

19



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA  
ELECTRONICO DE CONTROL PARA UNA  
MAQUINA ELECTROEROSIONADORA.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
(AREA ELECTRICA Y ELECTRONICA)**

P R E S E N T A N :

**CASTRO ESCAMILLA LUIS MANUEL  
PEREZ PABLO RAFAEL**

DIRECTOR DE TESIS. ING. MIGUEL ANGEL CRUZ LEON.



CD. UNIVERSITARIA, D. F.,

2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México

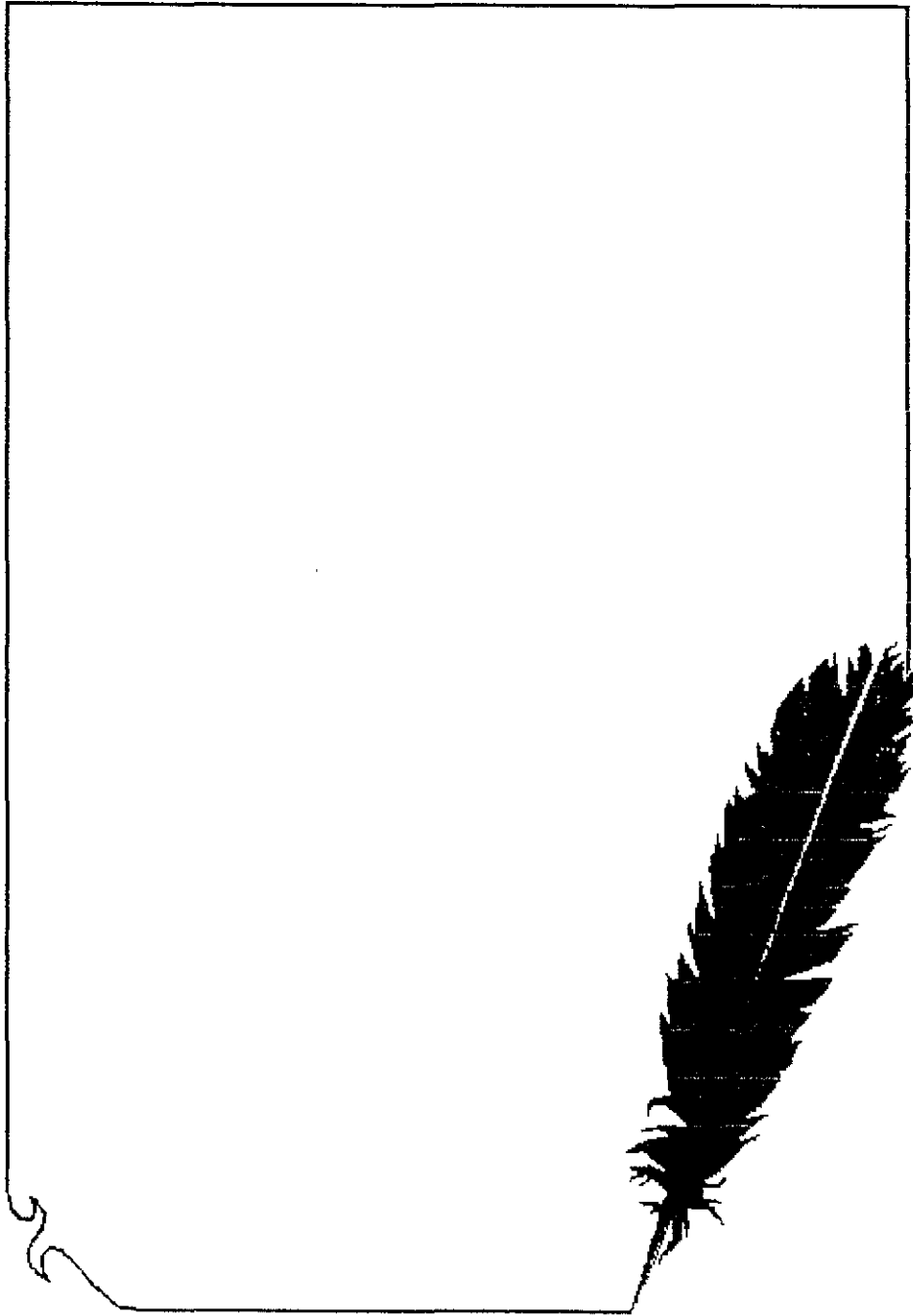


**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**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.



**Agradecimiento:**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México y**

**A la Facultad de Ingeniería**

Por brindarnos la oportunidad de ser universitarios, otorgarnos

conocimiento y una formación profesional, por la cual asumimos

Nuestra responsabilidad y orgullo de ser universitarios.

**Al ING. Miguel Angel Cruz León**

Nuestro director de tesis quien con su asesoría y paciencia logra

Encausar nuestros esfuerzos para poder culminar este trabajo.

## **Agradecimientos:**

A mi madre **Felicitas Pérez Pablo** luchadora tenaz e incansable que ha sabido sobreponerse a todas las adversidades, con el único fin de poder ver reflejado sus anhelos en sus hijos, haciendo de ellos personas responsables que puedan afrontar los altibajos de la vida, por todo esto mi agradecimiento, esperando que disfrute de este logro en compañía de todos sus hijos.

A mis hermanos **Juana, Fernando, Martha, Roman y Alejandro** por su cariño, comprensión y por todo el apoyo, que me han sabido brindar para alcanzar mis metas y disfrutarlas en compañía de ellos.

A mis amigos **Miguel Angel y Mercedes** quienes con su cariño y amistad han compartido experiencias, conocimiento, alegrías y tristezas, durante el tiempo de nuestra amistad se han mostrado como amigos incondicionales en cualquier circunstancia, amigos a los cuales a precio mucho y que a pesar de la distancia los lazos se siguen fortaleciendo.

**RAFAEL PÉREZ PABLO.**

## **Agradecimientos:**

A mi mamá, **Angela Escamilla Pérez**, por no dejar de creer en mi, por haberme dado lo mejor de la vida: la existencia misma, que me permite este logro....  
El término de mi carrera.

A mi tía, **Hilda Escamilla Pérez**, porque con tu apoyo y consejo he llegado a realizar una de mis metas, la cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir.

**A las dos por todo el amor y cariño que me han dado, y este logro lo comparto con ustedes.**

A mi familia, por su cariño y confianza.

***LUIS MANUEL CASTRO ESCAMILLA.***

# ÍNDICE.

---

<b>PROLOGO</b> .....	1
----------------------	---

## **CAPÍTULO I.**

### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.**

1.1 – Antecedentes y definición del proceso .....	2.
1.2 – Principio físico .....	9.
1.3 – Terminología de una máquina electroerosionadora.....	11
1.4 – El dieléctrico en las máquinas de electroerosión .....	27

## **CAPÍTULO II.**

### **FUNCIONAMIENTO TÍPICO DE UNA MÁQUINA ELECTROEROSIONADORA.**

.....	45
2.1 – Elementos de una máquina electroerosionadora.....	49
2.2 – Descripción de las partes .....	51

## **CAPÍTULO III.**

### **ANÁLISIS DE UNA MÁQUINA DE MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO (PWM)**

.....	55
3.1 – Análisis teórico .....	56
3.2 – Ventajas de PWM y justificación de su utilización .....	61
3.3 – Diagrama a bloques del diseño y descripción de ellos .....	62

## **CAPÍTULO IV.**

<b>DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL</b> .....	65
4.1 – Condiciones iniciales de diseño .....	66
4.2 – Diseño electrónico .....	67
4.3 – Diagrama completo .....	79
4.4 – Funcionamiento final .....	80

<b>CAPÍTULO V.</b>	
<b>PRUEBAS REALIZADAS</b> .....	83

<b>CAPÍTULO VI.</b>	
<b>CONCLUSIONES</b> .....	94

<b>APENDICES.</b>	
A – Normas nacionales .....	97
B – Especificaciones técnicas de los elementos utilizados.....	108
C – Circuitos impresos. ....	136

<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	141
---------------------------	-----



# PRÓLOGO.

---

Debido a que una gran cantidad de maquinaria utilizada en la Industria de Manufactura en México tiene varios años de retraso desde el punto de vista tecnológico, y aunado al costo tan elevado que implica la compra de maquinaria nueva con tecnología de punta.

Los industriales del ramo se han visto en la necesidad de invertir en tecnología que les permita reconvertir o modificar las máquinas existentes y así poder obtener mayor provecho sin la necesidad de invertir grandes cantidades de dinero en la compra de maquinaria nueva, que en la gran mayoría es de importación lo cual aumenta el costo de ellas

La modificación o conversión por medio de circuitos electrónicos, diseñados específicamente para cada proceso Resulta conveniente para la industria, teniendo como ventajas que se emplea tecnología y diseño nacional, sin el problema de conseguir refacciones del exterior, así como un vínculo directo industria escuela, que permita poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera

La implementación de este sistema de control electrónico demuestra la viabilidad del desarrollo de sistemas alternos, para reconvertir o modificar maquinaria, solo basta con tener un poco de confianza en el desarrollo tecnológico que se lleva a cabo en nuestras instituciones de educación superior

# CAPITULO I.

## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

---

### 1.1 - ANTECEDENTES Y DEFINICIÓN DEL PROCESO.

#### MAQUINADO POR DESCARGAS ELÉCTRICAS

Fue en 1770, que el científico inglés PRIESTLEY reportó los primeros efectos de erosión por descargas eléctricas

Más recientemente, durante la investigación para eliminar el efecto erosivo de los contactos eléctricos (reelevadores, interruptores, etc.), unos científicos soviéticos decidieron explotar el efecto destructivo de una descarga eléctrica y desarrollar un método controlado del maquinado de metales

En 1943, ellos describieron un proceso de maquinado de erosión por chispas, así llamado porque las chispas (descargas eléctricas) ocurren entre un electrodo-herramienta y un electrodo-pieza, sumergido en un fluido dieléctrico

El principio del generador de descarga usado en 1943, conocido como el circuito LAZARENKO, ha sido empleado por muchos años, en fuentes de poder para máquinas E D M (Maquinado por Descargas Eléctricas) y, una forma mejorada, es usado todavía en ciertas aplicaciones. La evolución espectacular de E D M ha sido debido al trabajo de muchos investigadores, quienes han ayudado a dar luz sobre las características fundamentales de E D M e hicieron posible su completa explotación hoy día

## COMPARACIÓN DE E.D.M. Y TORMENTA ELÉCTRICA.

En una tormenta, el arco eléctrico se establece entre los objetos más altos, es decir objetos más cercanos a las nubes. La descarga provoca una onda de presión de aire y la luminosidad es la energía eléctrica, la cual hace el trabajo i.e. resquebraja un árbol, en descargas de E.D.M. esta brinca desde el electrodo al punto más cercano sobre la pieza de trabajo, la chispa crea altas temperaturas (8000°C - 12000°C) en el punto de impacto causando que el material se vaporice y algo del dieléctrico es vaporizado también, creando una onda de choque con alta presión la cual fuerza al material vaporizado a espaciarse. El material fundido se resolidifica formando un lomo alrededor del cráter (A) (figura 1.1), este lomo es ahora el punto más cercano al electrodo tal que la siguiente descarga será para el lomo formado.

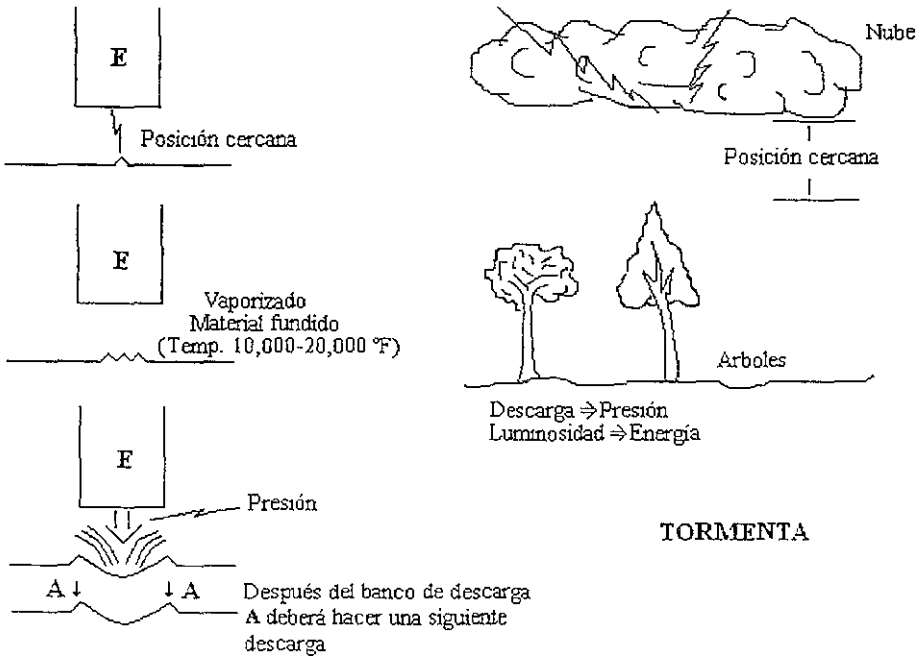


Figura 1 1

## DEFINICIÓN DEL PROCESO

E.D.M. se caracteriza por la eliminación o remoción de material producido por una serie de descargas eléctricas no estacionarias espaciadas en el tiempo entre un electrodo-herramienta y un electrodo-pieza en proceso (figura 1.2); es decir solamente una descarga ocurre al mismo tiempo (nunca hay más de una descarga al mismo tiempo), siempre las descargas deben ser a través de un fluido no conductor.

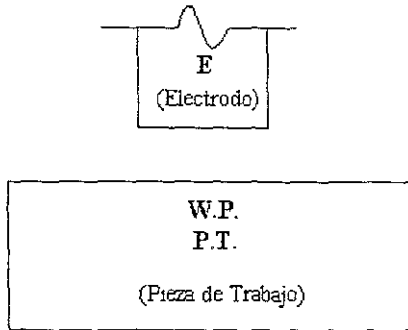
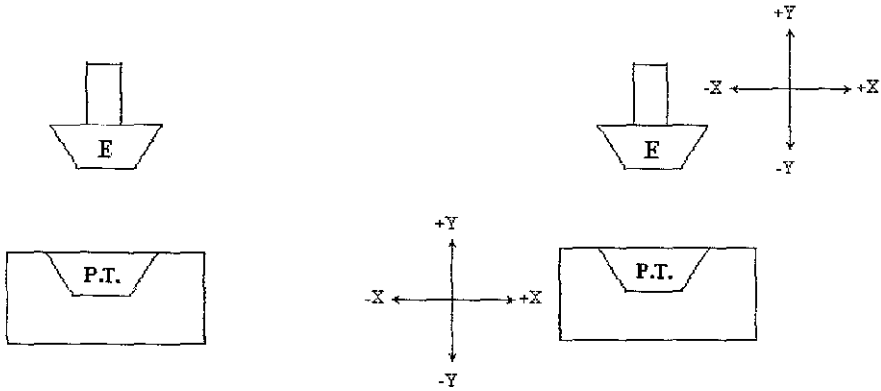


Figura 1 2.

## CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE E D.M.

El proceso de E.D.M tiene dos aplicaciones fundamentales:

- 1) Para maquinar metales duros o aleaciones, los cuales no son fácilmente maquinables por métodos convencionales (tornos, fresadoras, etc.)
- 2) Reproducir automáticamente cualquier forma usando un electrodo, de las dos formas siguientes:
  - a) Penetración del electrodo perpendicularmente a la pieza de trabajo
  - b) Penetración del electrodo combinado con un movimiento relativo entre herramienta-electrodo y pieza de trabajo (figura 1 3), (Logrando esto con accesorios)



Penetración perpendicular de electrodo en la pieza de trabajo

Movimientos posibles de pieza de trabajo ó electrodo para reproducir una figura

Figura 1 3

### APLICACIÓN EFICIENTE DE E.D.M

Antes de utilizar E D M para remoción de metales, nosotros debemos considerar las ventajas y desventajas de E D M comparada con máquinas herramientas convencionales

#### VENTAJAS

Los metales pueden ser removidos sin importar la dureza

Cuando la dureza del material incrementa, el corte de material va siendo gradualmente más difícil y a una cierta dureza el corte de material es imposible por máquinas y herramientas convencionales

La figura 1 4 muestra una gráfica comparativa del maquinado por máquinas y herramientas, y maquinado por F D M

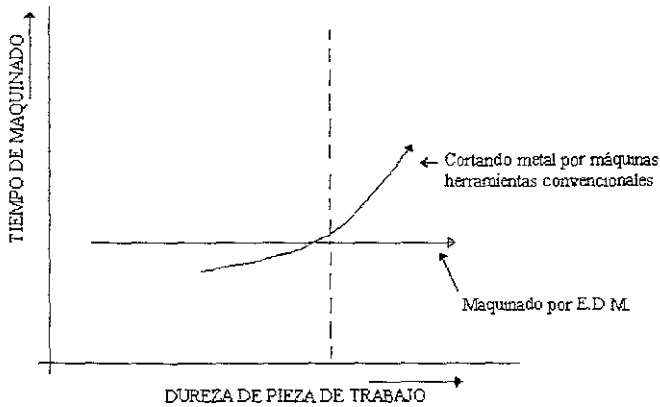


Figura 1 4

Generalmente E.D.M. es usado en el maquinado de:

1. - Materiales exóticos, tales como carburo de tungsteno, acero. etc.
2. - Materiales con tratamiento térmico
3. - Ambas partes del molde, superior e inferior de cavidades de 3 dimensiones y dados de forja.
4. - Remoción de formas imperfectas y barrenos

### CUALQUIER MATERIAL ELÉCTRICAMENTE CONDUCTOR PUEDE SER REMOVIDO

Los materiales flexibles y duros tales como acero inoxidable y otras aleaciones son difíciles de maquinar con herramientas convencionales

### MAQUINADO DE FORMAS COMPLICADAS O IRREGULARES.

En el caso de maquinado de formas simples, tales como agujeros redondos, la E.D.M. no es ventajoso, porque la razón de remoción de material es más baja que por corte con máquinas herramientas convencionales

Por ejemplo

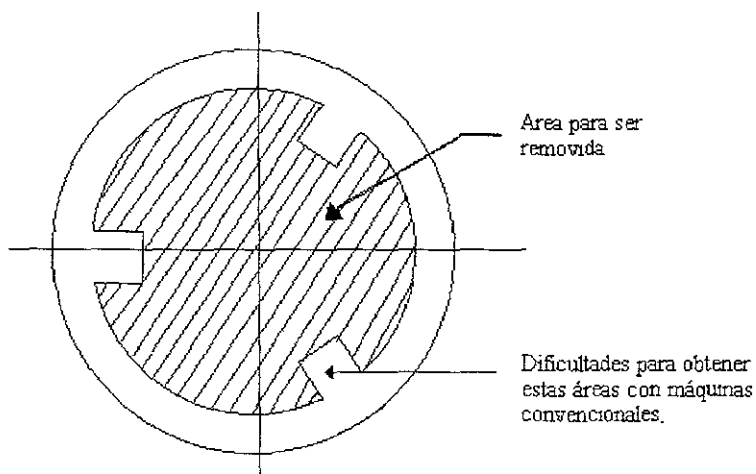


Figura 1.5

Cuando se requiere el maquinado de una forma difícil debe evaluarse si el costo total requerido por maquinado E D M , materia prima y fabricación de un electrodo es menor que el costo requerido por maquinados convencionales en acabados finos, para decidir si E D M debe ser utilizado

### MAQUINADO DE ALTA PRECISIÓN

Cuando maquinamos moldes de varias cavidades es difícil obtener la mejor precisión con máquinas herramientas convencionales. Para la fabricación áspera, máquinas herramientas convencionales son usadas, y para semiacabados y fabricación de acabados finos, la E.D.M deberá ser empleada

La precisión por maquinado E D M está en el rango de  $+0.005\text{mm}$  hasta  $+0.01\text{mm}$  pero depende de las condiciones de maquinado y habilidad del operador

APLICACIONES DE E.D.M

	<b>MAQUINADO A TRAVÉS DE AGUJERO</b>	<b>MAQUINADO 3-DIMENSIONES</b>	<b>OTROS</b>
<b>MANUFACTURA DE MATRICES</b>	1)MATRIZ DE CORTE 2)MATRIZ DE RASURAR 3) DADO DE EXTRUSIÓN 4) OTROS	1) DADOS DE FORJA. 2) DADOS DE FUNDICION 3) MOLDES PARA VIDRIO. 4) MOLDES PARA PLÁSTICO. 5) MOLDES PARA HULE 6) OTROS	REPARACIÓN DE MATRICES
<b>PARTES DE PRODUCCIÓN Y OTROS</b>	1) PEQUEÑOS AGUJEROS 2) RANURAS MUY DELGADAS 3) REMOCIÓN DE BROCAS 4) OTROS	1) BOQUILLAS DE TURBINA.	CORTADORES



### 1.3 - TERMINOLOGÍA DE UNA MÁQUINA ELECTROEROSIONADORA

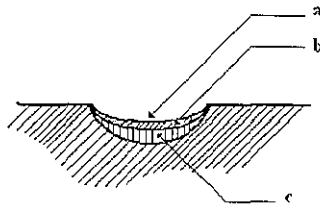
DEFINICIÓN DE LOS TÉRMINOS USADOS MAS FRECUENTEMENTE EN E D M.

TERMINOLOGÍA GENERAL:

**ARCO** Serie de descargas estacionarias. Los arcos tienen un efecto destructivo y dañino (los arcos no son deseados)

**CONTAMINACIÓN.** Contaminación del dieléctrico en la zona de descargas (Gap), debida a las partículas del material erosionado, y residuos resultantes del "CRACKING"

**CRÁTER:** Caverna que deja en la superficie erosionada una chispa o descarga (figura 1 8).



- a - CRATER
- b - ZONA RECOCIDA
- c - ZONA SOBRECALENTADA

Figura 1 8

**DESIONIZACIÓN** La transición del gap de conductor a no conductor, estado final de cada descarga

**DISTANCIA DE DESCARGA LIMITE DIAMETRAL** Diferencia entre la dimensión de la cavidad o abertura producida por el electrodo y las dimensiones del mismo

a) F-F' DISTANCIA DE DESCARGA LIMITE DIAMETRAL: Diferencia entre la dimensión del electrodo y la dimensión de la cavidad producida por el electrodo, medida desde el fondo del cráter (figura 1 9)

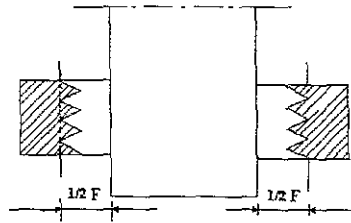


Figura 1.9.

b) E-E' DISTANCIA DE DESCARGA PROMEDIO DIAMETRAL: Diferencia entre la dimensión del electrodo y la dimensión de la cavidad producida por el electrodo, es medida entre el electrodo y una línea media pasando a través del cráter (figura 1 10).

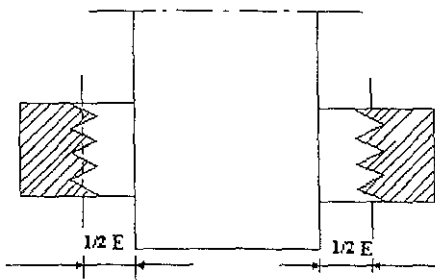


Figura 1 10

**FLUIDO DIELECTRICO:** Es un fluido no conductor en el cual el electrodo y pieza de trabajo están sumergidos y a través del cual ocurren las descargas

**ELECTRODO** Herramienta de trabajo usada en E D M

**GAP** Es la distancia mínima entre la cavidad en la pieza de proceso y un electrodo, en el cual ocurren las descargas (Figura 1 11)

a) Gap lateral a: La distancia entre el electrodo y la pieza de trabajo a ángulos rectos en el eje de penetración del electrodo.

b) Gap frontal. Espacio entre electrodo y pieza de trabajo a lo largo del eje de penetración del electrodo.

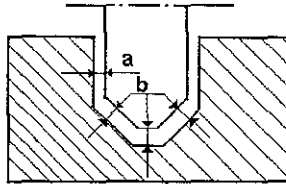


Figura 1.11.

**IONIZACIÓN** : Establecimiento del movimiento de electrones, resultado de la diferencia de potencial eléctrico entre el electrodo y la pieza de trabajo

**ESTABILIDAD DEL MAQUINADO**: Condición de maquinado La estabilidad del maquinado es buena si el avance en profundidad es regular y libre de cortos circuitos o descargas anormales Esto se logra con adecuado ajuste de la máquina (velocidad adecuada del electrodo, correcta colocación de la pieza de trabajo y el electrodo, etc ) y la fuente de poder (voltaje, corriente e intervalos de pulsos adecuados )

**SOBRE CORTE**. Es la diferencia entre las dimensiones del electrodo de acabado y la dimensión correspondiente a la cavidad o abertura ya erosionada con el electrodo de desbaste o semiacabado (figura 1 12)

Expresado matemáticamente

$$SC = d - D$$

SC = Sobrecorte

D = Dimensiones de la cavidad o abertura ya erosionada con el electrodo de desbaste o semiacabado

d = Dimensiones del electrodo de acabado

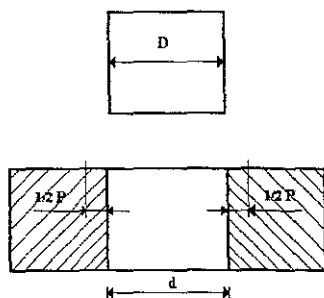


Figura 1.12

**CORTE DE SEGURIDAD** Se debe disminuir las dimensiones del electrodo de desbaste y semiacabado ya acumuladas de acuerdo a la tecnología, para tomar en cuenta cualquier posible error cometido en la fabricación de dichos electrodos, con respecto al de acabado (paralelismo, contorno)

**CORTOS CIRCUITOS** Esta condición se produce cuando el electrodo y la pieza en proceso hacen contacto directo eléctrico ( No afecta a ninguna de las partes)

	E (-) POLARIDAD W.P. (+) INVERSA	E (+) POLARIDAD W.P. (-) NORMAL
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></div> : (+)</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></div> : (-)</div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></div> E</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></div> W</div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></div> E</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></div> W</div>
E: ELECTRODO W.P.: PZA. DE TR.	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></div> W</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></div> E</div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></div> W</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></div> E</div>
<b>EJEMPLO</b>	AgW CuW - Wc (W)	Cu-St, Gr-St (W)

**RAZÓN DE REMOCIÓN** La razón de remoción esta indicada por peso o volumen del material a removerse desde la pieza de trabajo en una unidad de tiempo y calculada como sigue

$$g/min = \frac{\text{volumen en peso removido}}{\text{tiempo requerido para maquinado E D M}} \cdot \frac{W - W'}{t}$$

W = Peso de la pieza de trabajo antes de aplicar el E.D.M.  
W' = Peso de la pieza de trabajo después de aplicar E.D.M.  
t = tiempo requerido de maquinado.

Ejemplo La razón de remoción para un material determinado puede darse como:  
 $1 \text{ g/min} = 128 \text{ mm}^3/\text{min} = 0.0078 \text{ in}^3/\text{min}$

Para saber el tiempo de maquinado requerido por E.D.M. es necesario calcular el total de material a removerse

Ejemplo:

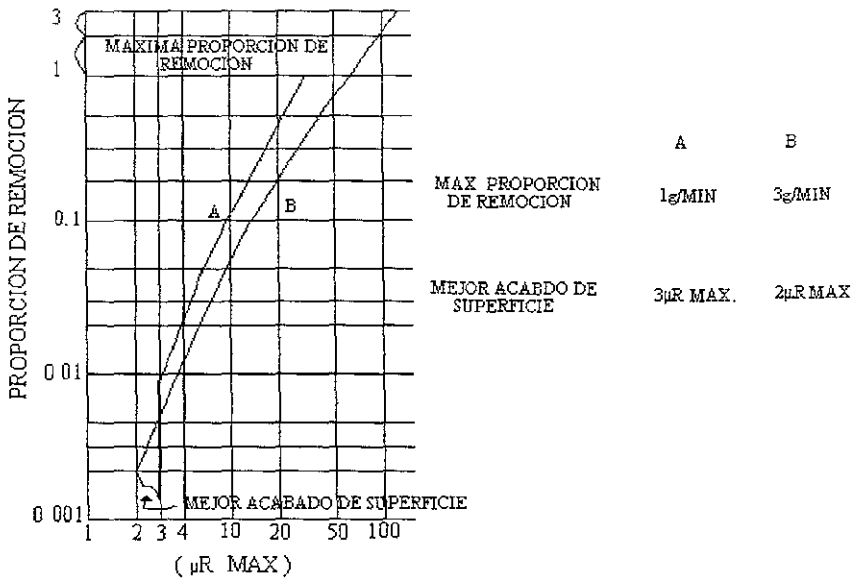
Cantidad a remover = 10 g  
Razón de remoción = 0.1 g/min.  
Tiempo estimado de maquinado = 100 min.

Este tiempo regularmente es mayor que el estimado dependiendo de las condiciones de maquinado. El operador de E.D.M. debe tratar de acortar la diferencia entre el tiempo estimado y el tiempo real de maquinado, i.e. selecciona las mejores condiciones de maquinado (presión del dieléctrico, voltaje, corriente y un intervalo de pulsos adecuado, así como la velocidad del electrodo en su avance).

La razón de maquinado está influenciada por la estabilidad de maquinado, remoción de material fundido por el dieléctrico, cambios de estado del maquinado con el tiempo etc. especialmente para un pulso de descarga muy largo y corrientes, pico también muy grandes. El maquinado puede volverse intermitente desde una chispa de descarga hasta arcos indeseables, por el contrario si la corriente es muy pequeña, la descarga no puede ser hecha propiamente y puede causar que el maquinado ocurra a intervalos irregulares

En la carta que se muestra en la figura 1.13, las curvas representan la rugosidad de superficie contra la razón de remoción. Aquí se observa que una remoción más rápida provoca una superficie más rugosa

En la gráfica, la curva B muestra que la razón de remoción es dos o más veces que la mostrada por la curva A, dentro del rango de superficie de acabado entre 3 y 30  $\mu\text{R max}$



CURVA DE PROPORCION DE REMOCION VS ACABADO DE LA SUPERFICIE

Figura 1.13

**RUGOSIDAD DE SUPERFICIE:** Es la media aritmética del valor de la altura de irregularidades de la superficie en  $\mu\text{m Rmax}$  determinada en ciertas partes previamente elegidas en la superficie maquinada.

Generalmente los valores de rugosidad de superficie en diferentes puntos sobre la superficie no son iguales y usualmente muestran una considerable dispersión, ahora bien, el número de puntos debe ser decidido, tal que pueda hacerse una estimación efectiva, hay dos rugosidades de superficie de interés que son Rugosidad de superficie lateral  $R_s$  y rugosidad de superficie de fondo  $R_f$ .

La rugosidad de fondo puede ser expresada por

$$R_f = K_r * (T_{on})^{0.3} * (I_p)^{0.4} \quad (\mu\text{m Rmax})$$

donde  $K_r$  es una constante determinada considerando los materiales empleados en la pieza de trabajo y electrodo

Ejemplo.

$$\begin{aligned} K_r &= 2.3 \text{ para Cu + St -} \\ K_r &= 9.8 \text{ para Gr + St} \end{aligned}$$

Generalmente la rugosidad lateral puede ser expresada en términos de rugosidad de fondo como sigue:

$$R_s = (0.4 \sim 0.8) R_f$$

Una vista de corte transversal de un cráter de descarga es esquemáticamente mostrada en la figura 1 14. El hueco en el centro es creado por el esparcimiento del metal fundido y la porción levantada en la periferia de esto es llamada la cresta del cráter C, la cual es producida por la expulsión del material fundido. La razón de la profundidad del cráter H y el diámetro D del cráter está en el rango de 1/15 hasta 1/30 como es experimentalmente observado.

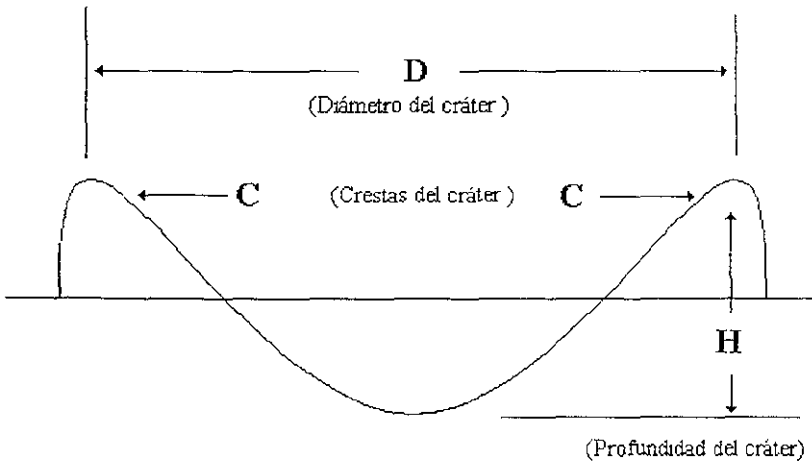


Figura 1 14

La relación entre la profundidad con una sola descarga H y la rugosidad de superficie R es expresada como

$$H \sim R \sim H/3$$

## TASA DE DESGASTE DEL ELECTRODO

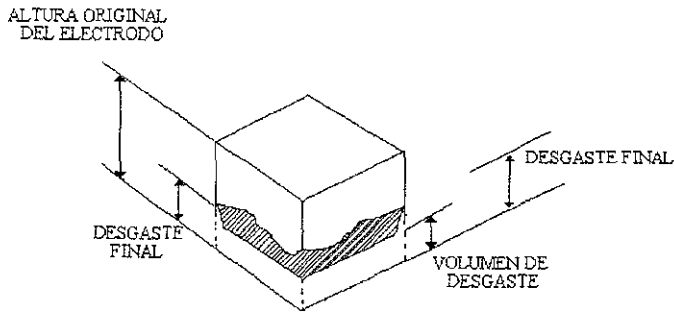


Figura 1 17.

La tasa de desgaste del electrodo, se define como la cantidad de desgaste del electrodo en relación con el material removido y se expresa en por ciento.

$$\text{TASA DE DESGASTE DE ELECTRODO (\%)} = \frac{\text{CANTID. DE DESG. DEL EL.F.C.}}{\text{CANTID. DE METAL REMOV.}} * 100$$

Esta expresión puede ser dada en tres formas diferentes, dependiendo de que mediciones se hagan en peso, volumen o largo

a) Desgaste de electrodo en peso Se obtiene pesando las piezas antes y después del trabajo para poder medir la pérdida de peso, tiene la ventaja de ser muy fácil pero la gran desventaja de que los materiales que se usan tanto de electrodos como de pieza a trabajar tienen densidades tan distintas que no hacen posible la comparación entre dos combinaciones ELECTRODO-MATERIAL- FUENTE diferentes

b) Tasa de desgaste en volumen El cálculo del volumen desgastado tanto electrodo como del material es muy difícil de calcular directamente así que conviene definirlo en función del desgaste en peso y de las densidades respectivas así.

$$\text{TASA DE DESGASTE EN VOLUMEN} = \frac{\text{TASA DE DESGASTE EN PESO} * \text{PESO ESPECIFICO DE P.T}}{\text{PESO ESPECIFICO DE ELECTRODO}}$$



## Diferentes tipos de desgaste del electrodo.

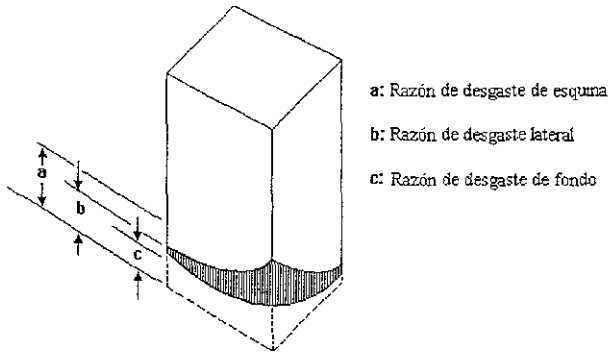


Figura 1 19.

### RAZÓN DE DESGASTE LATERAL O ESQUINAS.

Erosionando un agujero completamente en la pieza de trabajo, teniendo un cierto espesor y midiendo la longitud del desgaste lateral o de esquina del electrodo.

$$\text{Razón de desgaste lateral o esquinas} = \frac{L}{t} * 100 (\%)$$

Donde,

L = Longitud de desgaste lateral o esquinas.

t = Espesor de la pieza de trabajo

Por ejemplo

Cuando la profundidad de una pieza es de 4 mm con un electrodo que ha penetrado 5 mm, el desgaste será de 25 %

El desgaste de electrodo del vértice aumenta notablemente con el ángulo de dicha arista, la gráfica de la figura 1 20 da una idea del desgaste que se puede obtener

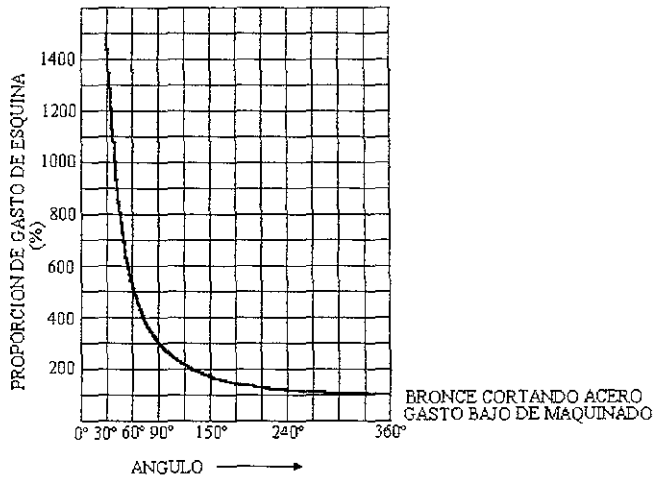


Figura 1.20

La mejor manera de medirlo en este caso es pasando un electrodo de lado a lado en una pieza y midiendo el largo del desgaste de vértice en el electrodo que no ha sufrido desgaste de fondo

$$\text{DESGASTE DE ARISTA} = \frac{L}{T} * 100 \%$$

Donde

- L Largo de desgaste
- T Espesor de la pieza

Hay tres tipos de sobrecorte como se muestra en la figura 1.21 que son, sobrecorte de entrada, salida y de fondo

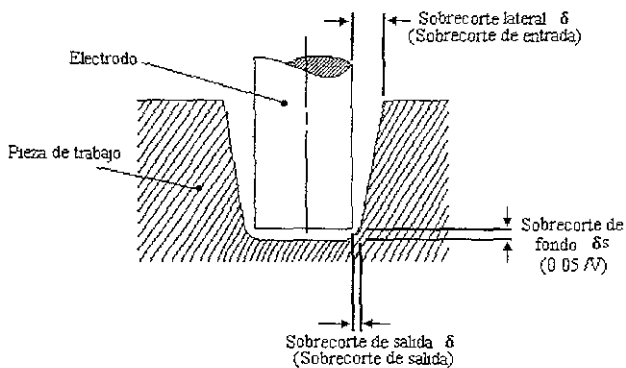


Figura 1 21.

En maquinado a través de agujero al sobrecorte de salida y al sobrecorte lateral se le llama de entrada.

La relación entre estos y sus factores determinantes son evaluados como sigue (figura 1 22):

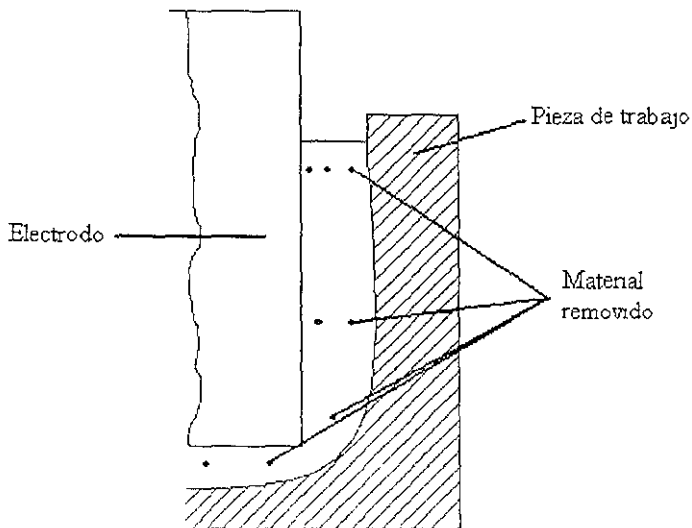


Figura 1 22

En el peor de los casos con enjuague muy pobre y muchas descargas secundarias, el sobrecorte de entrada puede ser tres veces el sobrecorte de salida

**SOBRE CORTE (overcut)** El sobrecorte se define como la luz u holguera por lado que hay entre el electrodo y la cavidad erosionada, puede ser calculado midiendo "B" y "C" como se muestra en la figura 1.23 y calculado como sigue:

$$\text{SOBRECORTE} = \frac{B-C}{2} \text{ mm}$$

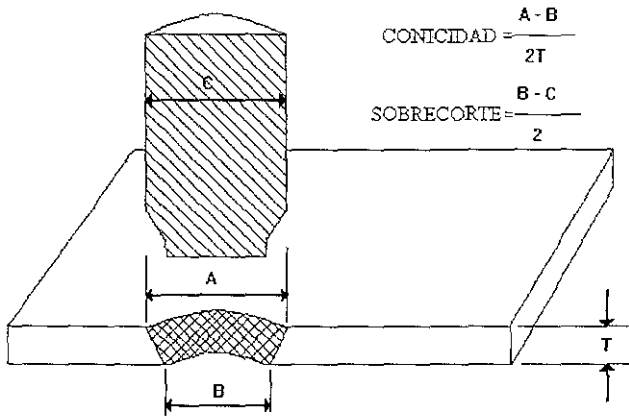


Figura 1 23

**CONICIDAD** La conicidad en la cavidad variará dependiendo de las condiciones de maquinado usadas

La conicidad se define como sigue

$$\text{CONICIDAD} = \frac{A-B}{2T}$$

La conicidad es debida a descargas secundarias al ajuste poco adecuado del voltaje de maquinado y a las condiciones de enjuague de la pieza.

**EFFECTOS RESIDUALES DE LA ELECTROEROSIÓN:** Nos referimos a efectos residuales de la electroerosión a la capa superficial afectada por la energía para el maquinado y a su profundidad. Esta capa hay que removerla en muchos casos.

### MAQUINADO DE DESBASTE (figura 1.24)

RS Efecto residual al desbaste

RO. Sobrecorte al desbaste.

T Conicidad al desbaste.

D : Profundidad de maquinado

OL : Paredes laterales dejadas por el acabado

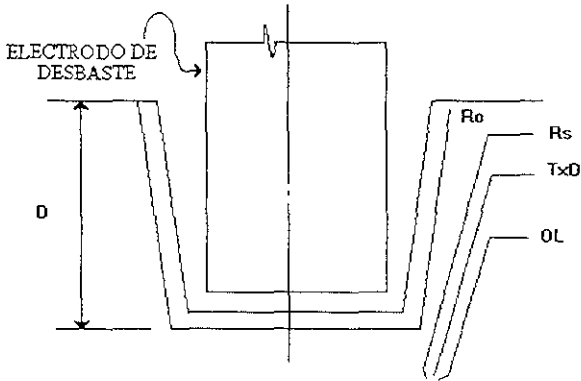


Figura 1.24

MAQUINADO DE ACABADO (figura 1.25)

- Fo: Sobrecorte al acabado.
- T : cavidad al acabado
- Fs. Acabado superficial al acabado.

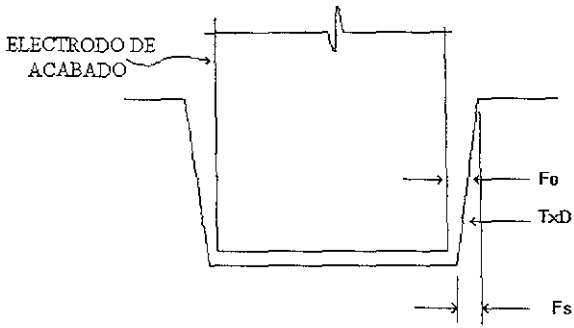


Figura 1.25

## 1.4 EL DIELECTRICO EN LAS MAQUINAS DE ELECTROEROSION.

En general un fluido dieléctrico con alta resistencia de aislamiento se usa en E D M. Dado que el entrehierro entre electrodo y pieza es sumamente pequeño se debe elegir aceites de muy baja viscosidad siendo los querosenos muy frecuentemente usados.

El papel que juega el dieléctrico en la E.D M. es de vital importancia y de manera muy general puede ser dividido en las cuatro funciones que a continuación se describen.

1°- El dieléctrico enfría la columna de descarga eléctrica. Este enfriamiento hace que la columna sea más delgada e incrementa por tanto la densidad de corriente en el punto de descarga.

Como consecuencia, la densidad de energía y la presión del impacto se elevan, dispersando más fácilmente el metal fluido o vaporizado del punto de descarga eléctrica.

2°- El dieléctrico enfría las partículas resultantes del maquinado, esto es, al ocurrir el arco se generan una gran cantidad de partículas líquidas y vapores que se esparcen del punto de descarga y que son inmediatamente enfriadas y convertidas en sólidas para prevenir que se depositen en el electrodo, facilitando así su movimiento y provocando el flujo continuo que aleja los residuos del punto de descarga.

3°- El dieléctrico enfría el material fundido de la descarga residual. El fluido rápidamente restablece así el aislamiento eléctrico del entrehierro de descarga (efecto desionizador) y por tanto ayuda a elevar la frecuencia de las descargas.

4°- El dieléctrico sirve de vehículo. Principalmente durante los tiempos de pausa remueve por su velocidad de flujo, los gases de descomposición, las partículas, los betunes o alquitranes formados en la descomposición y otras partículas del entrehierro y contribuye así a la repetición sostenida de las descargas eléctricas.

Cuando se usa por mucho tiempo, el dieléctrico se contamina y ennegrece por partículas, carburos o alquitranes de descomposición.

Un dieléctrico contaminado reduce la eficiencia de trabajo y un dieléctrico extremadamente sucio puede además aumentar la distancia de arqueo y con ello el sobrecorte de la operación. En estos casos el dieléctrico deberá ser filtrado para remover partículas de hasta 1 micra de diámetro.

Los dieléctricos aislantes varían su resistividad desde 30 kV/cm a 1 kV/cm

Entre los aceites aislantes están. Querosenos, aceites para husillos, aceites para máquinas y aceite silicón La figura 1.26 muestra la relación entre temperatura VS velocidad de remoción y temperatura VS acabado indicando que la viscosidad juega un papel inportantísimo en las características de maquinado

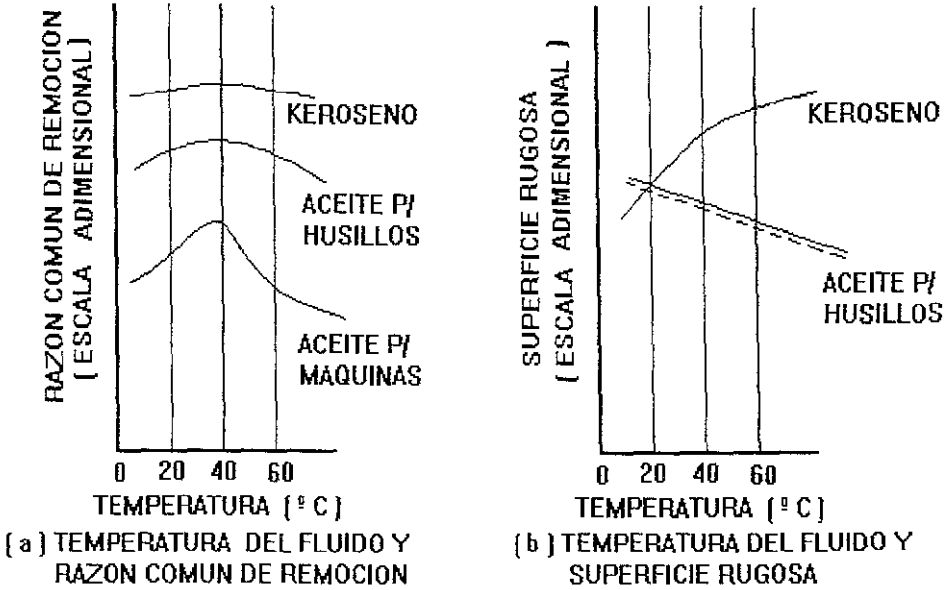


Figura 1.26

Visto desde la seguridad de operación los aceites con un punto de ignición o una temperatura de flama más elevada son más adecuados desde el punto de vista práctico. Los aceites tienen aquí una gran ventaja

Se debe de considerar también que el dieléctrico no debe lastimar la piel de los operadores y que los gases producidos por la descomposición no sean dañinos para su salud En lo general los gases producidos por descarga en hidrocarburos son principalmente acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>), etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e hidrógeno, ya que son hidrocarburos los que se usan más comúnmente, es muy importante prever un buen sistema de extracción de humos



## CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO DE DISPERSIÓN DE METAL

Los electrodos (incluyendo la pieza de trabajo) se consumen por el efecto de las descargas eléctricas, y las partículas del metal resultante se dispersan y mezclan con el dieléctrico, los gases de la descomposición dan lugar a mayores descargas secundarias. Estos fenómenos reducen la rigidez dieléctrica del fluido y conducen a descargas continuas durante el maquinado.

La figura 1.27 muestra la variación del voltaje de ignición en función del porcentaje en volumen de partículas conductoras de grafitos Ag, Fe y Ni en porcentaje de 0.01, 12, 30, 100 y 500 ppm.

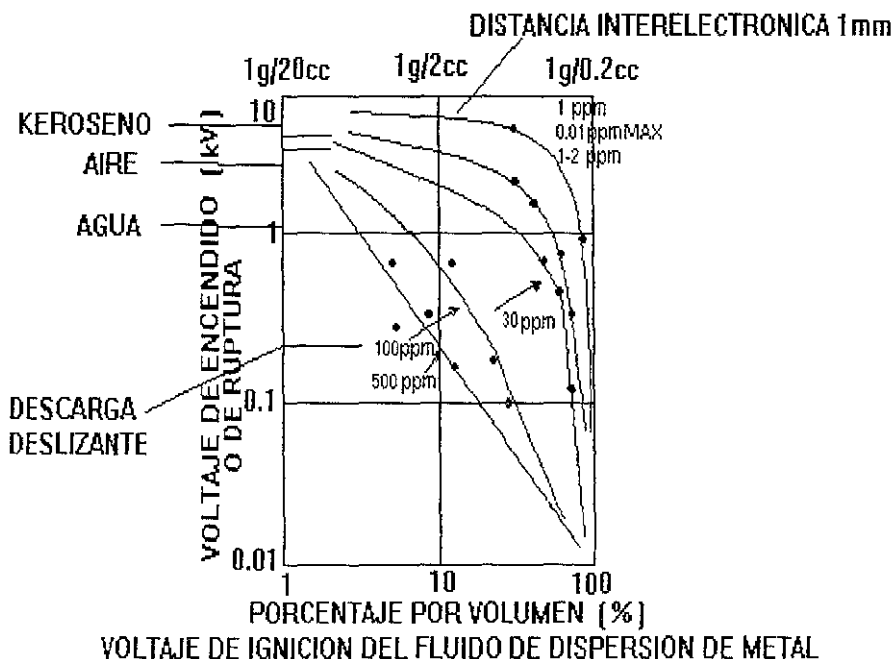


Figura 1 27

Los resultados muestran claramente que a medida que las partículas son menores, menos afectan el voltaje de ignición y cuando son tan grandes como 500 ppm el voltaje de ignición cae

No hay prácticamente variación con el tipo de material conductor que se use en la prueba.

Como resumen, las condiciones que debe reunir un dieléctrico son:

- 1°- baja viscosidad
- 2°- Puntos elevados de inflamabilidad y vaporización.
- 3°- Alta resistencia de aislamiento.
- 4°- No ser perjudicial a la salud.
- 5°- No emitir gases o vapores dañinos.
- 6°- Gran capacidad de enfriamiento.
- 7°- Bajo costo.
- 8°- No ser corrosivo para la pieza.

### ENJUAGUE.

La correcta circulación del fluido dieléctrico entre electrodo y pieza de trabajo es un factor muy importante en E.D.M. establecer condiciones de enjuague son esenciales para obtener una alta eficiencia.

Analizaremos qué pasa en el GAP cuando maquinamos sin enjuague.

Iniciamos con el fluido dieléctrico limpio, libre de partículas erosionadas y residuos de carbón resultado del "CRACKING" del dieléctrico, siendo que la resistencia de aislamiento de un dieléctrico limpio es mayor que la de uno contaminado con partículas hay una pausa antes de que esté aislamiento sea roto y la primera descarga ocurra.

Las partículas creadas por la primera descarga actúan como escalón o pasillo en el GAP reduciendo la resistencia dieléctrica tal que la descarga puede desarrollarse más fácilmente (figura 1.28)

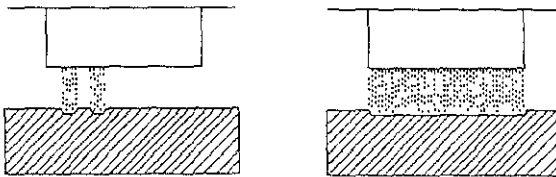


Figura 1 28

Siempre si la densidad, de partículas es mayor en cierto punto en el GAP se forman "puentes", los cuales crean una trayectoria conductora (figura 1 29), resultando descargas anormales, esto puede degenerar en arcos y causar daño a la pieza de trabajo y electrodo. Esto hace que las partículas deban ser eliminadas por enjuague, al circular el fluido en el GAP.

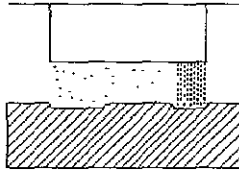


Figura 1 29

Por lo tanto el enjuague es un factor importante en E.D.M así como los parámetros eléctricos estudiados anteriormente, estos deben ser ajustados cuidadosamente para dar el grado mínimo de contaminación en el dieléctrico para producir óptimos resultados.

Hay diferentes métodos de enjuague que se emplean de acuerdo al problema a resolver

### ENJUAGUE POR INYECCIÓN

En este método de enjuague el fluido dieléctrico es inyectado a través de la pieza de trabajo vía un depósito o a través del electrodo.

En la figura 1.30b, la pieza de trabajo es perforada montándose sobre un depósito conectado a la fuente de enjuague.

En la figura 1.30a, el electrodo es perforado y el fluido dieléctrico es eliminado a través de él en el cualquiera de las dos formas directamente o via porta electrodo

Piezas maquinadas utilizando enjuague por inyección son siempre ligeramente cónicas Planas cuando usamos el electrodo con un perfil constante este efecto cónico es hecho por forzar las partículas hacia arriba por los lados del electrodo, produciendo descargas laterales (no deseadas)

Como resultado, este método de enjuague es algunas veces usado cuando maquinamos herramientas de prensar donde un pequeño claro cónico es requerido, la herramienta por supuesto debe ser maquinado sobre el lado opuesto tal que la conicidad obtenida esté en el sentido recto

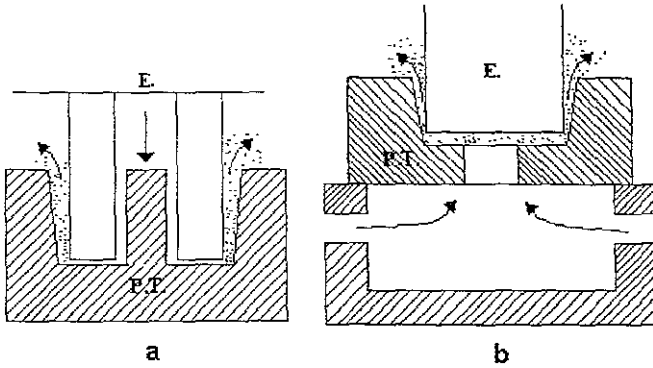


Figura 1 30

Cuando maquinamos con electrodos tubulares es algunas veces necesario parar cuando el electrodo alcanza el nivel de la cara de abajo para que el poste el cual tiene la tendencia a caerse y causar un corto circuito, pueda ser removido

### ENJUAGUE POR SUCCIÓN

Con este método de enjuague el fluido es succionado, en cualquiera de las dos formas a través de la pieza de trabajo vía un depósito (tina) o a través del electrodo. Comparando con enjuague de inyección, la succión puede salvar el efecto cónico de las chispas vía las partículas a lo largo de los lados del electrodo. El orificio obtenido es prácticamente cilíndrico pero como veremos después algunas precauciones deben ser tomadas (figura 1 31)

## ENJUAGUE LATERAL

Este método es usado cuando es imposible perforar uno o más agujeros de enjuague ya sea en el electrodo o la pieza de trabajo. Es el caso por ejemplo de ranuras angostas y en moldes de plástico.

Para llevar acabo este tipo de enjuague es necesario utilizar boquillas las cuales son cuidadosamente ajustadas para que toda la superficie del electrodo sea igualmente enjuagada. Esta técnica es siempre combinada con movimientos del electrodo para ayudar a la acción del enjuague.

Cuando maquinamos una superficie plana (figura 1.33), la dirección del enjuague debe coincidir con el ángulo de entrada donde formas longitudinales no son planas, tenemos que utilizar boquillas especiales de acuerdo al perfil de la matriz.

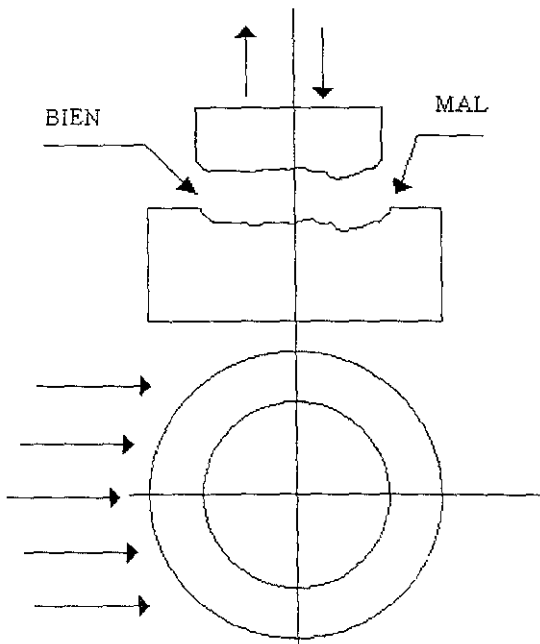


Figura 1 33

Cuando la dirección de enjuague no es paralela a la pared del electrodo pueden resultar turbulencias y solamente una pequeña cantidad de dieléctrico entra al GAP produciendo un enjuague pobre (figura 1 34)

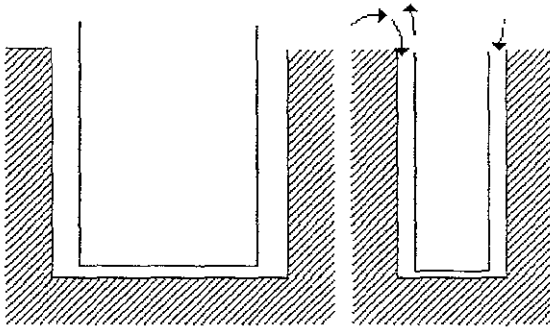


Figura 1.34.

Por otra parte si el enjuague es directamente sobre la pared del electrodo entra en el GAP (figura 1.35).

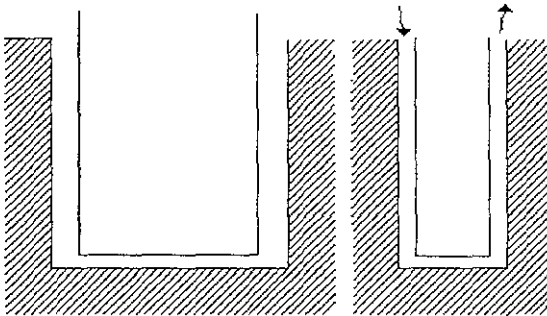


Figura 1 35

El enjuague lateral nunca debe ser directamente simultáneo desde ambos lados del electrodo siendo que los flujos tienden a cancelarse uno a otro en el fondo de la cavidad y las partículas no son llevadas fuera

Cuando maquinamos ranuras rectangulares el flujo dieléctrico debe ser aplicado a todo lo largo de la pared del electrodo tal que llegue directamente al fondo de la cavidad (figura 1.36)

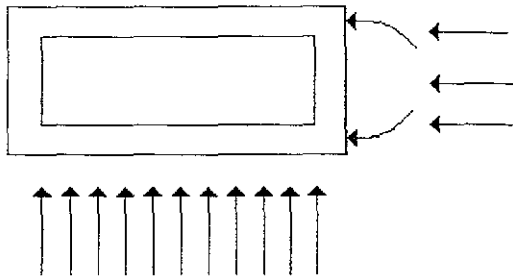


Figura 1.36.

### ENJUAGUE POR BOMBEO DEL DIELECTRICO

El enjuague es obtenido usando el movimiento de JUMPING del electrodo cuando el electrodo es subido, el GAP incrementa, resultando en que el dieléctrico limpio inicia la succión dentro para mezclarlo con el fluido contaminado llevándolo fuera (figura 1.37).

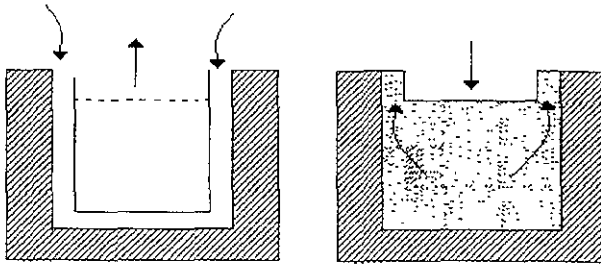


Figura 1.37

### TÉCNICAS DE ENJUAGUE

**Presión de enjuague** Esta presión es medida sobre el medidor que se encuentra en el tanque de trabajo (manómetro)

En el maquinado con electrodos metalicos para ambos casos (enjuague y succión), la presión debe ser puesta tan baja como sea posible para reducir el desgaste

En el maquinado con electrodo de grafito Con inyeccion o succion La presión no es crítica para el desgaste del electrodo

b) La salida del agujero de maquinado sobre el lado de abajo de la pieza de trabajo, debe ser hecho tal que sobre una distancia de unas pocas décimas de milímetro la chispa del GAP sea muy pequeña. Para prevenir que una pequeña conicidad ocurra en la pieza de trabajo una placa de 1 mm de espesor puede ser insertada entre la pieza y la tina, o la pieza pueda ser hecha 1 mm de espesor mayor al requerido y después ser removido por rectificado (figura 1.41).

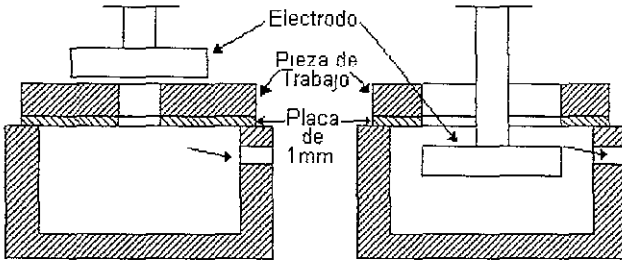


Figura 1.41

Ejemplos de enjuague lateral:

a) Una ranura angosta es maquinada entre el electrodo y el soporte. El fluido dieléctrico fluye fácilmente hacia abajo por un lado del electrodo (figura 1.42)

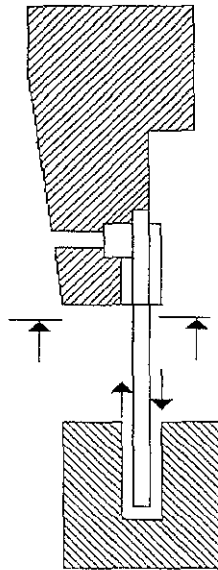


Figura 1.42



b) Una boquilla plana dirige el dieléctrico hacia un lado del electrodo, para prevenir movimientos laterales del electrodo (figura 1 43).

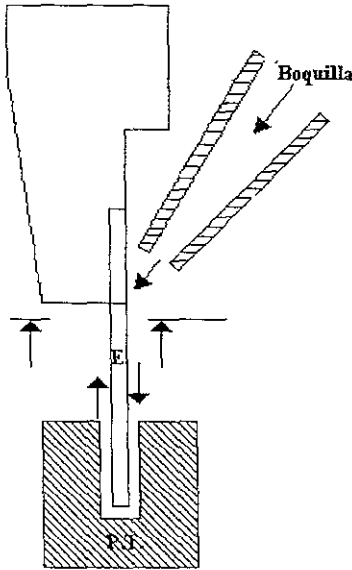


Figura 1.43.

Cuando maquinamos formas delgadas muy complejas como en extrusión de aluminio esto ofrece dificultades para premaquinar agujeros en los dados, siendo que son bastante duros

Un excelente dispositivo de enjuague puede ser construido como se muestra en la figura 1 44

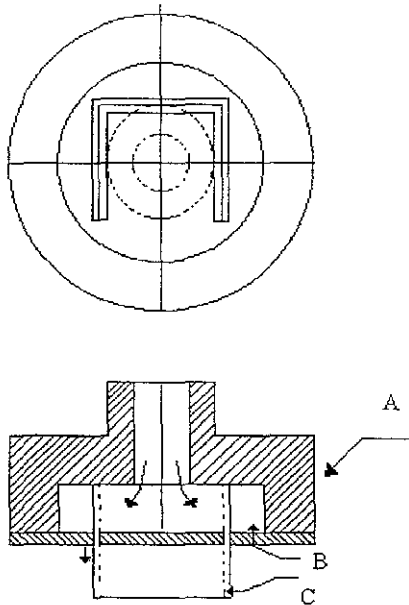


Figura 1 44

El electrodo (C) es fijado en la parte baja de la cámara (B)

- Una placa de aluminio de aproximadamente 2 mm de espesor es erosionada usando el electrodo después del desplazamiento de la mesa en dos direcciones X Y y (Alrededor de 0.5 mm), esta placa es otra vez maquinada para agrandar el agujero
- Esta placa de aluminio es después pasada sobre el electrodo y fijada en la parte baja del electrodo, teniendo cuidado que la ranura de enjuague formada entre el GAP del agujero largo y el electrodo permita el enjuague hacia abajo sobre un lado solamente para la parte opuesta al enjuague como se muestra en la figura 1 45.

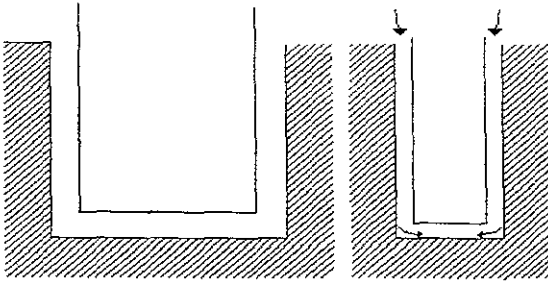


Figura 1.45.

El maquinado de la placa de aluminio toma solamente unos pocos minutos pero la ganancia de tiempo de maquinado es considerable.

### ENJUAGUE DE FLUJO CRUZADO

Esta técnica de enjuague es muy efectiva cuando es difícil de barrenar agujeros para enjuague. Cuando los electrodos son bastante rígidos puede darse el caso que sea imposible realizar ciertos trabajos de E D M. sin el uso de este sistema (figura 1.46).

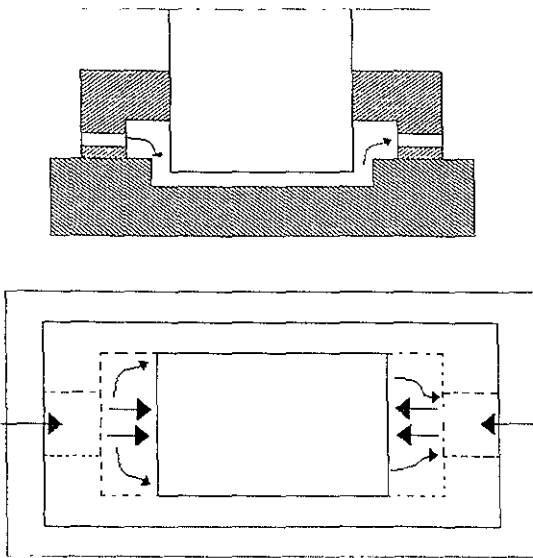


Figura 1 46

## ENJUAGUE COMBINADO

Aquí ambos, succión e inyección son combinados, esta técnica es frecuentemente usada cuando maquinamos moldes o matrices de formas complejas esto permite la salida de los gases y partículas, las cuales se acumulan en las partes convexas de la pieza de trabajo, además aseguran una buena circulación del dieléctrico sobre toda la área del maquinado (figura 1.47).

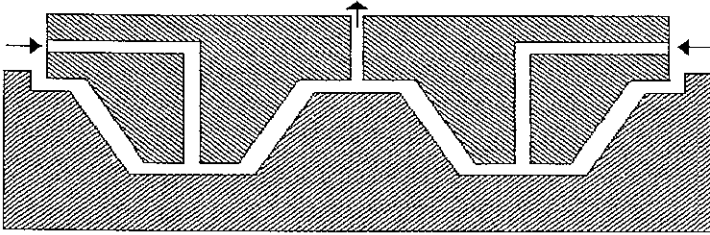


Figura 1.47.

## ENJUAGUE PARA CAVIDADES DE "LADO ABIERTO" O AGUJEROS

Para evitar escape de dieléctrico a través del lado abierto Una pieza de aluminio, por ejemplo (a) puede ser fijada en ese lado y maquinarlo al mismo tiempo que la pieza de trabajo como resultado, la presión de enjuague es alcanzada y el maquinado puede hacerse bajo buenas condiciones de enjuague (figura 1.48)

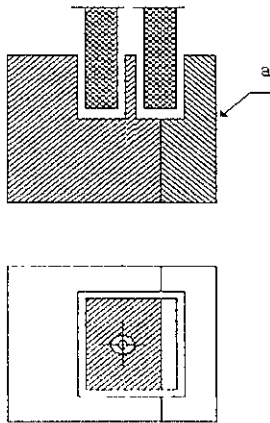


Figura 1.48

## **CAPITULO II.**

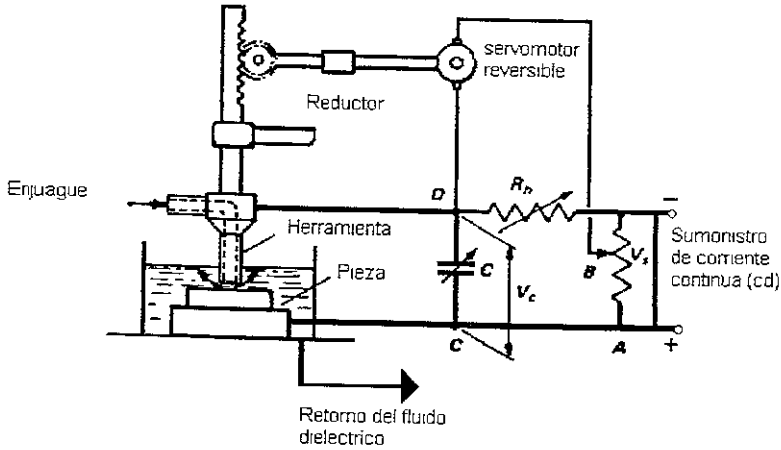
### **FUNCIONAMIENTO TÍPICO DE UNA MÁQUINA ELECTROEROSIONADORA.**

---

En el capítulo I mencionamos y describimos el principio físico en que está sustentado el Maquinado por Descargas Eléctricas (E.D.M.), que es el proceso que se lleva a cabo en una máquina electroerosionadora

El funcionamiento de una máquina electroerosionadora consiste en el desgaste por medio de corriente directa aplicado a dos materiales uno llamado electrodo y el otro llamado pieza de trabajo colocados en un recipiente de trabajo y sumergidos en un fluido que funciona como dieléctrico

Para visualizarlo de mejor manera el proceso de maquinado por descargas eléctricas se ilustra en el diagrama simplificado de la siguiente figura 2.1



Proceso típico de electroerosión (EDM)

Figura 2 1

La herramienta se monta en la mordaza fija a un tornillo sin fin o unas cremalleras cuyo avance vertical se controla mediante un servomotor a través de un reductor de velocidad la pieza se coloca en un tanque lleno con un fluido dieléctrico; la superficie de trabajo o pieza de trabajo debe estar a una profundidad de 5 cm por lo menos, para eliminar el peligro de un incendio en caso de que el fluido sea combustible por ejemplo diesel. La herramienta y la pieza se conectan a un circuito de control de corriente directa (C D), el cual es alimentado por una fuente de C D.

El fluido dieléctrico es circulado a presión por medio de una bomba, normalmente a través de un agujero (o agujeros) en el electrodo herramienta. El servomotor mantiene una separación entre la pieza y la herramienta de entre 0.025 y 0.05 mm.

## DIAGRAMA MECÁNICO A BLOQUES DE UNA MÁQUINA ELECTROEROSIONADORA (ESPARCATRON DE FABRICACION INGLESA)

La figura 2.4 muestra en forma simplificada la interrelación de las partes mecánicas en la electroerosionadora

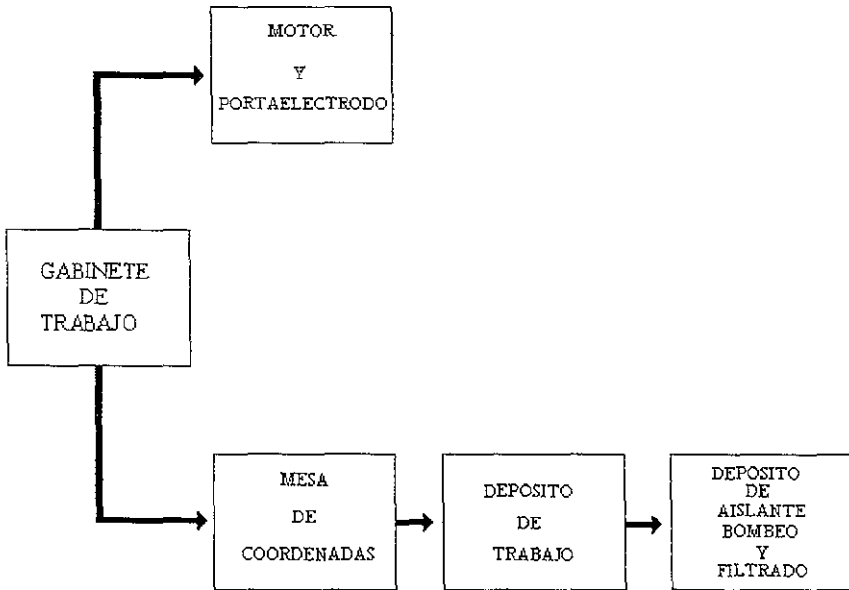
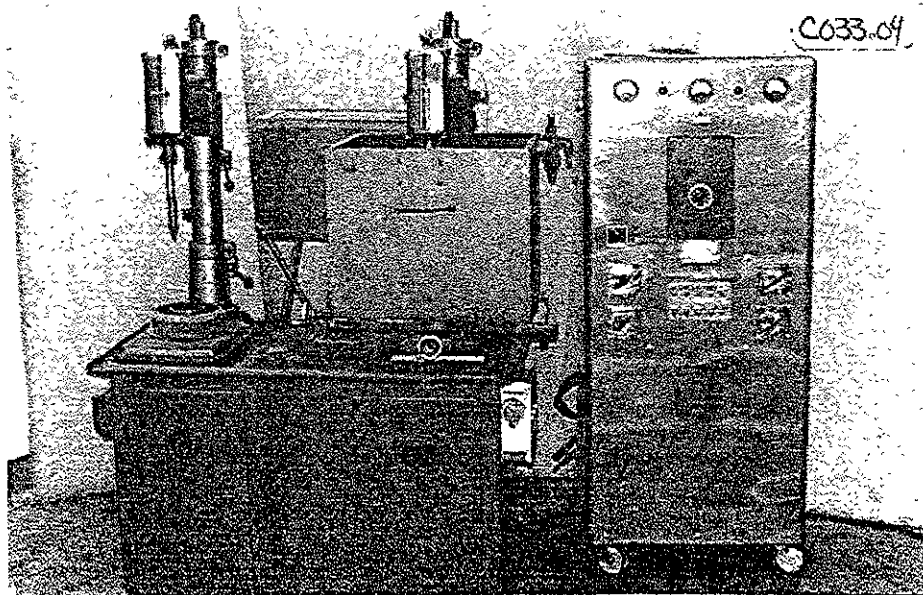


Figura 2 4

## 2.2. – Descripción de las partes.

La descripción que se hace a continuación es de una máquina electroerosionadora ESPARKATRON.



Esta máquina consta de dos gabinetes, un gabinete de trabajo que se encuentra separado del gabinete de control

El gabinete de trabajo consta de una mesa de metal en la cual se encuentran empotrados dos tubos de hierro sólido, separados, cada tubo sirve de soporte a una plataforma deslizante en donde se encuentra empotrado el motor junto con el cabezal. El motor y el cabezal se encuentran unidos por medio de dos cremalleras que permiten el movimiento vertical transmitido por el motor al cabezal. La parte superior de la cremallera es sujeta por un cable de acero que pasa por la parte trasera del tubo que soporta los motores, por medio de dos poleas, en el otro extremo del cable se encuentra soldado a él, una base para colocar contrapesos que permiten el equilibrio de fuerzas que se ejercen sobre el motor.

Todo este dispositivo que se encuentra en la plataforma, la cual se sujeta por medio de una abrazadera de acero al tubo vertical de acero de una altura de 100 cm. La abrazadera se sujeta por medio de una palanca que sirve como reguladora de altura del cabezal.

La mesa de trabajo sirve de soporte (originalmente) a dos mesas de coordenadas sobre las cuales se encuentran los depósitos de trabajo, debido al traslado, una de las mesas



de coordenadas junto con su depósito de trabajo fueron extraviadas por lo tanto la máquina no cuenta con ellas

El depósito de trabajo cuenta con dos entradas de dieléctrico uno para llenado rápido y otro para enjuague, cuenta también con una salida hacia el depósito del dieléctrico en la parte inferior del gabinete.

En la parte inferior del gabinete de trabajo se encuentra el depósito del fluido que sirve como dieléctrico, este depósito tiene dos compartimentos, en el primero el fluido llega por diferencia de presiones y se va llenando, conforme se llena, los residuos mas pesados se depositan en el fondo, una vez lleno se desborda al segundo compartimento en el cual se encuentran los filtros y la bomba; en este segundo compartimento el fluido es filtrado para volver a ser bombeado hacia el depósito de trabajo

### DIAGRAMA ELECTRICO-ELECTRÓNICO A BLOQUES DE UNA MÁQUINA ELECTROEROSIONADORA (ESPAKATRON DE FABRICACION INGLESA).

La relación entre las partes eléctricas y electrónicas se muestra en la figura 2.5.

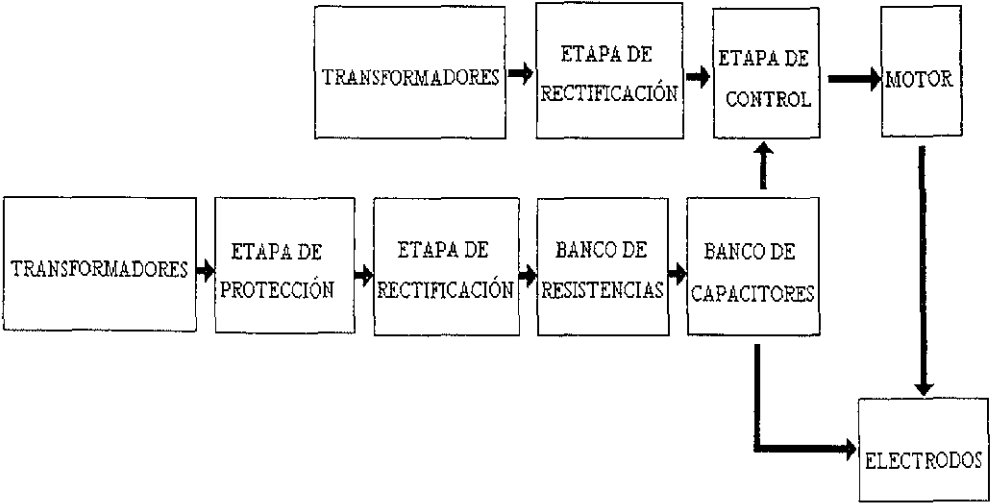


Figura 2 5

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELECTRICO.

El gabinete de control contiene la fuente de alimentación general, el control del motor porta electrodo y la etapa de potencia de la máquina.

La fuente de poder de esta máquina se alimenta con un voltaje de 220 V, dos fases están conectadas cada una de ellas un transformador respectivamente y una tercera alimenta a un contactor y después se conecta a un tercer transformador

Cada transformador tiene 4 taps con distintos voltajes.

Este voltaje pasa por un selector que permite seleccionar dos valores distintos de voltajes antes de pasar a un rectificador trifásico, formado por 3 bancos de 8 diodos conectados en serie entre fases, que proporcionan voltajes rectificadas de 100 y 25 volts.

El voltaje rectificado de 100 volts pasa por un banco de resistencias (4 ohms) de una potencia de 1 kwatt, para evitar un corto circuito total, el banco de resistencias puede soportar hasta 10 Amperes.

El voltaje rectificado de 25 volts, pasa por un banco de resistencias variable de 4 ohms cuya potencia es de 25 kwatt evitando con esto un corto circuito total, el banco de resistencias puede soportar hasta 100 Amperes.

Este rectificador como ya se dijo esta formado por 8 diodos conectados en serie y cada diodo esta formando por dos placas una de material p y otra de material n, cada diodo se encuentra separado por unas placas de aluminio que sirven como disipadores de calor

Una vez rectificado el voltaje, el voltaje positivo se conecta a un selector que permite conectar o desconectar uno o varios capacitores en paralelo con el voltaje rectificado(+) y posteriormente se conecta a dos terminales sobre una placa de baquelita en la parte trasera del gabinete de control

El voltaje negativo se conecta a una resistencia shunt que nos permite medir con los voltmetros y amperímetros, el voltaje y la corriente respectivas de trabajo.

Después de la resistencia shunt se conectan a otras dos terminales(-) en la misma placa de baquelita donde se encuentran las terminales positivas

Esta máquina no contaba con la etapa de control, suponemos que la etapa de control se conformaba de la manera mostrada en el diagrama, aunque no se podría asegurar completamente

La parte de potencia del gabinete de control es conectada al gabinete de trabajo por medio de dos cables, uno positivo conectado por medio de un tornillo a la pinza que sujeta al porta electrodo localizado en un cabezal la pinza que sujeta el cable de voltaje se encuentra aislado del eje del porta electrodo; la terminal negativa se conecta por otro cable al depósito de trabajo del mismo cabezal.

El depósito de trabajo se encuentra aislado de la mesa de coordenadas evitando con esto un corto circuito en la mesa de trabajo.

# CAPÍTULO III.

## ANÁLISIS DE UNA MÁQUINA DE MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO (PWM).

---

Los convertidores de corriente directa (C D) a corriente directa (C.D.) comúnmente llamados CHOPPERS o MUESTREADORES, son debido a su principio de operación utilizados para variar el voltaje promedio de C D aplicado a una carga.

Introduciendo uno o más elementos de conmutación entre el circuito carga y la fuente de alimentación, el funcionamiento de un chopper se ilustra en la figura 3 1

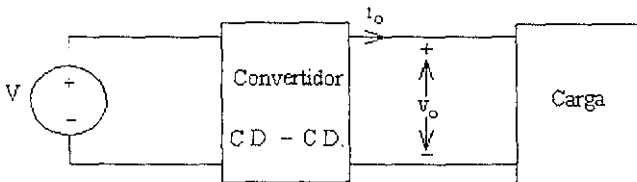


Figura 3 1

tener variaciones en su magnitud. El modo de conmutación de los choppers se usa para convertir el voltaje no regulado de C.D. a un nivel controlado deseado de voltaje

En función de las aplicaciones de estos convertidores, éstos son muy frecuentemente usados con un transformador eléctrico de aislamiento en el modo de conmutación en fuentes de alimentación y casi siempre sin transformador de aislamiento en el caso de los controles de motores de C D

Los convertidores se analizan en estado permanente. Los dispositivos de conmutación se consideran ideales y las pérdidas de los elementos inductivos y capacitivos se desprecian. Tales pérdidas pueden limitar la capacidad operacional de algunos de estos convertidores. El voltaje de C.D. entregado a los convertidores se considera con impedancia interna cero. Podría ser una pila; sin embargo en la mayoría de los casos es el voltaje de línea C.A., rectificado por diodos, con un filtro de capacitancia grande como se muestra en la figura 3.3 que provee una impedancia baja y un rizo pequeño en la fuente de alimentación de C.D.

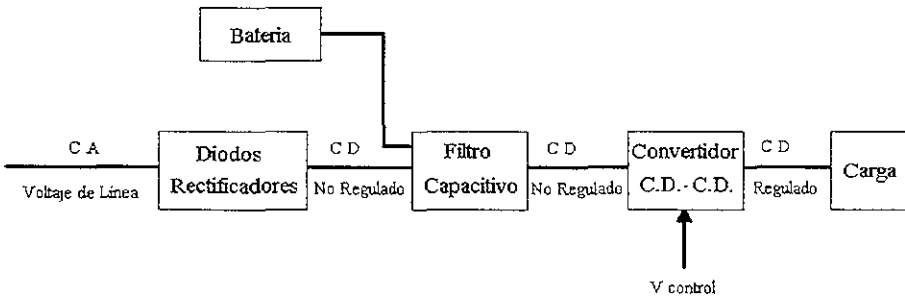


Figura 3 3

La salida se considera para abastecer una carga que puede ser representada por una resistencia equivalente, como es comúnmente en el caso de modo conmutado para fuentes de alimentación de C D. La carga de un motor de C.D. (La otra aplicación de estos convertidores) puede ser representada por un voltaje de C.D. en serie con la resistencia e inductancia del motor

### CONTROL DE CONVERTIDORES DE C.D. – C.D.

En los convertidores, el promedio de salida de voltaje de C D. debe controlarse por un nivel de voltaje, aunque el voltaje entregado y la carga pueden variar. El modo de conmutación utiliza uno o más dispositivos de conmutación para transformar C D. de un nivel a otro. En un convertidor el voltaje promedio de salida se controla por medio de la

duración de encendido y apagado de los dispositivos de conmutación ( $t_{on}$  y  $t_{off}$ ). Para ilustrar el concepto de modo de conmutación considere un convertidor básico de C D -C.D como se muestra en la figura 3 4a. El valor promedio  $V_o$  del voltaje de salida  $v_o$  en la figura 3.4b depende de  $t_{on}$  y  $t_{off}$ . Uno de los métodos para controlar el voltaje de salida emplea una conmutación a una frecuencia constante (De aquí en adelante, el periodo es  $T_s = t_{on} + t_{off}$ ), y se ajusta en la conmutación la duración de encendido para controlar el voltaje promedio de salida.

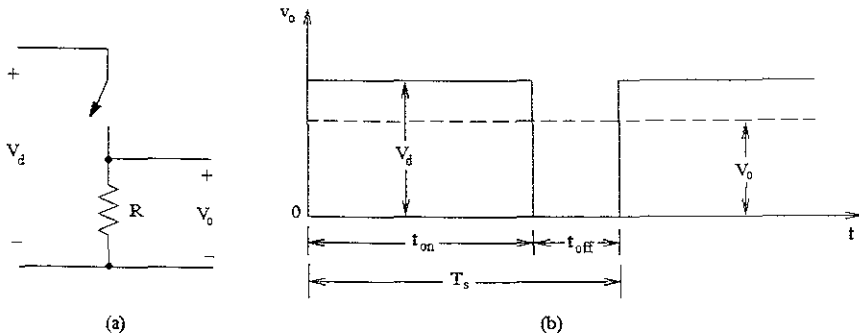


Figura 3 4

En este método, llamado conmutación de Modulación por Ancho de Pulso (P.W.M), es variado el ciclo de trabajo  $D$ , el cual se define como la relación entre el tiempo de encendido en la conmutación y el periodo. El otro método de control es más general, donde ambos la frecuencia de conmutación y el tiempo de encendido son variados.

En el PWM la frecuencia de la señal que controla al dispositivo de conmutación es constante, el estado de encendido y apagado del dispositivo de conmutación es generada por la comparación de una señal de nivel de voltaje  $v_{control}$  con una forma de onda repetitiva como se muestra en la figura 3 5a y 3 5b. La señal de voltaje de control generada es obtenida amplificando la señal de error (La diferencia entre el voltaje actual de salida y el valor deseado)

La frecuencia de la forma de onda, que es un diente de sierra, establece la frecuencia de conmutación. Esta frecuencia es constante en el control de un PWM, y se elige en el rango de kilohertz hasta megahertz. Cuando se amplifica la señal de error, se varía muy lentamente en relación con la frecuencia de conmutación, y es mayor en amplitud a la señal de diente de sierra, la señal de control del dispositivo de conmutación llega a ser un nivel alto provocando que el dispositivo se encienda. De otra manera el dispositivo está apagado. En términos del  $v_{control}$  y la señal de diente de sierra  $V_a$  en la figura 3 5. El ciclo de trabajo del dispositivo puede expresarse como

$$D = \frac{t_{on}}{T_s} = \frac{v_{control}}{V_{st}}$$

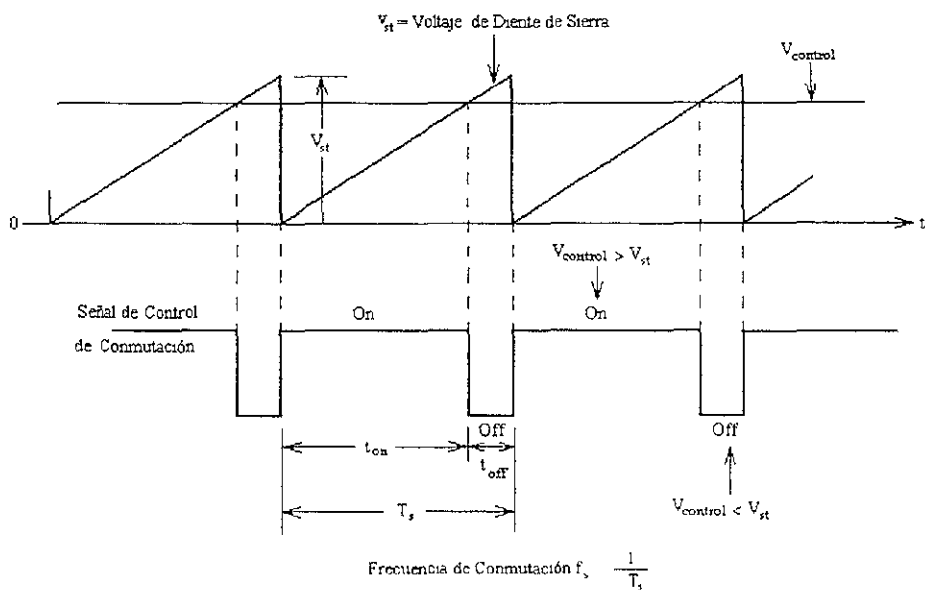
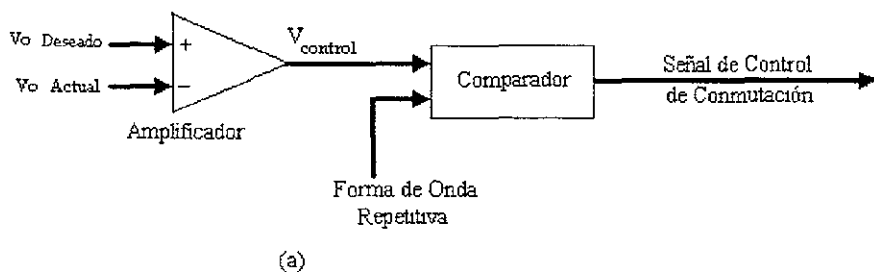


Figura 3 5

Los convertidores pueden tener dos modos de operación. (1) continuo y (2) discontinuo. En la práctica un convertidor puede operar en ambos modos, que puede tener características diferentes. Por lo tanto un convertidor y su control deberían ser diseñados basado en ambos modos de operación.

Conceptualmente, el circuito de la figura 3.4a del convertidor esta constituido para una carga puramente resistiva, el voltaje de salida instantáneo depende del estado de encendido del dispositivo de conmutación. Observando la figura 3.4b, el promedio de voltaje de salida se puede calcular en términos del ciclo de trabajo de los dispositivos de conmutación.

$$V_o = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} v_o(t) dt = \frac{1}{T_s} \left( \int_0^{t_{on}} V_d dt + \int_{t_{on}}^{T_s} 0 dt \right) = \frac{t_{on}}{T_s} V_d = D V_d$$

Sustituyendo D

$$V_o = \frac{V_d}{V_{st}} v_{control} = k \cdot v_{control}$$

donde

$$k = \frac{V_d}{V_{st}} = \text{constante}$$

Variando el ciclo de trabajo  $t_{on}/T_s$  del dispositivo de conmutación,  $V_o$  puede ser controlado. Una importante observación es que el voltaje promedio de salida varía linealmente con el voltaje de control, como en el caso de amplificadores lineales. En una aplicación real se debe tener en cuenta que la carga podría ser inductiva. Aun con una resistencia de carga, habría siempre la certeza de estar asociada una inductancia. Esto significa que dispositivo de conmutación tendría que absorber (o disipar) la energía inductiva, por lo tanto los dispositivos se deben seleccionar adecuadamente para que no se destruyan, o se corrige esta energía inductiva con un banco de capacitores.



### 3.2 – Ventajas de PWM y justificación de su utilización.

Las ventajas de utilizar PWM son que

Reducen las pérdidas debido a resistencias de control o ajuste de voltaje. Normalmente se utiliza un potenciómetro para ir variando el voltaje en el arranque de motores y esto se traduce en pérdidas en calor que disipa el potenciómetro y principalmente en un bajo par de arranque. De forma semejante en las fuentes de alimentación se utilizan divisores para ajustar voltajes fijos o por medio de potenciómetros, donde se queda el voltaje no deseado y esto disipa potencia y calor.

Utilizando el PWM se alimenta a voltaje pleno y con la conmutación se ajusta el voltaje deseado o se incrementa paulatinamente. Además limita la corriente en una carga, debido a que puede entregar un voltaje promedio regulado. Esto es, aunque se aplica el voltaje pleno de alimentación a la carga solo se hace en pulsos donde se controla el ancho de pulso de encendido. Por lo que la carga recibe un promedio de estos pulsos y el voltaje se puede variar de cero al total del voltaje de alimentación

Los pulsos no existen para voltaje cero o para voltaje pleno. Pero mientras se regula estos pulsos tienen una frecuencia constante, donde se ajusta el ciclo de trabajo

Para el diseño, en lo que corresponde al control del motor es lo más indicado el control con PWM, ya que el motor es de corriente directa y se necesita variar la velocidad y tener una respuesta rápida al cambio de sentido de giro que se logra con un amplificador tipo puente

Para el electrodo se necesita poder controlar el voltaje que se aplica y debido al voltaje y corriente que se maneja es mejor utilizar el PWM a controlarlo con resistencias de potencia, que disipan mucho calor

Así que utilizando un dispositivo de conmutación adecuado se puede lograr un mejor funcionamiento. Y para el electrodo se va a necesitar una modulación en frecuencia para aumentar el número de descargas que puedan ocurrir en las piezas de trabajo, permitiendo un trabajo más estable y constante

### 3.3 – Diagrama a bloques del diseño y descripción de ellos.

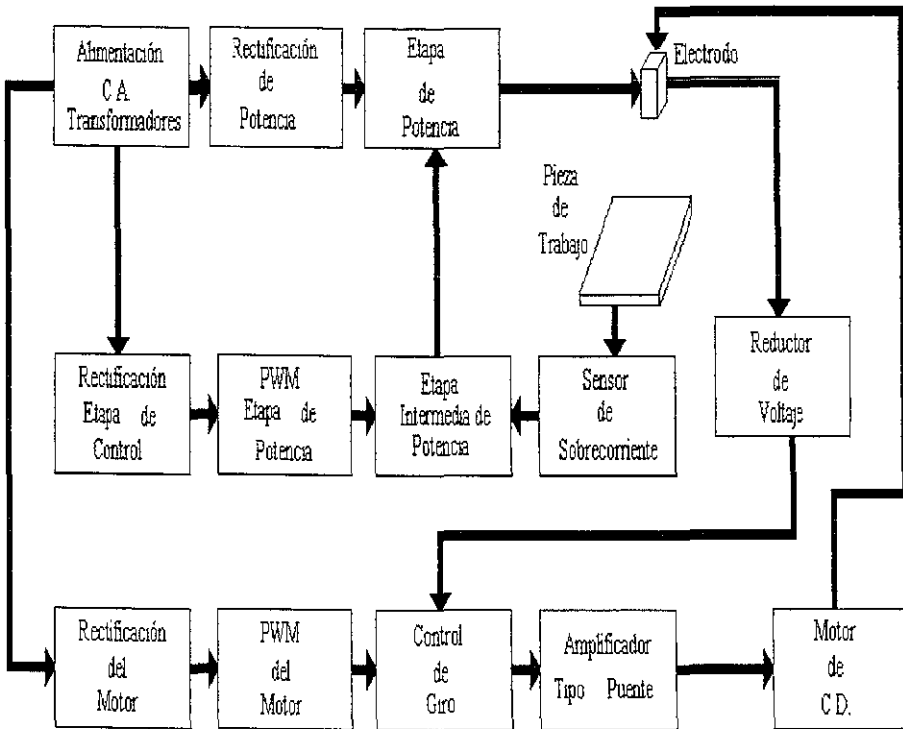


Figura 3.6

**Alimentación de C.A.(Transformadores):** El voltaje de línea trifásico (220 V ó 440 V) alimenta a los transformadores. Los cuales nos proveen de varios voltajes de C.A., mediante sus taps de salida.

**Rectificación de Potencia:** Es alimentado con C.A. trifásico (100 V) debido a esto se utiliza un puente trifásico que nos entrega C.D. para el trabajo con las etapas de potencia (dispositivos de conmutación) y el electrodo. Por lo que el rectificador debe soportar corrientes por arriba de los 20 A como mínimo, para el trabajo del electrodo.

**Rectificación Etapa de Control:** Este rectificador es la alimentación de la tarjeta de control, por lo que es de bajo voltaje y corriente para el manejo de dispositivos CMOS, amplificadores operacionales, etc., y nos entrega 2 A como máximo y el voltaje es de +15 y -15 V.

**Rectificación del Motor:** El rectificador entrega el voltaje para la armadura y el campo del motor de C.D.. La parte de la armadura que es controlada por el PWM y la correspondiente a los campos que permanece constante

**PWM Etapa de Potencia:** Este es el control de los dispositivos de conmutación en el cual se puede ajustar el ciclo de trabajo y la frecuencia, para la alimentación del electrodo a través de la etapa intermedia potencia y la etapa de potencia. Consiste de un oscilador de diente de sierra con ajuste de frecuencia y un comparador (en donde se compara el oscilador y un nivel de referencia) que nos proporciona los pulsos para el encendido de la etapa de potencia (transistores).

**PWM del Motor:** Este es el control del amplificador tipo puente para el motor de C.D. y nos entrega los pulsos para activar los transistores del puente. Este PWM solo controla el ciclo de trabajo mediante el oscilador y el comparador, la frecuencia permanece constante.

**Control de Giro:** Aquí llegan los pulsos para el amplificador tipo puente y así poder activar el motor y también una señal que nos indica el estado del voltaje del electrodo y con esto decide que brazo del amplificador tipo puente debe ser activado, con lo que se determina el sentido del giro del motor y consecuentemente el electrodo se acerca o se aleja de la pieza de trabajo.

**Amplificador tipo puente:** Es la alimentación a la armadura del motor que se varía para lograr el control de velocidad. Consiste en un arreglo de transistores en donde dependiendo de los transistores que son encendidos gira en un sentido o en otro el motor. Y la velocidad depende del ciclo de trabajo de la señal que alimenta la base de los transistores (mediante el PWM). Se debe tener cuidado en la combinación de encendido de los transistores ya que si no se encienden en la forma correcta se produciría un corto circuito.

**Motor de C.D.:** El motor se alimenta con voltaje constante en los campos y se varía el voltaje en la armadura para controlar la velocidad. Dependiendo del control de sentido de giro se determina si se aleja o acerca el electrodo a la pieza de trabajo.

**Etapa Intermedia de Potencia:** Es un arreglo de transistores para poder manejar la corriente y el voltaje adecuado que alimenta la etapa de potencia. Ya que la salida de PWM es de bajo voltaje y corriente. Esta etapa está interconectada al sensor de sobrecorriente, ya que si existe un problema se deshabilitaría la señal que sale de esta etapa y con esto se apagaría la etapa de potencia, cortando la alimentación al electrodo.

**Etapa de Potencia:** Es un arreglo de transistores en paralelo para poder manejar más corriente. Con la modulación PWM en la base se controla el voltaje promedio ya que se manejan pulsos de voltaje pleno. Con esto se controla también la corriente de trabajo.

**Sensor de Sobrecorriente:** Este dispositivo se activa cuando se llega a pasar la corriente máxima de trabajo de la máquina, es decir, que la corriente constante pueda llegar a dañar algún dispositivo o los elementos de trabajo (electrodo o pieza de trabajo). Al

activarse deshabilita la etapa de potencia con lo que se cortan los transistores de potencia y se suspende la alimentación al electrodo.

**Reductor de Voltaje:** Se toma una muestra del voltaje en el electrodo y se reduce proporcionalmente para poder compararla con un nivel de referencia y poder enviar una señal a la etapa de control de giro para el motor. Si la muestra del voltaje del electrodo es mayor que la referencia el motor debe acercar el electrodo a la pieza de trabajo, en caso contrario debe alejarlo.

# CAPÍTULO IV.

## DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL.

Para poder iniciar el diseño específico de un circuito que se implementará en una máquina antigua, es necesario saber que partes se encuentran en buen estado y cual es el funcionamiento del circuito a sustituir para poder interactuar adecuadamente con los demás sistemas que aun funcionan, así como tener en cuenta el presupuesto con que se dispone, ya que en función de esto se habrá de elegir los diferentes componentes.

Para este caso el circuito a sustituir es el de control de la máquina electroerosionadora, por lo que se debe interactuar y controlar otros dispositivos como: motor de C.D., bomba del dieléctrico de enjuague, voltaje en electrodos, protección de sobrecorriente, etc.

Si se considera que la forma más sencilla puede ser la mejor en ocasiones y la más económica, entonces se debe considerar utilizar dispositivos lógicos sencillos y no recurrir a los métodos que están de moda como los microcontroladores, que pueden tener muchas ventajas y una diversidad de posibilidades pero, debido a que solo se trata de sustituir el control en función de lo que se tiene, el microcontrolador estaría más que sobrado además que el costo aumentaría considerablemente, pero podría ofrecer ventajas adicionales. Por ello la opción es utilizar lógica TTL, CMOS, Operacionales, etc.

del sentido de giro del motor, así como voltmetros y amperímetros conectados a la punta que nos indiquen estos parámetros.

Por lo tanto se debe de tener tres diferentes voltajes de C.D., para el electrodo de 100 volts, el motor de 80 volts y los circuitos de control con  $\pm 12$  volts, ya que se van a utilizar circuitos CMOS.

En la tabla 4.2 se muestran los valores de voltaje y corriente de los dispositivos a controlar y diseñar.

	Voltaje	Corriente
Electrodo	100	25 (máx.)
Motor	80	1 2
Circuito de Control	$\pm 12$	2
Protección de Corriente	-----	30

Tabla 4.2

## 4.2 – Diseño electrónico.

El diseño se inicia con el PWM DEL MOTOR y para esto es necesario obtener un oscilador con forma de onda de diente de sierra, que junto con el comparador se puedan tener los pulsos para el control en el ciclo de trabajo

Para el oscilador se utilizó el circuito de la figura 4.3 que entrega una señal triangular asimétrica parecida a un diente de sierra, el diseño del oscilador se realizó a una frecuencia que alimentara correctamente al motor, que es de 1 kHz, utilizando un operacional

Al oscilador se agrego el diodo D11 representado en la figura 4.5, para reducir el tiempo de recuperación del capacitor, con lo que aumenta la frecuencia de oscilación, debido a que el capacitor se descarga por la resistencia del diodo.

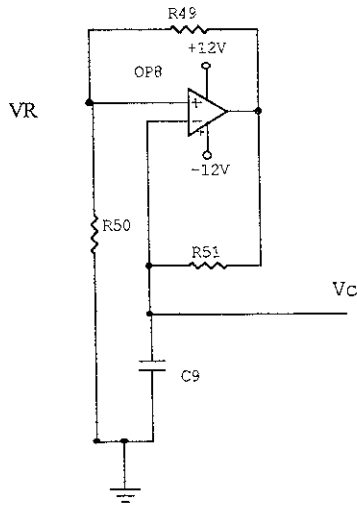


Fig. 4 3

$$VR = \frac{V^+ R_{50}}{R_{49} + R_{50}}$$

Ecuación 1

Voltaje de alimentación  $V^+$

$$V_c = V^+ (1 - e^{-\frac{t}{R_2 C_9}})$$

Ecuación 2

$$V_c = V^+ (1 - e^{-\frac{t}{R_2 C_9}}) - VR$$

Si  $V_c$  llega hasta  $VR$  entonces  $V_c = VR$

$$2VR = V^+ (1 - e^{-\frac{t}{R_2 C_9}})$$

$$2VR - V^+ = -V^+ e^{-\frac{t}{R_2 C_9}}$$

$$-e^{-\frac{t}{R_2 C_9}} = \frac{2VR - V^+}{V^+}$$

$$e^{-\frac{t}{R_2 C_2}} = \frac{V^- - 2VR}{V^+}$$

$$\text{Ln}(e^{-\frac{t}{R_2 C_2}}) = \text{Ln}\left(\frac{V^- - 2VR}{V^+}\right)$$

$$-\frac{t}{R_2 C_2} = \text{Ln}\left(\frac{V^- - 2VR}{V^+}\right)$$

$$t = -R_2 C_2 \text{Ln}\left(\frac{V^- - 2VR}{V^+}\right) \quad \text{Ecuación 3}$$

Y la forma de onda es mostrada en la figura 4.4

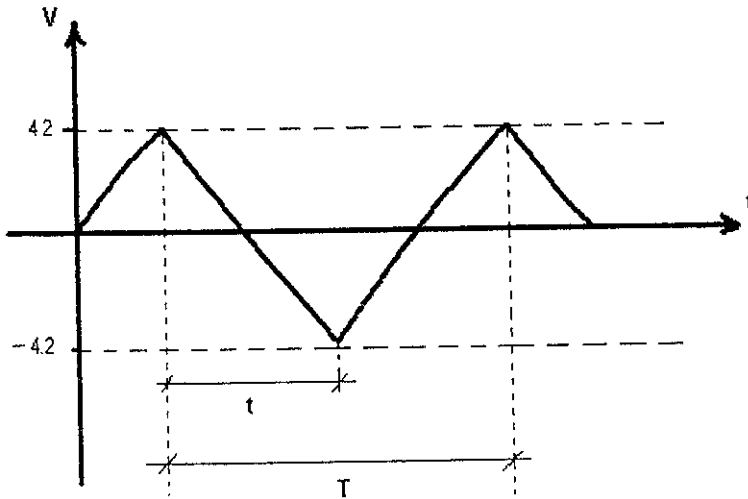


Fig 4 4



Y teniendo la señal de control que es generada por un divisor de voltaje, que se regula manualmente por medio del potenciómetro P3, se aplica esta señal y la señal triangular al comparador para obtener la señal modulada controlando el ancho de pulso. En la figura 4.5 se muestra la conexión, para obtener la señal modulada.

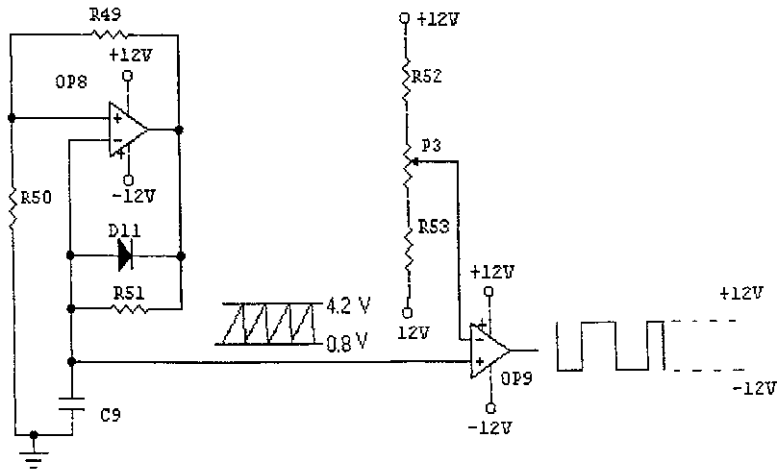


Fig 4 5

La señal PWM se alimenta al motor de CD que controla el movimiento del electrodo (acercarse o alejarse) con respecto a la pieza de trabajo. Para poder tener los dos movimientos necesarios del electrodo el motor debe ser alimentado alternando su polaridad, por lo que para lograrlo se pensó en un AMPLIFICADOR TIPO PUENTE que nos permite la conmutación de polaridad y además el voltaje necesario para el funcionamiento del motor, en la figura 4 6 se muestra la configuración básica del amplificador tipo puente y el motor

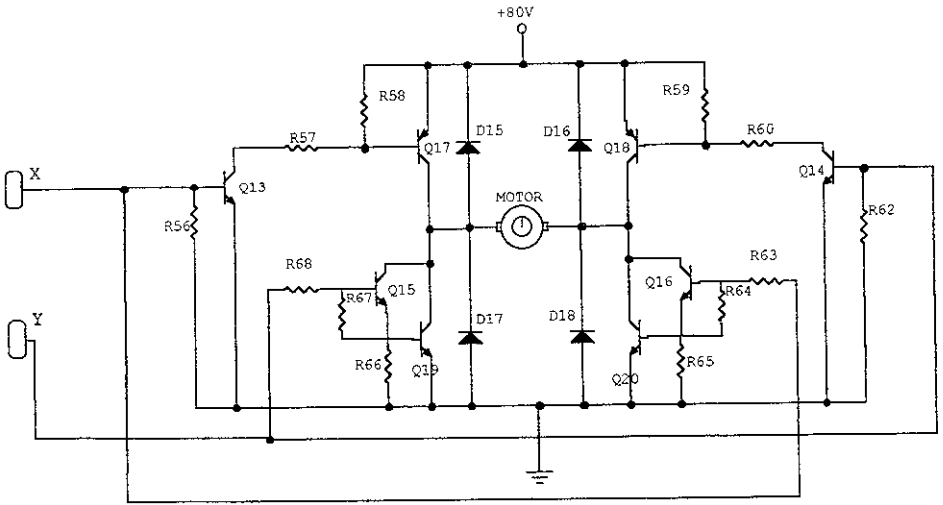
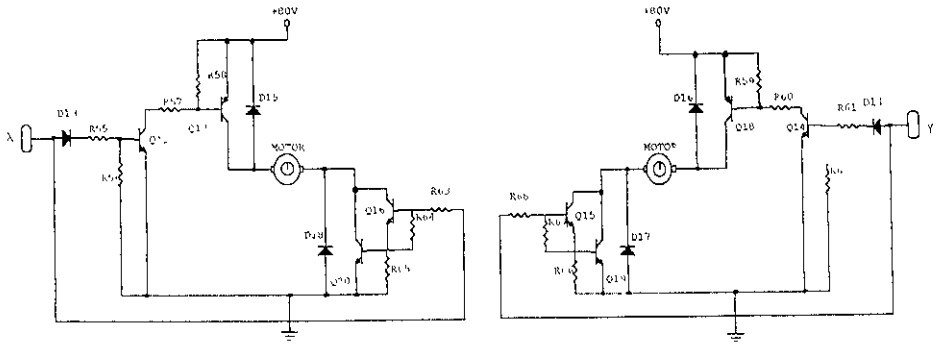


Fig. 4 6

Este amplificador funciona con 4 transistores, 2 NPN (Q19 ,Q20) y 2 PNP (Q17 , q18) los cuales funcionan en pares, activando un par (Q17 , Q20) se tiene una polaridad y al activar el otro par (Q18 , Q19) se cambia la polaridad como se ve en la figura 4 7



a)

b)

Fig.4 7

Como se observa se necesitan 2 señales diferentes (X y Y) que no se deben aplicar al mismo tiempo, ya que cada una activa uno de los pares con diferente polaridad, por lo que si se activan las 2 señales al mismo tiempo se produce un corto circuito. Pero cada señal alimenta a 2 transistores que son complementarios (NPN y PNP), debido a esto la señal debe ser inversa en cada uno de los transistores que activan cada polaridad.

Como se mencionó se necesitan 2 señales para activar el amplificador tipo puente de la figura 4.6, pero se debe tener en cuenta el no activar una señal mientras no se a desactivado la otra, como se muestra en la tabla 4.8, ya que provocaría como ya se dijo un corto circuito

Con este amplificador tipo puente se puede controlar la velocidad, la corriente en función del voltaje promedio y el par de potencia mediante el pulso de alimentación que es suministrado por el PWM del motor.

Como se observa en la figura 4.7 se necesitó realizar un arreglo darlington en los transistores para poder activar los transistores del amplificador puente, pero con los transistores que se agregaron se realizó el arreglo para obtener la señal inversa, colocando solamente transistores NPN antes del arreglo básico, así se evita el inversor. Además se colocaron diodos volante en el arreglo básico del amplificador, un diodo por transistor (4, D15 - D18), para evitar el aumento de voltaje negativo en los transistores, producto de inductancia del motor.

Para acoplar el PWM y el amplificador tipo puente es necesario un arreglo lógico para evitar una combinación no deseada que provocaría un corto circuito. Como se muestra en la figura 4.6 el amplificador tipo puente es alimentado por 2 señales X y Y. Las posibilidades para X y Y son los siguientes considerando las entradas A y B (también se toman en cuenta las señales inversas).

A	B	X	X (inverso)	Y	Y (inverso)
0	0	1	0	1	0
0	1	1	0	PWM	PWM
1	0	PWM	PWM	1	0
1	1	PWM	PWM	PWM	PWM

Tabla 4.8

1°. Con la combinación 0,0 en A y B, el motor permanece inmóvil, los transistores en corte, ya que en X y Y las salidas son las necesarias para que esto ocurra

2°. Con la combinación 0,1 en A y B; el motor obtiene una polaridad como en la figura 4.7 b, con lo que se activa la señal Y y el motor gira en un sentido solamente

3°. Con la combinación 1,0 en A y B; el motor obtiene la otra polaridad como la figura 4 7 a, que activa la señal X y el motor gira en otro sentido.

4°. Con la combinación 1,1 en A y B; el arreglo estaría en corto ya que se activarían las 2 señales X y Y, por lo tanto esta es la única combinación que no es permitida, entonces se debe tener la siguiente lógica planteada en la tabla 4.9:

A	B	Salida
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabla 4 9

Por lo que la compuerta necesaria es una NAND en la siguiente configuración para las 2 señales.

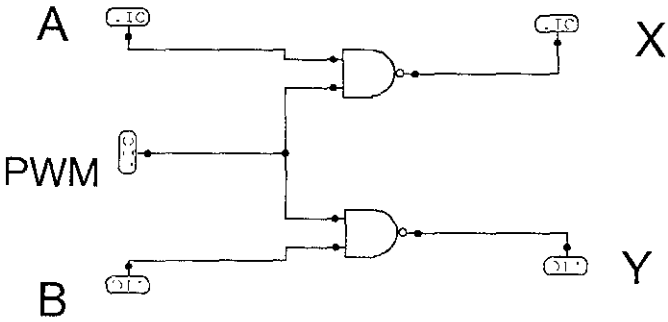


Fig 4 10

El CONTROL DE GIRO que involucra A y B se obtiene mediante el voltaje que exista en el electrodo y el nivel de referencia que se fije. Si el voltaje del electrodo después del REDUCTOR DE VOLTAJE (formado por el divisor de R31 y R33) es mayor que la referencia se activa A (se pone en 1) y el motor acerca el electrodo a la pieza de trabajo. Si el voltaje en el electrodo después del reductor de voltaje es menor que la referencia se activa la señal B y el motor aleja al electrodo de la pieza de trabajo.

Para el diseño del PWM DE LA ETAPA DE POTENCIA, se tomo como base el circuito PWM del motor, solo que en este es necesario variar la frecuencia del oscilador, no solo modificando el valor de la frecuencia, sino teniendo control sobre ella para modificarla en cualquier momento.

Por lo que al circuito oscilador original se le modificó para obtener un rango entre 100 Hz y 2 kHz, para con esto controlar las descargas en el electrodo, dependiendo del tipo de trabajo a realizar (Desbaste, aproximación y acabado).

Entonces en el oscilador básico se tienen que modificar los valores de los elementos, pero en especial existe un cambio significativo que es en la resistencia R51 figura 4 3, debido a que ahora debe ser un potenciómetro (P1) el cual nos permita cambiar la frecuencia en función de la ecuación 3, como se muestra en la figura 4 11.

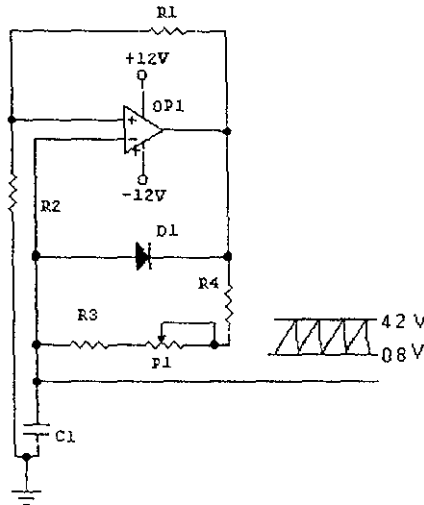


Figura 4 11

Como se muestra en la figura 4 11 la resistencia R51 cambia por dos resistencias (R3, R4) y un potenciómetro (P1) para modificar la frecuencia de operación. La señal obtenida es aplicada a un comparador, que también recibe la señal de control, obtenida de un divisor de voltaje como en el circuito PWM del motor de la figura 4.5.

La señal obtenida del comparador, es una señal modulada en frecuencia y por ancho de pulso, esta señal es el control que genera los pulsos para el electrodo, pero todavía no tiene el nivel de voltaje necesario para el electrodo por lo que se implemento una ETAPA INTERMEDIA DE POTENCIA que es un arreglo de transistores en cascada (Q1, Q2, Q4) que nos permite manejar los 100 volts de C.D. que se necesitan.

Los transistores deben ser seleccionados para manejar tanto la corriente y el voltaje que se necesitan en el electrodo, pero debido a que el electrodo recibe pulsos, el transistor debe ser capaz de manejar la frecuencia de los pulsos en el electrodo, ya que de no conmutar adecuadamente entraría en activa directa y esto provocaría una mayor disipación de potencia y el calentamiento daña al transistor.

El último transistor que es la ETAPA DE POTENCIA, debe ser de gran capacidad para manejar la corriente de 25 amperes y 100 volts, aunque existen en el mercado opciones como los módulos de potencia que son un arreglo de transistores, pero estos son demasiados caros, así como otros dispositivos de conmutación. Debido a esto se opto por realizar el arreglo.

Para esto se realizó un arreglo de 5 transistores en paralelo que debe soportar por lo menos el doble de la corriente máxima de trabajo, esto porque en los transistores se pueden encontrar transistores de voltajes altos, pero es difícil conseguir de mayor corriente y es lo que hace que aumente considerablemente de precio

Para el modulo que se hizo se utilizaron los transistores BUV48a (Q5-Q9) que soportan 15 amperes de corriente máxima, entonces 5 en paralelo nos da una corriente máxima de 65 amperes y lo que hay que agregar es una resistencia de base a emisor (R10-R14) que nos garantiza la conmutación de los transistores, además de una resistencia en emisor (R15-R19) para compensar en temperatura y que las corrientes sean lo más homogéneas posible

A continuación se colocaron diodos (D2-D6) para proteger de regresos de corriente y un fusible. Además de una resistencia de potencia (de rejilla, R20) para impedir un corto directo y limitar la corriente máxima también se tiene un SENSOR DE SOBRECORRIENTE, mediante una resistencia de alambre de 0 012 ohms (R21) que nos permite mediante un comparador (OP3) y un flip-flop, poner en corte los transistores de potencia y cortar el voltaje en el electrodo. Esto se logra mediante los transistores Q10 y Q3, que cortan el transistor Q2 y subsecuentemente los transistores Q4 y el arreglo de Q5-Q9. Como se observa en la figura 4 12

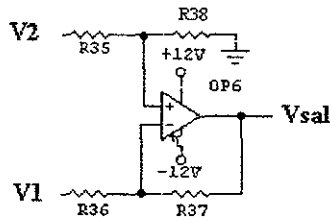


Figura 4.13

De la figura 4.13 se tiene que sí

$$R_{36} = R_{35}$$

$$R_{38} = R_{37}$$

Entonces el voltaje de salida es

$$V_{sal} = \frac{R_{38}}{R_{36}} (V_2 - V_1)$$

Con lo que se obtiene un voltaje positivo o negativo del doble de la diferencia de voltajes que se aplican, de acuerdo con los valores de la figura 4.14. Después se tiene un comparador con referencia a tierra y enseguida un arreglo de transistores (Q11, Q12) y leds, donde estos nos indican el sentido en que esta girando el motor y de aquí se toman las señales A y B para el circuito del motor, en la figura 4 14 se muestra todo el circuito de interconexión.

Electrodo

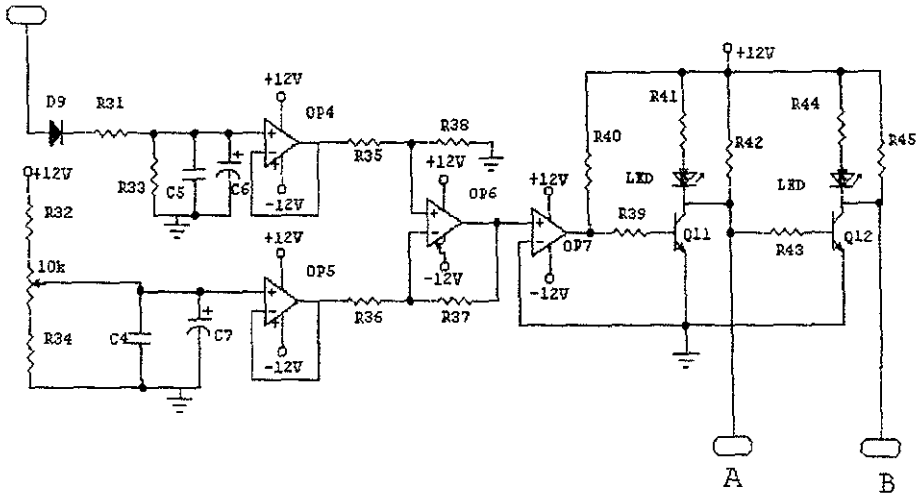


Figura 4 14

Además se diseñó un circuito de fin de carrera con lo que se fija la profundidad a erosionar y esto es mediante un arreglo de una regleta y un sensor infrarrojo (figura 4.15) que activa un flip-flop que al igual que el sensor de sobrecorriente corta los transistores, con lo que el voltaje en el electrodo es cero y el motor separa el electrodo de la pieza de trabajo. Cabe mencionar que para este circuito fue necesario otra fuente de 28 volts

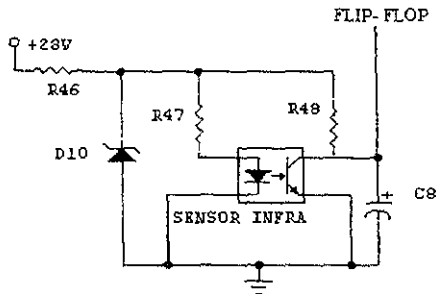


Figura 4 i5



### 4.3 – Diagrama completo.

A continuación se presenta el circuito final de control con los valores de todos los elementos

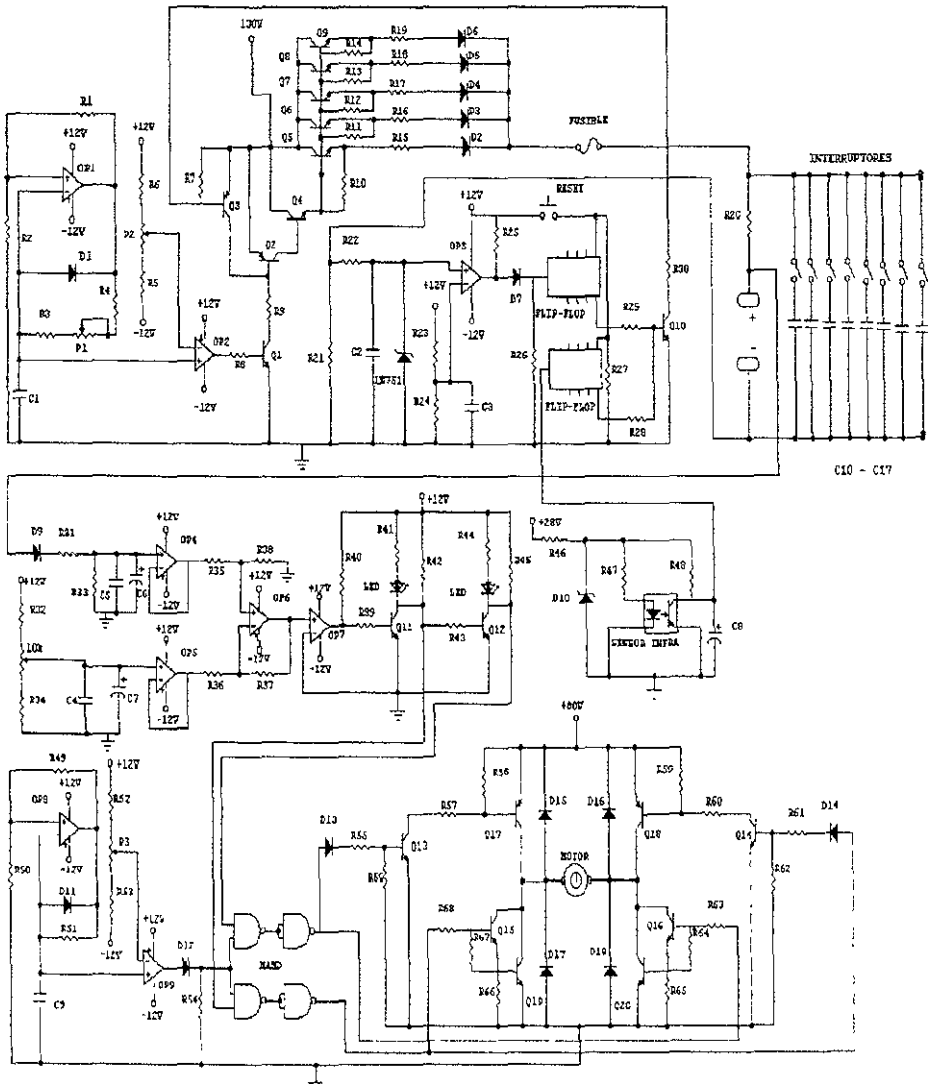


Figura 4 16

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
 IANIGLA

#### 4.4 – Funcionamiento final.

Después de describir cada parte del circuito se explicará como se interactúa para su funcionamiento en la práctica.

Para empezar a trabajar primero se ajusta el electrodo y la pieza de trabajo en el depósito, de acuerdo a la perforación que se quiere y cuidando que las piezas correspondan, además de dejar las piezas separadas (por seguridad) se define la profundidad con el ajuste de la regleta y el óptico, enseguida se procede a llenar el depósito con dieléctrico y acomodar las mangueras de enjuague para una buena remoción del material fundido. Cuando el dieléctrico llega el nivel adecuado (esto es cubre perfectamente la pieza de trabajo y permite la circulación del dieléctrico para ser filtrado y bombeado nuevamente). Entonces se verifica que todos los controles estén en cero (en el gabinete de control) para evitar accidentes, enseguida se enciende la máquina.

Se fija la referencia moviendo la perilla de voltaje hasta el valor deseado de referencia con lo que el led verde enciende, esto nos indica que el motor tiene el sentido de giro necesario para acercar las piezas (bajar el electrodo, aunque en este momento el motor esta inmóvil ya que la perilla del motor esta en cero). Entonces se mueve la perilla de referencia hasta el momento justo en que enciende el led rojo, (subir el electrodo)

Ahora se mueve la perilla de voltaje hasta el valor deseado (mayor que la referencia) con la que el led verde vuelve a encender, se fija la frecuencia deseada con su perilla correspondiente. Entonces se puede accionar la perilla de movimiento del motor y ajustar la velocidad de éste, con lo que se comenzará a erosionar

Hay que recordar que la corriente esta en función del voltaje promedio Y que la estabilidad de maquinado así como la velocidad en la erosión y el acabado es una combinación adecuada de todas las variables, diferencia entre el voltaje de referencia y el voltaje de trabajo, la frecuencia, la velocidad del motor, los capacitores en funcionamiento

# CAPITULO V

## PRUEBAS REALIZADAS.

---

Una vez desarrollado el sistema de control electrónico y ante la imposibilidad de trabajar con la etapa de potencia de la máquina, esta etapa se simuló con un transformador de 220/90 v, con un capacitor de 400  $\mu$ f, 300 volts. Y un foco de 100 W que permite que el capacitor se cargue de manera gradual

Al acoplar la etapa de potencia y el sistema de control electrónico se llevaron acabo las primeras pruebas:

Estas pruebas fueron realizadas en el laboratorio de electrónica, en donde se implemento un prototipo. Usando el motor de uno de los cabezales el cual fue empotrado en una mesa de trabajo. El porta electrodo fue implementado con un tornillo sin fin acoplado al motor por medio de un engrane, el electrodo se implementó con un tornillo de bronce y la pieza de trabajo era una placa de acero.



Figura 5 1

En la figura 5 1 se muestran las primeras pruebas realizadas, en las cuales el objetivo primordial es ver si realmente este prototipo es capaz de erosionar la placa de acero (pieza de trabajo), con diversos tornillos (electrodos), así como de verificar que el sistema mecánico del motor acoplado al porta electrodo funcione.

A continuación se proporcionan las características con que se realizaron las pruebas.

## PRUEBAS EN EL LABORATORIO

### Prueba (a)

Condiciones	Con transformador 220-90 V
Voltaje aplicado	45 V
Punta (Electrodo)	Latón
Pieza de trabajo	Acero
Tiempo de trabajo	1.15 h
Velocidad del motor	Baja
Frecuencia	1 kHz

**Observaciones** En este primer maquinado el acabado se puede considerar como fino, apenas es perceptible cierta porosidad en la pieza de trabajo, respecto a la profundidad del maquinado es notorio el contorno de la forma de la cabeza del tornillo que sirve como electrodo

### Prueba (b)

Condiciones	Con transformador 220-90 V
Voltaje aplicado	60 V
Punta (Electrodo)	Latón
Pieza de trabajo	Acero
Tiempo de trabajo	1.15 h
Velocidad del motor	Alta
Frecuencia	1 kHz

**Observaciones** No hay un cambio brusco o muy significativo, de un terminado más fino o más poroso, con respecto a la prueba anterior, solo respecto a la profundidad del material erosionado si es mayor en una proporción del doble

### Prueba (c)

Condiciones	Con transformador 220-90 V
Voltaje aplicado	60 V
Punta (Electrodo)	Latón
Pieza de trabajo	Acero
Tiempo de trabajo	1.15 h
Velocidad del motor	Baja
Frecuencia	1 kHz

**Observaciones.** En esta prueba la profundidad del maquinado es mayor en comparación con las dos pruebas anteriores y el acabado es más áspero, podría decirse que la porosidad del maquinado de la pieza de trabajo va en aumento

Prueba (d)

Condiciones	Con transformador 220-90 V
Voltaje aplicado	75 V
Punta (Electrodo)	Latón
Pieza de trabajo	Acero
Tiempo de trabajo	1.15 h
Velocidad del motor	Baja
Frecuencia	1 kHz

**Observaciones:** En esta prueba la profundidad supera las anteriores, el material removido es mayor; Con respecto al acabado la porosidad es más notoria también con respecto a las anteriores pruebas. El proceso se vuelve mas lento cuando se comienza alcanzar mayor profundidad.

En todas estas pruebas no se conectaron capacitores en paralelo con el electrodo

**Conclusiones:** Se observó que el voltaje aplicado afecta directamente la velocidad de remoción, también se observó que afecta el acabado de la pieza de trabajo, a menor voltaje el acabado es más liso o menos poroso que a voltajes mayores en donde es más notorio Pero básicamente se logró obtener el funcionamiento básico de la máquina electroerosionadora

Después de estas pruebas es notorio el cambio de color del fluido que sirve como dieléctrico (Diesel), al tornarse más oscuro debido al material que ha sido erosionado

En las siguientes pruebas (figura 5 2) se modificó la frecuencia así como la capacitancia en la punta

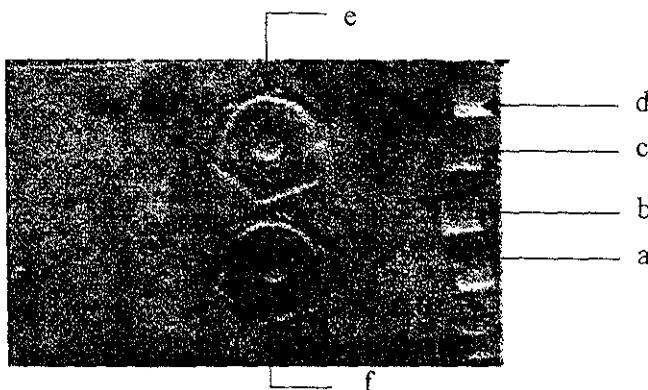


Figura 5 2

Prueba (a)

Condiciones	Con transformador 220-90 V
Voltaje aplicado	45 V
Punta	Latón
Pieza de trabajo	Acero
Tiempo de trabajo	1.15 h
Velocidad del motor	Baja
Frecuencia	1 kHz
Resistencia	1.5 ohms
Capacitancia	0.47 $\mu$ F

**Observaciones:** En esta prueba la penetración (profundidad en la perforación) no es muy representativa y el material erosionado es mínimo, solo el acabado presenta una mejora sustancial siendo muy liso, esto debido al capacitor de 0.47  $\mu$ F que se conectó en paralelo con la punta

Se conectó una resistencia de 1.5 ohms en serie con la punta para limitar la corriente en el circuito.

Prueba (b)

Condiciones	Con transformador 220-90 V
Voltaje aplicado	45 V
Punta (Electrodo)	Latón
Pieza de trabajo	Acero
Tiempo de trabajo	1.15 h
Velocidad del motor	Baja
Frecuencia	1 kHz
Resistencia	1.5 ohms
Capacitancia	0

**Observaciones** La profundidad es mayor a la prueba anterior, debido a que se desconectó el capacitor de la punta esto también modificó el acabado de la pieza de trabajo en donde la porosidad del material es más notoria

Esto comprueba que el capacitor modifica el acabado en el proceso

Se conectó una resistencia de 1.5 ohms en serie con el electrodo para limitar la corriente en el circuito

Prueba (c)

Condiciones	Con transformador 220-90 V
Voltaje aplicado	46 V
Punta (Electrodo)	Latón
Pieza de trabajo	Acero
Tiempo de trabajo	50 min Con el cap. y 20 min. sin el cap.
Velocidad del motor	Baja
Frecuencia	1 kHz
Resistencia	1.5 ohms
Capacitancia	0.47 $\mu$ F

**Observaciones.** Después de 50 minutos la perforación es muy poca y el acabado es mejor sin llegar a ser muy fino.

Después de 20 minutos en los cuales el capacitor es desconectado de la punta, en comparación con la prueba anterior es mejor el trabajo en cuanto al acabado, ya que la perforación es menor y se alcanza menor profundidad, el acabado si mejora al conectar el capacitor.

Prueba (d)

Condiciones	Con transformador 220-90 V
Voltaje aplicado	47 V
Punta (Electrodo)	Latón
Pieza de trabajo	Acero
Tiempo de trabajo	1 hr.
Velocidad del motor	Baja
Frecuencia	2 kHz
Resistencia	3 ohms
Capacitancia	0

**Observaciones.** En esta prueba se modificó la frecuencia de la punta de 1 kHz a 2 kHz, también se desconectó el capacitor que tenía la punta en paralelo, con estos parámetros modificados la profundidad mejora siendo mayor el material erosionado, el acabado en la pieza de trabajo también se modifica disminuyendo la calidad, siendo más poroso al tacto

Sé decidido cambiar la resistencia de 1.5 ohms por una del doble del valor 3 ohms debido a que sé tenía problemas con los transistores de potencia MJE13007 con esto se limita más la corriente que circula por la punta durante el proceso

**Prueba (e)**

Condiciones	Con transformador 220-90 V
Voltaje aplicado	47 V
Punta (Electrodo)	Cobre
Pieza de trabajo	Acero
Tiempo de trabajo	1 hr.
Velocidad del motor	Baja
Frecuencia	2 kHz
Resistencia	3 ohms
Capacitancia	0.47 $\mu$ f

**Observaciones:** Para esta prueba se decidió cambiar el electrodo, los anteriores eran tornillos de aleaciones desconocidas, y sea cambiado por uno de cobre.

La frecuencia de la punta se encuentra en 2 khz. Y se conectó el capacitor de 0.47  $\mu$ F, el material erosionado es mayor en comparación con las pruebas anteriores, tomando en cuenta que el área de maquinado es mayor debido a tener un electrodo de dimensiones mayores a los anteriores.

La calidad del acabado es menor comparado con las pruebas anteriores (a y c) que junto con esta tenían conectado el capacitor de 0.47  $\mu$ F en paralelo con la punta. Esto se debe a que aumento el área de remoción debido al cambio del electrodo.

**Prueba (f)**

Condiciones	Con transformador 220-90 V
Voltaje aplicado	45 V
Punta (Electrodo)	Cobre
Pieza de trabajo	Acero
Tiempo de trabajo	1 hr.
Velocidad del motor	Baja
Frecuencia	3 kHz
Resistencia	3 ohms
Capacitancia	0

**Observaciones:** La frecuencia de la punta se modifica de 2 kHz a 3 kHz, se desconecta el capacitor de la punta, el electrodo es el mismo de la prueba anterior cobre

El desbaste presentado es mayor debido a la frecuencia y el acabado de la pieza de trabajo es menor o disminuye debido a no tener conectado ningún capacitor en la punta

**Conclusiones:** Se comprobó el funcionamiento de la máquina prototipo en condiciones de laboratorio en donde se confirmó que el voltaje así como la frecuencia afectan de manera directa la velocidad de remoción de la pieza de trabajo. También se confirmó que la capacitancia influye en la calidad del acabado y la velocidad de remoción.



En todas estas pruebas el depósito de trabajo en donde se encuentra el dieléctrico (diesel), la pieza de trabajo y se lleva acabo el trabajo de electroerosión Se implementó en una vasija de plástico que media 12 cm de profundidad y contaba con un diámetro de 22cm. En donde el fluido dieléctrico se encontraba estático y por lo tanto la acumulación de sedimentos que no eran removidos de la zona de trabajo ocasionó desgaste irregular, incrementando la corriente en la punta y dañando los transistores de potencia.

Tomando en cuenta estas observaciones se implementó la máquina real, en donde se cuenta ya con un sistema de enjuague y un recipiente más grande para las pruebas.

### PRUEBAS REALIZADAS EN LA MÁQUINA.

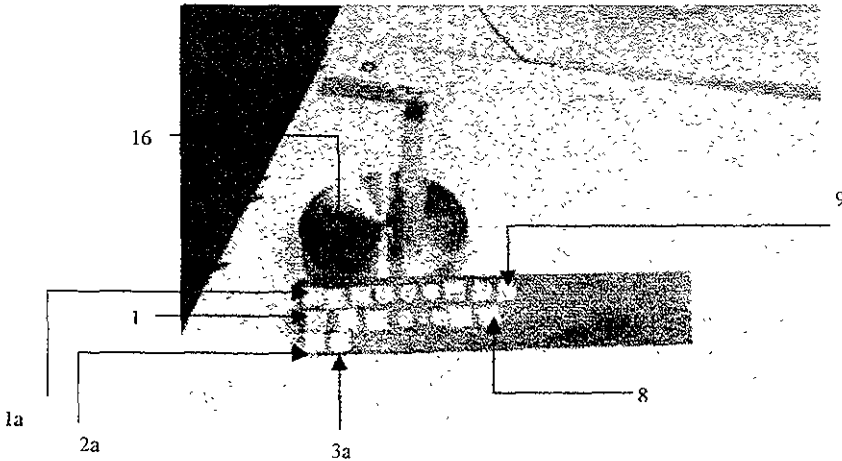


Figura 5.3

Los valores vertidos en la tabla, corresponden a la figura 5.2, son pruebas realizadas con un electrodo de cobre cuadrado y la pieza de trabajo es hierro

### PRUEBAS REALIZADAS EN LA MÁQUINA

PRUEBA	V REFERENCIA	V PUNTA	FRECUENCIA	CORRIENTE	CAPACITANCIA
1	25	40	10 kHz	2 A	817 $\mu$ F
2	40	55	10 kHz	2 A	817 $\mu$ F
3	60	70	10 kHz	2 A	817 $\mu$ F
4	80	100	10 kHz	2 A	817 $\mu$ F
5	25	50	10 kHz	6 A	819 $\mu$ F
6	40	60	10 kHz	6 A	819 $\mu$ F
7	60	75	10 kHz	6 A	819 $\mu$ F

8	80	100	10 kHz	6 A	819 $\mu$ F
9	25	60	10 kHz	3 A	14 $\mu$ F
10	40	60	10 kHz	3 A	819 $\mu$ F
11	60	70	10 kHz	3 A	819 $\mu$ F
12	80	100	10 kHz	3 A	819 $\mu$ F
13	25	45	10 kHz	6 A	0
14	40	60	10 kHz	8 A	0
15	60	70	10 kHz	6 A	0
16	80	100	10 kHz	10 A	0

Tabla 1

**Observaciones:** Pruebas realizadas con una frecuencia de 10 kHz y variaciones del voltaje de referencia y del voltaje de la punta, las 16 primeras pruebas de la tabla 1 corresponde a las marcadas en la figura. 5.2, las 3 pruebas restantes marcadas con los números 1 a, 2 a y 3 a, corresponden a la tabla 2 que se encuentra en seguida.

En todas las pruebas el tiempo de maquinado es de 10 minutos.

La etapa de potencia se llevo acabo con los transistores BUV 48<sup>a</sup>, que son los que se implementaron de manera definitiva en el circuito de potencia.

El depósito de trabajo es un cubo de metal con las siguientes dimensiones 50x50x50 cm en donde se encuentra una prensa que sujeta la pieza de trabajo, sumergida en el fluido dieléctrico (diesel), el cual circula por desbordamiento

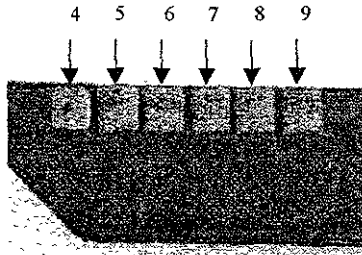
Durante el proceso algunos transistores se dañan, al observar la señal cuadrada que le llega a la base se observa una distorsión, provocando que el transistor pase un tiempo mayor por la zona de amplificación, provocando que se dañen por calentamiento, se toma la decisión de reducir la frecuencia de base en un intervalo de 500 Hz a 2 kHz, para reducir el tiempo de transito en la zona de amplificación.

**Conclusiones** Puede observarse que el maquinado se modifica dependiendo del voltaje y los capacitores conectados en paralelo con la punta, también se conecto un arreglo de resistencias de 3 3 ohms, que permite limitar la corriente que circula por la punta, evitando con esto un corto circuito total, que dañe los transistores de potencia.

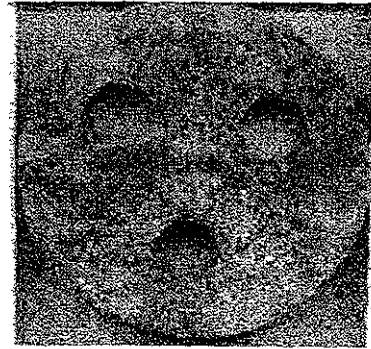
La circulación del fluido dieléctrico evita la acumulación del material removido disminuyendo de manera considerable descargas irregulares debido a su acumulación

La profundidad mejora así como el acabado, dependiendo del voltaje aplicado Se observa que la respuesta del motor de la punta influye también en la cantidad de material removido, si el motor responde de manera más rápida a los cambios de voltaje la profundidad mejora aumentando

En estas parte de pruebas se presentó una persona interesada en probar la máquina, para maquinar dados de extrusión, como el mostrado en la figura 5.4b.



a



b

Fig. 5.4

Lo valores vertidos en la tala corresponden a la figura 5.4.

PRUEBAS REALIZADAS EN LA MAQUINA

PRUEBA	V REFERENCIA	V PUNTA	FRECUENCIA	CORRIENTE	CAPACITANCIA	Tiempo
1 a	25	35	0.5 kHz	10 A	0 $\mu$ F	10 min
2 a	40	50	0.5 kHz	16 A	0 $\mu$ F	10 min.
3 a	70	80	0.5 kHz	20 A	0 $\mu$ F	10 min.
4	25	45	0.5 kHz	14 A	0 $\mu$ F	10 min
5	40	60	0.5 kHz	18 A	0 $\mu$ F	10 min.
6	60	80	0.5 kHz	Pasa la escala	0 $\mu$ F	10 min
7	25	55	0.5 kHz	18 A	0 $\mu$ F	10 min.
8	50	80	0.5 kHz	Pasa la escala	0 $\mu$ F	10 min.
9	25	65	0.5 kHz	20 A	0 $\mu$ F	10 min
10	40	80	0.5 kHz	Pasa la escala	0 $\mu$ F	50 min aprox
11	25	35	1 kHz	10 A	0 $\mu$ F	50 min
12	40	50	1 kHz	15 A	0 $\mu$ F	65 min
13	70	80	1 kHz	Pasa la escala	0 $\mu$ F	60 min
14	25	45	1 kHz	13 A	0 $\mu$ F	30 min
15	40	60	1 kHz	19 A	0 $\mu$ F	50 min

**Observaciones.** Pruebas realizadas con modificaciones a la frecuencia de la punta, la frecuencia se modificó entre 500hz y 1kHz y con modificaciones de voltaje de referencia y el voltaje de la punta. Las tres primeras prueba se encuentran en la figura 5.4b, las pruebas 4 a 9 en la figura 5 4a.

Las pruebas restantes corresponden a dos piezas maquinadas como muestra para la persona interesada en le desempeño de la máquina.

Para todas pruebas de la tabla 2, no se conectó ningún capacitor en paralelo con las puntas, además se colocaron dos mangueras de enjuague que permite dirigir le dieléctrico directamente al área de trabajo, para evitar la acumulación de material erosionado entre el electrodo y el dado de forja (pieza de trabajo).

La circulación del fluido es por desbordamiento y en ocasiones se abre una válvula que se encuentra en la base del depósito de trabajo para desalojar el sedimento de material erosionado que se deposita en el fondo

El electrodo es una barra de cobre de 20 cm, con forma hexagonal en un extremo, la pieza de trabajo H13 (aleación de acero) que soporta 600°C sin deformarse con tratamiento térmico

Se realizaron en un día 18 pruebas con un voltaje en la punta de 40 volts y 15 Amperes en promedio

Durante este periodo de pruebas de aproximadamente 9 hrs de trabajo continuo la máquina trabajo de manera adecuada sin presentar ninguna falla

La lectura máxima que se puede obtener del amperímetro es de 20 Amperes

**Conclusiones:** Los parámetros que influyen en el maquinado además del voltaje son, la frecuencia, la respuesta del motor (del electrodo) a la variación del voltaje, y el enjuague

Las prueba 1,2 y3, mejoran notablemente la erosión (profundidad), el terminado también mejora con respecto a las pruebas anteriores, teniendo tiempos iguales de maquinado y no tiene ningún capacitor conectado en paralelo con la punta. A demás de que el motor de la punta en trabaja a una velocidad lenta

En las pruebas 4,5,6,7y 9 La profundidad en la pieza de trabajo es mayor además el acabado no es muy poroso

Para los dados de extrusión se realizaron las pruebas 10,11,12,13,14 y 15, tratando de ubicar los parámetros mas adecuados para un mejor maquinado en un tiempo menor

La calidad del acabado es buena en opinión de estas personas, comparado con dados de extrusion maquinados previamente en otro lugar

Este molde sirve para producir varillas hexagonales que posteriormente se cortan y se maquinan para obtener conexiones para los tanques de gas, Por el molde se hacen pasar cobre calentado y obtener tiras de 12 m con la forma del molde, después son cortados y acabados dependiendo del tipo de conexión que se requiera

Estas fueron todas las pruebas realizadas en la máquina, debido a la premura por vender la máquina, incluso el dieléctrico fue proporcionado por las personas interesadas en comprarla.

Aunque no se pudieron realizar más pruebas con diferentes tipos de electrodos. desbaste, aproximación y acabado El trabajo realizado fue satisfactorio para estas personas que estuvieron trabajando varios días. Por lo que el control se considera bueno para el trabajo requerido en la electroerosionadora Aunque se observan algunas características mecánicas y eléctricas que podrían mejorar el desempeño por ejemplo: Evitar al máximo posible el juego entre cremallera y motor de penetración, además de una medición más exacta de los parámetros de operación, como son voltaje y corriente.

# CAPITULO VI

## CONCLUSIONES

---

En el mercado de manufactura es difícil, para los pequeños empresarios comprar máquinas-herramientas nuevas por los altos precios y a que son máquinas de importación

Para muchos de ellos ante la falta de recursos económicos, les es difícil conseguir financiamiento para adquirir máquinas-herramientas nuevas y una de las opciones a que recurren es a la compra de maquinaria usada

Para ellos es más factible reparar y reacondicionar la mayoría de estas máquinas, con parte de otras máquinas similares que tengan daños mayores y ponerlas en operación, que comprar una nueva

Algunas máquinas que presentan daños en los sistemas de control electrónico y ante la falta de información técnica, que es difícil de obtener por parte de los fabricantes, a permitido que soliciten la colaboración de algunos centros de educación superior para desarrollar alguna otra opción que les permita poner en operación estas máquinas

Para mucha gente el desarrollo tecnológico va de la mano con los recursos económicos y en función de esta idea plantean que el tiempo en que se desarrollan los proyectos debe ser corto o igual al tiempo en que tardan en conseguir algún tipo de tecnología que permita la puesta en marcha de las máquinas, esto acarrea un sin fin de inconvenientes, similares a los que se presentan cuando se quiere obtener los proyectos en un tiempo no razonable sin tomar en cuenta los inconvenientes que se pueden presentar.

En el desarrollo del sistema de control de esta máquina electroerosionadora es necesario hacer varias observaciones

Al implementar en la máquina el sistema de control se tuvieron que hacer varias Modificaciones:

Debido a que al poner en operación la máquina no se incluían resistencias en serie con el electrodo; Se presentaban incrementos de corriente muy grandes, que incluso dañaron los transistores de salida (potencia), por lo que fue necesario añadirlas y tienen valores de entre 3.3 ohms y 3.8 ohms

Se modificó el contactor de la máquina para que soportara mayor corriente, modificando su resorte y añadiendo un aceite con mayor grado de viscosidad

Sustitución de los diodos rectificadores de la fuente, debido a que los diodos con que contaba estaban dañados y eran muy viejos.

Ante las exigencias de aprovechar al máximo los recursos con que contaba la máquina, esto ocasionó una serie de retrasos que se fueron desarrollando, cuando ya se tenía el sistema de control.

La mayor parte del tiempo se ocupó en las modificaciones y reparaciones mecánicas en la máquina debido a la falta de mantenimiento, además de que algunas partes estaban dañadas y no era visible hasta que se operaban y lo hacían de manera inadecuada.

Por ejemplo algunas partes, como las cremalleras de los cabezales no contaban con grasa para operar de manera adecuada y estaban mal calibradas, esto ocasionaba que no respondiera al movimiento del motor ya que se atoraban o no se movían, las bases de los depósitos de trabajo no se encontraban aislados, hacia falta un depósito de trabajo que se mando hacer, se tuvo que dar mantenimiento a la bomba y al depósito del dieléctrico, así como adquirir los filtros de la misma

Durante el tiempo de operación de la máquina y el desarrollo de las primeras pruebas realizadas pudo observarse.

El circuito de control no presenta ninguna falla, solamente la etapa de potencia a frecuencias muy altas, mayores a 10 kHz los transistores, llegaban a ponerse en corto de la junta base emisor debido a que la deformación de la señal cuadrada, presentaba una curvatura y el transistor pasaba por la zona de amplificación durante un tiempo mayor, dando lugar a sobre calentamiento y daño físico, debido a esto se decidió limitar la frecuencia de la punta en el rango de 500 a 2kHz Evitando con esto el tránsito en la zona de amplificación de los transistores por largos periodos de tiempo

Es difícil estimar el tiempo de maquinado en una forma exacta para un trabajo, la mayoría de las veces es hecho por experiencias previas en cortes similares

## **NORMA OFICIAL MEXICANA.**

**NOM- 111- STPS- 1995**

# **SEGURIDAD EN LAS MÁQUINAS - HERRAMIENTAS DENOMINADAS MÁQUINAS DE ELECTROEROSION.**

### **1. - OBJETIVO.**

Esta norma oficial mexicana establece las características y/o condiciones de seguridad en la operación y mantenimiento de las máquinas-herramientas denominadas máquinas de electroerosión. Para prevención de riesgos de trabajo

### **2. - CAMPO DE APLICACIÓN.**

Esta norma oficial mexicana se aplica en los centros de trabajo que tienen instaladas para sus actividades de operación y/o servicios máquinas- herramientas denominadas máquinas de electroerosión.

### **3 REFERENCIAS.**

#### **3.1 NOM-107-STPS**

Prevención técnica de accidentes en máquinas y equipos, que operan en lugar fijo, seguridad mecánica y térmica, terminología

#### **3 2 NOM-108-STPS**

Prevención técnica de accidentes en máquinas y equipos Diseños o adaptaciones de los sistemas y dispositivos de protección, riesgos en función de los movimientos mecánicos

#### **3 3 NOM-109-STPS**

Prevención técnica de accidentes de máquinas que operan en lugar fijo, protectores y dispositivos de seguridad, tipos y características

### **4. DEFINICIONES**

Para efectos de esta norma se establecen las siguientes:

#### **4 1 ACCIONAMIENTO**

Manera de transmitir movimiento al husillo porta electrodo

#### **4 2 BARRERA DE PROTECCION**

Accesorio que impide la entrada al punto de operación

#### **4 3 BASTIDOR**

Estructura estacionaria de la maquina



#### 4.4 BOTÓN DE SEGURIDAD

Control de paro de emergencia

#### 4.5 CARRERA.

Distancia máxima ajustada en la que se desplaza el porta electrodo en un sentido.

#### 4.6 CICLO.

Movimiento alternativo del porta electrodo que regresa a la posición inicial a la carrera del mismo.

#### 4.7 DIELECTRICO.

Fluido que carece de conductividad eléctrica, pero en el interior de este puede existir un campo eléctrico estático

#### 4.8 DISPOSITIVO DE SUJECIÓN:

Mecanismo que sujeta a la pieza o herramienta de trabajo

#### 4.9 ELECTRODO.

Herramienta de trabajo o pieza de trabajo que puede tomar polaridad negativa o positiva

#### 4.10 FRENO

Dispositivo usado para detener el movimiento del electrodo y sostenerlo en una posición estacionaria.

#### 4.11 FUENTE DE PODER

Dispositivo que proporciona la energía eléctrica para la electroerosión

#### 4.12 HUSILLO PORTA ELÉCTRODO.

Elemento recíprocante o circular donde es montado el electrodo

#### 4.13 HERRAMIENTA MANUAL.

Instrumento manual diseñado para posicionar el material a ser procesado o para remover partes procesadas del punto de operación

#### 4.14 MESA DE LA MÁQUINA

Parte de la estructura de la máquina sobre la cual el material es posicionado y llevado al punto de operación

#### 4.15 MOVIMIENTO ALTERNATIVO

Carreras múltiples ininterrumpidas de la herramienta sin intervención de paros al final de las carreras individuales

#### 4.16 EROSIÓN DE MATERIAL.

Desprendimiento del material por efecto del arco eléctrico

#### 4.17 SELECTOR DE OPERACIÓN

Sistema de control para seleccionar las funciones del electrodo

- a) Estar protegido contra una operación involuntaria
- b) El mando manual debe ser de tal forma que el acceso a la zona de peligro no sea posible durante la fase de operación, teniendo en cuenta la velocidad de acceso y del tiempo requerido para obtener el paro del mecanismo.

## 5.5 RELACIONADO CON LOS DISPOSITIVOS Y/O SISTEMAS DE CONTROL.

5.5.1 Ser accesibles al operador.

5.5.2 Estar dispuestos y/o protegidos de tal forma que se evite su funcionamiento accidental

5.5.3 Identificar claramente por símbolos y colores cuando su funcionamiento no es evidente por si mismo, de acuerdo a la norma oficial mexicana correspondiente en vigor.

5.5.4 Estar provisto de dispositivos de paro de urgencia, cuando estén dispuestos en estaciones de mando múltiple

5.5.5 Contar con uno o más dispositivos de paro de urgencia, de preferencia de tipo sensitivo, distinguiéndose de los otros mandos por medio del color rojo. Este control debe actuar directamente en el sistema embrague-freno, además, debe desactivar cualquier otro control.

5.5.6 Cumplir en su instalación eléctrica con lo establecido en las normas oficiales mexicanas en vigor

5.5.7 Estar los circuitos dispuestos de manera tal, que no causen riesgos en el funcionamiento propio del sistema hombre-máquina

5.5.8 Cuando se trate del selector del ciclo, estar interconectado al control embrague-freno

5.5.9 Para ciclo continuo contar con un control adicional asociado al selector del ciclo.

5.5.10 Para ciclo simple, incorporar un dispositivo que no permita la repetición y otro que inhabilite al selector del ciclo antes de que este termine.

5.5.11 Cuando se requiera, deberá equiparse el control embrague-freno con un selector de modo para seleccionar el tipo de operación de remoción. Conteniendo las siguientes opciones en el listado

- apagado
- intermitente
- carrera simple
- continuo

## 5.6 RELACIONADOS CON LA FIJACIÓN DE ELECTROEROSIONADORA

5.6.1 Cementar la máquina de acuerdo a la información técnica

5.6.2 Supervisar la construcción de la cimentación para garantizar que esta se cumpla con las especificaciones requeridas.

5.6.3 Aprobar el montaje de la electroerosionadora

### 5.7 POR FALTA DE ENERGÍA

Los componentes de la electroerosionadora y sus controles deben contar con dispositivos para que las fallas de energía no generen condiciones de riesgo, la energía debe restablecerse manualmente o automáticamente

### 5.8 RELACIONADOS CON EL SISTEMA ELÉCTRICO

5.8.1 Evitar conexiones sin el recubrimiento aislante fuera de la máquina y contactos eléctricos sin protección, además respetar las especificaciones de la norma oficial mexicana correspondiente para el sistema eléctrico. El patrón debe conservar esta condición.

5.8.2 Incorporar en el electroerosionador un interruptor principal de potencia capaz de ser asociado solo en la posición “desconectado” (off) con cada sistema de control

5.8.3 Incorporar una protección al control para evitar un funcionamiento accidental

5.8.4 Incorporar un circuito de protección al sistema eléctrico de embrague-freno que impida una operación no deseada por una conexión a tierra accidental en su sistema de control.

### 5.9 POR UNA DEFICIENTE ILUMINACIÓN.

La iluminación debe ser la técnicamente requerida en el punto de operación.

### 5.10 POR CAÍDA DEL OPERADOR

5.10.1 Evitando la acumulación de materiales de desperdicio, mediante sistemas de recolección apropiados a las características de estos materiales

### 5.11 POR FALTA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA.

5.11.1 Contar con un manual de instalación, operación y mantenimiento

### 5.12 RELACIONADOS CON LA LUBRICACIÓN

5.12.1 Prover una ficha técnica de lubricación de la máquina

### 5.13 RELACIONADOS CON EL SUMINISTRO DE AIRE

### 5.14 FALLA EN EL SUMINISTRO DE AIRE

### 5.15 RELACIONADOS CON LOS RECIPIENTES SUJETOS A PRESION

Los recipientes sujetos a presión no usados en la electroerosionadora deben cumplir con el reglamento para la inspección de generadores de vapor y recipientes sujetos a presión y la normatividad vigente

#### 5.16 SISTEMA INDICADOR- CONTROLADOR DE FRENO.

Cuando se requiera la instalación de este sistema, se debe cumplir los requerimientos siguientes:

5.16.1 Evitar automáticamente la activación de un golpe sucesivo, si el tiempo de paro o la distancia de frenado disminuye a un punto donde la distancia de seguridad que es utilizada no cumple los requerimientos; cuando sea usado con un protector asociado a un interruptor, debe ser instalado de tal forma que detecte un deslizamiento superior más allá del límite normal establecido por el manual de operación.

5.16.2 Ser instalado de tal forma que el sistema indicador-controlador de freno actúe en cada ciclo.

### 6 PREVENCIÓN DE RIESGOS.

6.1 Por la operación.

6.1.1 El patrón debe:

establecer por escrito los procedimientos de operación de la electroerosionadora de acuerdo al manual correspondiente, señalando aspectos como

- a) Desplazamiento del árbol y demás partes en movimiento
- b) El funcionamiento del sistema embrague -freno
- c) Sistema de sujeción de la pieza de trabajo.
- d) Restricciones de acceso a los dispositivos de control a la electroerosionadora
- e) Control de ciclo,
- f) Límite de capacidad máxima del área de trabajo. En el anexo II se ejemplifica algunas medidas de protección y zonas de riesgos

6.1.2 Proporcionar capacitación y adiestramiento a sus operadores para un trabajo seguro de la electroerosionadora

6.1.3 Prever y establecer el uso de protectores específicos a los riesgos generales durante la operación de la electroerosionadora

6.1.4 Proporcionar equipo de protección personal, dependiendo del riesgo y el tipo de actividades que realice el operador

6.1.5 Prever desde la instalación de la electroerosionadora, el libre acceso a la misma y el espacio necesario para su operación

## 6.2 Por acumulación de manejo de desechos.

El patrón debe establecer por escrito el procedimiento para que el operador retire regularmente los desechos que se acumulen, tales como: rebabas, dieléctrico, aceite, etc

## 6.3 El patrón debe establecer por escrito los procedimientos para que el operador mantenga limpia y ordenada su área de trabajo

## 6.4 Por espacio de atrapamiento.

Cuando existen espacios de atrapamiento en la electroerosionadora se deben instalar protectores específicos. El patrón debe establecer por escrito los procedimientos para la colocación de dichos protectores, previo análisis del riesgo.

## 6.5 Por protectores móviles

Los protectores específicos interconectados al ciclo de trabajo de la electroerosionadora deben estar asociados a un dispositivo bloqueador.

## 6.6 Por falta de aislamiento

El patrón debe delimitar las áreas de tránsito y de trabajo (ver anexo II), de acuerdo a la norma oficial mexicana correspondiente

## 6.7 Relacionados con el cambio de herramientas.

El patrón debe

6.7.1 Indicar las herramientas a usar, seleccionar la electroerosionadora adecuada y su método de operación.

6.7.2 Indicar por escrito el procedimiento de montaje del electrodo

6.7.3 Suministrar las herramientas manuales específicas para el manejo de los materiales

## 6.8 Relacionados con el punto de operación

El patrón debe

6.8.1 Determinar el tipo de protector (es) y/o dispositivo (s) de seguridad. Específicos al tipo de electroerosionadora y operación a ejecutar

6.8.2 Instalar el protector (es) y/o dispositivo (s) de seguridad seleccionado (s)

## 6.9 Relacionados con el protector y dispositivo seleccionado e instalado

El patrón debe asegurarse que estos cumplan con

- a) Detener el ciclo del husillo, si las manos del operador son inadvertidamente colocadas en el punto de operación o prevenir al operador de alcances inadvertidos dentro del punto en cualquier momento
- b) Advertir el riesgo, si el operador coloca sus manos en el lugar que actúa la herramienta
- c) La colocación de ambas manos del operador para accionar los controles y ubicar estos a una distancia del punto de operación hasta no concluir el ciclo
- d) Que el protector permanezca en posición cerrada al inicio y durante el ciclo

6.9.1 Este dispositivo no debe usarse

- a) En electroerosionadoras de embrague de ciclo completo
- b) Como medio de inicio de ciclo.

6.9.2 El dispositivo deberá prever que una falla del propio sistema no evite su funcionamiento, pero evitar la iniciación del ciclo a menos que la falla sea corregida. La falla debe ser indicada por el sistema

6.9.3 El dispositivo, durante la carrera no realizará su función con el fin de permitir la alimentación.

6.9.4 Se deben emplear protectores en aquellas zonas no protegidas por el dispositivo.

#### 6.10 Herramientas para alimentación manual

El patrón debe proporcionar las herramientas específicas para la alimentación manual, cuyo objetivo es colocar y remover material del punto de operación y no debe considerarlas como protectores o dispositivos de seguridad.

#### 6.11 Requerimientos adicionales de protección.

Cuando el operador requiera alimentar o retirar materiales del punto de operación, mediante una o ambas manos y se debe usar un dispositivo del mando bimanual o un dispositivo sensitivo o un protector móvil (un embrague de ciclo parcial)

6.11.1 La electroerosionadora debe contar con un sistema indicador-controlador de freno

6.11.2 El control de la electroerosionadora con embrague de aire, debe ser diseñado para prevenir un incremento significativo en el tiempo normal de paro, ocasionado por una falla con el mecanismo de operación de la válvula e inhibir una operación posterior si tal falla ocurre, cuando se emplea un embrague de ciclo parcial.

#### 6.12 El mantenimiento

##### 6.12.1 Por modificación

Cuando se modifique o reconstruye una electroerosionadora, se debe proporcionar la información necesaria de los cambios en el manual de mantenimiento de la misma o en su caso, generar uno nuevo

##### 6.12.2 Por mantenimiento inadecuado

para evitar el patrón debe:

Prever desde la instalación misma de la electroerosionadora el libre acceso para su mantenimiento

Establecer por escrito un programa de mantenimiento periódico de mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo al manual correspondiente, de manera tal que se asegure que todos los componentes de la electroerosionadora y accesorios estén en condiciones de operación segura

Llevar un registro esento del mantenimiento realizado a la electroerosionadora

Capacitar al personal para proporcionar el mantenimiento a la electroerosionadora

Establecer por escrito los procedimientos necesarios para que el personal de mantenimiento reinstale todos y cada uno de los protectores y dispositivos de seguridad de la electroerosionadora

Al concluir el mantenimiento se debe verificar el funcionamiento de protectores y dispositivos.

6.12.3 Durante el mantenimiento, el patrón debe.

Proveer al personal de mantenimiento las herramientas adecuadas al tipo de actividad que realicen, así como el equipo de protección personal, de acuerdo a los riesgos a que esté expuesto

Asegurarse del bloqueo de la maquinaria y la colocación de señales de seguridad que indiquen a los trabajadores que la electroerosionadora se encuentre en mantenimiento

Establecer por escrito los procedimientos para que el personal de mantenimiento no ponga en marcha por error la electroerosionadora

6.13 Por lubricación inadecuada.

El patrón debe establecer un programa periódico de lubricación de acuerdo al anexo IV

6.14 El patrón debe seguir las medidas preventivas indicadas en el manual de instalación y mantenimiento sobre el uso y manejo de los lubricantes.

## 7 BIBLIOGRAFÍA.

JIS B6360-1983 Test Code for Performance and Accuracy of Wire Electrical Discharge Machines

## ANEXO IV.

### EJEMPLO DE UNA FICHA DE LUBRICACIÓN

Instrucciones generales de lubricación (a utilizar según los casos)

Sistema general

Mantener el nivel de aceite en los depósitos, asegurar periódicamente que el aceite llegue a todos los puntos. Supervisar el buen estado de las mangueras

#### A) MANUALES

Frecuentemente accionar la bomba para que mantenga una capa permanente de aceite sobre las superficies

#### B) AUTOMÁTICAS O VIAS MÚLTIPLES

Accionar el mando manual antes de trabajar la máquina para llenar los conductos

Consultar la norma para engrase particular y la regulación de los depósitos

Estar pendiente para que no haya descebado de bombas

Verificar periódicamente el funcionamiento del controlador de nivel

## BD233/235/237

BD233/235/237

### Medium Power Linear and Switching Applications

□ Complement to BD 234/236/238 respectively



TO-126  
1 Emitter 2 Collector 3 Base

### NPN Epitaxial Silicon Transistor

#### Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage	BD233	45 V
		BD235	60 V
		BD237	100 V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage	BD233	45 V
		BD235	60 V
		BD237	80 V
$V_{CER}$	Collector-Emitter Voltage	BD233	45 V
		BD235	60 V
		BD237	100 V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	5	V
$I_C$	Collector Current (DC)	2	A
$I_{CP}$	*Collector Current (Pulse)	6	A
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_C=25^\circ\text{C}$ )	25	W
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature	-65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

#### Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

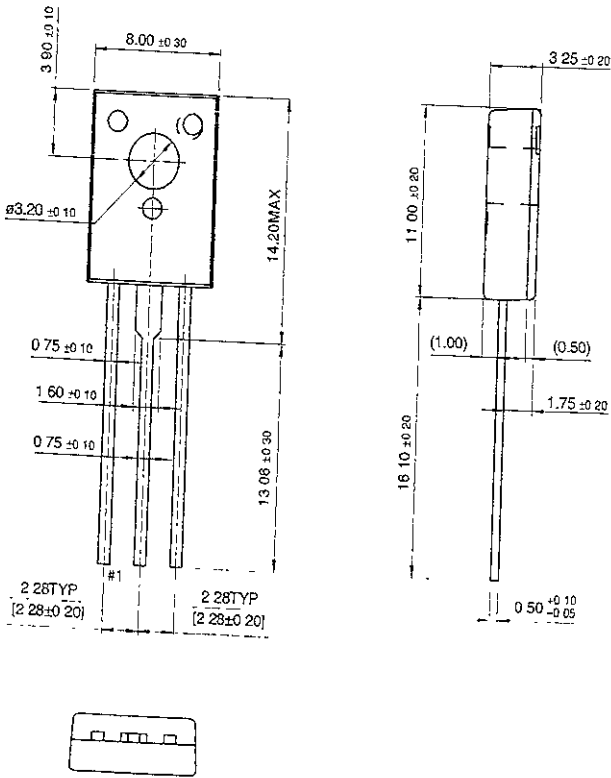
Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units		
$V_{CE0}(\text{sus})$	* Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 100\text{mA}, I_B = 0$	45			V		
							BD233	
							BD235	
							BD237	
$I_{CBO}$	Collector Cut-off Current	$V_{CB} = 45\text{V}, I_E = 0$			100	$\mu\text{A}$		
						BD235	100	$\mu\text{A}$
						BD237	100	$\mu\text{A}$
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = 5\text{V}, I_C = 0$			1	mA		
$h_{FE}$	* DC Current Gain	$V_{CE} = 2\text{V}, I_C = 150\text{mA}$ $V_{CE} = 2\text{V}, I_C = 1\text{A}$	40					
							25	
$V_{CE}(\text{sat})$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 1\text{A}, I_B = 0.1\text{A}$			0.6	V		
$V_{BE}(\text{on})$	* Base-Emitter ON Voltage	$V_{CE} = 2\text{V}, I_C = 1\text{A}$			1.3	V		
$f_T$	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = 10\text{V}, I_C = 250\text{mA}$	3			MHz		

\* Pulse Test, 100% duty cycle, 1.5% fall time



# Package Dimensions

## TO-126

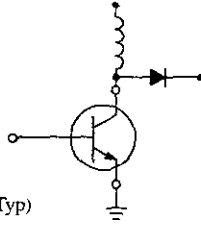


Dimensions in Millimeters

# SWITCHMODE™ II Series NPN Silicon Power Transistors

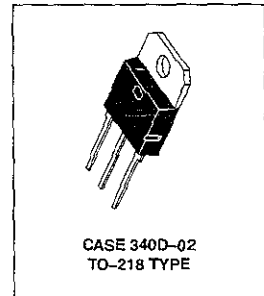
The BUV48/BUV48A transistors are designed for high-voltage, high-speed, power switching in inductive circuits where fall time is critical. They are particularly suited for line-operated SWITCHMODE applications such as:

- Switching Regulators
- Inverters
- Solenoid and Relay Drivers
- Motor Controls
- Deflection Circuits
- Fast Turn-Off Times
  - 60 ns Inductive Fall Time — 25°C (Typ)
  - 120 ns Inductive Crossover Time — 25°C (Typ)
- Operating Temperature Range -65 to +175°C
- 100°C Performance Specified for:
  - Reverse-Biased SOA with Inductive Loads
  - Switching Times with Inductive Loads
  - Saturation Voltage
  - Leakage Currents (125°C)



**BUV48  
BUV48A**

**15 AMPERES  
NPN SILICON  
POWER TRANSISTORS  
400 AND 450 VOLTS**  
 $V_{(BR)CEO}$   
850-1000 VOLTS  
 $V_{(BR)CEX}$   
150 WATTS



### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	BUV48	BUV48A	Unit
Collector-Emitter Voltage	$V_{CEO(sus)}$	400	450	Vdc
Collector-Emitter Voltage ( $V_{BE} = -1.5$ V)	$V_{CEX}$	850	1000	Vdc
Emitter Base Voltage	$V_{EB}$	7		Vdc
Collector Current — Continuous	$I_C$	15		Adc
— Peak (1)	$I_{CM}$	30		
— Overload	$I_{OI}$	60		
Base Current — Continuous	$I_B$	5		Adc
— Peak (1)	$I_{BM}$	20		
Total Power Dissipation — $T_C = 25^\circ\text{C}$	$P_D$	150		Watts
Derate above 25°C — $T_C = 100^\circ\text{C}$		75		
		1		W/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-65 to +175		°C

### THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	1	°C/W
Maximum Lead Temperature for Soldering Purposes 1/8" from Case for 5 Seconds	$T_L$	275	°C

(1) Pulse Test: Pulse Width - 5 ms, Duty Cycle - 10%

# BUV48 BUV48A

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
<b>OFF CHARACTERISTICS (1)</b>					
Collector-Emitter Sustaining Voltage (Table 1) ( $I_C = 200\text{ mA}$ , $I_B = 0$ ) $L = 25\text{ mH}$	BUV48 BUV48A $V_{CE(sus)}$	400 450	— —	— —	Vdc
Collector Cutoff Current ( $V_{CEX} = \text{Rated Value}$ , $V_{BE(off)} = 1.5\text{ Vdc}$ ) ( $V_{CEX} = \text{Rated Value}$ , $V_{BE(off)} = 1.5\text{ Vdc}$ , $T_C = 125^\circ\text{C}$ )	$I_{CEX}$	— —	— —	0.2 2	mAdc
Collector Cutoff Current ( $V_{CE} = \text{Rated } V_{CEX}$ , $R_{BE} = 10\ \Omega$ )	$I_{CER}$	— —	— —	0.5 3	mAdc
Emitter Cutoff Current ( $V_{EB} = 5\text{ Vdc}$ , $I_C = 0$ )	$I_{EBO}$	—	—	0.1	mAdc
Emitter-Base Breakdown Voltage ( $I_E = 50\text{ mA}$ - $I_C = 0$ )	$V_{(BR)EBO}$	7	—	—	Vdc

## SECOND BREAKDOWN

Second Breakdown Collector Current with Base Forward Biased	$I_{S/b}$	See Figure 12
Clamped inductive SOA with Base Reverse Biased	RBSOA	See Figure 13

## ON CHARACTERISTICS (1)

DC Current Gain ( $I_C = 10\text{ Adc}$ , $V_{CE} = 5\text{ Vdc}$ ) ( $I_C = 8\text{ Adc}$ , $V_{CE} = 5\text{ Vdc}$ )	BUV48 BUV48A $h_{FE}$	8 8	— —	— —	
Collector-Emitter Saturation Voltage ( $I_C = 10\text{ Adc}$ , $I_B = 2\text{ Adc}$ ) ( $I_C = 15\text{ Adc}$ , $I_B = 3\text{ Adc}$ ) ( $I_C = 10\text{ Adc}$ , $I_B = 2\text{ Adc}$ , $T_C = 100^\circ\text{C}$ ) ( $I_C = 8\text{ Adc}$ , $I_B = 1.6\text{ Adc}$ ) ( $I_C = 12\text{ Adc}$ , $I_B = 2.4\text{ Adc}$ ) ( $I_C = 8\text{ Adc}$ , $I_B = 1.6\text{ Adc}$ , $T_C = 100^\circ\text{C}$ )	BUV48 BUV48A $V_{CE(sat)}$	— — — — — —	— — — — — —	1.5 5 2 1.5 5 2	Vdc
Base-Emitter Saturation Voltage ( $I_C = 10\text{ Adc}$ , $I_B = 2\text{ Adc}$ ) ( $I_C = 10\text{ Adc}$ , $I_B = 2\text{ Adc}$ , $T_C = 100^\circ\text{C}$ ) ( $I_C = 8\text{ Adc}$ , $I_B = 1.6\text{ Adc}$ ) ( $I_C = 8\text{ Adc}$ , $I_B = 1.6\text{ Adc}$ , $T_C = 100^\circ\text{C}$ )	BUV48 BUV48A $V_{BE(sat)}$	— — — —	— — — —	1.6 1.6 1.6 1.6	Vdc

## DYNAMIC CHARACTERISTICS

Output Capacitance ( $V_{CB} = 10\text{ Vdc}$ , $I_E = 0$ , $f_{test} = 1\text{ MHz}$ )	$C_{ob}$	—	—	350	pF
--	----------	---	---	-----	----

## SWITCHING CHARACTERISTICS

### Resistive Load (Table 1)

Delay Time	$I_C = 10\text{ A}$ , $I_B = 2\text{ A}$ $I_C = 8\text{ A}$ , $I_B = 1.6\text{ A}$ Duty Cycle $\leq 2\%$ , $V_{BE(off)} = 5\text{ V}$ $T_P = 30\ \mu\text{s}$ , $V_{CC} = 300\text{ V}$	BUV48 BUV48A	$t_D$	—	0.1	0.2	$\mu\text{s}$
Rise Time			$t_r$	—	0.4	0.7	
Storage Time			$t_s$	—	1.3	2	
Fall Time			$t_f$	—	0.2	0.4	

### Inductive Load, Clamped (Table 1)

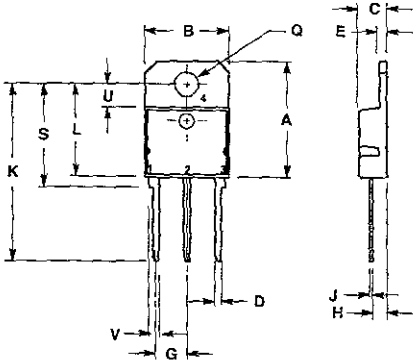
Storage Time	$I_C = 10\text{ A}$ $I_{B1} = 2\text{ A}$	BUV48	$(T_C = 25^\circ\text{C})$	$t_{sv}$	—	1.3	—	$\mu\text{s}$
Fall Time				$t_{fr}$	—	0.06	—	
Storage Time	$I_C = 8\text{ A}$ $I_{B1} = 1.6\text{ A}$	BUV48A	$(T_C = 100^\circ\text{C})$	$t_{sv}$	—	1.5	2.5	
Crossover Time				$t_c$	—	0.3	0.6	
Fall Time				$t_{fr}$	—	0.17	0.35	

(1) Pulse Test Pulse Width = 300  $\mu\text{s}$ , Duty Cycle = 2%  
Vcl = 300 V,  $V_{BE(off)} = 5\text{ V}$ ,  $L_c = 180\ \mu\text{H}$

# BUV48 BUV48A

## PACKAGE DIMENSIONS

SOT-93 (TO-218)  
CASE 340D-02  
ISSUE B



NOTES  
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.  
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	---	20.35	---	0.801
B	14.70	15.20	0.579	0.598
D	4.70	4.90	0.185	0.193
D	1.10	1.30	0.043	0.051
E	1.17	1.37	0.046	0.054
G	5.40	5.55	0.213	0.219
H	2.90	3.00	0.079	0.118
J	0.50	0.78	0.020	0.031
K	31.00 REF	1.220 REF		
L	---	16.20	---	0.638
Q	4.00	4.10	0.158	0.161
S	17.80	18.20	0.701	0.717
U	4.00 REF	0.157 REF		
V	1.75 REF	0.069		

SWITCHMODE is a registered trademark of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC)

ON Semiconductor and are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes to products for any particular application without notice and is not responsible for any claims, damages, or liabilities, including consequential, direct or indirect, arising from the use of the information in this data sheet or any other application. This document contains confidential information and is intended only for the individual named. If you are not the named individual you should not disseminate, distribute or copy this document. Without written permission from SCILLC, you may not reproduce, copy, prepare derivative works or in any way redistribute this document. Semiconductor Components Industries, LLC and are not responsible for any errors or for any consequences arising from the use of the information in this document. © Semiconductor Components Industries, LLC 2004

validated  
SCILLC

attorney

### PUBLICATION ORDERING INFORMATION

#### NORTH AMERICA Literature Fulfillment

Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
PO Box 5163 Denver, Colorado 80217 USA  
Phone 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
Fax 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
Email ONlit@hcbertco.com  
Fax Response Line 303-675-2167 or 800-344-3810 Toll Free USA/Canada

N American Technical Support 800-282-9855 Toll Free USA/Canada

#### EUROPE LDC for ON Semiconductor - European Support

German Phone (+1) 303-308-7140 (Mon-Fri 9:30pm to 7:00pm CET)  
Email ONlit-german@hcbertco.com  
French Phone (+1) 303-308-7141 (Mon-Fri 9:00pm to 7:00pm CET)  
Email ONlit-french@hcbertco.com  
English Phone (+1) 303-308-7142 (Mon-Fri 12:00pm to 5:00pm GMT)  
Email ONlit@hcbertco.com

EUROPEAN TOLL-FREE ACCESS\* 00-800-4422-3781

\*Available from Germany, France, Italy, UK, Ireland

#### CENTRAL/SOUTH AMERICA

Spanish Phone 303-308-7143 (Mon-Fri 8:00am to 5:00pm MST)  
Email ONlit-spanish@hcbertco.com  
Toll-Free from Mexico: Dial 01 800-286-2872 for Access -  
then Dial 866-297-9322

#### ASIA/PACIFIC LDC for ON Semiconductor - Asia Support

Phone 1-303-675-2121 (Tue-Fri 9:00am to 1:00pm, Hong Kong Time)  
Toll Free from Hong Kong & Singapore  
001-800-4422-3781  
Email ONlit-asia@hcbertco.com

#### JAPAN ON Semiconductor Japan Customer Focus Center

4-32-1 Nishi-Cotanda, Shinjigawa-ku, Tokyo, Japan 111-0031  
Phone 81 3-5740-2700  
Email r14579@onsemi.com

ON Semiconductor Website <http://onsemi.com>

For additional information, please contact your local Sales Representative.

BUV48/D

**CD4001BM/CD4001BC Quad 2-Input  
NOR Buffered B Series Gate**  
**CD4011BM/CD4011BC Quad 2-Input  
NAND Buffered B Series Gate**

**General Description**

These quad gates are monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuits constructed with N- and P-channel enhancement mode transistors. They have equal source and sink current capabilities and conform to standard B series output drive. The devices also have buffered outputs which improve transfer characteristics by providing very high gain.

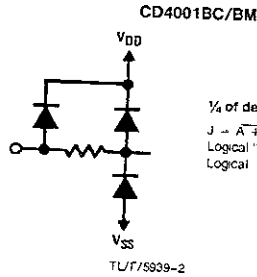
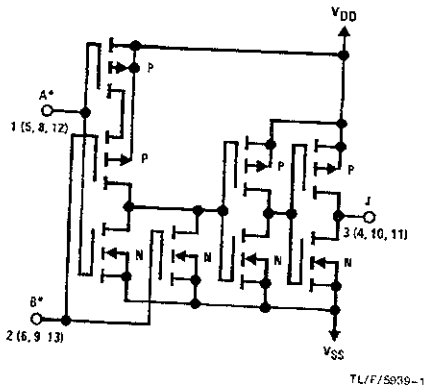
All inputs are protected against static discharge with diodes to  $V_{DD}$  and  $V_{SS}$ .

**Features**

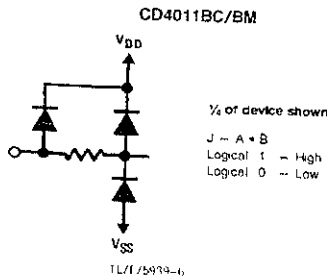
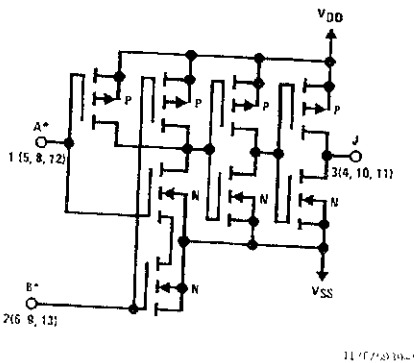
- Low power TTL compatibility
- 5V-10V-15V parametric ratings
- Symmetrical output characteristics
- Maximum input leakage 1  $\mu$ A at 15V over full temperature range

Fan out of 2 driving 74LS  
or 1 driving 74LS

**Schematic Diagrams**



\*All inputs protected by standard CMOS protection circuit



\*All inputs protected by standard CMOS protection circuit

**CD4001BM/CD4001BC Quad 2-Input NOR Buffered B Series Gate**  
**CD4011BM/CD4011BC Quad 2-Input NAND Buffered B Series Gate**

## Absolute Maximum Ratings (Notes 1 and 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Voltage at any Pin	-0.5V to $V_{DD}$ + 0.5V
Power Dissipation ( $P_D$ )	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW
$V_{DD}$ Range	-0.5 $V_{DC}$ to +18 $V_{DC}$
Storage Temperature ( $T_S$ )	-65°C to +150°C
Lead Temperature ( $T_L$ )	
(Soldering, 10 seconds)	260°C

## Operating Conditions

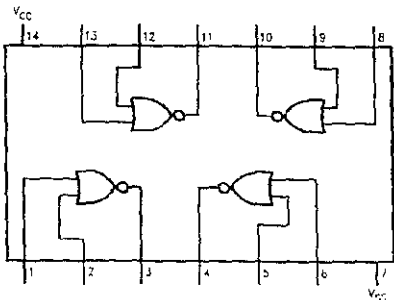
Operating Range ( $V_{DD}$ )	3 $V_{DC}$ to 15 $V_{DC}$
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C
CD4001BM, CD4011BM	-40°C to +85°C
CD4001BC, CD4011BC	

## DC Electrical Characteristics CD4001BM, CD4011BM (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-55°C		+25°C			+125°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
$I_{DD}$	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V, V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$		0.25		0.004	0.25		7.5	$\mu A$
		$V_{DD} = 10V, V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$		0.50		0.005	0.50		15	$\mu A$
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$		1.0		0.006	1.0		30	$\mu A$
$V_{OL}$	Low Level Output Voltage	$V_{DD} = 5V$		0.05		0	0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 10V$	$ I_O  < 1 \mu A$	0.05		0	0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 15V$		0.05		0	0.05		0.05	V
$V_{OH}$	High Level Output Voltage	$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95	5		4.95		V
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95	10		9.95		V
		$V_{DD} = 15V$	14.95		14.95	15		14.95		V
$V_{IL}$	Low Level Input Voltage	$V_{DD} = 5V, V_O = 4.5V$		1.5		2	1.5		1.5	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.0V$		3.0		4	3.0		3.0	V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$		4.0		6	4.0		4.0	V
$V_{IH}$	High Level Input Voltage	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$	3.5		3.5	3		3.5		V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V$	7.0		7.0	6		7.0		V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	11.0		11.0	9		11.0		V
$I_{OL}$	Low Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$	0.64		0.51	0.88		0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$	1.6		1.3	2.25		0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	4.2		3.4	8.8		2.4		mA
$I_{OH}$	High Level Output Current (Notes 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$	-0.64		-0.51	-0.88		-0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$	-1.6		-1.3	-2.25		-0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	-4.2		-3.4	-8.8		-2.4		mA
$I_{IN}$	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$		-0.10		-10 <sup>-5</sup>	-0.10		-1.0	$\mu A$
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.10		10 <sup>-5</sup>	0.10		1.0	$\mu A$

## Connection Diagrams

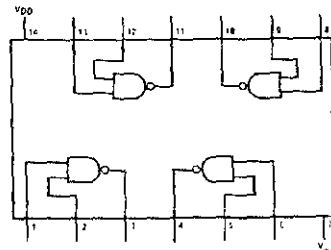
CD4001BC/CD4001BM  
Dual-In-Line Package



Top View

TLT/1249-1

CD4011BC/CD4011BM  
Dual-In-Line Package



Top View

Order Number CD4001B or CD4011B

T, 1249-1

## DC Electrical Characteristics CD4001BC, CD4011BC (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I <sub>DD</sub>	Quiescent Device Current	V <sub>DD</sub> = 5V, V <sub>IN</sub> = V <sub>DD</sub> or V <sub>SS</sub>		1		0.004	1		7.5	μA
		V <sub>DD</sub> = 10V, V <sub>IN</sub> = V <sub>DD</sub> or V <sub>SS</sub>		2		0.005	2		15	μA
		V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>IN</sub> = V <sub>DD</sub> or V <sub>SS</sub>		4		0.006	4		30	μA
V <sub>OL</sub>	Low Level Output Voltage	V <sub>DD</sub> = 5V	I <sub>O</sub>   < 1 μA	0.05		0	0.05		0.05	V
		V <sub>DD</sub> = 10V		0.05		0	0.05		0.05	V
		V <sub>DD</sub> = 15V		0.05		0	0.05		0.05	V
V <sub>OH</sub>	High Level Output Voltage	V <sub>DD</sub> = 5V	I <sub>O</sub>   < 1 μA	4.95		4.95	5		4.95	V
		V <sub>DD</sub> = 10V		9.95		9.95	10		9.95	V
		V <sub>DD</sub> = 15V		14.95		14.95	15		14.95	V
V <sub>IL</sub>	Low Level Input Voltage	V <sub>DD</sub> = 5V, V <sub>O</sub> = 4.5V		1.5		2	1.5		1.5	V
		V <sub>DD</sub> = 10V, V <sub>O</sub> = 9.0V		3.0		4	3.0		3.0	V
		V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>O</sub> = 13.5V		4.0		6	4.0		4.0	V
V <sub>IH</sub>	High Level Input Voltage	V <sub>DD</sub> = 5V, V <sub>O</sub> = 0.5V	3.5		3.5	3		3.5		V
		V <sub>DD</sub> = 10V, V <sub>O</sub> = 1.0V	7.0		7.0	6		7.0		V
		V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>O</sub> = 1.5V	11.0		11.0	9		11.0		V
I <sub>OL</sub>	Low Level Output Current (Note 3)	V <sub>DD</sub> = 5V, V <sub>O</sub> = 0.4V	0.52		0.44	0.88		0.36		mA
		V <sub>DD</sub> = 10V, V <sub>O</sub> = 0.5V	1.3		1.1	2.25		0.9		mA
		V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>O</sub> = 1.5V	3.6		3.0	8.8		2.4		mA
I <sub>OH</sub>	High Level Output Current (Note 3)	V <sub>DD</sub> = 5V, V <sub>O</sub> = 4.6V	-0.52		-0.44	-0.88		-0.36		mA
		V <sub>DD</sub> = 10V, V <sub>O</sub> = 9.5V	-1.3		-1.1	-2.25		-0.9		mA
		V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>O</sub> = 13.5V	-3.6		-3.0	-8.8		-2.4		mA
I <sub>IN</sub>	Input Current	V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>IN</sub> = 0V		-0.30		-10 <sup>-5</sup>	-0.30		-1.0	μA
		V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>IN</sub> = 15V		0.30		10 <sup>-5</sup>	0.30		1.0	μA

## AC Electrical Characteristics\* CD4001BC, CD4011BM

T<sub>A</sub> = 25°C, input t<sub>r</sub>, t<sub>f</sub> = 20 ns, C<sub>L</sub> = 50 pF, R<sub>L</sub> = 200k. Typical temperature coefficient is 0.3%/°C

Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Max	Units
t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay Time, High-to-Low Level	V <sub>DD</sub> = 5V	120	250	ns
		V <sub>DD</sub> = 10V	50	100	ns
		V <sub>DD</sub> = 15V	35	70	ns
t <sub>PLH</sub>	Propagation Delay Time, Low-to-High Level	V <sub>DD</sub> = 5V	110	250	ns
		V <sub>DD</sub> = 10V	50	100	ns
		V <sub>DD</sub> = 15V	35	70	ns
t <sub>THL</sub> , t <sub>TLH</sub>	Transition Time	V <sub>DD</sub> = 5V	90	200	ns
		V <sub>DD</sub> = 10V	50	100	ns
		V <sub>DD</sub> = 15V	40	80	ns
C <sub>IN</sub>	Average Input Capacitance	Any Input	5	7.5	pF
C <sub>PD</sub>	Power Dissipation Capacity	Any Gate	14		pF

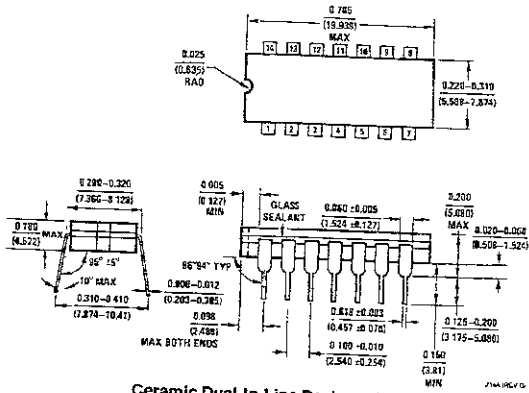
\*AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing

**Note 1** Absolute Maximum Ratings are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. Except for Operating Temperature Range they are not meant to imply that the devices should be operated at those limits. The table of Electrical Characteristics provides conditions for actual device operation.

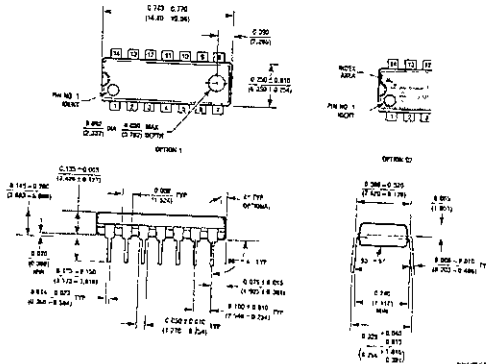
**Note 2** All voltages measured with respect to V<sub>SS</sub> unless otherwise specified.

**Note 3** I<sub>OL</sub> and I<sub>OH</sub> are tested one output at a time.

**Physical Dimensions** inches (millimeters)



**Ceramic Dual-In-Line Package (J)**  
 Order Number CD4001BMJ, CD4001BCJ, CD4001BMJ or CD4001BCJ  
 NS Package Number J14A



**Molded Dual-In-Line Package (N)**  
 Order Number CD4001BMN, CD4001BCN, CD4001BMN or CD4001BCN  
 NS Package Number N14A

**LIFE SUPPORT POLICY**

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION As used herein

- 1 Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user
- 2 A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness

**National Semiconductor Corporation**  
 1111 West Bardin Road  
 Arlington, TX 76017  
 Tel: (800) 772-9750  
 Fax: (800) 771-7018

**National Semiconductor Europe**  
 Fax: (+49) 0 180-530 85 80  
 Email: europe@nsc.com  
 Deutsche: Tel: (+49) 0 180-530 85 84  
 English: Tel: (+49) 0 180-532 78 92  
 Francais: Tel: (+49) 0 180-532 97 50  
 Italiano: Tel: (+49) 0 180 536 10 10

**National Semiconductor Hong Kong Ltd**  
 1371 Kowloon Street Block  
 Queen Centre 4, Canton Htg  
 Tsang Hsiu Ku, Kowloon  
 Hong Kong  
 Tel: (852) 2727 1600  
 Fax: (852) 2727 1600

**National Semiconductor Japan Ltd**  
 Tel: 81 (0) 291 7804  
 Fax: 81 (0) 291 7804



## CD4013BM/CD4013BC Dual D Flip-Flop

### General Description

The CD4013B dual D flip-flop is a monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuit constructed with N- and P-channel enhancement mode transistors. Each flip-flop has independent data, set, reset, and clock inputs and "Q" and "Q̄" outputs. These devices can be used for shift register applications, and by connecting "Q̄" output to the data input, for counter and toggle applications. The logic level present at the "D" input is transferred to the Q output during the positive-going transition of the clock pulse. Setting or resetting is independent of the clock and is accomplished by a high level on the set or reset line respectively.

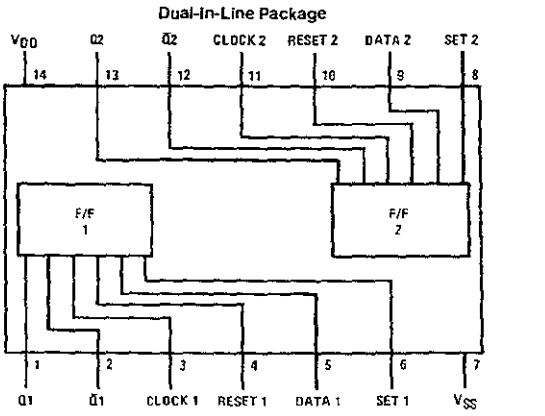
### Features

- Wide supply voltage range 3.0V to 15V
- High noise immunity 0.45 V<sub>DD</sub> (typ.)
- Low power TTL compatibility fan out of 2 driving 74L or 1 driving 74LS

### Applications

- Automotive
- Data terminals
- Instrumentation
- Medical electronics
- Alarm system
- Industrial electronics
- Remote metering
- Computers

### Connection Diagram



Top View

### Truth Table

CL <sup>†</sup>	D	R	S	Q	Q̄
—	0	0	0	0	1
—	1	0	0	1	0
—	x	0	0	Q	Q̄
x	x	1	0	0	1
x	x	0	1	1	0
x	x	1	1	1	1

No change  
 — Level change  
 x — Don't care

## Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

DC Supply Voltage ( $V_{DD}$ )  $-0.5 V_{DC}$  to  $+18 V_{DC}$

Input Voltage ( $V_{IN}$ )  $-0.5 V_{DC}$  to  $V_{DD} + 0.5 V_{DC}$

Storage Temp. Range ( $T_S$ )  $-65^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$

Power Dissipation ( $P_D$ )

Dual-in-Line 700 mW

Small Outline 500 mW

Lead Temperature ( $T_L$ )

(Soldering, 10 seconds)  $260^\circ\text{C}$

## Recommended Operating Conditions (Note 2)

DC Supply Voltage ( $V_{DD}$ )  $+3 V_{DC}$  to  $+15 V_{DC}$

Input Voltage ( $V_{IN}$ )  $0 V_{DC}$  to  $V_{DD} V_{DC}$

Operating Temperature Range ( $T_A$ )  $-55^\circ\text{C}$  to  $+125^\circ\text{C}$

CD4013BM  $-40^\circ\text{C}$  to  $+85^\circ\text{C}$

CD4013BC  $-40^\circ\text{C}$  to  $+85^\circ\text{C}$

## DC Electrical Characteristics CD4013BM (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	$-55^\circ\text{C}$		$+25^\circ\text{C}$			$+125^\circ\text{C}$		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
$I_{DD}$	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V, V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$		1.0			1.0		30	$\mu\text{A}$
		$V_{DD} = 10V, V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$		2.0			2.0		60	$\mu\text{A}$
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$		4.0			4.0		120	$\mu\text{A}$
$V_{OL}$	Low Level Output Voltage	$ I_O  < 1.0 \mu\text{A}$								
		$V_{DD} = 5V$		0.05			0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 10V$		0.05			0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 15V$		0.05			0.05		0.05	V
$V_{OH}$	High Level Output Voltage	$ I_O  < 1.0 \mu\text{A}$								
		$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95			4.95		V
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95			9.95		V
		$V_{DD} = 15V$	14.95		14.95			14.95		V
$V_{IL}$	Low Level Input Voltage	$ I_O  < 1.0 \mu\text{A}$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$ or $4.5V$		1.5			1.5		1.5	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V$ or $9.0V$		3.0			3.0		3.0	V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$ or $13.5V$		4.0			4.0		4.0	V
$V_{IH}$	High Level Input Voltage	$ I_O  < 1.0 \mu\text{A}$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$ or $4.5V$	3.5		3.5			3.5		V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V$ or $9.0V$	7.0		7.0			7.0		V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$ or $13.5V$	11.0		11.0			11.0		V
$I_{OL}$	Low Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$	0.64		0.51	0.88		0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$	1.6		1.3	2.25		0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	4.2		3.4	8.8		2.4		mA
		$V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$	-0.64		-0.51	-0.88		-0.36		mA
$I_{OH}$	High Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$	-1.6		-1.3	-2.25		-0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	-4.2		-3.4	-8.8		-2.4		mA
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$		-0.1		-10 <sup>-5</sup>		-0.1		$\mu\text{A}$
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.1		10 <sup>-5</sup>		0.1		$\mu\text{A}$

## DC Electrical Characteristics CD4013BC (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	$-40^\circ\text{C}$		$+25^\circ\text{C}$			$+85^\circ\text{C}$		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
$I_{DD}$	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V, V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$		4.0			4.0		30	$\mu\text{A}$
		$V_{DD} = 10V, V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$		8.0			8.0		60	$\mu\text{A}$
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$		16.0			16.0		120	$\mu\text{A}$
$V_{OL}$	Low Level Output Voltage	$ I_O  < 1.0 \mu\text{A}$								
		$V_{DD} = 5V$		0.05			0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 10V$		0.05			0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 15V$		0.05			0.05		0.05	V
$V_{OH}$	High Level Output Voltage	$ I_O  < 1.0 \mu\text{A}$								
		$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95			4.95		V
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95			9.95		V
		$V_{DD} = 15V$	14.95		14.95			14.95		V
$V_{IL}$	Low Level Input Voltage	$ I_O  < 1.0 \mu\text{A}$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$ or $4.5V$		1.5			1.5		1.5	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V$ or $9.0V$		3.0			3.0		3.0	V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$ or $13.5V$		4.0			4.0		4.0	V

## DC Electrical Characteristics CD4013BC (Note 2) (Continued)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
$V_{IH}$	High Level Input Voltage	$ I_{OI}  < 1.0 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$ or $4.5V$	3.5		3.5			3.5		V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V$ or $9.0V$	7.0		7.0			7.0		V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$ or $13.5V$	11.0		11.0			11.0		V
$I_{OL}$	Low Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$	0.52		0.44	0.88		0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$	1.3		1.1	2.25		0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	3.6		3.0	8.8		2.4		mA
$I_{OH}$	High Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$	-0.52		-0.44	-0.88		-0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$	-1.3		-1.1	-2.25		-0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	-3.6		-3.0	-8.8		-2.4		mA
$I_{IN}$	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$		-0.3		$-10^{-5}$	-0.3		-1.0	$\mu A$
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.3		$10^{-5}$	0.3		1.0	$\mu A$

Note 1: Absolute Maximum Ratings\* are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed; they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The tables of "Recommended Operating Conditions" and "Electrical Characteristics" provide conditions for actual device operation.

Note 2:  $V_{SS} = 0V$  unless otherwise specified.

Note 3:  $I_{OH}$  and  $I_{OL}$  are measured one output at a time.

## AC Electrical Characteristics\* $T_A = 25^\circ C, C_L = 50 pF, R_L = 200k$ , unless otherwise noted

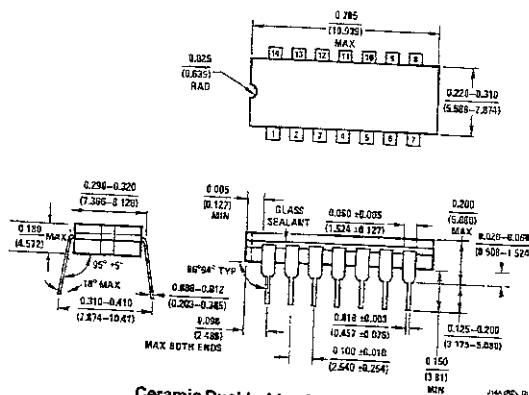
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>CLOCK OPERATION</b>						
$t_{PHL}, t_{PLH}$	Propagation Delay Time	$V_{DD} = 5V$		200	350	ns
		$V_{DD} = 10V$		80	160	ns
		$V_{DD} = 15V$		65	120	ns
$t_{THL}, t_{TLH}$	Transition Time	$V_{DD} = 5V$		100	200	ns
		$V_{DD} = 10V$		50	100	ns
		$V_{DD} = 15V$		40	80	ns
$t_{WL}, t_{WH}$	Minimum Clock Pulse Width	$V_{DD} = 5V$		100	200	ns
		$V_{DD} = 10V$		40	80	ns
		$V_{DD} = 15V$		32	65	ns
$t_{RCL}, t_{FCL}$	Maximum Clock Rise and Fall Time	$V_{DD} = 5V$			15	$\mu s$
		$V_{DD} = 10V$			10	$\mu s$
		$V_{DD} = 15V$			5	$\mu s$
$t_{SU}$	Minimum Set-Up Time	$V_{DD} = 5V$		20	40	ns
		$V_{DD} = 10V$		15	30	ns
		$V_{DD} = 15V$		12	25	ns
$f_{CL}$	Maximum Clock Frequency	$V_{DD} = 5V$	2.5	5		MHz
		$V_{DD} = 10V$	6.2	12.5		MHz
		$V_{DD} = 15V$	7.6	15.5		MHz

### SET AND RESET OPERATION

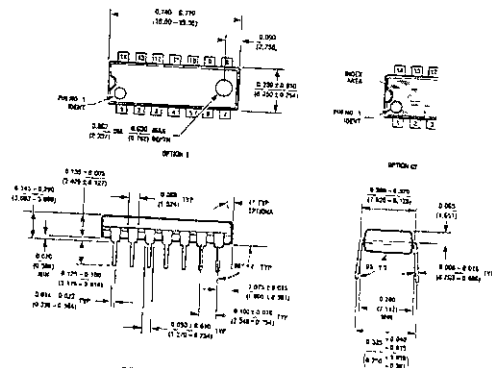
$t_{PHL}(R), t_{PLH}(S)$	Propagation Delay Time	$V_{DD} = 5V$		150	300	ns
		$V_{DD} = 10V$		65	130	ns
		$V_{DD} = 15V$		45	90	ns
$t_{WH}(R), t_{WH}(S)$	Minimum Set and Reset Pulse Width	$V_{DD} = 5V$		90	180	ns
		$V_{DD} = 10V$		40	80	ns
		$V_{DD} = 15V$		25	50	ns
$C_{IN}$	Average Input Capacitance	Any Input		5	7.5	pF

\*AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

**Physical Dimensions** inches (millimeters)



**Ceramic Dual-In-Line Package (J)**  
**Order Number CD4013BMJ or CD4013BCJ**  
**NS Package Number J14A**



**Molded Dual-In-Line Package (N)**  
**Order Number CD4013BMN or CD4013BCN**  
**NS Package Number N14A**

**LIFE SUPPORT POLICY**

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION As used herein

- 1 Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user
- 2 A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness



**National Semiconductor Corporation**  
 1111 West Garden Road  
 Arlington, TX 76017  
 Tel: (800) 727-8999  
 Fax: (800) 737-7016

**National Semiconductor Europe**

Fax: (+49) 0 180 570 85 85  
 Email: [crs@semiconductors.com](mailto:crs@semiconductors.com)  
 Deutsch: Tel: (+49) 0 180 570 85 85  
 English: Tel: (+49) 0 180 570 85 85  
 Français: Tel: (+49) 0 180 570 85 85  
 Italiano: Tel: (+49) 0 180 570 85 85

**National Semiconductor Hong Kong Ltd.**

15th Floor, Seaport Block  
 Ocean Center, 5 Canton Rd  
 Tsimshatsi, Kowloon  
 Hong Kong  
 Tel: (852) 2737 1600  
 Fax: (852) 2737 1600

**National Semiconductor Japan Ltd.**

Tel: 81 (04) 2737 2000  
 Fax: 81 (04) 2737 2108

## MJE13006/13007

### High Voltage Switch Mode Application

- High Speed Switching
- Suitable for Switching Regulator and Motor Control



1 TO-220  
1 Base 2 Collector 3 Emitter

### NPN Silicon Transistor

#### Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage	MJE13006	600
		MJE13007	700
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage	MJE13006	300
		MJE13007	400
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	9	V
$I_C$	Collector Current (DC)	8	A
$I_{CP}$	Collector Current (Pulse)	16	A
$I_B$	Base Current	4	A
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_C=25^\circ\text{C}$ )	80	W
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature	-65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

#### Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
$BV_{CEO}$	Collector- Emitter Breakdown Voltage MJE13006 MJE13007	$I_C = 10\text{mA}, I_B = 0$	300			V
			400			V
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = 9\text{V}, I_C = 0$			1	mA
$h_{FE}$	*DC Current Gain	$V_{CE} = 5\text{V}, I_C = 2\text{A}$	8		60	
		$V_{CE} = 5\text{V}, I_C = 5\text{A}$	5		30	
$V_{CE(sat)}$	*Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 2\text{A}, I_B = 0.4\text{A}$			1	V
		$I_C = 5\text{A}, I_B = 1\text{A}$			2	V
		$I_C = 8\text{A}, I_B = 2\text{A}$			3	V
$V_{BE(sat)}$	*Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 2\text{A}, I_B = 0.4\text{A}$			1.2	V
		$I_C = 5\text{A}, I_B = 1\text{A}$			1.6	V
$C_{ob}$	Output Capacitance	$V_{CB} = 10\text{V}, f = 0.1\text{MHz}$		110		pF
$f_T$	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = 10\text{V}, I_C = 0.5\text{A}$	4			MHz
$t_{ON}$	Turn ON Time	$V_{CC} = 125\text{V}, I_C = 5\text{A}$			1.6	$\mu\text{s}$
$t_{STG}$	Storage Time	$I_{B1} = -I_{B2} = 1\text{A}$			3	$\mu\text{s}$
$t_f$	Fall Time	$R_f = 50\Omega$			0.7	$\mu\text{s}$

\* Pulse test:  $P_{AV} \leq 300\text{mW}$ , Duty cycle: 2%



# MJE340

## High Voltage General Purpose Applications

- High Collector-Emitter Breakdown Voltage
- Suitable for Transformer
- Complement to MJE350



1 TO-126  
1 Emitter 2 Collector 3.Base

## NPN Epitaxial Silicon Transistor

### Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

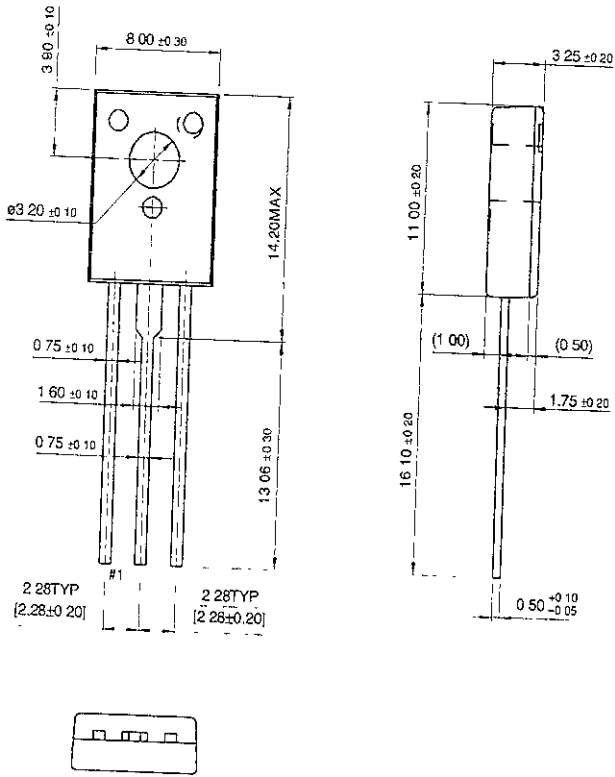
Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage	300	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage	300	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	5	V
$I_C$	Collector Current	500	mA
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_C=25^\circ\text{C}$ )	20	W
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature	-65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

### Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$BV_{CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 1\text{mA}, I_B = 0$	300		V
$I_{CBO}$	Collector Cut-off Current	$V_{CB} = 300\text{V}, I_E = 0$		100	$\mu\text{A}$
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current	$V_{BE} = 3\text{V}, I_C = 0$		100	$\mu\text{A}$
$h_{FE}$	DC Current Gain	$V_{CE} = 10\text{V}, I_C = 50\text{mA}$	30	240	

Package Dimensions

TO-126



Dimensions in Millimeters

Rev. A February 1977



## MJE350

### High Voltage General Purpose Applications

- High Collector-Emitter Breakdown Voltage
- Suitable for Transformer
- Complement to MJE340



1 TO-126  
1 Emitter 2 Collector 3 Base

### PNP Epitaxial Silicon Transistor

#### Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage	-300	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage	-300	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	-5	V
$I_C$	Collector Current	-500	mA
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_C=25^\circ\text{C}$ )	20	W
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature	-65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

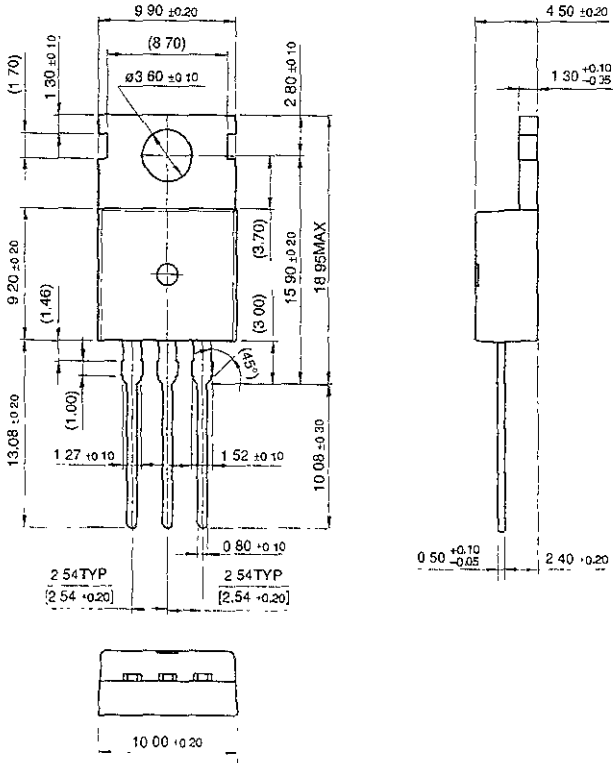
#### Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$BV_{CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = -1\text{mA}, I_B = 0$	-300		V
$I_{CBO}$	Collector Cut-off Current	$V_{CB} = -300\text{V}, I_E = 0$		-100	$\mu\text{A}$
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current	$V_{BE} = -3\text{V}, I_C = 0$		-100	$\mu\text{A}$
$h_{FE}$	DC Current Gain	$V_{CE} = -10\text{V}, I_C = -50\text{mA}$	30	240	

# Package Dimensions

## TO-220

TIP41 Series (TIP41/41A/41B/41C)



Dimensions in Millimeters

## TIP42 SERIES(TIP42/42A/42B/42C)

### Medium Power Linear Switching Applications

□ Complement to TIP41/41A/41B/41C



1 TO-220  
1 Base 2 Collector 3 Emitter

### PNP Epitaxial Silicon Transistor

#### Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage	TIP42	-40
		TIP42A	-60
		TIP42B	-80
		TIP42C	-100
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage	TIP42	-40
		TIP42A	-60
		TIP42B	-80
		TIP42C	-100
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	-5	V
$I_C$	Collector Current (DC)	-6	A
$I_{CP}$	Collector Current (Pulse)	-10	A
$I_B$	Base Current	-2	A
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_C=25^\circ\text{C}$ )	65	W
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_\theta=25^\circ\text{C}$ )	2	W
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature	-65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

#### Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$V_{CEO(sus)}$	* Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = -30\text{mA}, I_B = 0$	TIP42	-40	V
			TIP42A	-60	V
			TIP42B	-80	V
			TIP42C	-100	V
$I_{CEO}$	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = -30\text{V}, I_B = 0$		-0.7	mA
		$V_{CE} = -60\text{V}, I_B = 0$		-0.7	mA
$I_{CES}$	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = -40\text{V}, V_{EB} = 0$		-400	$\mu\text{A}$
		$V_{CE} = -60\text{V}, V_{EB} = 0$		-400	$\mu\text{A}$
		$V_{CE} = -80\text{V}, V_{EB} = 0$		-400	$\mu\text{A}$
		$V_{CE} = -100\text{V}, V_{EB} = 0$		-400	$\mu\text{A}$
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = -5\text{V}, I_C = 0$		-1	mA
$\beta_{FE}$	* DC Current Gain	$V_{CE} = -4\text{V}, I_C = -0.3\text{A}$	30		
		$V_{CE} = -4\text{V}, I_C = -3\text{A}$	15	75	
$V_{CE(sat)}$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = -6\text{A}, I_B = -600\text{mA}$		-1.5	V
$V_{BE(sat)}$	* Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE} = -4\text{V}, I_C = -6\text{A}$		-2.0	V
$f_T$	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = -10\text{V}, I_C = -500\text{mA}$	3.0		MHz

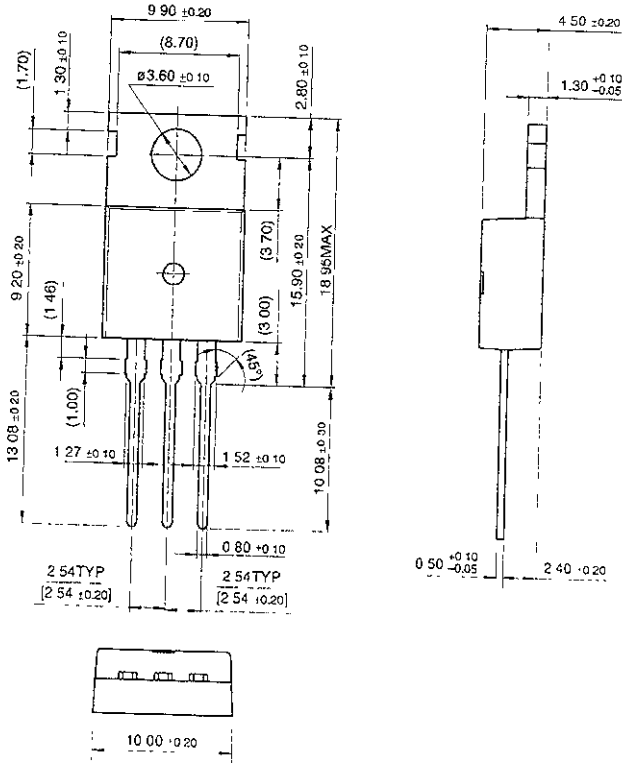
\* Pulse Test,  $P_{AV} < 300\text{mW}$ , Duty Cycle = 5%

TIP42 SERIES (TIP42/42A/42B/42C)

# Package Dimensions

## TO-220

TIP42 SERIES (TIP42/42A/42B/42C)



Dimensions in Millimeters



MOTOROLA

Order this document by TL081C/D

# JFET Input Operational Amplifiers

These low-cost JFET input operational amplifiers combine two state-of-the-art linear technologies on a single monolithic integrated circuit. Each internally compensated operational amplifier has well matched high voltage JFET input devices for low input offset voltage. The BIFET technology provides wide bandwidths and fast slew rates with low input bias currents, input offset currents, and supply currents.

These devices are available in single, dual and quad operational amplifiers which are pin-compatible with the industry standard MC1741, MC1458, and the MC3403/LM324 bipolar products.

- Input Offset Voltage Options of 60 mV and 15 mV Max
- Low Input Bias Current, 30 pA
- Low Input Offset Current, 5.0 pA
- Low Input Offset Current, 5.0 pA
- Wide Gain Bandwidth: 4.0 MHz
- High Slew Rate, 13 V/μs
- Low Supply Current: 1.4 mA per Amplifier
- High Input Impedance: 10<sup>12</sup> Ω

## TL081C,AC TL082C,AC TL084C,AC

### JFET INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SEMICONDUCTOR  
TECHNICAL DATA

#### ORDERING INFORMATION

Op Amp Function	Device	Operating Temperature Range	Package
Single	TL081CD	T <sub>A</sub> = 0° to +70°C	SO-8
	TL081ACP		Plastic DIP
Dual	TL082CD	T <sub>A</sub> = 0° to +70°C	SO-8
	TL082ACP		Plastic DIP
Quad	TL084CN, ACN	T <sub>A</sub> = 0° to +70°C	Plastic DIP

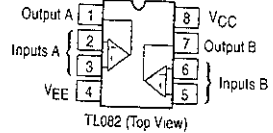
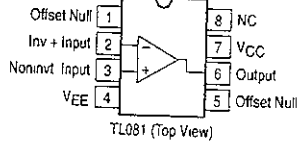


P SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 626

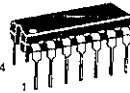
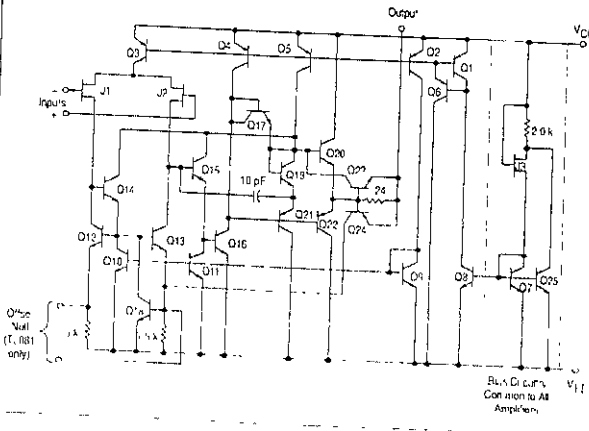


D SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 751  
(SO-8)

#### PIN CONNECTIONS

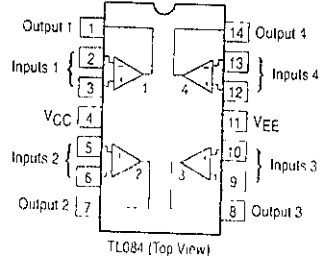


#### Representative Circuit Schematic (Each Amplifier)



N SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 646

#### PIN CONNECTIONS



# TL081C, AC TL082C, AC TL084C, AC

## MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V <sub>CC</sub> V <sub>EE</sub>	18 -18	V
Differential Input Voltage	V <sub>ID</sub>	±30	V
Input Voltage Range (Note 1)	V <sub>IDR</sub>	±15	V
Output Short Circuit Duration (Note 2)	I <sub>SC</sub>	Continuous	
Power Dissipation			
Plastic Package (N, P) Derate above T <sub>A</sub> = +47°C	P <sub>D</sub> 1/θ <sub>JA</sub>	680 10	mW mW/°C
Operating Ambient Temperature Range	T <sub>A</sub>	0 to +70	°C
Storage Temperature Range	T <sub>stg</sub>	-65 to +150	°C

- NOTES: 1 The magnitude of the input voltage must not exceed the magnitude of the supply voltage or 15 V, whichever is less.  
 2 The output may be shorted to ground or either supply. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure that power dissipation ratings are not exceeded.  
 3 ESD data available upon request.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V<sub>CC</sub> = 15 V, V<sub>EE</sub> = -15 V, T<sub>A</sub> = T<sub>low</sub> to T<sub>high</sub> [Note 1])

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Input Offset Voltage (R <sub>S</sub> ≤ 10 k, V <sub>CM</sub> = 0) TL081C, TL082C TL084C TL08_AC	V <sub>IO</sub>	-	-	20 20 7.5	mV
Input Offset Current (V <sub>CM</sub> = 0) (Note 2) TL08_C TL08_AC	I <sub>IO</sub>	-	-	5.0 3.0	nA
Input Bias Current (V <sub>CM</sub> = 0) (Note 2) TL08_C TL08_AC	I <sub>IB</sub>	-	-	10 7.0	nA
Large-Signal Voltage Gain (V <sub>O</sub> = ±10 V, R <sub>L</sub> ≥ 2.0 k) TL08_C TL08_AC	A <sub>VOL</sub>	15 25	- -	- -	V/mV
Output Voltage Swing (Peak-to-Peak) (R <sub>L</sub> ≥ 10 k) (R <sub>L</sub> ≥ 2.0 k)	V <sub>O</sub>	24 20	- -	- -	V

- NOTES: 1 T<sub>low</sub> = 0°C for TL081AC, C TL082AC, C TL084AC, C  
 T<sub>high</sub> = 70°C for TL081AC TL082AC, C TL084AC, C

2 Input Bias currents of JFET input op amps approximately double for every 10°C rise in Junction Temperature as shown in Figure 3. To maintain junction temperature as close to ambient temperature as possible, pulse techniques must be used during testing.

Figure 1. Unity Gain Voltage Follower

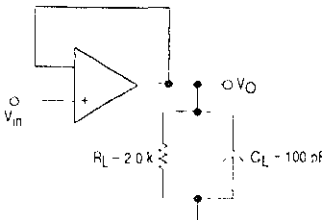
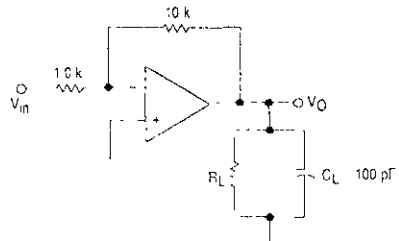


Figure 2. Inverting Gain of 10 Amplifier



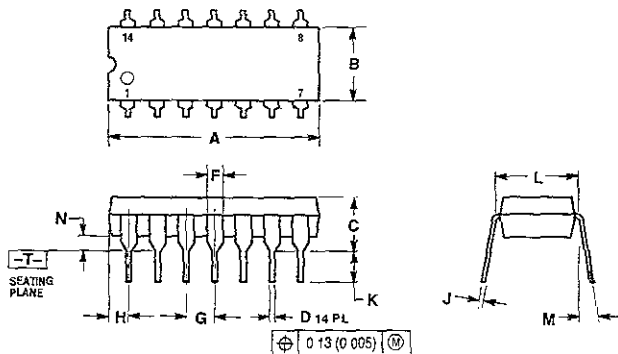
# TL081C,AC TL082C,AC TL084C,AC

## OUTLINE DIMENSIONS

N SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 646-06  
ISSUE M

- NOTES
- 1 DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M 1982
  - 2 CONTROLLING DIMENSION INCH
  - 3 DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL
  - 4 DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH
  - 5 ROUNDED CORNERS OPTIONAL

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	19.50
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.68	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.75
G	0.100 BSC 2.54 BSC			
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.290	0.310	7.37	7.87
M	10°			
N	0.015	0.039	0.38	1.01



Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

Max is a trademark of Motorola, Inc.

### How to reach us

USA/EUROPE/Locations Not Listed Motorola Literature Distribution,  
P.O. Box 5405 Denver, Colorado 80217 1-303-675-2140 or 1-800-441-2447

JAPAN Nippon Motorola Ltd. SPD, Strategic Planning Office 4-32-1,  
Nishi-Gokanda, Shinagawa-ku Tokyo 141 Japan 81-3-5487-8488

Customer Focus Center 1-800-521-6274

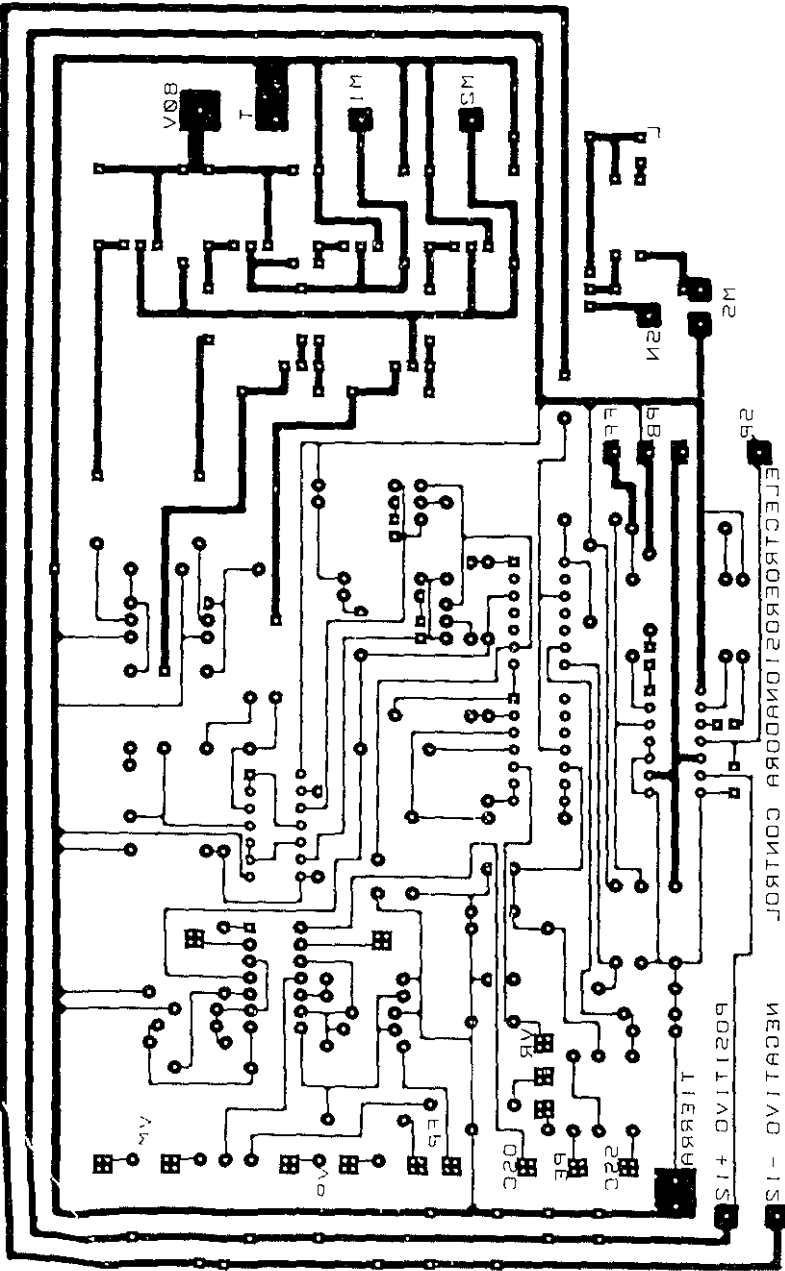
Mfnx \* RMFAX0@email.sps.mot.com - TOLL FREE 1-800-244-6609  
Motorola Fax Back System US & Canada ONLY 1-800-774-1848  
- http://sps.motorola.com/mlax/

ASIA/PACIFIC Motorola Semiconductor HK Ltd., 8D Tai Ping Industrial Park,  
51 Tsim Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong, 852 26629298

HOME PAGE <http://motorola.com/sps/>

**MOTOROLA**

TL081C/D

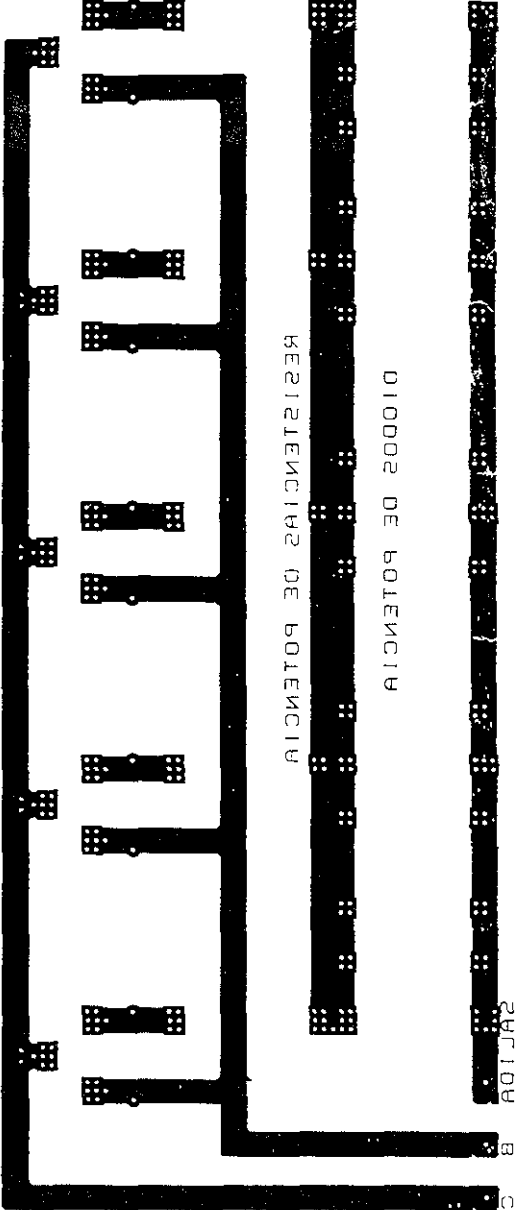




SALIDA

DIODOS DE POTENCIA

RESISTENCIAS DE POTENCIA



## BIBLIOGRAFÍA.

---

“Power electronics converters, applications and design.”  
Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins  
Editorial John Wiley & Sons

“Power semiconductor circuits ”  
S B Dewan, A. Straughen.  
Editorial John Wiley & Sons

“Introducción a los amplificadores operacionales con aplicaciones a CI lineales”  
Luces M Faulkenberry  
Editorial Limusa

“Amplificadores operacionales Teoría y montajes prácticos ”  
W. García López, J.L. Gutierrez Iglesia  
Editorial Paraninfo

“Principios de Electrónica ”  
Paul E. Gray, Campbell Searle  
Editorial Reverté S.A

“Amplificadores operativos, diseño y aplicación ”  
Gene E. Tobey  
Editorial Diana

“Prontuario (técnicas, máquinas y herramientas)”  
Nicolas Lanburu Aritzabalaga  
Editorial Paraninfo