuito es S₃ proporcionando un consumo total de 310 Kcal/h.

Teniendo calculados los datos anteriores se procede a la suma total de las ganancias de calor en el área de producción del laboratorio de circuitos impresos como se muestra a continuación:

A) Gan. de calor por radiación:	1,549.40 Kcal/h
B) Gan. de calor por ocupantes:	2,020.00 Kcal/h
C) Gan. de calor por eq. elect:	722.40 Kcal/h
D) Gan. de calor por iluminación:	310.00 Kcal/h
E) Gan. de calor por mot. elect:	10,886.10 Kcal/h
Ganancia de calor total:	15,487.90 Kcal/h

A la ganancia de calor total se le aumentara un margen de seguridad del 10%, por lo que tendremos un total de 17,037 Kcal/h

Suponiendo que la temperatura exterior a la sombra es de 22°C y la temperatura máxima interior admisible es de 25°C, la diferencia será de 3°C. La velocidad de ventilación requerida tiende a incrementarse a medida que la diferencia de temperaturas decrece, y es imposible refrescar mediante la ventilación a una temperatura inferior a la de la sombra exterior. Tomando los datos anteriores así como los valores de temperatura antes mencionados se obtiene:

$$17,037 \text{ Kcal/h} / 3^\circ\text{C} \times .288 = 19,719 \text{ m}^3 / \text{h}$$

A continuación se procederá a calcular la ducteria requerida para proporcionar la ventilación y extracción necesaria en las diferentes áreas del laboratorio de circuitos impresos.

11.3.4) CÁLCULOS DE DUCTERIA DE VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN DEL ÁREA DE CUARTO OSCURO Y DISEÑO

Teniendo ya calculados los volúmenes totales de ventilación requeridos por cada área, se procederá a determinar la velocidad inicial en el ducto, sección, dimensiones y pérdidas de carga en el ducto principal desde el ventilador hasta la primera rama, dimensiones de los restantes ductos, longitud equivalente del ducto de mayor resistencia, y la pérdida de carga total en el ducto desde el ventilador hasta la boca 6. El área de cuarto oscuro, pasillo principal y área de diseño, tiene un requerimiento total de 32,833 m³/h, por otra parte también se debe de considerar un sistema de extracción con un volumen equivalente al de inyección, por lo tanto se inyectara un volumen de aire de 16,417 m³/h y se extraerá el mismo volumen respectivamente, dándonos el volumen total de aire antes mencionado. Para determinar el sistema de inyección se utilizara el método de pérdida de carga constante para el calculo de los ductos correspondientes. Como primer paso se hace un esquema de disposición del ducto para esta área como se muestra en la figura 11.1.

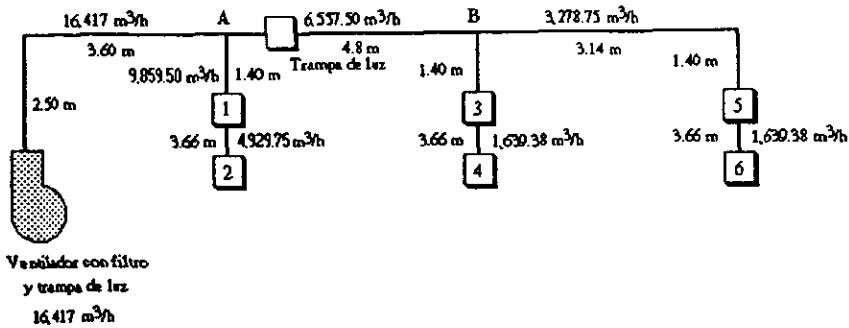


Figura 11.1) Disposición del sistema de ducto de inyección del área de diseño, pasillo principal y cuarto oscuro.

Solución:

En la tabla 8.18 se toma una velocidad inicial de 12.5 m/s.

$$\text{Sección del ducto} = 16,417 \text{ m}^3/\text{h} / 3,600 \times 12.5 \text{ m/s} = 0.365 \text{ m}^2.$$

En la tabla 8.13, se elige el valor más próximo al resultado anterior siendo este 0.359 m^2 el cual nos proporciona las siguientes dimensiones del ducto de 400 mm. x 1,000 mm. y con un diámetro equivalente de 686 mm. La pérdida de carga por unidad de longitud se obtiene en la gráfica 8.1 partiendo del volumen de aire ($16,417 \text{ m}^3/\text{h}$) y el diámetro equivalente de la tabla 8.13, que es de 686 mm.

$$\text{Caudal de aire (m}^3/\text{s)} = 16,417 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s} = 4.56 \text{ m}^3/\text{s}$$

por lo tanto la pérdida de carga será = 0.122 mm. c.a. por cada metro de longitud equivalente. Las secciones de cada tramo se calculan utilizando la tabla 8.12 y las dimensiones del ducto se deducen de la tabla 8.13. La siguiente tabla contiene los resultados:

SECCIÓN DEL DUCTO	CAUDAL DE AIRE (m ³ /h)	% de la capacidad inicial *
Hasta A	16,417	100.0
A - B	6,557.50	39.9
B - 5	3,278.75	20.0
5 - 6	1,639.38	10.0
3 - 4	1,639.38	10.0
1 - 2	4,929.75	30.0
A - 1	9,859.50	60.1
B - 3	3,278.75	20.0

SECCIÓN DEL DUCTO	ÁREA DE LA SEC. RECTA %	ÁREA EN m ² **	*** DIM. DEL DUCTO mm. (Diam)
-------------------	-------------------------	---------------------------	---------------------------------

Hasta A	100.0	0.365	850 x 550 (686)
A - B	48.0	0.175	800 x 350 (478)
B - 5	27.0	0.099	650 x 400 (356)
5 - 6	16.5	0.060	450 x 150 (280)
3 - 4	16.5	0.060	450 x 150 (280)
1 - 2	37.5	0.137	800 x 200 (419)
A - 1	67.5	0.246	450 x 350 (559)
B - 3	27.0	0.099	800 x 150 (356)

* % de la capacidad = Caudal de aire en cada sección / Caudal total de aire (tabla 8.12)

** Área del ducto = Porcentaje de la sección recta por el área inicial del ducto (del ventilador al punto A)

*** Las dimensiones son proporcionadas por la tabla 8.13 con la ayuda del área del ducto.

Es evidente que el ducto de mayor resistencia es el que esta con el ventilador y termina en la boca de inyección 6. Las tablas 8.14, 8.15 y 8.17 nos proporcionaran las pérdidas en los acoplamientos. A continuación se da una tabla con la longitud total equivalente de este ducto.

SECCIÓN DEL DUCTO RECT. / CIRC.	ELEMENTO	LONG. (m)	LONG. EQUIV. ADICIONAL DUCTO RECT.
Hasta A	Ducto	6.10	
	Codo		3.72
A - B	Ducto	4.80	
B - 5	Ducto	4.54	
	Codo		2.74
5 - 6	Ducto	3.66	
3 - 4	Ducto	3.66	
1 - 2	Ducto	3.66	
A - 1	Ducto	1.40	
B - 3	Ducto	1.40	
TOTAL		29.22	6.46

La longitud equivalente adicional por un codo se calcula tomando los valores de la tabla anterior por ejemplo la sección Ventilador al punto A en donde existe un codo:

$$W/D = 850 \text{ mm.} / 550 \text{ mm.} = 1.55$$

La relación R/D siendo igual a 1.25 y considerando que la relación W/D es menor a 3 y mayor a 1 por lo que se calculara el factor por medio del método de máximo y mínimo siendo este de 7.86. El factor anterior se multiplicara por D dando así la longitud equivalente adicional de un codo rectangular:

$$D \times 6.76 = 0.55 \text{ m} \times 6.76 = 3.72 \text{ m}$$

Por lo tanto la pérdida de carga total en el ducto rectangular:

$$\text{Pérdida} = \text{Long. total equivalente} \times \text{Pérdida unitaria}$$

$$\text{Pérdida} = 35.68 \times 0.122 \text{ mm. c.a.} = 4.35 \text{ mm. c.a.}$$

Teniendo calculado el sistema de ductos de inyección de aire se procederá a calcular las dimensiones del ducto de extracción con el método anterior determinando la velocidad final en el ducto, sección, dimensiones y pérdidas de carga en el ducto principal desde el ventilador hasta la primera rama, dimensiones de los restantes ductos, longitud equivalente del ducto de mayor resistencia, y la pérdida de carga total en el ducto desde el ventilador hasta la boca 3. El volumen de extracción de aire es de $16,417 \text{ m}^3/\text{h}$. Como primer paso se hace un esquema de disposición del ducto para esta área como se muestra en la figura 11.2.

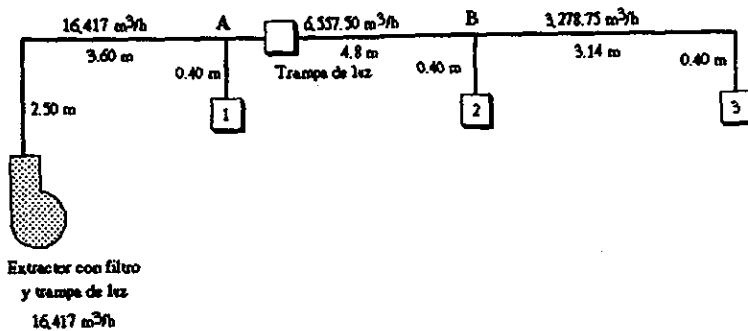


Figura 11.2) Disposición del sistema de ducto de extracción del área de diseño, pasillo principal y cuarto oscuro.

Solución:

Tomando la velocidad final del sistema de inyección se obtendrá:

$$\text{Sección del ducto} = 16,417 \text{ m}^3/\text{h} / (3,600 \times 12.5 \text{ m/s}) = 0.365 \text{ m}^2$$

Se elige el valor más próximo al resultado anterior siendo este 0.368 m^2 el cual nos proporciona las siguientes dimensiones del ducto de $1,000 \text{ mm.} \times 400 \text{ mm.}$ y con un diámetro equivalente de 686 mm. La pérdida de carga por unidad de longitud se obtiene en la gráfica 8.1 partiendo del volumen de aire ($16,417 \text{ m}^3/\text{h}$) y el diámetro equivalente de la tabla 8.12, que es de 686 mm.

$$\text{Caudal de aire (m}^3/\text{s)} = 16,417 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s} = 4.56 \text{ m}^3/\text{s}$$

por lo tanto la pérdida de carga será = 0.122 mm. c.a. por cada metro de longitud equivalente. Las secciones de cada tramo se calculan utilizando la tabla 8.12 y las dimensiones del ducto se deducen de la tabla 8.13. La siguiente tabla contiene los resultados:

SECCIÓN DEL DUCTO	CAUDAL DE AIRE (m ³ /h)	% de la capacidad inicial *
Hasta A	16,417	100
A - B	6,557.50	40
B - 3	3,278.75	20
A - 1	9,859.50	60
B - 2	3,278.75	20

SECCIÓN DEL DUCTO	ÁREA DE LA SEC. RECTA %	ÁREA EN m ² **	*** DIM. DEL DUCTO mm. (Diam)
Hasta A	100.0	0.365	850 x 550 (686)
A - B	48.0	0.175	800 x 350 (478)
B - 3	27.0	0.099	650 x 400 (356)
A - 1	67.5	0.246	750 x 350 (559)
B - 2	27.0	0.099	800 x 150 (356)

* % de la capacidad = Caudal de aire en cada sección / Caudal total de aire (tabla 8.12)

** Área del ducto = Porcentaje de la sección recta por el área inicial del ducto (del ventilador al punto A)

*** Las dimensiones son proporcionadas por la tabla 8.13 con la ayuda del área del ducto.

Es evidente que el ducto de mayor resistencia es el que esta con el ventilador y termina en la boca de inyección 6. Las tablas 8.14, 8.15 y 8.17 nos proporcionaran las pérdidas en los acoplamientos. A continuación se da una tabla con la longitud total equivalente de este ducto.

SECCIÓN DEL DUCTO RECT. / CIRC.	ELEMENTO	LONG. (m)	LONG. EQUIV. ADICIONAL DUCTO RECT.
Hasta A	Ducto	6.10	3.72
	Codo		
A - B	Ducto	4.80	
B - 3	Ducto	3.54	2.74
	Codo		
A - 1	Ducto	0.40	
B - 2	Ducto	0.40	
TOTAL		15.24	6.46

Por lo tanto la perdida de carga total en el ducto rectangular:

$$\text{Perdida} = \text{Long. total equivalente} \times \text{Perdida unitaria}$$

$$\text{Perdida} = 21.70 \times 0.122 \text{ mm. c.a.} = 2.65 \text{ mm. c.a.}$$

11.3.5) CÁLCULOS PARA DUCTERIA DE VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN DEL ÁREA DE PROCESO

Teniendo ya calculado el volumen total de ventilación requerido por el área de proceso del laboratorio de circuitos impresos, se procederá a determinar la velocidad inicial en el ducto, sección, dimensiones y perdidas de carga en el ducto principal desde el ventilador hasta la primera rama, dimensiones de los restantes ductos, longitud equivalente del ducto de mayor resistencia, la pérdida de carga total en el ducto desde el ventilador hasta la boca 9 y teniendo en cuenta que cada boca tiene un volumen de aire de salida de 5,703.43 m³/h. El área de producción tiene un requerimiento total de 102,661.65 m³/h, por otra parte también se debe de considerar un sistema de extracción con un volumen equivalente al de inyección, por lo tanto se inyectará un volumen de aire de 51,330.83 m³/h y se extraerá el mismo volumen respectivamente, dándonos el volumen de aire total antes mencionado. Para determinar el sistema de inyección se utilizara el método de pérdida de carga constante para el calculo de los ductos correspondientes. Como primer paso se hace un esquema de disposición del ducto para esta área como se muestra en la figura 11.3.

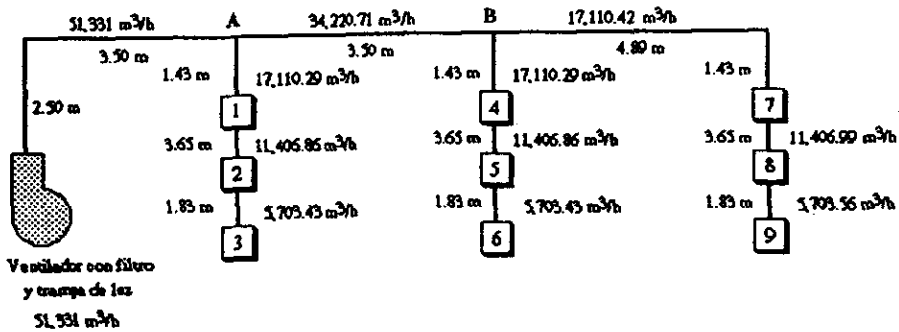


Figura 11.3) Disposición del sistema de ducto de inyección del área de producción.

Solución:

El espacio disponible es de 50 cm. por lo que se deberá de calcular en función a este, por lo que se tomara una velocidad inicial de 20 m/s.

$$\text{Sección del ducto} = 51,331 \text{ m}^3/\text{h} / (3,600 \times 25 \text{ m/s}) = 0.570 \text{ m}^2$$

Se elige el valor más próximo al resultado anterior siendo este 0.569 m² el cual nos proporciona las siguientes dimensiones del ducto de 1,000 mm. x 600 mm. y con un diámetro equivalente de 853.

$$\text{Caudal de aire (m}^3\text{/s)} = 51,331\text{m}^3\text{/h} / 3600\text{s} = 14.26\text{m}^3\text{/s}$$

por lo tanto la perdida de carga será = 0.450 mm. c.a. por cada metro de longitud equivalente. Las secciones de cada tramo son proporcionados en las tablas siguientes:

SECCIÓN DEL DUCTO	CAUDAL DE AIRE (m ³ /h)	% de la capacidad inicial *
Hasta A	51,331.00	100
A - B	34,220.54	67
B - 7	17,110.29	33
A - 1	17,110.29	33
1 - 2	11,406.86	22
2 - 3	5,703.43	11
B - 4	17,110.29	33
4 - 5	11,406.86	22
5 - 6	5,703.43	11
7 - 8	11,406.86	22
8 - 9	5,703.43	11

SECCIÓN DEL DUCTO	ÁREA DE LA SEC. RECTA %	ÁREA EN m ² **	*** DIM. DEL DUCTO mm. (Diam)
Hasta A	100	0.569	1,000 x 600 (853)
A - B	73.5	0.418	1,000 x 450 (732)
B - 7	41.0	0.223	850 X 550 (536)
A - 1	41.0	0.223	1,050 x 350 (536)
1 - 2	29.5	0.168	1,000 x 200 (463)
2 - 3	17.5	0.100	550 x 200 (358)
B - 4	41.0	0.223	1,050 x 350 (536)
4 - 5	29.5	0.168	1,000 x 200 (463)
5 - 6	17.5	0.100	550 x 200 (358)
7 - 8	29.5	0.168	1,000 x 200 (463)
8 - 9	17.5	0.100	550 x 200 (358)

* % de la capacidad = Caudal de aire en cada sección / Caudal total de aire (tabla 8.12)

** Área del ducto = Porcentaje de la sección recta por el área inicial del ducto (del ventilador al punto A)

*** Las dimensiones son proporcionadas por la tabla 8.13 con la ayuda del área del ducto.

Es evidente que el ducto de mayor resistencia es el que esta con el ventilador y termina en la boca de inyección 6. Las tablas 8.14, 8.15 y 8.17 nos proporcionaran las perdidas en los acoplamientos. A continuación se da una tabla con la longitud total equivalente de este ducto.

SECCIÓN DEL DUCTO RECT. / CIRC.	ELEMENTO	LONG. (m)	LONG. EQUIV. ADICIONAL DUCTO RECT.
Hasta A	Ducto Codo	6.00	4.14
A - B	Ducto	3.50	
B - 7	Ducto Codo	6.32	3.72
A - 1	Ducto	1.43	
1 - 2	Ducto	3.65	
2 - 3	Ducto	1.83	
B - 4	Ducto	1.43	
4 - 5	Ducto	3.65	
5 - 6	Ducto	1.83	
7 - 8	Ducto	3.65	
8 - 9	Ducto	1.83	
TOTAL		35.12	7.86

La pérdida de carga total en el ducto rectangular:

$$\text{Pérdida} = \text{Long. total equivalente} \times \text{Pérdida unitaria}$$

$$\text{Pérdida} = 42.98 \times 0.450 \text{ mm. c.a.} = 19.34 \text{ mm. c.a.}$$

Teniendo calculado el sistema de ductos de inyección de aire se procederá a calcular las dimensiones del ducto de extracción con el método anterior determinando la velocidad final en el ducto, sección, dimensiones y pérdidas de carga en el ducto principal desde el ventilador hasta la primera rama, dimensiones de los restantes ductos, longitud equivalente del ducto de mayor resistencia, y la pérdida de carga total en el ducto desde el ventilador hasta la boca 6. El volumen de extracción de aire es de 51,331 m³/h. Como primer paso se hace un esquema de disposición del ducto para esta área como se muestra en la figura 11.4.

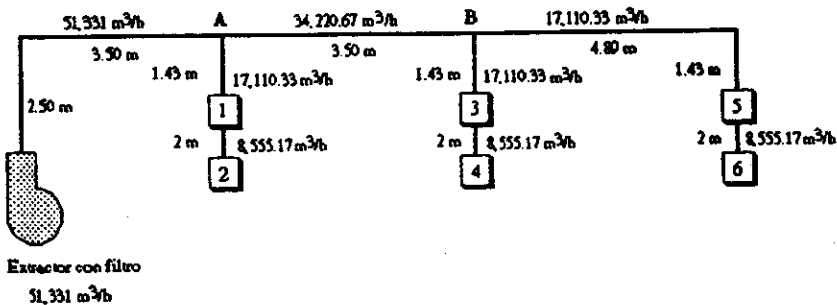


Figura 11.4) Disposición del sistema de ducto de extracción del área de producción.

Solución:

Tomando la velocidad final del sistema de inyección se obtendrá:

$$\text{Sección del ducto} = 51,331 \text{ m}^3/\text{h} / (3,600 \times 25 \text{ m/s}) = 0.570 \text{ m}^2$$

Se elige el valor más próximo al resultado anterior siendo este 0.569 m^2 el cual nos proporciona las siguientes dimensiones del ducto de $1,000 \text{ mm.} \times 600 \text{ mm.}$ y con un diámetro equivalente de 853 mm.

$$\text{Caudal de aire (m}^3/\text{s)} = 51,331 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s} = 14.26 \text{ m}^3/\text{s}$$

por lo tanto la pérdida de carga será $= 0.450 \text{ mm.}$ c.a. por cada metro de longitud equivalente. Las secciones de cada tramo se calculan utilizando la tabla 8.12 y las dimensiones del ducto se deducen de la tabla 8.13. La siguiente tabla contiene los resultados:

SECCIÓN DEL DUCTO	CAUDAL DE AIRE (m ³ /h)	% de la capacidad inicial *
Hasta A	51,331.00	100
A - B	34,220.67	67
B - 5	17,110.33	33
A - 1	17,110.33	33
B - 3	17,110.33	33
1 - 2	8,555.17	17
3 - 4	8,555.17	17
5 - 6	8,555.17	17

SECCIÓN DEL DUCTO	ÁREA DE LA SEC. RECTA %	ÁREA EN m ² **	*** DIM. DEL DUCTO mm. (Diam)
Hasta A	100	0.569	1,000 x 600 (853)
A - B	73.5	0.418	1,000 x 450 (732)
B - 5	41	0.233	1,100 x 350 (546)
A - 1	41	0.233	1,100 x 350 (546)
B - 3	41	0.233	1,100 x 350 (546)
1 - 2	24	0.137	1,200 x 150 (419)
3 - 4	24	0.137	1,200 x 150 (419)
5 - 6	24	0.137	1,200 x 150 (419)

* % de la capacidad = Caudal de aire en cada sección / Caudal total de aire (tabla 8.12)

- ** Área del ducto = Porcentaje de la sección recta por el área inicial del ducto (del ventilador al punto A)
- *** Las dimensiones son proporcionadas por la tabla 8.13 con la ayuda del área del ducto.

Es evidente que el ducto de mayor resistencia es el que esta con el ventilador y termina en la boca de inyección 6. Las tablas 8.14, 8.15 y 8.17 nos proporcionaran las pérdidas en los acoplamientos. A continuación se da una tabla con la longitud total equivalente de este ducto.

SECCIÓN DEL DUCTO RECT. / CIRC.	ELEMENTO	LONG. (m)	LONG. EQUIV. ADICIONAL DUCTO RECT.
Hasta A	Ducto	6.00	4.14
A - B	Codo	3.50	
B - 5	Ducto	6.32	3.77
	Codo		
A - 1	Ducto	1.43	
B - 3	Ducto	1.43	
1 - 2	Ducto	2.00	
3 - 4	Ducto	2.00	
5 - 6	Ducto	2.00	
TOTAL		24.68	7.91

La pérdida de carga total en el ducto rectangular:

$$\text{Pérdida} = \text{Long. total equivalente} \times \text{Pérdida unitaria}$$

$$\text{Pérdida} = 32.59 \times 0.450 \text{ mm. c.a.} = 14.67 \text{ mm. c.a.}$$

11.3.6 FIGURAS DEL LABORATORIO DE CIRCUITOS IMPRESOS DE LA UNIVERSIDAD ANAHUAC, LOCALIZADA EN LA PLANTA BAJA DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE INGENIERÍA.

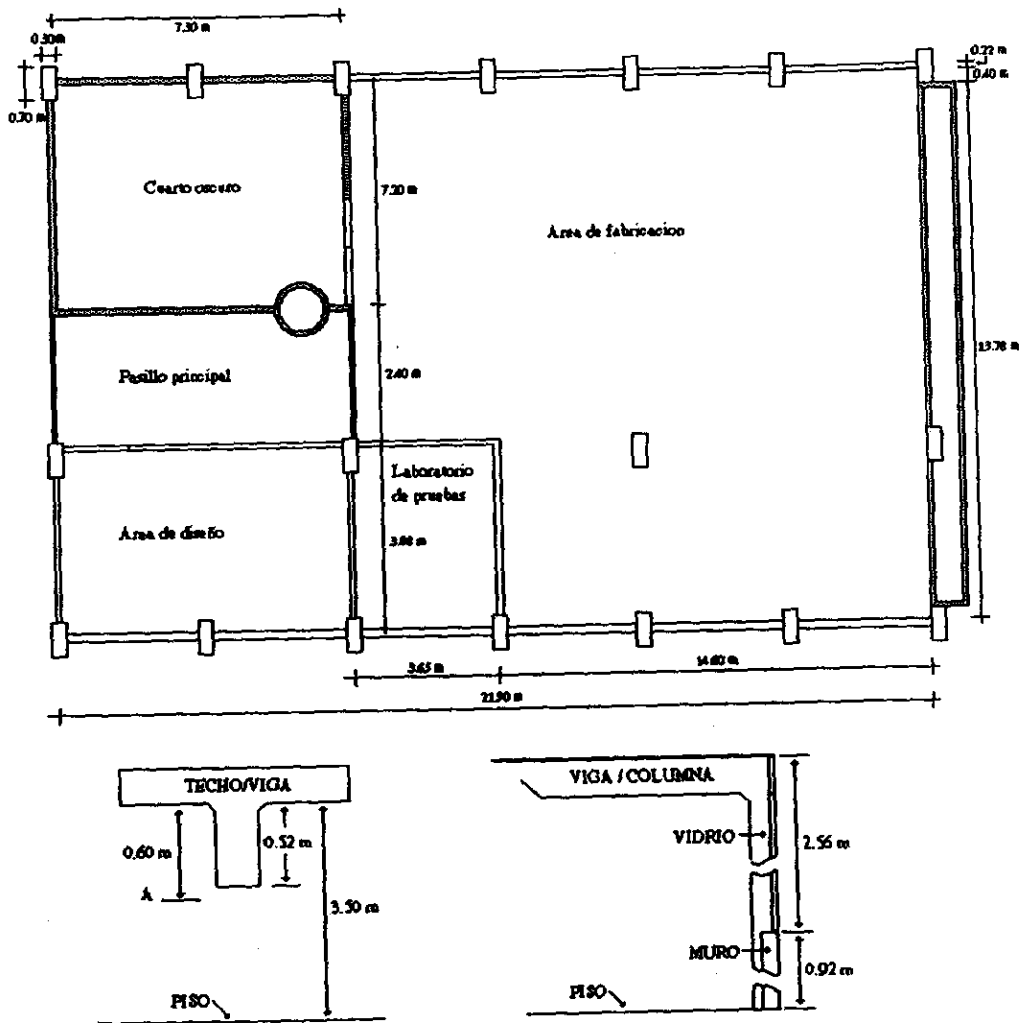


FIGURA 11.5) DIMENSIONES DEL ÁREA DESTINADA PARA EL LABORATORIO DE CIRCUITOS IMPRESOS

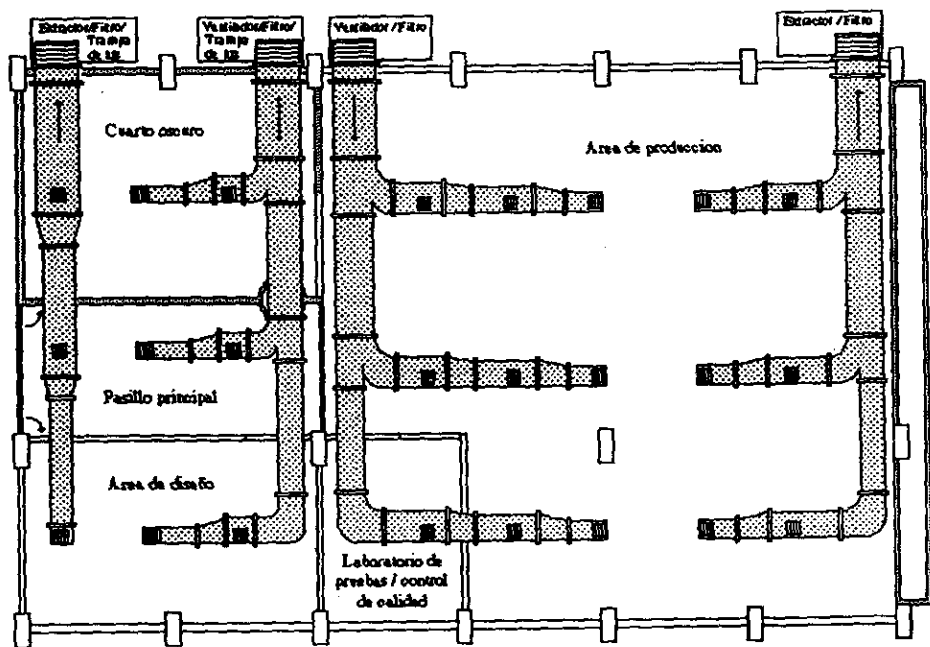


FIGURA 11.6) SISTEMA DE DUCTOS DE INYECCION Y EXTRACCION DE AIRE

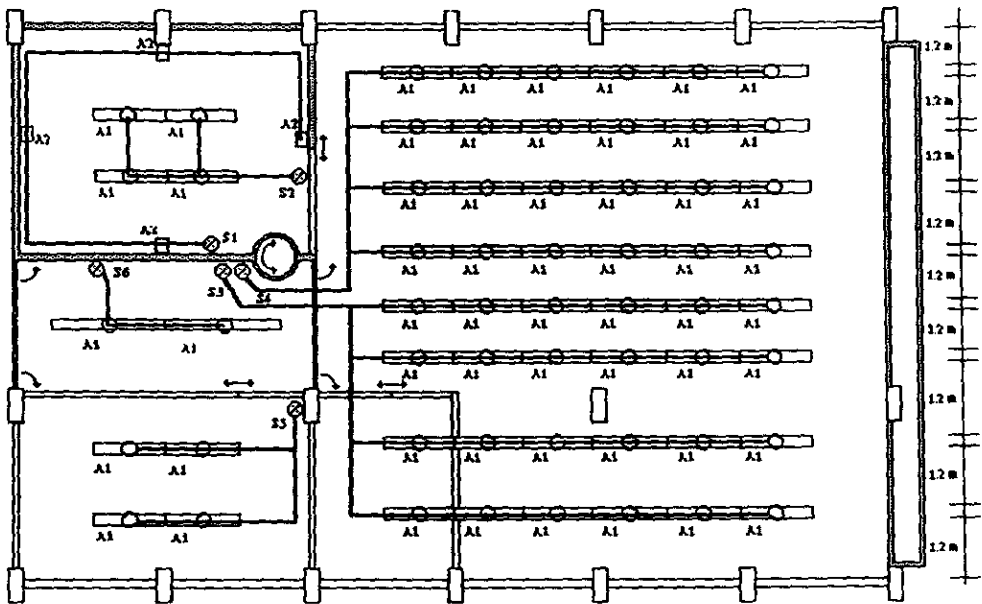


FIGURA 11.7) INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

CIRCUITO	LAMPARA 2 x 75w	L/SEG 90 w	TOTAL W/CIRC.	TENSIÓN Volts	AMPERS P/CIRC.	Kcal/h P/CIRC.
S1		4	360	110	3.27	310
S2	4		600	110	5.45	645
S3	24		3,600	110	32.73	3,870
S4	24		3,600	110	32.73	3,870
S5	4		600	110	5.45	645
S6	2		300	110	2.73	323
TOTAL			9,060	110	82.36	9,663

TABLA 11.1) CONSUMOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

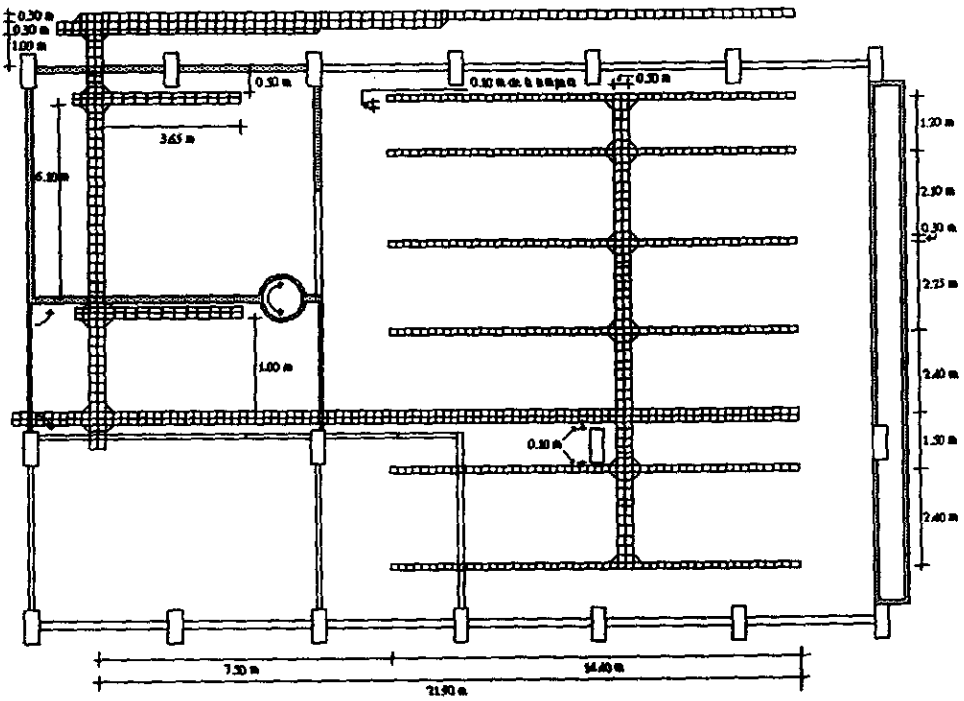


FIGURA 11.8) INSTALACIÓN DE CAMAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE TENSION ELÉCTRICA EN EL ÁREA.

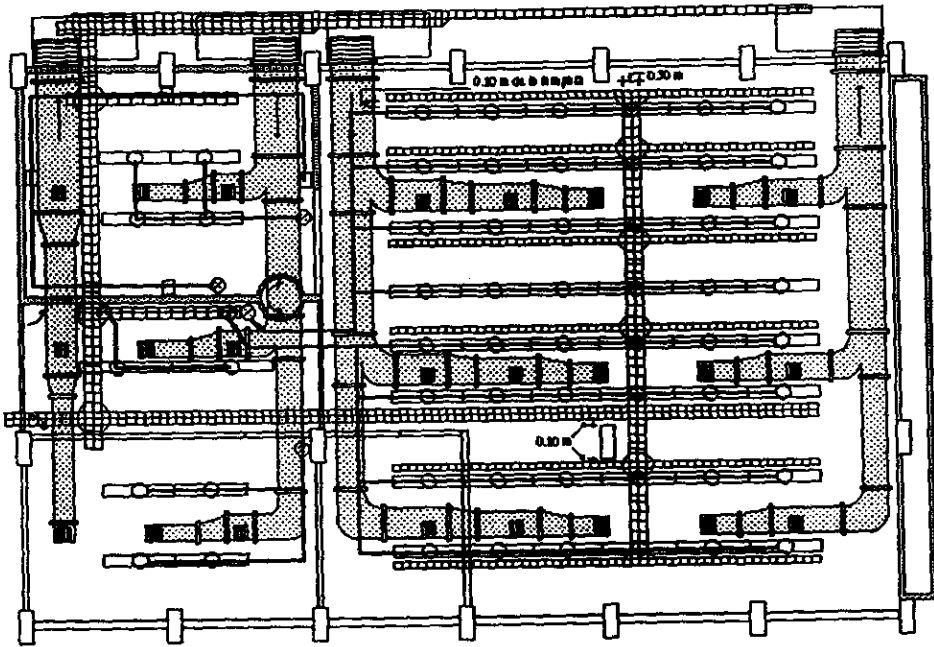
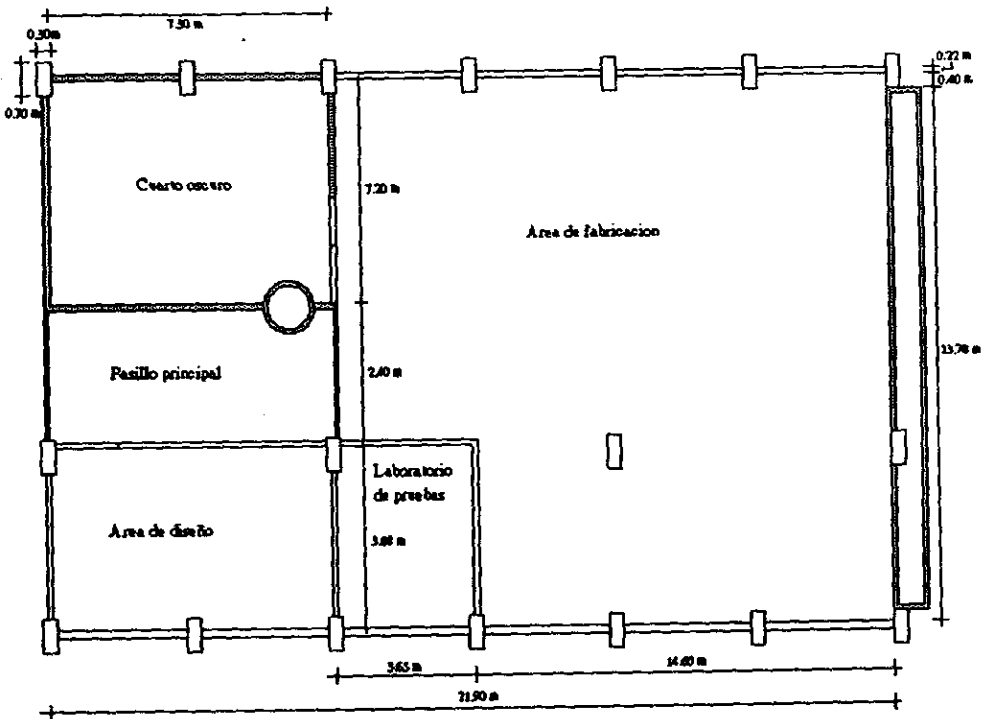
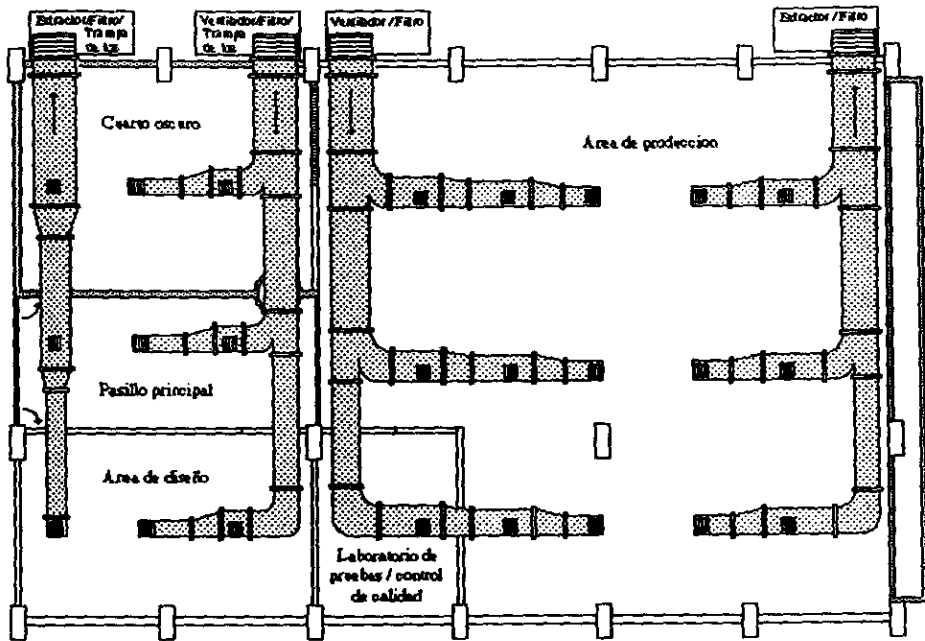
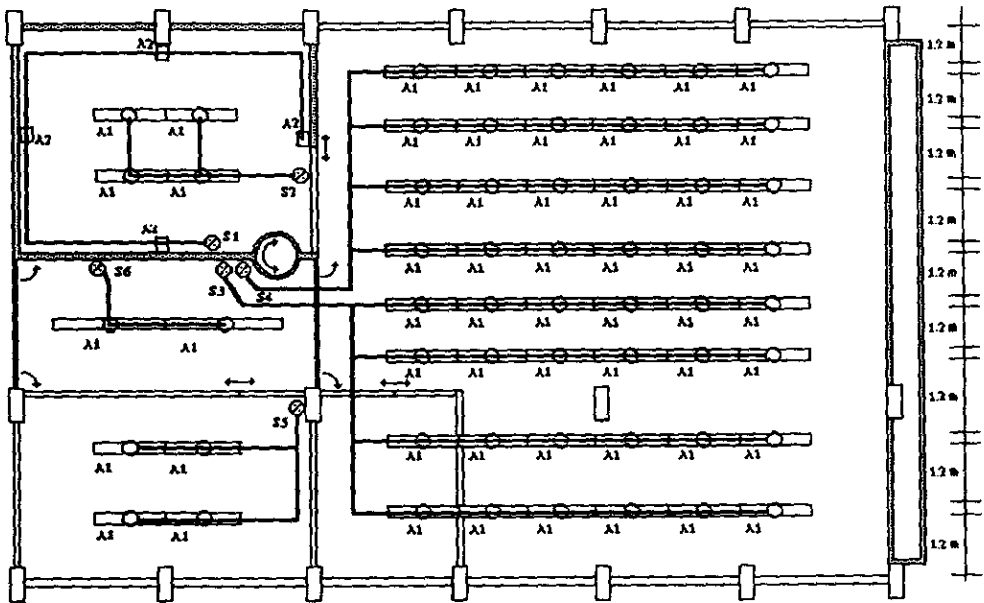


FIGURA 11.9) DISTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN, CAMAS Y DUCTOS DE INYECCIÓN Y EXTRACCIÓN DE AIRE EN EL LABORATORIO DE CIRCUITOS IMPRESOS.



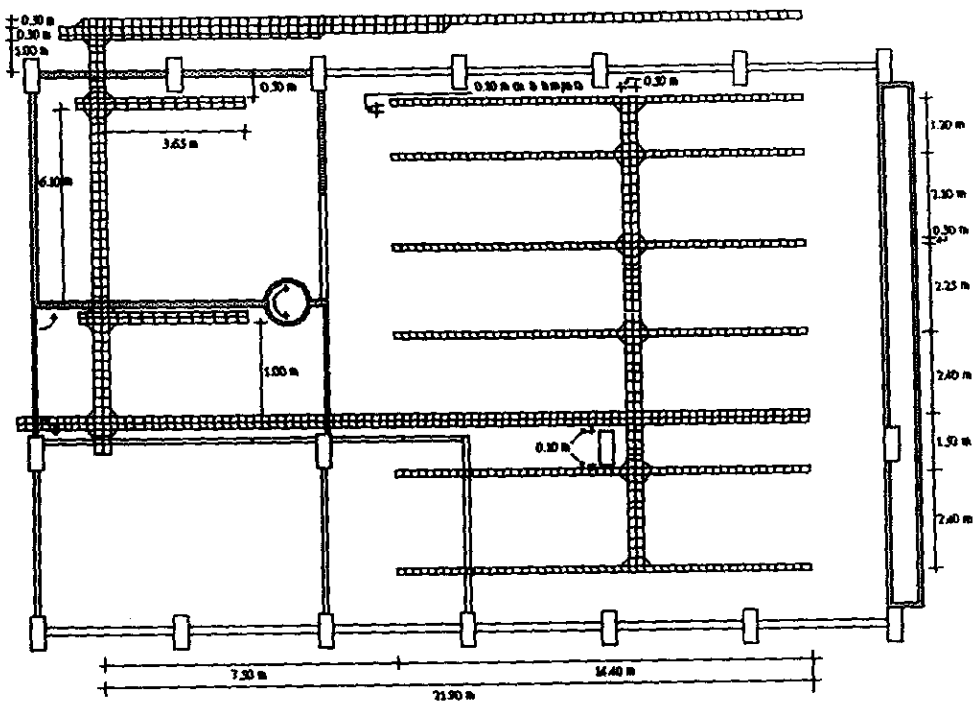


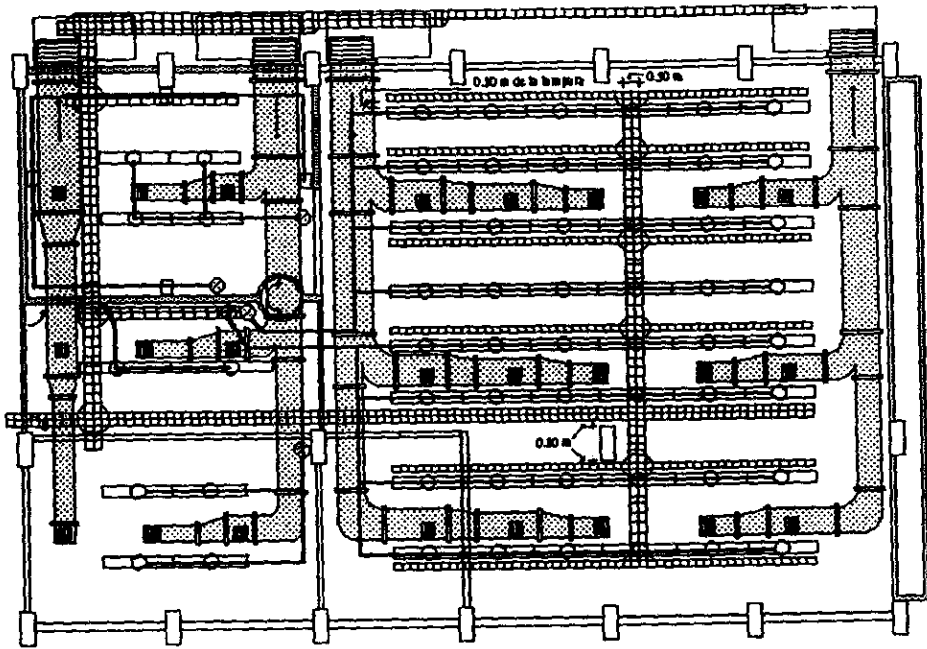


CIRCUITO	LAMPARA 2 x 75w	L/SEG 90 w	TOTAL W/CIRC.	TENSION Volts	AMPERS P/CIRC.	Kcal/h P/CIRC.
----------	--------------------	---------------	------------------	------------------	-------------------	-------------------

S1		4	360	110	3.27	310
S2	4		600	110	5.45	645
S3	24		3,600	110	32.73	3,870
S4	24		3,600	110	32.73	3,870
S5	4		600	110	5.45	645
S6	2		300	110	2.73	323

TOTAL			9,060	110	82.36	9,663
--------------	--	--	--------------	------------	--------------	--------------





CONCLUSIÓN

El presente trabajo se baso en proporcionar las bases de diseño de circuitos impresos dando asi una breve explicación del proceso de fabricación de los mismo, ya que hoy en día con la introducción rápida de integrados en el mercado y la miniaturización de los equipos, esto ha generado una necesidad de diseñar tarjetas más complejas, teniendo estas varias capas, una alta densidad en el patrón, requiriendo estas poco espaciamiento entre conductores, generando esto la necesidad de tener mayor precisión en el diseño de los patrones de los circuitos impresos y un mayor conocimiento por parte del diseñador de los procesos de fabricación. No se debe de olvidar que los procesos computarizados fueron diseñados y trabajan bajo los principios mencionados en este trabajo, los cuales han generado un desarrollado de nuevas técnicas de diseño así como estándares, minimizando así los costos de fabricación de los circuitos impresos.

Por otra parte el lector conocerá con la ayuda de los capitulos relacionados al los principios de diseño de circuitos impresos los siguiente puntos siendo estos:

- Diversos materiales utilizados en la fabricación de circuitos impresos como son: los materiales bases, sus características, los tipos de revestimientos de cobre, las aplicaciones de cada material, las propiedades mecánicas y eléctricas, ayudando a este en la buena elección de los materiales antes mencionados.
- Secuencia del proceso de manufactura de los circuitos impresos, para así conocer las dificultades y limitaciones que se pueden tener en la fabricación del mismo. Teniendo considerados los puntos antes mencionados minimizando los problemas y costos de fabricación de los mismos.
- En que consiste un Pre-diseño de un circuito impreso, la función del dibujo maestro de una tarjeta de circuito impreso.
- El proceso estándar a seguir para la realización de circuitos de doble o multicapas destinado a aplicaciones civiles o militares. También nos indica el tratamiento para el acabado de los circuitos impresos, sin olvidar que cada fabricante de circuitos impresos usa diferentes productos por lo que el proceso como los productos mencionados no deberán de considerarse como estándar.

Los capitulos relacionados a las consideraciones a seguir para la fabricación de un laboratorio de circuitos impresos nos proporcionan:

- Como realizar la estimación real de cargas de acondicionamiento de aire necesario para la buena ventilación del laboratorio de circuitos impresos, y los puntos a considerar.
- Las bases para el calculo de la iluminación del laboratorio de circuitos impresos.
- Que espacio y construcción se requiere para un cuarto oscuro del laboratorio de circuitos impresos, requiriendo este tener ciertas medidas, estar situado en un lugar fresco, considerar los materiales de construcción, etc.
- Otro punto que se toca en este trabajo es la sugerencia de algunos equipos básicos para la fabricación de circuitos impresos, proporcionando nombre de fabricantes especializados en la fabricación del equipo requerido para los procesos mencionados en este trabajo.

Con la ayuda de los capitulos del presente trabajo el autor preporciono los cálculos y consideraciones utilizados para el diseño del laboratorio de circuitos impresos localizado en una de las áreas del edificio de laboratorios de ingeniería de la Universidad Anahuac. Este laboratorio de circuitos impresos podrá ser utilizado por el profesorado de la Universidad Anahuac para impartir a los alumnos del área de Sistemas los principios en el diseño, desarrollo y dificultades en la fabricación de un circuito impreso.

BIBLIOGRAFIA

- Lund; Printed Circuit Board Precision Artwork Generation and Manufacturing Methods.; Editorial Bishop Graphics Inc.; 1° Ed.; Westlake Village, California, USA; 1986.
- MacDermid Inc.; Printed Circuit Process Manual; Editorial MacDermid Inc.; USA; 1984.
- Kepro Circuit Systems Inc., Bishop Graphics Inc.; Handbook of Printed Circuits Boards; Editorial Kepro Circuit System Inc & Bishop Graphics Inc.; CA, USA.
- Carrier Air Conditioning Co.; Handbook of Air Conditioning System Design; Editorial McGraw Hill; 1° Ed.; New York; 1987.
- F. Stoecker, J.W. Jones; Refrigeration and Air Conditioning; Editorial McGraw Hill; 2° Ed.; Houston Texas USA; 1981.
- H. Jennings; Environmental Engineering Analisis and Practice; Editorial International Textbook Company; 1° Ed.; Scranton, Pennsylvania.
- Conelec.; Manual Electrico; Editorial Conelec.; 4° Ed.; Mexico D.F.; 1989.
- Selmec; Manual de Calderas; Editorial Cleaver Brooks; 1° Ed.; Mexico D.F.; 1976.
- Depireux; Specification de Procede; Editorial Alcatel Bell-SDT; Belgium; 1990.
- D Curtin & J Demiano; The Darkroom Handbook; Editorial Austin & London Inc.; Samerville, Massachusetts; 1982.
- E. Harper; El ABC de las instalaciones Electricas Industriales; Editorial Noriega Limusa; Preedicion; Mexico D.F.; 1990.
- Gieck; Manual de Formulas Tecnicas; Editorial Representaciones y Servicios de Ingenieria S.A.; 18° Ed.; Mexico D.F.; 1981