

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

30
22j



**PROYECTO PARA LA FABRICACION EN EL PAIS DE
UN INTERRUPTOR DE CORRIENTE EN AIRE,
PARA ALTA TENSION 24 KV. 630A.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
ROBERTO PABLO MONTERO FIGUEROA

Director de la Tesis: IME. Manuel R. Burgos

1984: Cuautitlán Izcalli, Estado de México



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

I N D I C E

Pág.

OBJETIVO

INTRODUCCION

CAPITULO I

1.1	Definición del Interruptor	1
1.2	Aplicaciones	3
1.3	Descripción	6
1.4	Funcionamiento	13
1.5	Mando de Operación	22
1.6	Interruptor con Aditamentos	25
1.7	Cálculo de la Fuerza requerida en el mecanismo del Interruptor	33
1.8	Cálculo del área de las piezas conductoras	38

CAPITULO II

SELECCION DE MATERIAL	39
2.1 Material conductor	39
2.1.1 Características y propiedades para un contacto ideal	40
2.1.2 Plata	45
2.1.3 Cobre	45
2.1.4 Aluminio	46
2.1.5 Platino	47
2.1.6 Niquel	48
2.1.7 Tungsteno	49
2.1.8 Molibdeno	51
2.2 Material Aislante	53
2.2.1 Resina Epóxica	54
2.2.2 Resina tipo Novolaca	55
2.2.3 Resina de Acetato de Polivinilo	56
2.2.4 Resina Resolítica	57
2.2.5 Resina Glicfáltica	58
2.2.6 Poliestireno	59

2.2.7	Poliétileno	60
2.2.8	Cloruro de Polivinilo	61
2.2.9	Plástico Vinílico	62
2.2.10	Escapón	63
2.3	Acero al Carbono	65
2.3.1	Aceros Aleados	67
2.4	Selección del Material Conductor	70
2.5	Selección del Material Aislante	71
2.6	Selección del Acero al Carbono	72
2.7	Selección de Fusibles	74
2.8	Selección de Aisladores de Apoyo	75

CAPITULO III

PROCESOS DE FABRICACION	79	
3.1	Proceso de Corte de lámina (cizallado)	80
3.2	Proceso de Corte con punzón	82
3.3	Proceso de Doblado	87
3.4	Proceso de Torneado	90
3.5	Proceso de Fresado	94
3.6	Proceso de Taladrado	95
3.7	Proceso de Roscado	97
3.8	Proceso de Soldado	99
3.9	Cálculo de algunos procesos realizados en una pieza	100

CAPITULO IV

COSTO DE FABRICACION	136
CONCLUSIONES	140
BIBLIOGRAFIA	141

O B J E T I V O

En estos años han surgido numerosos problemas en nuestro país, a tal grado que se ha tomado la alternativa de restringir las importaciones de numerosos aparatos necesarios en la industria mexicana, por lo que se está desarrollando la tecnología propia, necesitando más personal capacitado dedicándose a la investigación, al diseño y a la fabricación.

El objetivo de esta tesis es hacer un proyecto para la fabricación de interruptores eléctricos en aire, con integración de materiales nacionales, debido a que en la actualidad no se cuenta con una industria capaz de producir estos aparatos para alta tensión hasta 24 Kv. semiautomáticos y de operación manual, siendo imprescindible su utilización para la protección de un sistema eléctrico.

La elaboración de estos Interruptores, traerá como consecuencia el aumento de nuestra tecnología creando además nuevos centros de trabajo, disminuyendo así el desempleo y beneficiando a los mexicanos.

I N T R O D U C C I O N

El diseño del Interruptor se proyecta de acuerdo a las necesidades que tengamos, para obtener la mejor utilidad en nuestro aparato, su construcción debe ser lo menos complicada que sea posible.

El fin de este estudio, es la fabricación en el país de un Interruptor que opere eficazmente para una tensión normal de operación de 24 KV. y una corriente nominal de 630 A. a una frecuencia de 60 ciclos, por lo tanto nos dedicaremos a su construcción mecánica exclusivamente; siendo éste un aparato al servicio de la energía eléctrica, es necesario hacer un estudio de características eléctricas, sin embargo aunque se omitirá este estudio, se usarán las normas eléctricas más importantes en base a las características anteriores, asimismo para la selección de un Interruptor, incluyendo sus dispositivos de operación y equipo auxiliar que se usan para determinar su capacidad, se deberá conocer las características siguientes:

1. Tensión nominal (máxima de diseño)
2. Corriente nominal
3. Frecuencia nominal

4. Nivel de aislamiento nominal
5. Corriente de Interrupción de corto circuito.
6. Tensión transitoria de recuperación nominal por falla en terminales.
7. Corriente nominal de aire de corto circuito.
8. Secuencia nominal de operación.

La base de donde parte este estudio son las tres primeras características, las demás se pueden encontrar por fórmulas eléctricas dependiendo de generadores, transformadores o en un laboratorio de pruebas.

CAPITULO I

1.1. DEFINICION DEL INTERRUPTOR

El Interruptor.- Es un dispositivo cuya función es interrumpir y restablecer la continuidad de un circuito eléctrico; comúnmente se llama Interruptor de Potencia, por la facultad de operar la apertura o cierre con carga o corriente nominal. La Interrupción la deben efectuar con carga o corriente de -- corto circuito, porque ningún sistema está a salvo de fallas de diversa índole por tiempo indefinido y tarde o temprano se presenta una situación irremediable que obliga a la desconexión inmediata de elementos dañados, inservibles o perjudiciales para el resto del sistema, que solamente un verdadero Interruptor puede efectuar, cortando en ese momento una corriente de intensidad muy superior a la normal sin quedar destruido, asegurando de esta manera el aislamiento eléctrico, que es muy importante en cualquier sistema eléctrico.

Estos Interruptores, se utilizan precisamente como protección general de todo un Sistema Eléctrico Industrial, por lo tanto un Interruptor de potencia debe ser capaz de:

1. Abrir o Interrumpir el circuito eléctrico cuando exis

te alguna falla en el sistema.

2. Cerrar con carga (Corriente Nominal).
3. Abrir e Interrumpir el circuito a una señal del Operador.
4. La rapidez de operación será independiente del Operador.

En general existen dos tipos más conocidos de Interruptor de Potencia:

1. Interruptor en Aceite.
 - a) Interruptor de gran volumen de aceite.
 - b) Interruptor de gran volumen de aceite con cámara de extinción.
 - c) Interruptor de pequeño volumen de aceite.
2. Interruptores Neumáticos
 - a) Interruptor de soplo de aire, por medio de un tanque de aire comprimido.
 - b) Interruptor de soplo axial de aire.

Las ventajas que existen del Interruptor de aire en comparación a los de aceite son las siguientes:

1. Ofrecen mejores condiciones de seguridad, ya que evita explosiones e incendios.
2. Interrumpe las corrientes de fallas en menos ciclos.

3. Disminuye la posibilidad de reencebado de arco.
4. Es más barato.
5. El mantenimiento es fácil de realizar.

Los Interruptores en Aire están provistos de fusibles de alta capacidad interruptiva o relevadores, para asegurar una protección eficaz en un Sistema Eléctrico. Estos se localizan en los primarios o entradas de alimentación eléctrica de los bancos de transformación o Subestación.

1.2. APLICACIONES

La aplicación de estos Interruptores es muy variada, generalmente se usan como desconectadores o como Interruptores de potencia con aditamentos.

Los desconectores, son los Interruptores sin aditamentos y se encuentran en la alimentación del sistema, en cambio el Interruptor de potencia usa fusibles y relevador (bobina magnética) que son dispositivos auxiliares para la protección de alguna falla en el sistema.

Como ejemplo se tiene el siguiente arreglo físico y diagrama unifilar (Fig. 1) que se utiliza con frecuencia en la moderna distribución eléctrica.

Los Interruptores No. 1 y 2 sólo sirven para operar con carga nominal y la alimentación puede tener origen por los dos lados (trabajo en anillo) o de lo contrario una alimenta-

ción puede servir de reserva, es por eso que no tiene fusibles ni relevador debido a su capacidad de Interrupción de corriente nominal, suficiente aislamiento y la visible distancia entre los contactos abiertos; estos aparatos ofrecen gran ventaja en relación con una cuchilla de desconexión.

El Interruptor No. 3 tiene fusibles y relevador, para proteger el sistema contra corto circuito y contra sobrecarga en un transformador de distribución, transformadores de potencial, motores y bancos de condensadores, por lo tanto para seleccionar los fusibles y relevadores se deberán tomar en cuenta algunas características importantes dependiendo del transformador, éstas son:

1. Capacidad Interruptiva
2. Tensión de Servicio
3. Corriente Nominal

ARREGLO FISICO

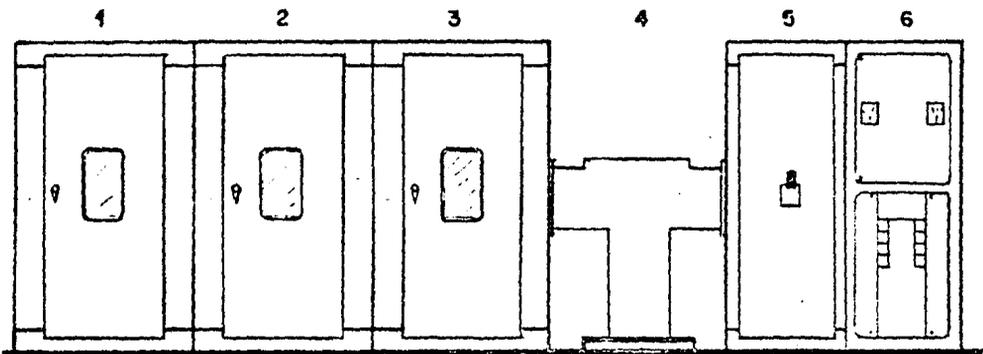
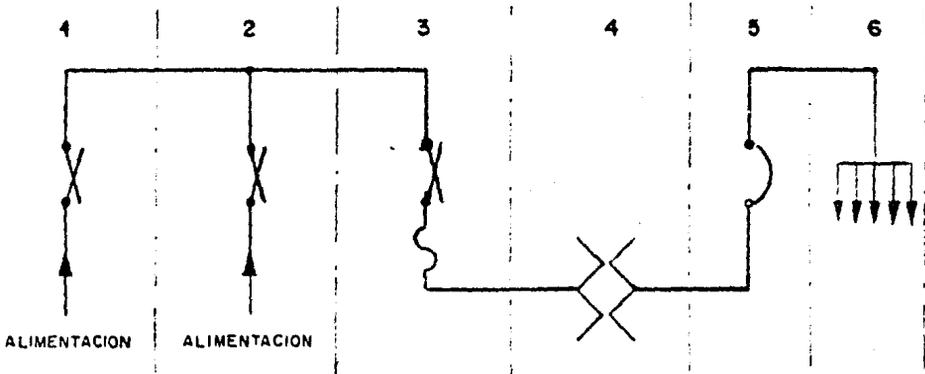


FIGURA (1)

ARREGLO FISICO Y DIAGRAMA UNIFILAR CORRESPONDIENTE DE UN TABLERO DE ALTA TENSION A BAJA TENSION, CON INTERRUPTORES DE AIRE SIN ADITAMENTOS Y CON ADITAMENTOS; USADO COMUNMENTE EN LA DISTRIBUCION DE LA ENERGIA ELECTRICA.

DIAGRAMA UNIFILAR



DESCRIPCION:

- 1, 2.- INTERRUPTOR SIN ADITAMENTOS
- 3.- INTERRUPTOR CON FUSIBLES Y REVELADOR
- 4.- TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
- 5.- INTERRUPTOR DE BAJA TENSION
- 6.- TABLERO DE BAJA TENSION

1.3. DESCRIPCION

El Interruptor consiste esencialmente de tres pares de polos, en línea cada par, llamados contactos tulipan y contactos deslizantes; su función está basada en el principio de un soplo axial de aire comprimido, producido por el movimiento de los contactos deslizantes, siendo su operación visible, y en el momento de estar abriendo el interruptor se produce un arco eléctrico que es estirado por los contactos y apagado -- por el soplo de aire comprimido.

En la fig. (2) se muestran los tres pares de polos del Interruptor que están sujetos a la armazón o chasis (1) por medio de un aislador de resina epóxica (2) (no es visible), los aisladores superiores sujetan a las terminales principales (3) y el contacto tulipan (4), los aisladores inferiores sujetan a las terminales principales (8) (no es visible) y el apoyo (28) - ver fig. (4)-.

El resorte (9) mueve la flecha del Interruptor (6) a través de las manivelas (10), moviendo además la palanca aislante (7) que está fija a la flecha y al contacto deslizante -- (26) operando de esta forma el cierre y la apertura del Interruptor.

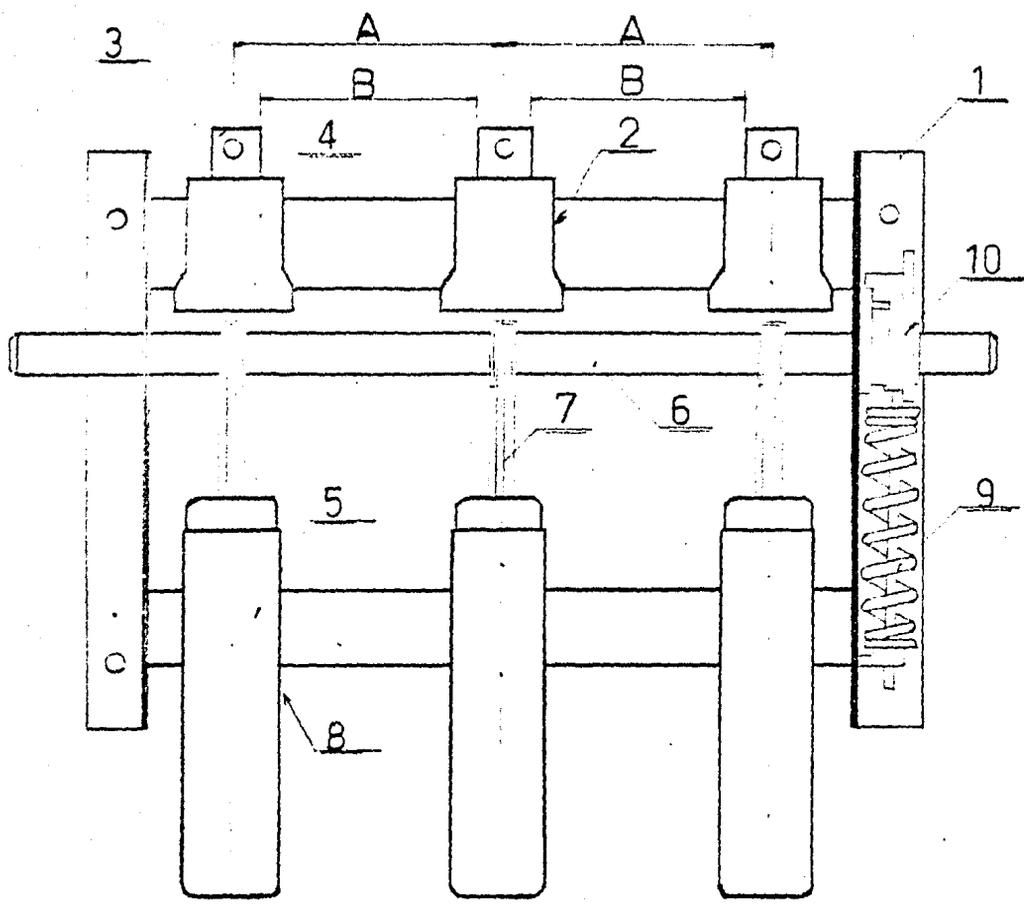


FIGURA (2)

VISTA FRONTAL DE UN INTERRUPTOR DE AIRE SIN FUSIBLES Y SIN RELEVADOR, USADO EN LA ALIMENTACION O ACOMETIDA DE LA ENERGIA ELECTRICA EN UN SISTEMA PARA OPERAR MANUALMENTE CON -- VOLTAJE Y CORRIENTE NOMINAL.

La distancia que debe existir entre fases para la tensión nominal de operación de 24 KV, la encontramos en la TABLA 1.1 de distancias normalizadas, y es igual a 260 mm. en este caso es la distancia de "B", asimismo deberá pasar la prueba de tensión e impulso especificada en dicha tabla, siendo de 55 KV en el tiempo de (1) un minuto la primera y de 125 KV. durante (μ) un microsegundo la segunda a nivel del mar, por lo tanto al hacer la prueba en la Ciudad de México estos valores se multiplicarán por un factor de corrección por altitud, de 0.86 que se encuentra en la TABLA 1.2 para la altitud de 2400 m que se tiene en esta Ciudad.

TABLA 1.1

DISTANCIAS MINIMAS EN MILIMETROS

POSICION DE BARRAS	TENSION NOMINAL EN KV.			
	7.2	13.8	24	34.5
DE FASE A FASE	100	210	260	390
DE FASE A TIERRA	90	150	210	320
TENSION DE PRUEBA (KV), 60 Hz., 1 Min.	27	36	65	75
TENSION DE IMPULSO (KV)	60	95	125	170

TABLA 1.2

FACTORES DE CORRECCION POR ALTITUD

ALTITUD M.S.N.M.	PARA TENSIONES NORMALES Y DE PRUEBA		PARA CORRIENTE NOMINAL
	REFERIDAS AL NIVEL DEL MAR	REFERIDAS A LA ALTITUD DE PRUEBA	
1000	1.00	1.00	1.00
1200	1.02	0.98	0.995
1500	1.05	0.95	0.990
1800	1.09	0.92	0.985
2100	1.13	0.89	0.980
2400	1.17	0.86	0.970
2700	1.21	0.83	0.965
3000	1.25	0.80	0.960
3600	1.33	0.75	0.950
4200	1.43	0.70	0.935

DESCRIPCION DE LAS PIEZAS DEL INTERRUPTOR

(Ver Figs. (3), (7), (8), (10), (11), (12) y (13))

- | | |
|----------------------------|------------------------|
| 1. ARMAZON O CHASIS | 35. MANIVELA DE MANDO |
| 2. AISLADOR | 34. PALANCA DE MANDO |
| 3. TERMINAL PRINCIPAL | 35. SOPORTE DE MANDO |
| 4. CONTACTO TULIPAN | 36. LEVA |
| 5. CILINDRO | 37. EJE |
| 6. FLECHA | 38. BRAZO DE PALANCA |
| 7. PALANCA AISLANTE | 39. PALANCA |
| 8. TERMINAL PRINCIPAL | 40. BRAZO DE PALANCA |
| 9. RESORTE | 41. ARMAZON O CHASIS |
| 10. MANIVELAS | 42. FUSIBLE |
| 11. CAPUCHA | 43. TERMINAL PRINCIPAL |
| 12. CONTACTO ESPIGA | 44. PLACA |
| 13. CAPUCHA | 45. PALANCA |
| 14. SOPORTE DE PALANCA | 46. VARILLA |
| 15. CONTACTO INTERIOR | 47. PALANCA |
| 16. TAPA | 48. RELEVADOR |
| 17. RESORTE | 49. PALANCA |
| 18. VARILLA CONECTORA | 50. MANIVELA |
| 19. BUJE | 51. PALANCAS |
| 20. ROLDANA | 52. LEVA |
| 21. APOYO DE CILINDRO GUIA | 53. FIJADOR DE RESORTE |
| 22. PLACA TRIPLE | 54. RESORTE |
| 23. RESORTES | 55. MANIVELA |
| 24. PISTON | 56. MANIVELA |
| 25. TUBO GUIA | 57. FLECHA SUPERIOR |
| 26. CONTACTO DESLIZANTE | 58. PALANCA |
| 27. CILINDRO GUIA | 59. PALANCA |
| 28. APOYO | 60. PALANCA |
| 29. CONTACTO DE RODILLOS | 61. VARILLA TOPE |
| 30. TOPE | 62. TOPE |
| 31. MANIVELA ROMBOIDAL | 63. SOPORTE DE FUSIBLE |
| 32. MANIVELA TRIANGULAR | 64. SOPORTE DE FUSIBLE |
| | 65. MANIVELA DE MANDO |

En la fig. (3) se muestra en el corte, la vista lateral de un polo del Interruptor en posición abierta o desconectado, se observan los conjuntos que operan en el cierre y la apertura del Interruptor, fijados de la siguiente manera:

La terminal principal (3) está fijada en el aislador (2) y en el contacto tulipan (4); en el interior de este contacto se encuentra el Contacto Espiga (12), una Capucha (13) cubre al Contacto Tulipan por la parte inferior y exteriormente lo cubre otra Capucha (11) con el objeto de evitar el contacto con otros materiales.

La terminal principal (8) está fija en el aislador inferior en el Apoyo (28), en el Interior de éste se encuentran los contactos de Rodillos (29) y el contacto Deslizante (26), en el extremo inferior de éste se encuentra un Tubo guía (25) y un Pistón (24), unos resortes (23) y una Placa tripie (22) cubriendo a todas estas piezas el Cilindro (5).

En el extremo superior del contacto Deslizante (26) se encuentra el contacto interior (15) fijado a la varilla Conectora (18) y un resorte (17) presiona hacia afuera a este contacto; la Varilla Conectora (18) se fija en un Cilindro Guía (27) donde además se fija otra varilla que proviene de la placa tripie (22), para sostener las piezas anteriores, todas estas piezas pueden moverse dentro del cilindro (5) y del contacto Deslizante (26), sólo existe un Buje (19) que está fijo en el contacto Deslizante por medio de un pasador a presión,

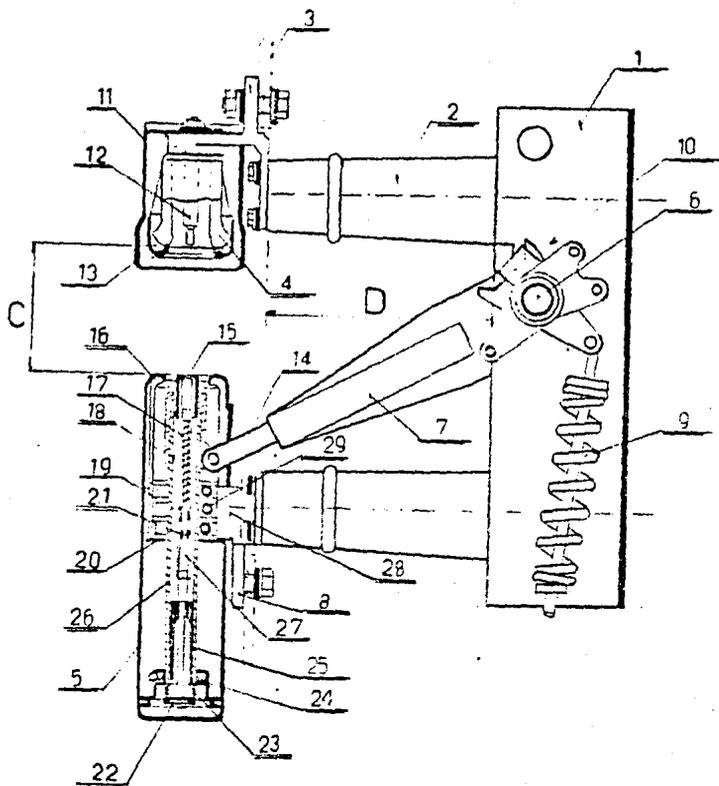


FIGURA (3)

CORTE LATERAL DE UN POLO DEL INTERRUPTOR DE AIRE EN POSICION ABIERTO, EN EL CASO NECESARIO DE CERRAR EL INTERRUPTOR, SE GIRARAN LAS MANIVELAS EN EL SENTIDO DE LAS MANECILLAS DEL RELOJ, COMPRIMIENDO EL RESORTE PARA EXPANDERSE DESPUES.

evitando la salida de los elementos Interiores; la Tapa (16) - y el Cilindro (5) cubre a todas las piezas, sirviendo como -- protección.

El contacto Deslizante (26) está fijo en el soporte de - Palanca (14), y ésta se une a la flecha del Interruptor (6) a través de la palanca aislante (7) que se encuentra fija a la flecha, por lo tanto a cualquier giro del mecanismo (10) y el Resorte (9), se moverá la flecha y el contacto deslizante, -- operando la conexión o desconexión.

La distancia de fase a tierra "D" fig. 3 se encuentra en la tabla 1.1 igual a 210 mm. mínimo y deberá pasar las prue-- bas especificadas sin que ocurra algún brinco de corriente.

De las pruebas realizadas en el laboratorio eléctrico de ENERGOMEX, S. A. de C. V. se encontró una distancia de $C = 180$ mm. donde el Interruptor puede operar satisfactoriamente; sin embargo, si se requiere mayor seguridad se recomienda una dis-- tancia de "C" = 200 mm.

1.4. FUNCIONAMIENTO

El Funcionamiento del Interruptor principia cuando está-- en posición Abierto, como se observa en la fig. (3), y en la Fig. (4) se muestra el corte lateral del mismo polo donde el-- contacto deslizante (26) está ascendiendo, se observa el re-- traso de las piezas en su interior; el tubo guía (25) y el --

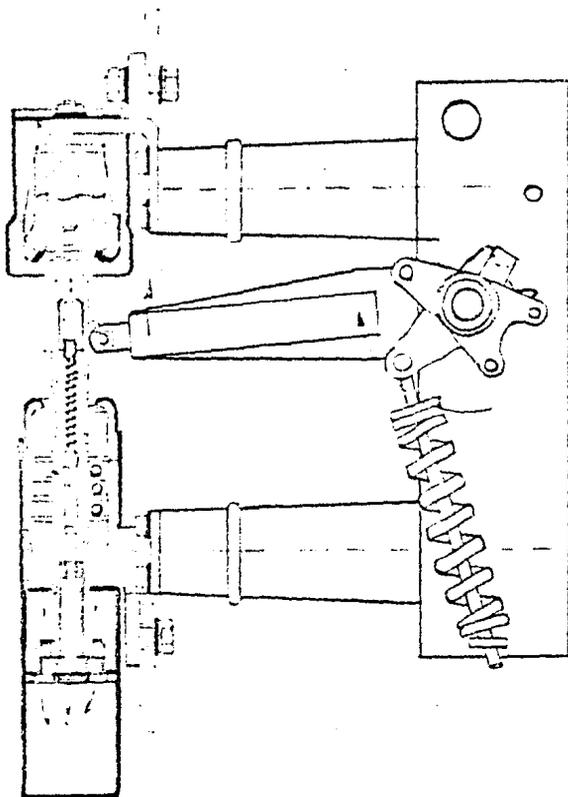


FIGURA (4)

CORTE LATERAL DE UN POLO EN EL MOMENTO EN QUE ESTA CERRANDO EL INTERRUPTOR, POR MEDIO DE LA PRESION QUE EJERCE EL RESORTE - AL EXPANDERSE SE OBSERVAN EL TUBO GUÍA Y EL PISTON RETRASADOS EN LA CARRERA DEL CONTACTO DESLIZANTE, Y LLENANDOSE DE AIRE LA CAMARA DEL CILINDRO.

pistón (24) abre unas muescas, en el momento en que comienza a subir el contacto deslizante, por donde entra el aire a la cámara del cilindro (5).

El movimiento ascendente del contacto deslizante proviene del resorte (9) y se produce, cuando gira la manivela (32) que tiene éste en el sentido de las manecillas del reloj, comprimiéndose y al pasar el punto muerto inferior se expande, es en ese momento cuando se mueve la flecha del Interruptor (6) por medio del mecanismo (10) de las manivelas, moviéndose la palanca aislante (7) que se encuentra fija a la flecha, y al contacto deslizante, por lo tanto también se moverá éste, operando así el cierre del Interruptor.

En la Fig. (5) es el mismo corte de un polo del Interruptor cuando está conectado, se observa que el contacto deslizante (26) es presionado por el contacto Tulipan, al entrar en éste y además el contacto Espiga (12) se une con el contacto interior (15) presionándolo hacia abajo, de esta forma se asegura la conexión y se evita que haya falso contacto; así se transmite la corriente procediendo de la terminal principal (3) al contacto Tulipan (4) y el contacto Espiga (12) de ahí fluye a través del Contacto deslizante (26) y el contacto Interior (15) hasta llegar a los contactos rodillos (29) pasa al bastidor o empotramiento que está unido al apoyo (28) y saliendo finalmente por la terminal principal (8).

Los contactos de rodillos (29) giran en forma circular -

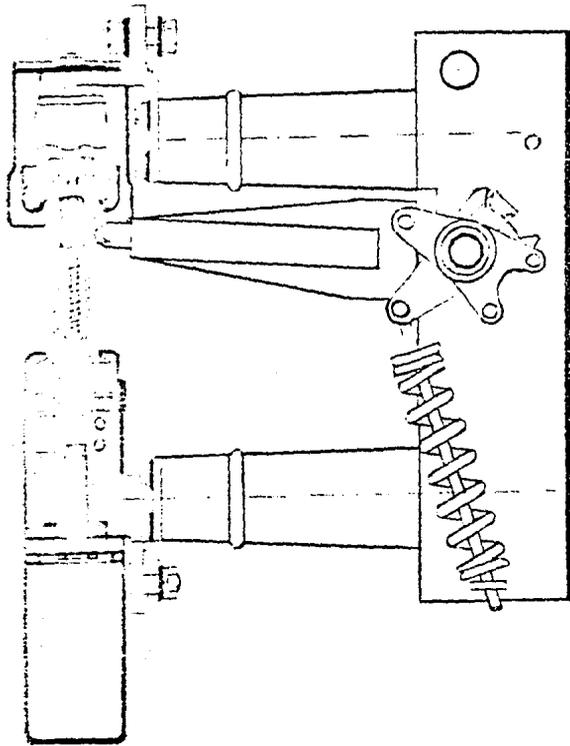


FIGURA (5)

CORTE LATERAL DE UN POLO, EN POSICION CERRADO. SE OBSERVAN LA CONEXION - - EXACTA DE LOS CONTACTOS Y EL PISTON - - QUE PERMANECE ABIERTO NO TOCA EL CONTACTO DESLIZANTE, EXISTIENDO AIRE EN LA CAMARA DEL CILINDRO.

al subir o bajar el contacto deslizante, de esta manera siempre estará en conexión el contacto deslizante con el apoyo y las terminales principales.

En esta posición del interruptor (fig. 5), la cámara del cilindro (5) se encuentra con aire y las muescas que se abrieron al subir el contacto deslizante (26) permanecen de esa manera, debido al retraso que sufre el pistón (24) en el momento de cerrar el interruptor.

La fig. (6) muestra el mismo corte lateral del polo, en el momento en que el Interruptor comienza a desconectarse, se observa el giro del resorte (9) en sentido contrario a las manecillas del reloj; para regresar a su posición original, éste como en el caso anterior de conexión primero se comprimirá hasta el punto muerto inferior y después se expandirá moviendo la Palanca Aislante (7) por el giro de la flecha (6) y desconectando el Contacto Deslizante (26) del Contacto Tulipan (4), en este momento de separación de los contactos mencionados no se produce algún arco eléctrico, debido a la conexión que existe todavía entre el contacto interior (15) y el contacto espiga (12) y llegan a separarse al seguir descendiendo el contacto deslizante, es en ese momento cuando se produce el arco eléctrico.

Al comenzar la carrera descendente del contacto deslizante (26), se cierran las Muecas que tiene el tubo guía (25) y el Pistón (24), comprimiendo el aire que se encuentra en la

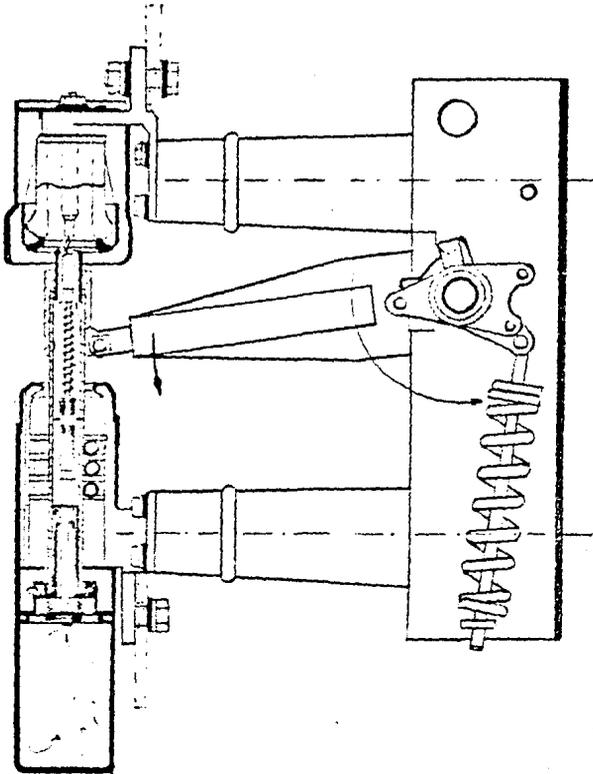


FIGURA (6)

CORTE LATERAL DEL POLO, EN EL MOMENTO EN QUE ESTA ABRIENDO EL INTERRUPTOR, PRODUCIENDOSE EL ARCO ELECTRICO, SE OBSERVA - EL RETRASO DE LA VARILLA CONECTORA Y SE-CIERRA LA CAMARA DEL CILINDRO, AL TOCAR-EL PISTON CON EL CONTACTO DESLIZANTE.

cámara del cilindro (5), el aire comprimido fluye por el interior del contacto deslizante, entrando por el interior del Tubo Guía (25) y saliendo por una Tobera anular que se encuentra en el contacto interior (15) y es aquí donde se produce el arco eléctrico, que es estirado al seguir separándose los contactos, al mismo tiempo, es enfriado y apagado por el soplado de aire de suficiente intensidad que se ha generado simultáneamente; el final de la carrera del contacto deslizante es amortiguado por los resortes (23) y la placa tripie (22) que se encuentran en la parte inferior del Pistón.

En la fig. (7 A) se muestra el mecanismo de operación -- cuando el Interruptor está en posición abierto se aprecian -- las tres diferentes manivelas del resorte (9) que como se ha mencionado anteriormente opera el cierre y la apertura del Interruptor, teniendo primero una compresión y al pasar el punto muerto inferior de la Manivela (32) donde está fijado ejerce una expansión.

La Manivela (31) es la única que está fijada a la flecha del Interruptor (6) por medio de un pasador a presión, ésta es de forma romboidal y sirve para detener el giro de la flecha, al golpear con unos tornillos de regulación que se encuentran en el tope (30) del armazón, por medio de estos tornillos se ajustan los grados necesarios que necesita girar la flecha del Interruptor para que el Contacto Deslizante (26) haga su recorrido adecuado en el cierre y la apertura; de esta manera, cuando la flecha gira en el sentido de las maneci-

llas del reloj, el Interruptor opera la conexión y se detiene la carrera ascendente del Contacto Deslizante cuando golpea la Manivela (31) con el tornillo inferior de regulación de la parte inferior del Tope (30), quedando el mecanismo como se muestra en fig. (7B); si la flecha se mueve en sentido contrario a las manecillas del reloj, se opera la desconexión de los contactos y se detiene la carrera del contacto deslizante, al golpear la manivela (31) con los tornillos de regulación de la parte superior del tope (30).

La Manivela (33) también tiene libre movimiento con respecto a la flecha y es quien mueve a la manivela (32) y el resorte (9) simultáneamente, aunque también existen ciertos grados de deslizamiento entre ellos, y cuando se opera el Interruptor se mueve de la siguiente manera:

En la fig. (7A) el Interruptor está en posición abierto, entonces la manivela (33) moverá a la Manivela (32) en el sentido de las manecillas del Reloj, esta manivela comprime el resorte (9) hasta el punto muerto inferior; en este movimiento sólo se mueven las manivelas (33) y (32), y la manivela (31) permanece estable; en el momento en que el resorte pasa el punto muerto inferior, la manivela (33) se retrasa ya que ha impulsado a la manivela (32) con gran rapidez, es aquí cuando comienza a mover a la manivela (31) que gira con la flecha del Interruptor simultáneamente quedando el Interruptor en posición de cerrado como lo muestra la fig. (7B), de

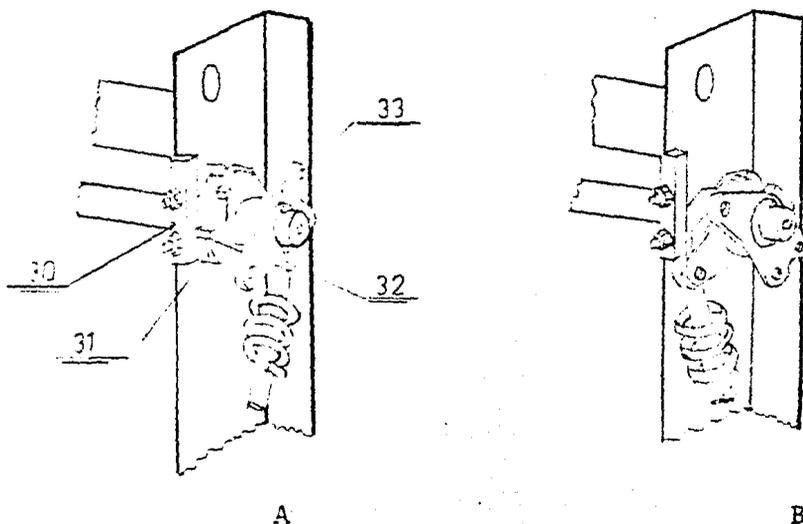


FIGURA (7)

VISTA SIMETRICA DE LAS MANIVELAS DE OPERACION EN SUS DOS POSI
CIONES, SE OBSERVA EL CAMBIO DE ESTE MECANISMO AL GIRAR DE --
UNA POSICION A OTRA, COMO ES EN LA FIGURA (A).

SE ENCUENTRA EL INTERRUPTOR EN POSICION DE ABIERTO Y EN LA --
FIG. (B) EN POSICION DE CERRADO.

esta posición, si se quiere operar la apertura del Interrup--
tor, la manivela (33) moverá a la manivela (32) en el sentido
contrario a las manecillas del Reloj, funcionando de igual --
forma el mecanismo y cambiando de posición el resorte como se
observa en la figura anterior.

1.5. MANDO DE OPERACION

El mando del Interruptor es un mecanismo constituido de Manivelas y Palancas, como se muestra en fig. (8) donde el Interruptor está montado dentro de un gabinete en la parte posterior, y en la parte frontal, está montado el mando, encontrándose en posición abierto; la palanca (34) que se encuentra fuera del gabinete es removible y sólo se pondrá para operar el Interruptor, esta palanca entra y sale fácilmente en una ranura de dimensiones exactas que tiene la leva (36).

La Leva (36) y la Manivela (38) están fijadas entre sí, sin embargo éstas se pueden ajustar para encontrar el ángulo correcto para su buen funcionamiento; este ángulo será entre la ranura que existe en la leva y la dirección de la Manivela (38); la longitud de la palanca (39) se tiene ajustándola por medio de los extremos dependiendo de la distancia que exista entre el brazo de la palanca (40) y la manivela (38), de esta forma al mover la palanca (34) se tendrá un movimiento justo para operar el Interruptor.

El mando, está montado por medio de un Soporte (35) atornillado a la lámina del gabinete, y en el otro extremo el brazo de la Palanca (40) se fija a la Manivela (33) por medio de tornillos y así asegurar sus movimientos.

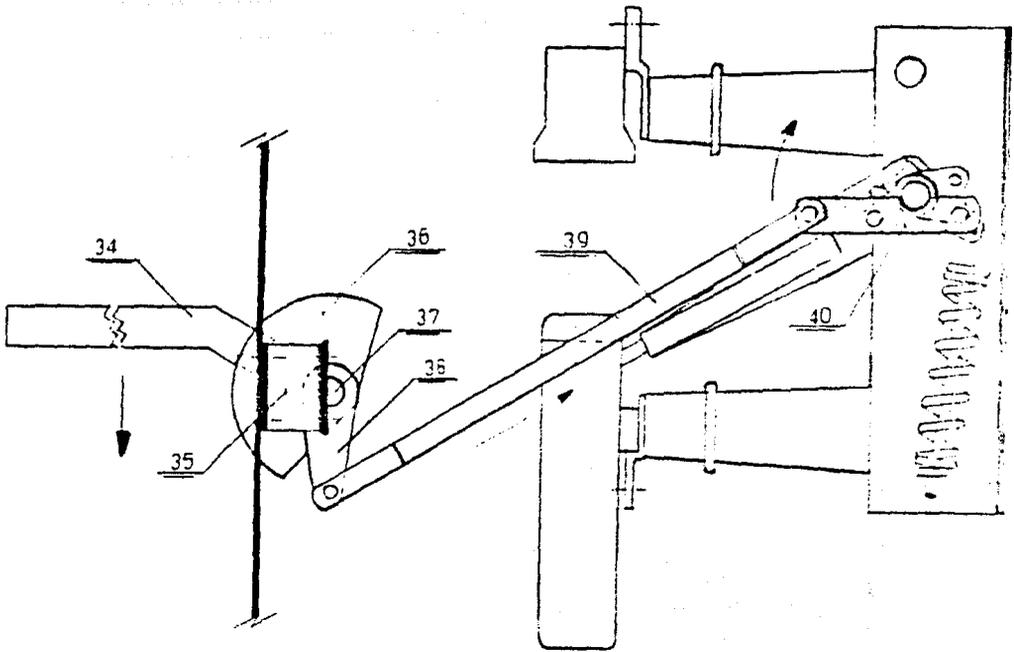


FIGURA (8)

EL INTERRUPTOR Y EL MANDO ESTAN FIJADOS A LAS LAMINAS DEL GABINETE, PARA UNA MAYOR DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO DEL MANDO QUE EN LA NECESIDAD DE CERRAR EL INTERRUPTOR, EL OPERADOR MOVERA LA PALANCA DE MANDO HACIA ABAJO Y EL MANDO FUNCIONARA COMO LO INDICAN LAS FLECHAS.

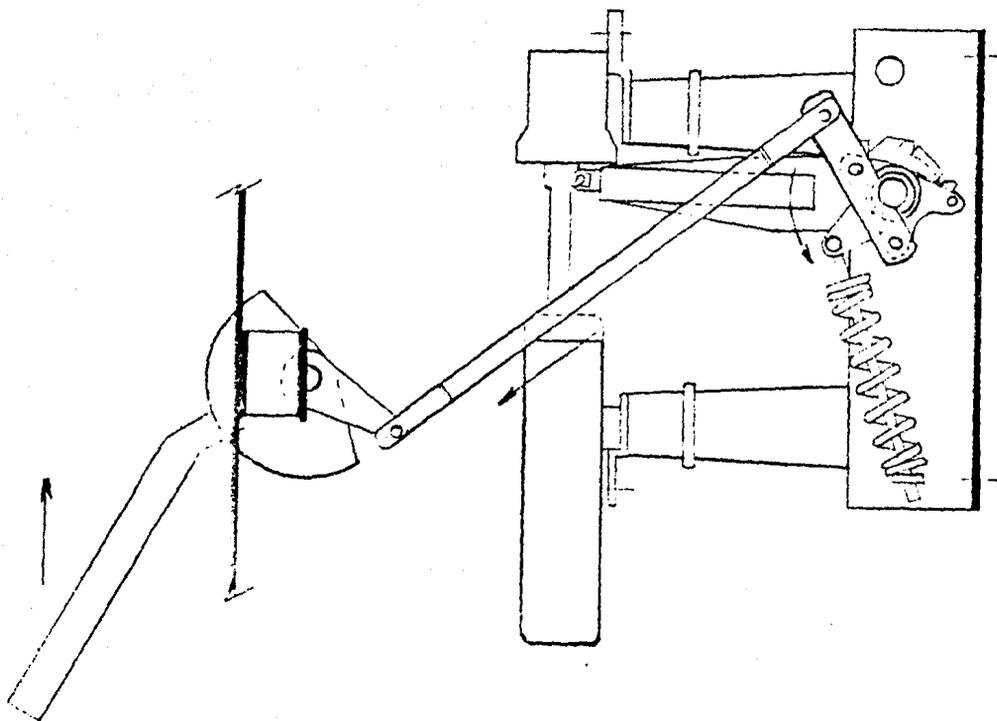


FIGURA (9)

EL INTERRUPTOR Y EL MANDO ESTAN FIJADOS A LAS LAMINAS DEL GABINETE PARA UNA MAYOR DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO DEL MANDO, QUE EN LA NECESIDAD DE CERRAR EL INTERRUPTOR, EL OPERADOR MOVERA LA PALANCA DE MANDO HACIA ABAJO, Y EL MANDO FUNCIONARA COMO LO INDICAN LAS FLECHAS.

En el caso que se necesite cerrar el aparato, el operador tendrá que mover la palanca (34) hacia abajo y el mecanismo se moverá como lo indican las flechas, haciendo girar la Manivela (33), y a consecuencia de esto se cierra el Interruptor quedando como se muestra en la fig. (9), de esta posición si se requiere abrir el Interruptor, el operador moverá otra vez la palanca (34), pero ahora hacia arriba y el mecanismo se moverá como lo indican las flechas, operando el Interruptor se tiene en posición abierto como se ve en la fig. (8).

1.6. INTERRUPTOR CON ADITAMENTOS

En la fig. (10) se muestra el Interruptor de potencia -- auxiliado por fusibles (42) conectados en línea, y gran facilidad para cambiarse en los casos necesarios, tiene un Relevador (48) bobina magnética) fijado en el extremo de la Armazón (1) para protección contra sobrecarga, también se adiciona -- otra Flecha (57) y un resorte Helicoidal (54) así como un mecanismo que se acopla al anterior y donde sólo está fijada la Manivela (56) a la Flecha, por medio de un pasador a presión.

En este tipo de Interruptor la rapidez de desconexión, es diferente a la desconexión del Interruptor sin aditamento, debido a que este último sirve solamente para operar con voltaje y corriente nominal, por lo tanto la conexión y desconexión se opera con la única presión que ejerce el resorte (9) en la manivela (32); el Interruptor con aditamento sirve ade-

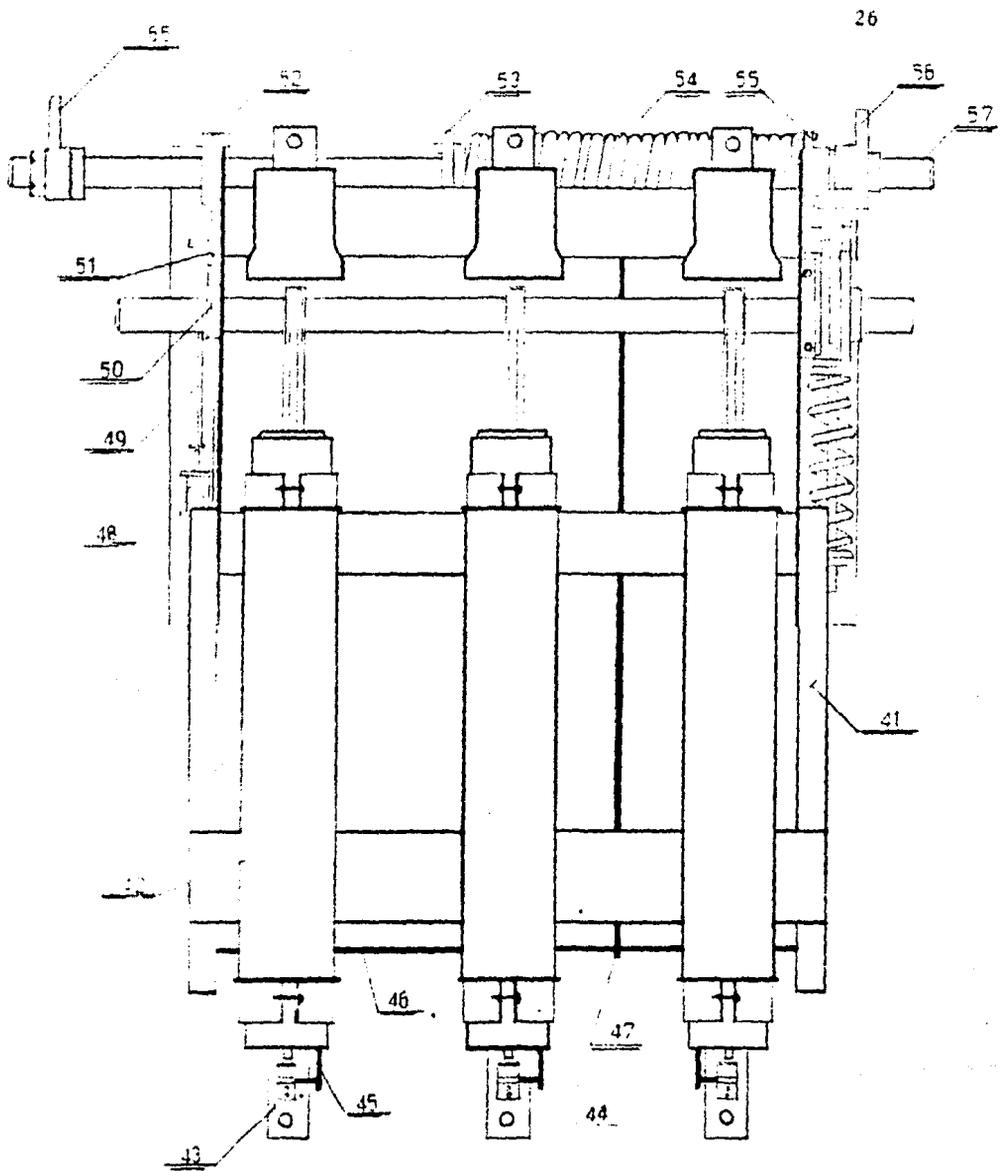


FIGURA (10)

VISTA FRONTAL DE UN INTERRUPTOR CON FUSIBLES Y RELEVADOR, ACOPLANDO OTRO MECANISMO CON OTRA FLECHA Y RESORTE, EN ESTE TIPO DE APARATO EL MANDO SE EJECUTA POR EL EXTREMO DE LA FLECHA SUPERIOR.

más para operar con corriente de corto circuito y sobrecarga, protegiendo el sistema eléctrico, debido a esto se auxilia el resorte (54) del mecanismo que asegura al Interruptor las operaciones y la rapidez de conexión y desconexión determinada de antemano no depende de la manera de accionamiento.

En la Fig. 11 se muestra una vista lateral de un polo -- con fusibles (42) y un mecanismo de disparo automático instalado, en el caso que ocurriera un corto circuito estando conectado el Interruptor, los fusibles tomarían esta corriente en su interior y se fundirían unos hilos de plata y tungsteno que tiene en su interior, liberando el pivote inferior, con la fuerza necesaria para mover la placa desconectora (44) y al movimiento de esta placa se moverán las palancas (45), (47) y las varillas (46), (61) desbloqueándose así la manivela -- apretadora (56) con el resorte (54) operando la apertura del Interruptor como se explicará posteriormente.

En el caso que se quiera cerrar el Interruptor, el operador moverá la palanca de mando (34) tres veces primero hacia arriba, segundo hacia abajo, tercero hacia arriba y el mecanismo funcionará de la siguiente manera:

La Figura (12A) muestra el mecanismo en posición abierto; de aquí que el primer movimiento de la palanca de mando (34) - (que es hacia arriba), la flecha (57) y en consecuencia la manivela (56) gira en el sentido de las manecillas del reloj, - entrando en la ranura de ésta la palanca (59) fijando así el

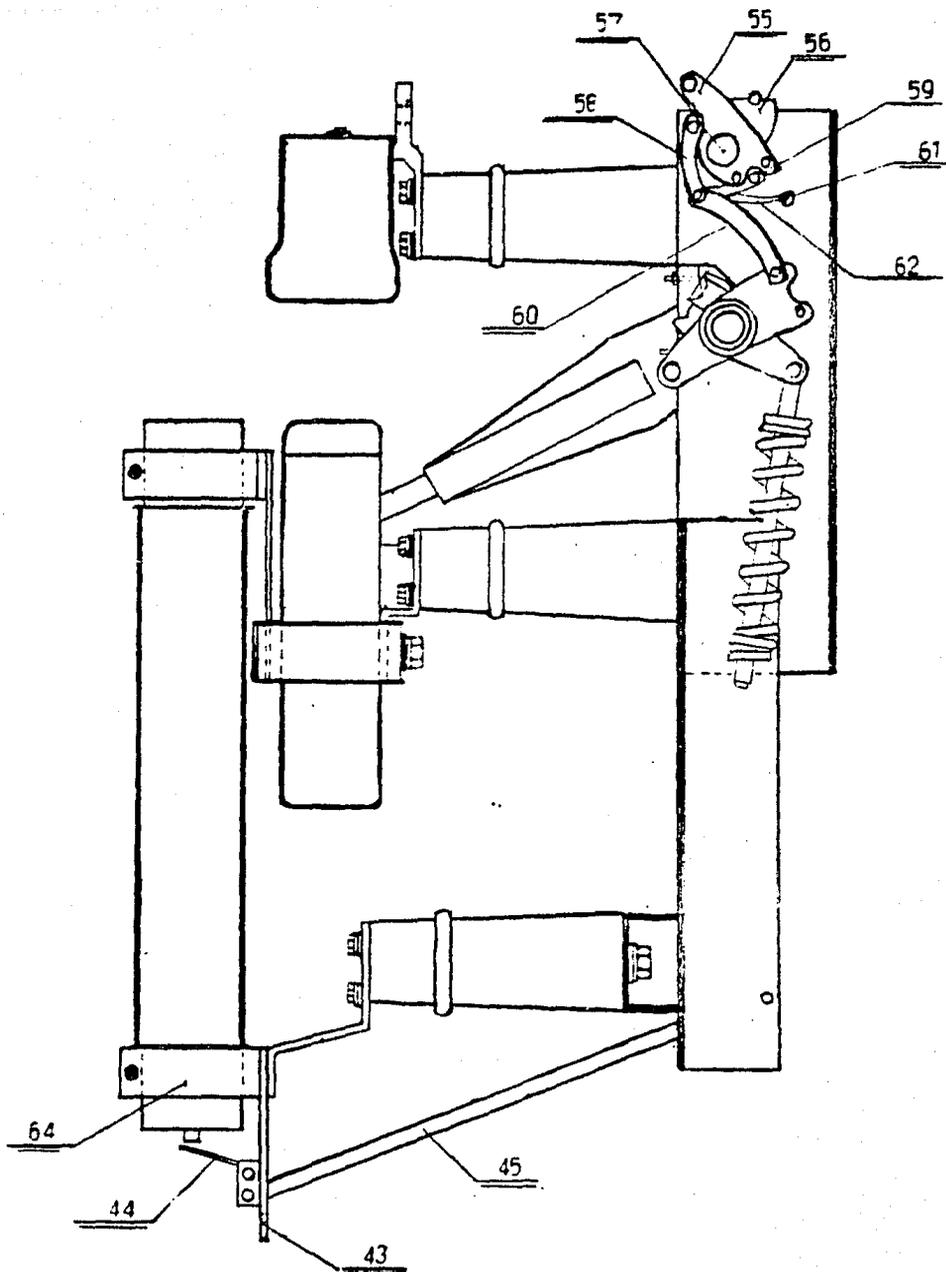


FIGURA (11)

VISTA LATERAL DEL INTERRUPTOR CON ADITAMENTOS Y UN MECANISMO PARA OPERAR AUTOMATICAMENTE; EN CASO DE OCURRIR UN CORTO CIRCUITO SE FUNDIRA EL FUSIBLE DESCONECTANDO EL APARATO E INTERRUPIENDO LA CORRIENTE.

mecanismo para cargar el resorte helicoidal (54) como se observa en la fig. (12B); en el segundo movimiento que es hacia abajo, la flecha (57) y la manivela (56) gira en el sentido contrario de las manecillas del reloj, haciendo girar además la manivela apretadora (55) hasta pasar un tope (62) movible quedando atorada; como el Resorte (54) está fijado en esta manivela, entonces en el giro realizado se queda cargado este resorte, quedando el mecanismo como lo muestra la fig. (12C) - se observa que en estos dos movimientos la flecha del Interruptor (6) y el mecanismo (10) no se mueven en ningún sentido, permanecen fijos, y es hasta el tercer movimiento de la palanca que es hacia arriba, donde la Flecha (6) y la manivela (33) gira en sentido de las manecillas del Reloj, y por medio de la palanca (60) hace mover la Manivela (32) en el mismo sentido, operando esta manivela al cierre del Interruptor, como se mencionó anteriormente, y queda finalmente como lo muestra la fig. (12D).

Ahora se encuentra el Interruptor en posición de cerrado si es necesario abrir éste, no existiendo en esos momentos fallas en el sistema, el operador tendrá que hacer el cuarto movimiento de la palanca de mando (34) hacia abajo, girando la flecha (57) y la manivela (50) que se encuentra fijada en el otro extremo de ésta, la manivela (50) mueve la varilla tope (61) por medio de la palanca, destrabando el tope (62) y la manivela apretadora (55) con el resorte (54) cargado, que al desbloquearse éste jala a la Manivela (33) por medio de la Pa

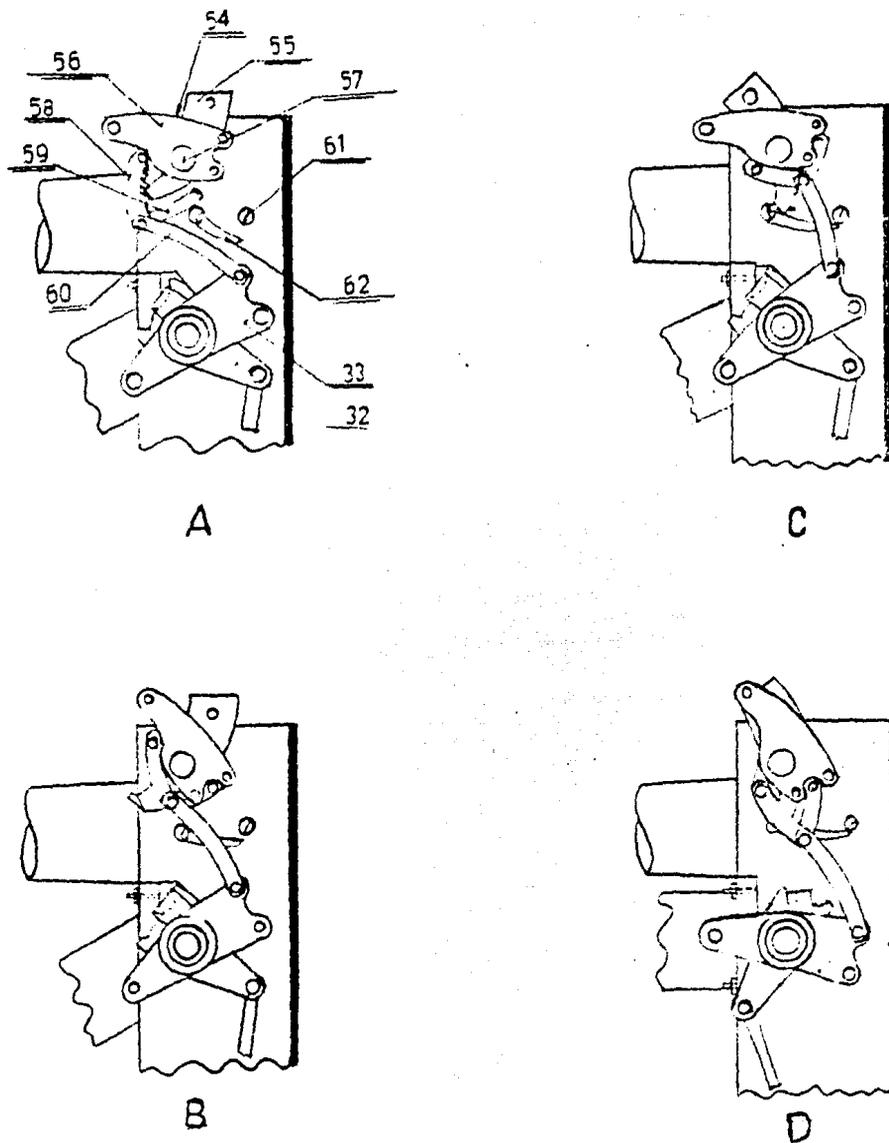


FIGURA (12)

MECANISMO DE OPERACION PARA OPERAR AUTOMATICAMENTE, AL OCURRIR UNA FALLA ENCONTRANDOSE EN LAS POSICIONES:

- A) INTERRUPTOR ABIERTO.
- B) INTERRUPTOR ABIERTO CON BLOQUEO DE LA PALANCA (59)
- C) INTERRUPTOR ABIERTO, CARGANDO EL RESORTE HELICOIDAL CON BLOQUEO.
- D) INTERRUPTOR CERRADO, CON RESORTE HELICOIDAL CARGADO PARA APERTURA AUTOMATICA.

lanca (60) operando la apertura del aparato.

El Resorte (54) tiene una fuerza más o menos de dos veces la presión del Resorte (9), por lo tanto al descargarse éste, vence la fuerza ejercida en el Resorte (9) y al pasar el punto muerto inferior se suman las fuerzas, así el arco eléctrico se produce en fracciones de segundos, con una rapidez de desconexión generada por la fuerza de los dos resortes.

En la fig. (13) se muestra una vista seccional de un polo del Interruptor con fusibles y relevador, en posición abierto, en el caso que se encontrara conectado el Interruptor y ocurriera una falla en el sistema, el relevador (48), a consecuencia de esto, mueve la palanca (49) moviendo la varilla tope (61) a través del mecanismo (51) y operando la apertura del Interruptor por medio del mecanismo de disparo automático como se explicó anteriormente.

Para operar el Interruptor se fija al mando fig. (14) -- que es similar al anterior, cambiando sólo la palanca (65) -- que se fija a la flecha, este mando se puede instalar en el lado derecho o el lado izquierdo de la flecha (57) en el interruptor, dependiendo de las necesidades, asimismo la palanca (65) se puede regular para su buen funcionamiento, ésta se fija por medio de una tuerca y un eje tubular que se fija a la flecha.

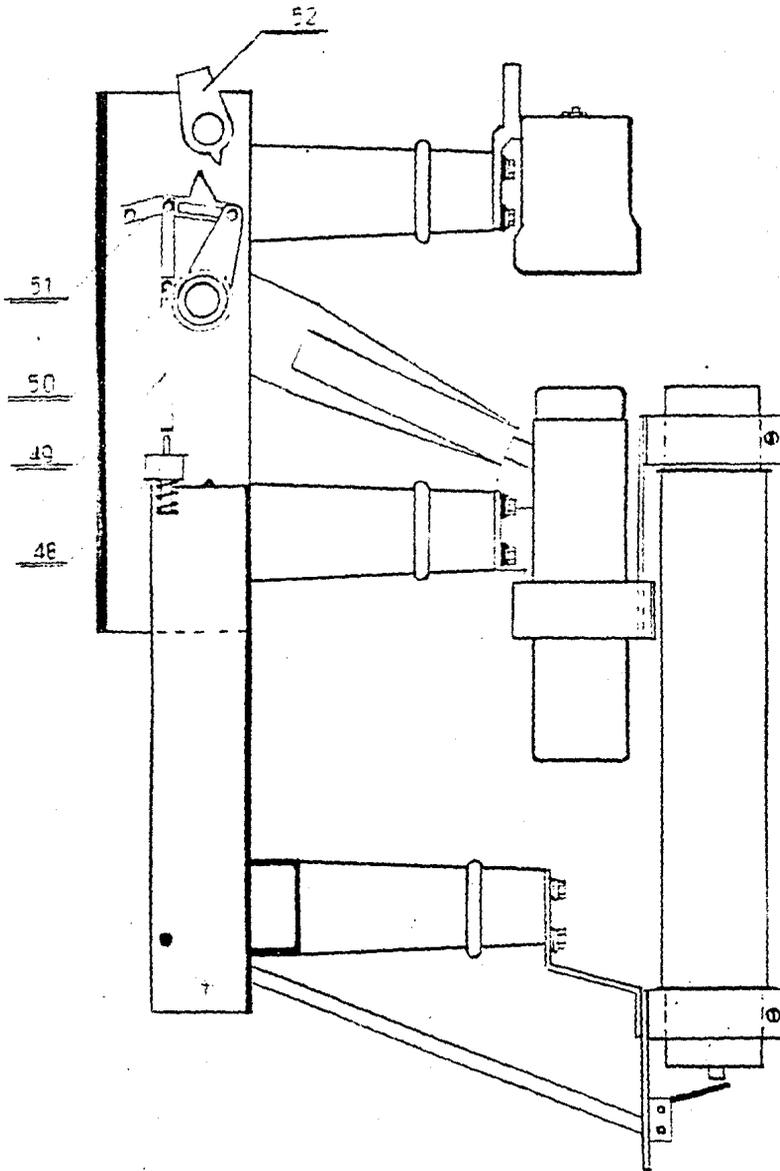


FIGURA (13)

VISTA LATERAL DEL INTERRUPTOR CON ADITAMENTOS, SE OBSERVA EL RELEVADOR Y SU MECANISMO CUANDO OCURRE UNA SOBRECARGA EN EL SISTEMA.

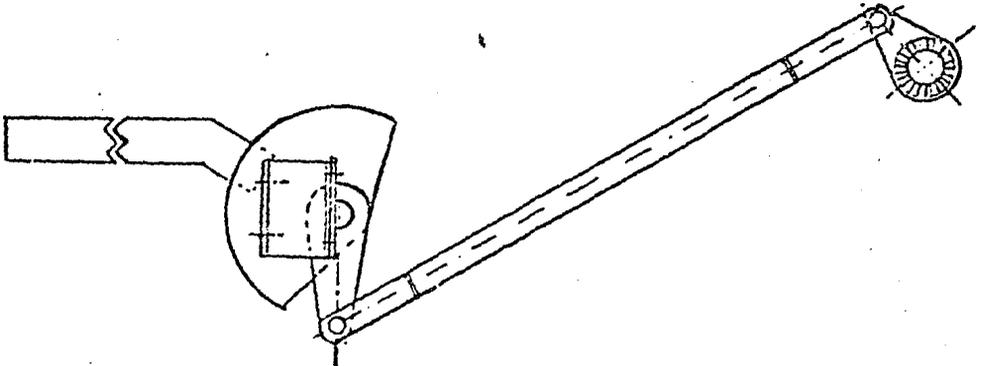


FIGURA (14)

MANDO DEL INTERRUPTOR CON ADITAMENTOS. SE OBSERVA QUE ES EL MISMO MANDO EL QUE SE UTILIZA Y SOLO SE CAMBIA LA MANIVELA SUPERIOR QUE SE FIJA EN EL EXTREMO DE LA FLECHA SUPERIOR DEL INTERRUPTOR, SIENDO SU FUNCIONAMIENTO IGUAL.

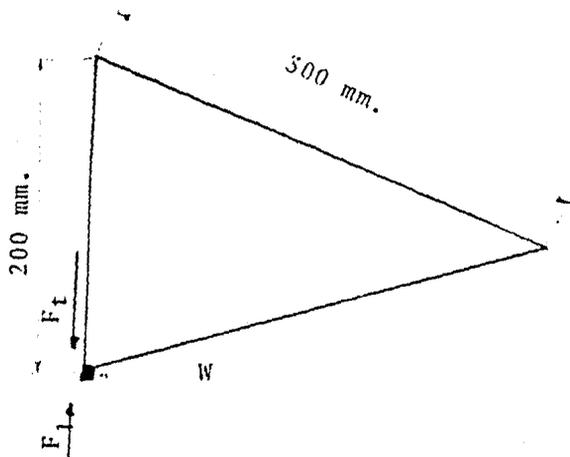
1.7. CALCULO DE LA FUERZA REQUERIDA EN EL MECANISMO DEL INTERRUPTOR.

Para calcular la fuerza necesaria en el mecanismo del Interruptor, se parte de un dato muy importante que es el número de ciclos que pueden pasar antes de interrumpir la corriente completamente y este margen está entre 3 y 5 ciclos, de manera que se calculará para 3 ciclos; se sabe además que la corriente en nuestro país tiene una frecuencia de 60 ciclos en un segundo, así que calculando el tiempo para 3 ciclos se tiene que:

$$\begin{array}{l} 60 \text{ ——— } 1 \\ 3 \text{ ——— } X \end{array} \quad X = \frac{3}{60} = 0.05 \text{ seg.}$$

$$t = 0.05 \text{ seg.}$$

Haciendo un análisis del contacto deslizante (observado-
figs. 6 y 11) y la palanca moviendo a éste tenemos:



Peso del Contacto deslizante $W = 0.5 \text{ Kg.}$

Distancia recorrida por el contacto = $200 \text{ mm} = 0.2 \text{ m.}$

Distancia de la flecha al contacto = $300 \text{ mm} = 0.3 \text{ m.}$

F_1 = fuerza aplicada por el contacto deslizante al pistón para comprimir el aire.

Con los datos anteriores encontramos la velocidad y aceleración para la desconexión, éstos son:

$$V = \frac{d}{t} = 4 \text{ m/s.}$$

$$V = a \times t \quad \therefore \quad a = \frac{v}{t} = \frac{4}{0.05} = 80 \text{ m/s}^2$$

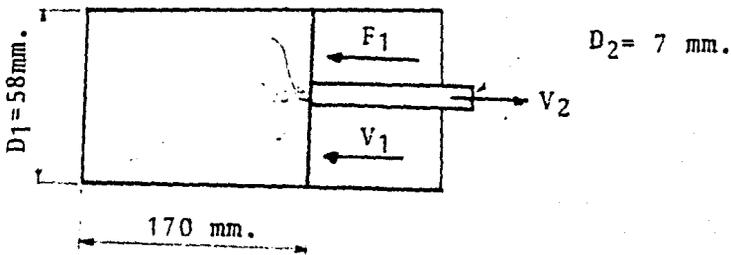
Aplicando la ecuación de Newton, se tiene:

$$F = m \times a \quad \text{como } m = \frac{W}{g}$$

$$F_t - F_1 = \frac{W \times a}{g} = \frac{0.5 \times 80}{9.81} = 4.07 \text{ Kg.}$$

$$F_t = 4.07 + F_1$$

Ahora se deberá encontrar F_1 , y para esto se hace el análisis del pistón con el cilindro, en el momento que está bajando el contacto deslizante y se tiene:



$$D_1 = 0.058 \text{ m.}$$

$$D_2 = 0.007 \text{ m.}$$

Aplicando la ecuación de continuidad de gasto tenemos --
que:

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad \therefore \quad V_2 = \frac{A_1 V_1}{A_2}$$

$$A_1 = \frac{D^2 \pi}{4} = \frac{(0.058)^2}{4} \times \pi = 0.0026 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \frac{(0.007)^2}{4} \times \pi = 0.000038 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \frac{0.0026 \times 4}{0.000038} = 270 \text{ m/s}$$

Para obtener la aceleración se obtiene el tiempo en que recorre el pistón la distancia de 0.17 m. por medio de la regla de tres:

$$\begin{array}{l} X \text{ --- } 0.17 \\ 0.05 \text{ --- } 0.02 \end{array} \quad \therefore \quad x = \frac{0.17 \times 0.05}{0.2} = 0.0425$$

$$t = 0.0425 \text{ seg.}$$

como

$$v = a \times t \implies a = \frac{v}{t} = \frac{270}{0.0425} = 6353 \text{ m/s}^2$$

aplicando la ecuación de Newton y peso específico.

$$F = m \times a \quad \text{y} \quad \gamma = \frac{w}{v} \quad \therefore \quad w = \gamma v$$

$$F = \frac{w \times a}{g}$$

$$\gamma = \text{peso específico del aire} = 1.293 \text{ kg/ h/m}^3$$

$$\begin{array}{l} v = \text{volumen del aire} \\ v = 0.0026 \times 0.17 = 0.00044 \text{ m}^3 \\ w = 1.293 \times 0.00044 = 0.00057 \text{ kg} \end{array}$$

aplicando la fórmula:

$$F_1 = \frac{w \times a}{g} = \frac{0.00057 \times 6353}{9.81} = 0.37$$

$$F_1 = 0.37 \text{ Kg.}$$

Sustituyendo en la ecuación:

$$F_t = 4.07 + F_1 = 4.07 + 0.37$$

$$F_t = 4.44 \text{ Kg.}$$

Ahora se encontrará la fuerza aplicada en la flecha por los resortes, ésta se encuentra por la ecuación de momentos, sabiendo que la distancia de la manivela es de 60 mm., por similitud de ecuaciones se tiene:

$$M = F \times D = 4.44 \times 0.3 = 1.332 \text{ Kg-m.}$$

$$F = \frac{1.332}{0.06} = 22.2$$

$$F = 22.2 \text{ Kg.}$$

Que es la fuerza ejercida por los dos resortes en el momento de la desconexión del aparato.

1.8 CALCULO DEL AREA DE LAS PIEZAS CONDUCTORAS.

En las normas NEMA - 1, 1976, así como en algunos libros de instalaciones eléctricas industriales se encuentra una tabla de corriente admisibles en conductores a diferentes densidades por pulgada cuadrada o milímetro cuadrado.

La corriente admisible es de 1.55 ampers X mm² ó
1000 amper X pulg.²

De esta manera si el Interruptor se diseña para transmitir una corriente de 630 A., por regla de tres encontramos -- que:

$$\begin{array}{l} 1000 \text{ ————— } 1 \text{ pulg}^2 \\ 630 \text{ ' ————— } x \end{array} \quad x = \frac{630 \times 1}{1000} = 0.63 \text{ pulg}^2$$

$$A = 0.63 \text{ pulg}^2 \quad \text{ó} \quad A = 400 \text{ mm}^2$$

que será el área mínima de las piezas conductoras.

C A P I T U L O I I

SELECCION DE MATERIAL

La materia prima para fabricar cualquier pieza del Interruptor de Aire, tiene tal diversidad de propiedades que aún considerando el costo, casi siempre es difícil decidir sobre el material más idóneo para una pieza determinada; la Selección de los Materiales se hace tomando en cuenta el uso que tendrá la pieza, considerando los materiales que existen en el mercado nacional y que cumplan con las características requeridas.

En el Interruptor se utilizarán tres clases de Materiales:

- 1.- MATERIAL CONDUCTOR
- 2.- MATERIAL AISLANTE
- 3.- MATERIAL DE ACERO AL CARBONO.

2.1. MATERIAL CONDUCTOR

La importancia del Interruptor es la conducción e interrupción de la corriente por medio de los contactos; y para

la selección del Material más adecuado nos basaremos en las - normas "Características Nominales de Interruptores de Alta -- Tensión para Corriente Alterna CCONNIE 5.6-2 (COMISION INTERNACIONAL ELECTRONICA). Asimismo en la Parte 2 y 3 de Diseño y construcción sobre "High Voltaje Alternative Corrent Circuit Breakers".

2.1.1. Características y Propiedades para un contacto ideal.

Las características y propiedades que debe tener un contacto ideal son las siguientes:

1. Alta conductividad para máxima capacidad de conducción de corriente; bajo coeficiente de resistencia a la temperatura para mantener la resistencia de contacto tan uniforme como sea posible.

2. Alta conductividad térmica para disminuir el incremento a la temperatura del contacto y reducir la tendencia a la oxidación.

3. Baja resistencia superficial del contacto para utilizar mínima presión de contacto.

4. Alto punto de fusión, para evitar la formación de -- puentes fundidos, pérdida de material y asperezas en la superficie.

5. Alto punto de ebullición para evitar vaporación lo--

cal y pérdida de material durante la formación de arcos.

6. Alta resistencia a la corrosión para evitar un incremento a la resistencia de contacto.

7. Alta característica de no soldado y no pegajoso.

8. Alta dureza y tenacidad para evitar el desgaste mecánico y falla mecánica, particularmente en piezas que funcionan a altas temperaturas o bajo altas presiones de contacto.

De las propiedades enumeradas es obvio que ningún metal o aleación puede ser un material universal de contacto, la selección práctica de un material de contacto, se basa en la combinación de dos o más propiedades deseables, mientras que son mínimas las propiedades menos ventajosas para una aplicación dada, así se clasifican los materiales de contacto de acuerdo con sus propiedades de contacto en los siguientes grupos:

1. Alta conductividad

- a) Plata
- b) Cobre
- c) Aluminio
- d) Aleaciones de estos materiales

2. Resistentes a la corrosión y oxidación

- a) Platino
- b) Níquel

3. Refractarios y resistentes a la formación de arco
 - a) Tungsteno
 - b) Molibdeno

4. Alta conductividad y resistencia a la formación de -
arcos a) Compactos formados por metalurgia de polvos
de plata y cobre (metal base), para darles mayor re-
sistencia a soldarse y pegarse se le puede agregar -
polvo de uno de los siguientes metales:
 - Oxido de Cadmio
 - Hierro
 - Grafito
 - Níquel

Todos los materiales conductores, en el momento de estar conduciendo una corriente, disipan una parte de ésta en forma de calor siendo la temperatura diferente en los materiales de pendiendo de los tipos, las características que presentan estos materiales se dan en la tabla 2.1.

TABLA 2.1

ELEVACION DE TEMPERATURA MAXIMA PARA DIFERENTES MATERIALES.

NATURALEZA DE LA PARTE	VALOR MAXIMO DE TEMPERATURA °C	ELEVACION DE T°C SOBRE Ta ≥ 40°C
1. CONTACTO DE COBRE EN AIRE.		
- Plateado	105	65
- No Plateado	75	35
2. TERMINALES DEL INTERRUPTOR PARA CONECTARSE A UN CONDUCTOR EXTERNO MEDIANTE TORNILLOS O PERNO		
- Plateado	105	65
- No Plateado	95	50
3. PARTES METALICAS EN CONTACTO CON AISLAMIENTO DE LAS SIGUIENTES CLASES:		
- CLASE E	130	90
- En aire		
- En aceite	100	60
- CLASE B		
- En aire	155	115
- En aceite	100	60

CLASE E. "Este aislamiento consiste de materiales o combinación de éstos que por experiencia o pruebas aceptadas hayan demostrado ser capaces de operar a las temperaturas de esta clase".

CLASE B. "Este aislamiento consiste de materiales o combinación de éstos tales como: Mica, Fibra de vidrio, Asbestos, etc.. con sustancias aglutinantes apropiadas. Si otros materiales o combinaciones de los mismos, no necesariamente inorgánicos demuestran por experiencia o pruebas aceptadas que son capaces de operar a las temperaturas de la clase B pueden incluirse en este grupo".

"Cuando se utilicen otros materiales diferentes a los que se mencionan en esta tabla, debe considerarse la naturaleza y calidad de los mismos; además la temperatura no debe alcanzar un valor tal que la elasticidad del material sea afectado por ejemplo para el cobre puro esto implica una temperatura límite de 75°C".

A continuación se estudiarán las principales características y propiedades de los metales descritos anteriormente, así como su utilización.

2.1.2. Plata.

La plata pertenece al grupo de los metales nobles, posee la más alta conductividad eléctrica y térmica de todos los materiales de contacto, pero la oxidación de ésta, sobreviene a la temperatura de 200°C o más, posee gran maleabilidad que -- permite la obtención de hojas finas y de alambre con diámetros de 5 micras, las propiedades de la plata se encuentran en la tabla 2.2.

La Plata se aplica como material para contactos eléctricos en los Interruptores de pequeñas capacidades y funcionan satisfactoriamente si la corriente y el voltaje se hacen excesivos, si se le agregan elementos de aleación, principalmente Cobre, Zinc, Níquel, Manganeso, Platino, Paladio y Hierro, aumentarán las propiedades de dureza, elevan el punto de fusión, reducen la pérdida o transferencia del material, incrementan la resistencia a soldarse y a pegarse, aumentan la resistencia a la erosión para la formación de arco e incrementan la resistencia a la corrosión.

2.1.3. Cobre.

El cobre es el principal conductor, a causa de su alta conductividad eléctrica y ocupa el primer lugar después de la plata, siendo maquinable y de un color rojo anaranjado.

El cobre posee la más alta conductividad eléctrica y térmica superando a cualquier otro material industrial, no es --

magnético y no produce chispa al golpearse o friccionarse, lo cual representa algunas ventajas en aplicaciones especiales.

Del cobre pueden obtenerse alambres de diámetros de 0.02 a 0.015 mm y cintas hasta 0.1 mm. de espesor; en condiciones atmosféricas normales, los conductores de cobre son resistentes a la corrosión y en el aire éstos se oxidan lentamente recubriéndose con una fina capa de óxido de cobre, la capa de óxido formada protege al cobre de ulteriores oxidaciones, la oxidación del cobre es provocada por anhídrido sulfúrico, vapores de ácido nítrico, hidrógeno sulfurado, amoníaco, Oxidónítrico y otros agentes.

La mayor parte del cobre que se utiliza para conductores eléctricos contiene sobre 99.9% de cobre y se identifica como cobre electrolítico resistente al depósito de grasa (típico del cobre) o como cobre libre de oxígeno de alta conductividad, sus propiedades se dan en la tabla 2.2.

2.1.4. Aluminio

El Aluminio se cuenta entre el grupo de los metales ligeros, la densidad del Aluminio fundido es igual a 2.6 g/cm^3 y la del Aluminio laminado de 2.7 g/cm^3 , esto es, el Aluminio es 3.3 veces más ligero que el Cobre, debido a su abundancia, relativamente alta conductividad eléctrica e invariabilidad a la corrosión atmosférica, además de su facilidad para ser trabajado; el Aluminio tiene vasta aplicación en la electrotécnica

ca, sus deficiencias son la baja resistencia a la tracción y su blandura; estas propiedades algunas veces limitan su aplicación.

En el Aire el Aluminio se recubre rápidamente de una fina capa de Oxido que le protege de posteriores corrosiones, - esta capa de Oxido posee considerable resistencia eléctrica, - por tanto, en los puntos de unión de los conductores de Aluminio puede formarse una alta resistencia de contacto, por esta razón, en la unión de conductores de Aluminio frecuentemente se coloca una capa de vaselina que evita la formación de óxido, al contacto del Aluminio con conductores de otros metales (cobre, Hierro) puede formarse un par galvánico con fuerza -- electromotriz bastante alta; esto se previene protegiendo las uniones mediante enlacado, uso de Compound y otros medios; -- las propiedades del aluminio se encuentran en la tabla 2.2.

2.1.5. Platino

El Platino se clasifica en el grupo de los metales nobles y es el metal más importante y abundante del grupo platino, - no se oxida a la temperatura ambiente; esto ocurre a la temperatura de 540°C o más; la introducción al Platino de cantidades no muy grandes de Iridio Ir (3-6%) o Rodio Rh (5-12%), -- eleva considerablemente la estabilidad del Platino y la oxidación no se presenta sino hasta los 900°C o más, el platino -- también tiene alta estabilidad con respecto a diferentes agen

tes químicos (concentraciones ácidas y alcalinas). Las propiedades principales del Platino se encuentran en la tabla -- 2.2.

Debido a la alta maleabilidad del Platino se elaboran hojas muy delgadas hasta de 5 micras de espesor e hilos con diámetro de 3 micras utilizadas en los electrómetros. Los alambres de Platino se usan también como elementos termoeléctricos destinados a trabajar con temperaturas hasta de 1200°C en hornos de laboratorio.

Para la medición de altas temperaturas (hasta 1500°C) se usan termopares de alambres de Platino y Platino Rodio.

Del Platino puro y especialmente de sus aleaciones con otros materiales, se construyen los contactos de los Interruptores de aparatos de potencia.

2.1.6. Níquel.

Este metal se caracteriza por tener buena resistencia a la corrosión y a la oxidación; es de color blanco y tiene -- gran capacidad de trabajo y buenas propiedades mecánicas, además forma aleaciones de solución sólida tenaces y ductiles -- con muchos de los metales comunes, aproximadamente el 60% del Níquel producido se utiliza en aceros inoxidable y aceros -- aleados al Níquel, la mayoría del remanente se emplea en aleaciones de alto Níquel y para electrodeposición. Debido a -- su alta resistencia a la corrosión y dureza, el Níquel es un

recubrimiento para piezas sometidas a corrosión y desgaste.

Algunas veces el Níquel se utiliza para piezas fundidas-resistentes a la corrosión, sobre todo donde se debe evitar la contaminación con cobre o hierro, pequeñas cantidades de Silicio y Manganeso se añaden para facilitar la producción de piezas fundidas sanas y ductiles.

Al Níquel forjado no le afectan adversamente el trabajo-en frío, la soldadura o calentamiento; sus propiedades mecánicas son semejantes a la de los aceros al bajo carbón, retiene su resistencia a elevadas temperaturas. La conductibilidad eléctrica del Níquel aunque no tan alta como la del Cobre o Aluminio es satisfactoria para conductores y terminales de corriente en muchas aplicaciones; sus propiedades se encuentran en la tabla 2.2.

2.1.7. Tungsteno

El Tungsteno se presenta como un metal de color gris, su temperatura de fusión es muy alta. De este material se obtienen cerámicas metálicas por el método de aglutinamiento de partículas a temperaturas de 1300-3000°C. En estado primitivo el mineral de Tungsteno aparece como un óxido triple de tungsteno en forma de granos amarillos. Después de reducir el trióxido de tungsteno en un medio hidrogenado, se obtiene el Tungsteno granular, los granos de Tungsteno se comprimen en prensas (bajo presiones de 2000 Kg/cm²) para la obtención-

de varillas, los cuales son horneados y comprimidos formando cerámica metálica y se someten a una atmósfera de hidrógeno a temperaturas de 1300-3000°C, las varillas de tungsteno así obtenidas tienen una estructura granular y se caracterizan por su fragilidad para la obtención del metal con rigidez mecánica, las varillas se someten a una forja múltiple y estiramiento, introduciéndose periódicamente en un medio de hidrógeno; como resultado de tal operación, el Tungsteno adquiere una estructura en forma de filamento con alta rigidez mecánica y maleabilidad, del Tungsteno, se obtienen alambres con diámetros hasta de 0.01 mm y la temperatura a la cual se oxida el Tungsteno es de 400°C o mayor; sus principales propiedades se encuentran en la tabla 2.2.

El principal campo de aplicación del Tungsteno es en aparatos eléctricos al vacío (lámparas incandescentes y tubos electrónicos), de alambre de Tungsteno se hacen los espirales incandescentes y los ganchos, amarres, cátodos de calentamiento directo y elementos de sostén de cátodos de calentamiento indirecto.

El Tungsteno tiene muchas aplicaciones en la mecánica y en la electrónica, aquí se aplica ventajosamente en contactos de aparatos electrónicos, porque es refractario de gran rigidez y poca evaporación. Su principal desventaja es su tendencia a formar óxidos, sobre todo donde se forman arcos, pero pueden superarse mediante presiones de contacto muy altas, e-

incorporando una acción limpiadora en los contactos, o también aleándolo con otro material antioxidante.

2.1.8. Molibdeno

El Molibdeno es un metal quebradizo, es paramagnético, de color blanco argentino en polvo; tiene color gris y fundido (incluso al enfriarse) casi blanco de plata, al aire se empaña poco a poco, se oxida a la temperatura de 600°C ó más, - sus propiedades se encuentran en la tabla 2.2.

La mayor parte del metal lo consume en forma de ferromolibdeno, la fabricación de acero se emplea en bombillas eléctricas (como soporte del filamento del Tungsteno), para sustituir al platino.

TABLA 2.2

PROPIEDADES DE MATERIALES CONDUCTORES

METAL	Peso Especifico	Punto de Fusión	Conductibilidad Termica (a °C)	Conductibilidad Electrica	Coef. de Temp. de la Resl. Electrica	Modulo de Elasticidad	Resistencia Per Tracción	Elongación Porcentual
	Kg/dm ³	°C	Cal/Cm °C Seg.	m/Ohm mm ²	10 ⁻³ °C	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%
ALUMINIO	2.7	675	0.53 (20)	34.8 - 36.2	408	7200	7-11 15-25	45-30 8-2
COBRE	8.93	1083	0.938 (0)	56	428	13000	21 45	50 2
MOLIBDENO	10.2	2600	0.346 (18)	21	420	3700	110	- - -
NIQUEL	8.9	1455	0.142 (18)	10.5	465	20500	40 80	45 2
PLATA	10.5	961	1.096 (0)	62.5	410	8000	16	20 - 50
PLATINO	21.45	1773	0.1664 (18)	9	392	17000	20	50
TUNGSTENO	19.3	3410	0.476 (18)	18	464	3700	110	- - -

n Suaves
na Duros

2.2. MATERIAL AISLANTE

El material aislante desempeña un papel importante en -- las instalaciones eléctricas de transmisión y distribución. -- La vida de un aparato eléctrico depende fundamentalmente de -- la vida de sus aislamientos. La IEC (INTERNATIONAL ELECTRO-- TECHNICAL COMMISSION) ha clasificado a las sustancias aislan -- tes según sus propiedades para soportar el calentamiento des -- de el punto de vista de estabilidad química y de sus propieda -- des eléctricas así como sus mecanismos, éstos son:

- A. El estado final en que se encuentran en el aparato -- (sólido, barnices, etc.).
- B. El objeto de su aplicación (envoltura, formación de -- capas, barnices, etc.).
- C. Ciertas partículas de su empleo (presencia de pigmen -- tos, solventes, etc.).

En general existen dos procesos por el cual se pueden -- elaborar los materiales aislantes y son:

La Polimerización y la Policondensación.

Todos los aislantes obtenidos por medio de la Policonden -- sación, poseen propiedades electroaislantes un tanto bajos, -- en comparación con los obtenidos en el proceso de polimerización.

Los aislantes de alta polimería (sintéticos y naturales) en relación a su comportamiento al calor, se dividen en dos -- grupos: Termoestables y Termoplásticos.

Termoestables.- Son aquellos materiales que durante o --

después de su moldeo en caliente, incluso muchas veces a temperatura ambiente, por adición de determinados agentes químicos se solidifican en una masa que ya no puede resblandecerse; generalmente estos materiales se obtienen por el proceso de policondensación.

Termoplásticos.- Son aquellos materiales polímeros que ni aún por repetidos caldeos pierden su plasticidad o propiedad de derretirse por acción del calor, éstos se obtienen por el proceso de polimerización.

A continuación se mencionarán algunos materiales aislantes así como sus principales características.

2.2.1. Resina Epóxica

La Resina Epóxica, se presenta como un líquido viscoso de colores que van del amarillo brillante al marrón.

La Resina epóxica se obtiene en el proceso de Policondensación de fenoles diatómicos y sus derivados (difencilpropano y otros) con eticlorohidrina o con diclorohidrina.

El Proceso de Policondensación ocurre en un medio alcalino, por lo que el reactor se agrega de 20 a 50% de sosa cáustica. El resultado que se obtiene de la policondensación de la resina epóxica es microcelular, las moléculas de estas resinas contienen los llamados grupos epóxicos.

Las Resinas Epóxicas se aplican principalmente en Electrotecnia como base para Compound electroaislante, susceptibles de fundición. El Compound epóxico tiene la ventaja de -

su baja retracción volumétrica (0.5 - 1.50%) al solidificarse así como gran rigidez mecánica, resistencia al agua y características de pegamento para la obtención de un Compound sólido, a partir de las resinas epóxicas líquidas, se aplican sustancias solidificantes que provocan la solidificación de la resina no reversible, entre los solidificantes se tienen el anhídrido meleíco, anhídrido ftálico, decian diamina y otras sustancias. Las resinas epóxicas se emplean también como base de lacas y pegamentos electroaislantes. Sus propiedades se dan en la tabla 2.4.

2.2.2. Resinas Tipo Novolaca

La resina tipo Novolaca es una sustancia termoplástica, que conserva su fusibilidad y solubilidad (en alcohol y acetona) bajo almacenaje prolongado y a temperatura hasta de 200°C la resina de Novolaca puede convertirse en no fusible y no soluble al interactuar ésta (en estado caliente) con solidificantes, por ejemplo, con urotropina lo que se obtiene presionando rápidamente la Novolaca plástica mezclada.

La Resina de Novolaca, se obtiene por reacción de policondensación entre el fenol y el formaldehído, pero bajo un exceso de fenol (100 Kg. de fenol para 25 Kg de formaldehído) y en presencia de catalizadores ácidos, como sales ácidas.

La resina se obtiene en la forma de una masa viscosa amarillenta y se vierte sobre calentadores, la resina de Novolaca fría se presenta como un sólido frágil. En comparación con la Resina Resolítica, la novolaca posee propiedades die-

léctricas más bajas, así como menor resistencia al agua; esto se debe a la presencia de los catalizadores ácidos. Se elaboran novolacas de mejores características con base de fenol, anilina y formaldehído.

La aplicación principal de la Resina de Novolaca está en la elaboración por prensado rápido, de piezas tales como tapas, bases, botones, empuñaduras, etc. y pueden ser colocados en diversos tonos, agregando pigmentos sintéticos al alquitrán. Sus propiedades se dan en la tabla 2.4.

2.2.3. Resina de Acetato de Polivinilo.

La resina de acetato de polivinilo, se obtiene de las reacciones de la policondensación de alcohol polivinílico con aldehído (formaldehído, aldehído, acético y otros) en presencia de catalizadores ácidos, azufre o sales ácidas, la reacción tiene lugar en un medio acuoso en la que inicialmente se disuelve el alcohol polivinílico, al final de la reacción se obtienen piezas elásticas de resina de acetato de polivinilo que se lavan en agua caliente y después se secan.

Estas sustancias reciben diversos nombres según los aldehídos usados; sus principales características son: su elasticidad, alta rigidez dieléctrica y su mejor adherencia a los metales, debido a esto, se emplea en la preparación de esmaltes electroaislantes, éstos tienen su aplicación principalmente en el alambre esmaltado para bobinados en capas flexibles de aislamiento con gruesos de 0.3 a 0.6 mm. Para la obtención de esmaltados, el acetato de polivinilo se disuelve en --

una mezcla de solventes especiales. Sus propiedades se dan en la tabla 2.4.

2.2.4. Resina Resolítica.

La resina resolítica es una sustancia termoestable que en su etapa final no se descompone al calor ni se disuelve con ningún solvente. El paso a sustancia que no se derrite ni se disuelve se realiza en tres etapas solamente cuando la resina se encuentra en su etapa primitiva "A" (Resol) es fusible por calor y soluble con diversos solventes; en la etapa B puede fundirse (90 - 100°C), pero no es soluble con un calentamiento posterior, el alquitrán pasa a su etapa final C, en esta etapa el Resol-Alquitrán está constituido por grandes moléculas tridimensionales y no es fusible ni soluble, esta propiedad de la resina se utiliza en la producción de electroaislantes termoestables y en plásticos de construcción (hetina, textolita y otros).

Entre las resinas Resolíticas más usadas en la electrotécnica se tiene la Resina Baquelítica (Baquelita); ésta se aplica como aglutinante en la producción de plásticos y para obtener lacas de Baquelita; la resina baquelítica se obtiene de la policondensación entre el fenocristalino y la formalina en presencia de un álcali catalizador, el hidróxido de bario o hidróxido de amonio en forma de solución acuosa.

Todas las Resinas del tipo Resol son dieléctricos polares, su permeabilidad eléctrica oscila entre 4.5 a 6.0 en su-

etapa final o estado C, todas estas resinas poseen estabilidad a los aceites minerales y resistencia al agua comparativamente alta, pero no resisten al fuego.

Bajo la acción de las chispas de descarga la superficie de estos alquitranes se carboniza lo que da lugar a la formación de un puente de paso a corriente, a causa de esto, las Resinas Resolíticas y sus derivados plásticos no son recomendables como piezas de aparatos eléctricos donde puedan existir chispas y arcos, aún cuando no sean intensos.

2.2.5. Resina Gliftálica

La resina gliftálica pertenece al grupo de las resinas poliéster que se obtienen por la policondensación de la glicerina y del anhídrido con exceso de éste. Inicialmente se calienta la glicerina en recipientes hasta la temperatura de 110°C - 120°C después se vierte una cantidad no muy grande del anhídrido en forma granulada sobre la glicerina caliente; el proceso de la formación de la resina gliftálica se efectúa a 200°C .

Esta sustancia en su etapa final C se presenta como un material termo estable, sin embargo para llevarla a esta etapa se requieren mayores temperaturas que los de las Resinas Resolíticas.

En la etapa inicial A, la resina gliftálica en frío, se presenta como una sustancia frágil de color amarillo brillante, es fácilmente soluble en alcohol de benzol y en una mezcla de alcohol y tolueno formando una laca de gliftal, las partículas de laca de gliftal puro, como los de resina gliftá

lica, son frágiles pero muy resistentes al calor (130°C).

Para proporcionarle flexibilidad suficiente se modifica la Resina Glicídica, esto es, en el proceso de policondensación se agregan ácidos grasos y grasas vegetales, por ejemplo, aceite de recino. Las peculiaridades distintivas de esta resina es su alto grado como poder adhesivo, sus propiedades como dieléctrico de buenas características y su resistencia a descargas superficiales, debido a esto se utiliza en la electrónica como base de aglutinantes, lacas de impregnación y protección para cubrir superficies que después de secas, muestran gran estabilidad al calor y a los aceites minerales; el pegamento de lacas glicídicas tiene gran aplicación para soldar aislamientos a base de mica, sólidos y flexibles. Sus propiedades se dan en la tabla 2.4.

2.2.6. Poliestireno

El poliestireno es el resultado de la polimerización de un líquido monómero, el estireno y el poliestireno en bloques se obtiene en formas de hojas, placas y varillas, así como emulsiones obtenidas directamente de un polvo de color blanco, este es un dieléctrico termo plástico que se reblandece a 110°C -120°C y a 300°C se despolimeriza, esto es, pasa otra vez a ser la sustancia de partida. El estireno se disuelve fácilmente en soluciones como el benzal, toluol, xilol, tetracloruro de carbono, soluciones especiales de acetona, eter atílico, --

acetato de etilo y otros solventes. El poliestireno posee altas propiedades electroaislantes y resistencia al ozono, ácidos y álcalis.

Del poliestireno en bloques se elaboran objetos mediante operaciones mecánicas que requieren vencer grandes dificultades de elaboración; del poliestireno en emulsión se elaboran objetos por el método de prensado en caliente en formas de acero o por fundición matrizada, estos métodos ocasionan menos dificultades; las propiedades de este material se encuentran en la tabla 2.4.

Del poliestireno se elaboran formas para bobinas, antenas dieléctricas, panales aislantes, bases aisladas para instrumentos de medición, lacas electroaislantes, etc.

2.2.7. Polietileno

El polietileno es un material termoplástico que se obtiene por un proceso de polimerización del gas Etileno en presencia de oxígeno como catalizador 0.05-0.09%; el polietileno se presenta en la industria en forma de granulos, los productos de polietileno se obtienen por fundición a presión, por caldeo a presión o por extrusión.

El método de extrusión se aplica a la preparación del aislamiento para conductores y en la elaboración de mangos y tubos, además tiene la ventaja de que pueden soldarse entre si estos productos.

Las características eléctricas y la estabilidad química - del polietileno se encuentran más o menos al mismo nivel que - las del poliestireno, la absorción del agua se encuentra entre 0.03 -0.05%, el polietileno posee flexibilidad lo que le permi te ser aplicado en calidad de aislamiento fundamental en los - cables de alta frecuencia, de los tipos más duros de polietile no se elaboran productos aislantes no flexibles; formas de bo binas, paneles y otros. Sus propiedades se encuentran en la - tabla 2.4.

2.2.8. Cloruro de Polivinilo

El cloruro de polivinilo (policlorovinilo) se obtiene en forma granular como resultado de la polimerización de una sus tancia en estado gaseoso, el cloruro de vinilo, en presencia - de un peróxido como catalizador (peróxido de hidrógeno y otros) las reacciones se efectúan por la licuación de cloruro de vini lo en una solución acuosa de sustancias alcalinas.

En condiciones primitivas se presenta como un polvo de co lor blanco, el cual se obtiene por prensado en caliente o por extensión y se elaboran productos mecánicamente rígidos, resis tentes a los aceites minerales, a multitud de solventes, áci dos y sustancias alcalinas.

Del prensado en caliente del polvo de cloropolivinilo se obtienen materiales sólidos, el plástico vinílico y en forma - de hojas, películas, placas y varillas de color marrón brillan

te, los productos de plástico vinílicos se distinguen por su elevada estabilidad química y alta resistencia mecánica y mejores características dieléctricas, como se observa en la tabla 2.4.

De los plásticos de policlorovinilo, también se fabrican tubos, aislamientos y piezas de suspensión del conductor central, de los cables concéntricos de altas frecuencias; las mangueras de plástico contienen gran cantidad de plastificadores, debido a esto son más resistentes a temperaturas extremadamente bajas (-50°C), pero poseen menos resistencia al calor (60°C), sus características eléctricas son muy pobres.

2.2.9. Plástico vinílico

El plástico vinílico se moldea en formas metálicas de -140°C a 150°C , los productos de este plástico son susceptibles de todo tratamiento mecánico. Se aplica en la elaboración de depósitos de acumuladores y de piezas aislantes expuestos a vibraciones e impactos.

Bajo la acción del arco eléctrico, el plástico vinílico desprende multitud de sustancias en estado gaseoso que sofocan el arco eléctrico, por lo tanto deben construirse con esta sustancia las carcasas de los tubos de descarga.

Para la obtención de los aislamientos flexibles de conductores, cables y tubos aislantes, el policlorovinilo se mezcla con plastificadores, aceites viscosos (dibutilftalato y otros)

los que son suficientes en cantidad de 30 a 40% por peso, además de estas, se agregan colorantes rellenos y estabilizadores térmicos obteniendo el material flexible en rollos de policlorovinilo. El revestimiento aislante de los conductores se hacen de plástico resblandecido (por calentamiento) y teñido del color que sea el colorante introducido. El colorante tiene -- por objeto preservar al material del envejecimiento. Sus propiedades se dan en la tabla 2.4.

2.2.10. Escapón

El Escapón es un sólido transparente, se obtiene de la polimerización térmica del caucho sintético, sin la aplicación de sustancias vulcanizadoras (azufre y otros) los que se emplean frecuentemente para la elaboración de goma. El proceso de obtención del Escapón sólido consiste en el moldeo de caucho sintético a presiones de 30-50 Kg/Cm² y temperaturas de -- 270-280°C sin presión; normalmente el proceso de obtención del Escapón sólido tiene una duración de 5 a 22 hrs. dependiendo del espesor de las paredes de los productos.

El Escapón sólido y sus derivados pueden fácilmente someterse a tratamientos mecánicos; para aumentar la resistencia al agua de los productos, éstos se recubren con una película de laca aplicada a 150°C en el transcurso de 30 a 60 minutos, los productos pueden teñirse de distintos colores de acuerdo con el colorante introducido.

TABLA 2.4
PROPIEDADES DE MATERIALES AISLANTES

MATERIAL	γ Kg/Dm ³	R_v Ohm Cm	ϵ	Tg ρ 60 Hz	Er Kv/mm.
RESOL ALQUITRANES	1.22-1.30	$10^{12} - 10^{14}$	4.5 - 6	0.025-0.05	10-16
RESINA GLIFTALICA	1.10-1.46	$10^{13} - 10^{14}$	4 - 7	0.003-0.03	15-20
POLIESTIRENO	1.05-1.07	$10^{13} - 10^{17}$	2.4-2.6	0.0002-0.0006	25-40
POLIETILENO	0.92-0.95	$10^{13} - 10^{17}$	4.2	0.0002-0.0006	25-40
CLORURO DE POLIVINILO	1.38-1.40	$10^{12} - 10^{15}$	4 - 6	0.01 - 0.03	15-18
PLASTICO VINILICO	1.20-1.60	$10^9 - 10^{14}$	2.3-2.8	0.03 - 0.08	10-20
ESCAPON	1.00-1.50	$10^{14} - 10^{19}$	3.5-3.9	0.0006-0.001	30-40
RESINA EPOXICA	1.11-1.23	$10^{10} - 10^{12}$	4.5-6.0	0.001 - 0.0004	16-28
RESINAS TIPO NOVOLACA	1.28-1.32	$10^{11} - 10^{14}$	3.4-3.8	0.05 - 0.1	10-20
RESINA DE ACETATO DE POLIVINILO	1.24-1.26	$10^{14} - 10^{15}$	4 - 7	0.008 - 0.01	80-100

γ - Peso específico

Er - Rigidez dieléctrica

R_v - Resistencia eléctrica específico

ϵ - Constante dieléctrica

Tg ρ - Perdidas dieléctricas

La temperatura de reblandecimiento y la resistencia al calor del Escapón puede elevarse con la introducción de rellenos, posee alta estabilidad química respecto a la solubilidad en alcalis y ácidos. Sus propiedades se dan en la tabla 2.4.

2.3 ACERO AL CARBONO

El Acero es una aleación cristalizada de Hierro, Carbono y otros elementos que endurece cuando se le enfría bruscamente -- después de estar arriba de su temperatura crítica, no contiene escoria y se puede moldear, laminar o forjar, el carbono es un constituyente muy importante, por su propiedad de aumentar la dureza y la resistencia del Acero. Se utiliza mayor cantidad de Acero que todos los demás metales combinados, no obstante -- que el Acero puede ser vaciado en moldes para conformarlo a un perfil y tamaño definido y complejo, comunmente se le moldea en forma de lingotes, para usarlo después, en la fabricación de tubos, barras, láminas, piezas definidas o formas estructurales.

El Acero se clasifica de acuerdo con los elementos de aleación que contiene; el carbono es el elemento más importante por lo cual, todos los aceros se clasifican debido al contenido de carbono, el acero al carbono contiene principalmente Hierro y Carbono y la A.I.S.I. (AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE) los clasifica como ACERO 10XX en donde los dos primeros dígitos se refieren a los aceros al carbono, el tercero y el cuarto dígitos, se refieren al contenido de carbono en centésimos por cientos.

Por ejemplo un Acero 1025 es un acero al carbono con 0.25% de carbono. Existen diferentes cantidades de otros materiales en el Acero al Carbono, pero su contenido es tan pequeño que no afecta las propiedades físicas.

La tabla (2.5) muestra los diferentes aceros al carbono, - así como su proceso metalúrgico empleado.

TABLA 2.5					
ANÁLISIS QUÍMICO DE ACEROS AL CARBONO					
A. I. S. I. No	C	Mn	P Max	S Max	S. A. E.
C 1010	0.80-0.13	0.30-0.60	0.040	0.050	1010
C 1012	0.10-0.15	0.30-0.60	0.040	0.050	--
C 1015	0.13-0.18	0.30-0.60	0.040	0.050	1015
C 1016	0.13-0.18	0.60-0.90	0.040	0.050	1016
C 1017	0.15-0.20	0.30-0.60	0.040	0.050	1017
C 1019	0.15-0.20	0.70-1.00	0.040	0.050	1019
C 1020	0.18-0.23	0.30-0.60	0.040	0.050	1020
C 1022	0.18-0.23	0.70-1.00	0.040	0.050	1022
C 1023	0.20-0.25	0.30-0.60	0.040	0.050	1024
C 1024	0.19-0.25	1.35-1.65			
C 1025	0.22-0.28	0.30-0.60	0.040	0.050	1025
C 1026	0.22-0.28	0.60-0.90	0.040	0.050	--
C 1029	0.25-0.31	0.60-0.90	0.040	0.050	--
C 1030	0.28-0.34	0.60-0.90	0.040	0.050	1030
C 1031	0.27-0.34	1.35-1.65	0.040	0.050	--
C 1035	0.32-0.38	0.60-0.90	0.040	0.050	1035
C 1040	0.37-0.44	0.60-0.90	0.040	0.050	1040
C 1042	0.40-0.47	0.60-0.90	0.040	0.050	1042
C 1043	0.40-0.47	0.70-1.00	0.040	0.050	1043
C 1045	0.43-0.50	0.60-0.90	0.040	0.050	1045
C 1046	0.43-0.50	0.70-1.00	0.040	0.050	1046
C 1049	0.46-0.53	0.60-0.90	0.040	0.050	1049
C 1050	0.48-0.55	0.60-0.90	0.040	0.050	1050
C 1053	0.48-0.55	0.70-1.00	0.040	0.050	--
C 1055	0.50-0.60	0.60-0.90	0.040	0.050	1055
C 1060	0.55-0.65	0.60-0.90	0.040	0.050	1060
C 1065	0.60-0.70	0.60-0.90	0.040	0.050	1065
C 1070	0.65-0.75	0.60-0.90	0.040	0.050	1070

PREFIJOS: B. - Acero Bessemer
C. - Acero de Hogar Abierto
D. - Acero de Horno Eléctrico

2.3.1. Aceros Aleados

Los Aceros Aleados también han sido clasificados por la A.I.S.I. y la S.A.E., algunas de las designaciones aceptadas por ellos, se muestran en la tabla (2.6). Con frecuencia podrán estar cinco o más elementos de aleación y la facilidad para describir correctamente a la aleación por medio de un simple sistema de numeración se hace imposible, debido a esto, las designaciones de esta tabla muestran los elementos y el porcentaje de la aleación. Cada acero tiene propiedades específicas y la selección de alguna de ellas para una aplicación particular se hace por medio de los conocimientos adquiridos en esta rama.

Los aceros se clasifican más ampliamente de la siguiente manera:

A). Aceros al Carbono

1. De bajo carbono (menos del 0.30%)
2. De medio carbono (0.30 - 0.70%)
3. De alto carbono (0.70% - 1.2%)

B). Aceros Aleados

1. De baja aleación (los elementos especiales de aleación suman menos de 0.8%).
2. De alta aleación (los elementos especiales de aleación suman arriba de 0.8%).

TABLA 2.6
CLASIFICACION DEL ACERO

Designación A.I.S.I. o S.A.E.	COMPOSICION
10 XX	ACERO AL CARBONO
13 XX	MANGANESO 1.75%
25 XX	NIQUEL 5.00%
31 XX	NIQUEL 1.25% CROMO 0.65%
40 XX	MOLIBDENO 0.25%
41 XX	CROMO 0.50-0.95%-MOLIBDENO 0.12-0.20%
43 XX	NIQUEL 1.80% - CROMO 0.50-0.80%-MOLIBDENO - 0.25%
48 XX	NIQUEL 3.50% - MOLIBDENO 0.25%
51 XX	CROMO 0.80%, 0.90, 0.95, 1.00 y 1.05%
61 XX	CROMO 0.80-0.95%-VANADIO 0.10%-0.15% MINIMO
81 XX	NIQUEL 0.30%-CROMO 0.40%-MOLIBDENO 0.12%
86 XX	NIQUEL 0.55%-CROMO 0.50-0.65%-MOLIBDENO 20%
92 XX	MANGANESO 0.85% - SILICIO 2.00%
98 XX	NIQUEL 1.00%-CROMO 0.80%-MOLIBDENO 0.25%

XX: CONTENIDO DE CARBONO

Los aceros de bajo carbono se emplean en alambres, perfiles estructurales y órganos de fijación de máquinas, como tornillos, tuercas y pernos.

Los aceros de medio carbono, se emplean para carriles, ejes, engranes y partes que requieren alta resistencia y dureza moderada.

Los aceros de alto CARBONO, se emplean en herramientas de corte, como cuchillas, brocas, machuelas y piezas con propiedades de resistencia a la abrasión.

Los ACEROS ALEADOS se seleccionan para muchos usos, porque contienen ciertas características que son superiores a las del acero al carbono. Aún cuando todos los aceros aleados no contienen todas las siguientes características, se les adjudica:

1. Mejoría en la ductilidad sin disminución de la resistencia a la tensión.
2. Facilidad para ser endurecido por enfriamiento brusco en aceite o en aire en vez de agua, disminuyendo así la posibilidad de rajaduras o torceduras.
3. Habilidad para retener las propiedades físicas a temperaturas extremas.
4. Baja susceptibilidad a la corrosión y al desgaste, dependiendo de la aleación.

5. Promoción de las propiedades metalúrgicas deseables tales como el tamaño fino del grano.

2.4. SELECCION DEL MATERIAL CONDUCTOR

Después de haber estudiado los diferentes materiales, ya podemos hacer la mejor selección de ellos para la fabricación de nuestro aparato.

De los materiales conductores se pueden obtener una gran variedad de aleaciones con las características y propiedades en mayor o menor grado necesario en los contactos eléctricos del Interruptor, para su buen funcionamiento. La aleación de cobre (metal base) con platino y Níquel se seleccionan por sus propiedades descritas y su economía, de esta aleación se fabricarán las siguientes piezas que operan en la conexión y desconexión del Interruptor, éstos son:

1. Contacto Espiga (12)
2. Contacto Tulipán (4)
3. Contacto Interior (15)
4. Contacto Deslizante (26)

Estos contactos serán capaz de soportar los esfuerzos y la temperatura que se genera al conducir la corriente en los instantes en que se produce el arco eléctrico (ver fig. 6); con el contacto deslizante se observa que sólo en el extremo superior existe el arco eléctrico, por lo tanto éste se cons-

truirá de dos partes: La primera será de la aleación mencionada y la segunda será de cobre electrolítico, debido a que solamente se utiliza para conducir la corriente, de igual manera existen otras piezas que sirven con el mismo propósito, éstas son:

1. Terminal principal (3)
2. Terminal principal (8)
3. Buje (19)
4. Contacto de rodillo (29)
5. Apoyo (28)

2.5. SELECCION DEL MATERIAL AISLANTE

Como hemos estudiado, las características y propiedades de los materiales aislantes, se seleccionan el poliestireno y el plástico vinílico para elaborar las piezas aislantes del Interruptor, en su buen funcionamiento, estas piezas son las siguientes:

Piezas de Poliestireno.

1. Capucha (11)
2. Palanca aislante (7)
3. Soporte de palanca (14)
4. Pistón y Tubo guía (25)
5. Cilindro guía (27)

6. Cilindro (5)
7. Tapa (16)
8. Placa tripié (22)
9. Palanca (45)
10. Anillo del pistón (24)

De Plástico Vinílico

1. Capucha (13)

Esta capucha y otras piezas pequeñas que están en relación con el contacto interior y que deben soportar una temperatura más elevada que las piezas anteriores, en el momento de desconectar el interruptor y producirse el arco eléctrico, es recomendable construirse de plástico vinílico, o en su defecto otro con idénticas características apropiadas para este caso.

2.6. SELECCION DE ACERO AL CARBONO

Los aceros al carbono se tienen en diferentes formas como son: Láminas, Tubos, barras redondas, cuadradas, rectangular, etc...

La lámina de acero al bajo carbono SAE-1010-1012 es un material maleable y se puede doblar en perfiles sin que se llegue a la ruptura del material; debido a estas propiedades-

se fabricarán las siguientes piezas del Interruptor:

1.	Armazón o chasis	(1)
2.	Roldana	(20)
3.	Armazón o chasis	(41)
4.	Placa	(44)
5.	Palanca	(49)
6.	Soporte de fusible	(63)
7.	Palanca	(51)
8.	Soporte de mando	(35)

Existen piezas que se fabrican de barras de acero, como las siguientes que son de:

A). Barra rectangular

1.	Tope	(30)
2.	Palanca de mando	(34)
3.	Brazo de palanca	(38)
4.	Palanca	(39)
5.	Brazo de palanca	(40)
6.	Varilla	(46)
7.	Varilla tope	(61)
8.	Palanca	(47)

B). Barra redonda

1. Flecha (6)
2. Flecha (57)

Las piezas que en su forma son muy complejas, se hacen de hierro fundido como los siguientes:

1. Manivela romboidal (31)
2. Manivela triangular (32)
3. Manivela de mando (33)
4. Leva (36)
5. Brazo de Palanca (38)
6. Maniveña (50)
7. Leva (52)
8. Fijador de Resorte (53)
9. Manivela (55)
10. Manivela (56)
11. Palanca (58)
12. Palanca (59)
13. Palanca (60)
14. Manivela de Mando (65)

2.7. SELECCION DE FUSIBLES

Los fusibles de alta tensión y alta capacidad interruptiva son dispositivos destinados a interrumpir las corrientes de corto circuito surgidas en instalaciones de alta tensión a

una frecuencia de 50 a 60 Hz. y son diseñados para servicio interior e intemperie.

Los fusibles protegen los aparatos y las líneas contra efectos térmicos y dinámicos de grandes intensidades de corto circuitos, los cuales quedan interrumpidos al incrementarse la intensidad de corriente.

La operación de los fusibles durante la desconexión es óptima bajo una corta intensidad de la corriente en corto circuito y decrece si las intensidades de la corriente en corto circuito superan este cierto valor.

Con la tabla (2.7) y las gráficas mostradas seleccionan el fusible que llevará el interruptor de aire, para una tensión de 24 KV.

Estos fusibles se venden por casas comerciales, donde una vez que se ha quemado el elemento, éste se le vuelve a instalar para utilizarse otra vez.

2.8. SELECCION DE AISLADORES DE APOYO

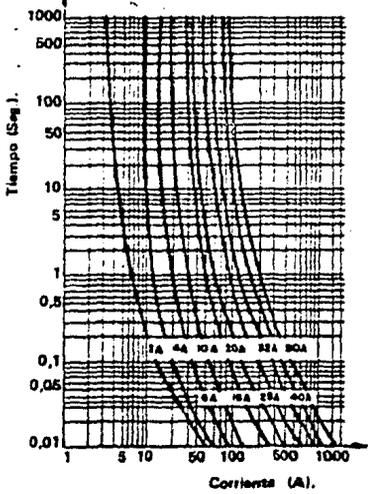
Los aisladores de apoyo son fabricados de Resina Sintética o de porcelana, en ambos lados frontales están fundidos ni ples de rosca.

Su uso principal es en instalaciones de alta tensión y también para la instalación aislada de aparatos de alta tensión.

TABLA 2.7

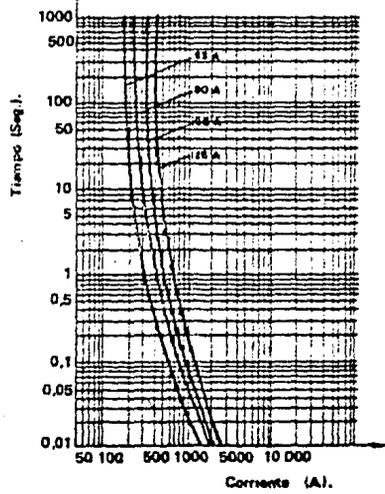
CURVA DE FUNDICION

Fusible tipo FTRE

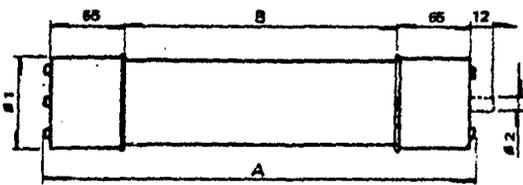


CURVA DE FUNDICION

Fusible tipo FLRE



Tipo	Tensión de servicio (kV)	Corriente nominal (A)	Medidas en milímetros				Peso (Kgs)
			A	B	FI 1	FI 2	
FLRE-3	hasta 7,2	63-125	395	248	80	13	4,1
FTRE-5	13,2-15	0,5-50	475	328	60	8,5	2,7
FLRE-5	13,2-24	63-125	595	448	92	13	7,9
FTRE-6	20-24	6-50	595	448	80	8,5	5,7
FTRE-7	30-34,5	0,5-50	715	568	80	8,5	7,0

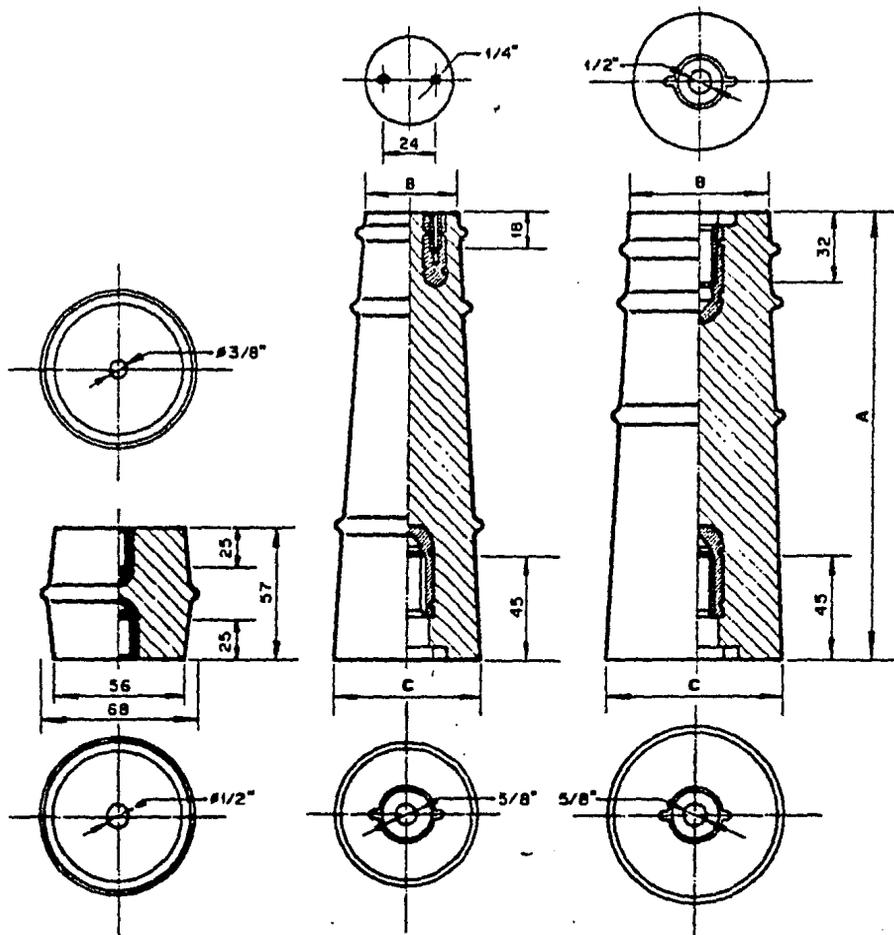


Por la alta resistencia de la resina sintética contra influencias climatológicas, se pueden usar como aisladores de apoyo, también en ambientes de aire húmedo y en climas tropicales, hasta temperaturas ambiente de 90°C.

Para la fijación de estos aisladores con el armazón o chasis se recomienda que cada tornillo que sujete al aislador, deberá tener una rondana de presión para evitar que las trepidaciones naturales, vayan aflojándolo con el tiempo.

En los siguientes dibujos se dan algunos de los aisladores comerciales que existen en el mercado; la tabla (2.8) es una guía, para seleccionar el aislador adecuado para el interruptor, de esta manera se selecciona el aislador para una tensión nominal de 24 KV. y se requiere que este aislador tenga las dimensiones especificadas en dicha tabla.

TABLA 2:8



TENSION NOMINAL kV	TENSION DE PRUEBA		CARGA DE RUPTURA kg	DIMENSIONES (mm)			PESO kg
	DIELECTRICA 60 Hz. 1 MIN. kV	IMPULSO kV		A	B	C	
7.2	35	75	500	135	42	50	0.45
13.8	45	95	500	175	42	65	0.80
24	60	125	500	220	42	65	1.00
24	60	125	1000	220	60	80	1.67
34.5	80	170	500	310	42	70	1.50

CAPITULO III

PROCESOS DE FABRICACION

En la fabricación del interruptor se deben utilizar máquinas-herramientas que realicen satisfactoriamente el trabajo de los metales y que además sea al costo más bajo posible, en esto influirá gran parte la selección del proceso a realizar, así como la máquina y el acabado del material, es recomendable fabricar las piezas con la precisión necesaria para el buen funcionamiento.

En las figuras anteriores del interruptor, se muestran todas las piezas que lo integran; describiendo su funcionamiento, de igual manera se han seleccionado los materiales que se utilizarán en su fabricación.

Ahora se clasificarán las piezas del interruptor, conforme a los procesos necesarios para su elaboración y se anexarán los principales dibujos al final de este tema.

Los procesos más comunes que se realizan en la fabricación del interruptor de aire son los siguientes:

PROCESOS	MAQUINA-HERRAMIENTA
1). CORTE DE LAMINA	CIZALLA
2). CORTE CON PUNZON	PRENSA DE CORTE
3). DOBLADO	PRENSA DE DOBLAR
4). TORNEADO	TORNO
5). FRESADO	FRESADORA
6). BARRENADO	TALADRO
7). ROSCADO	MACHUELO Y TARRAJA
8). SOLDADO	SOLDADURA DE GAS

3.1. PROCESO DE CORTE DE LAMINA (CIZALLADO)

Este proceso de corte de lámina se hace por medio de una cizalla, que está formada por dos cuchillas y que forman un ángulo entre ellas de 8° a 15° , de esta manera realiza un cizallado progresivo y disminuye el esfuerzo de corte, pero se inmoviliza por medio de un sujetador.

La figura 3.1 muestra la forma de operación de una cizalla.

En el proceso del cizallado se tiene que vencer la resistencia al cortante del material y se puede conocer la fuerza de corte necesaria, por medio de la siguiente fórmula;

$$F_c = 0.3825 \frac{r}{\text{Tang } \gamma} e^2 \text{ (Kg)}$$

Donde;

- F_c = fuerza de corte (en Kg)
 e = espesor del material (en mm)
 r = resistencia al esfuerzo cortante (en Kg/mm^2), se encuentra en la tabla 3.4.
 γ = 8° a 15° .

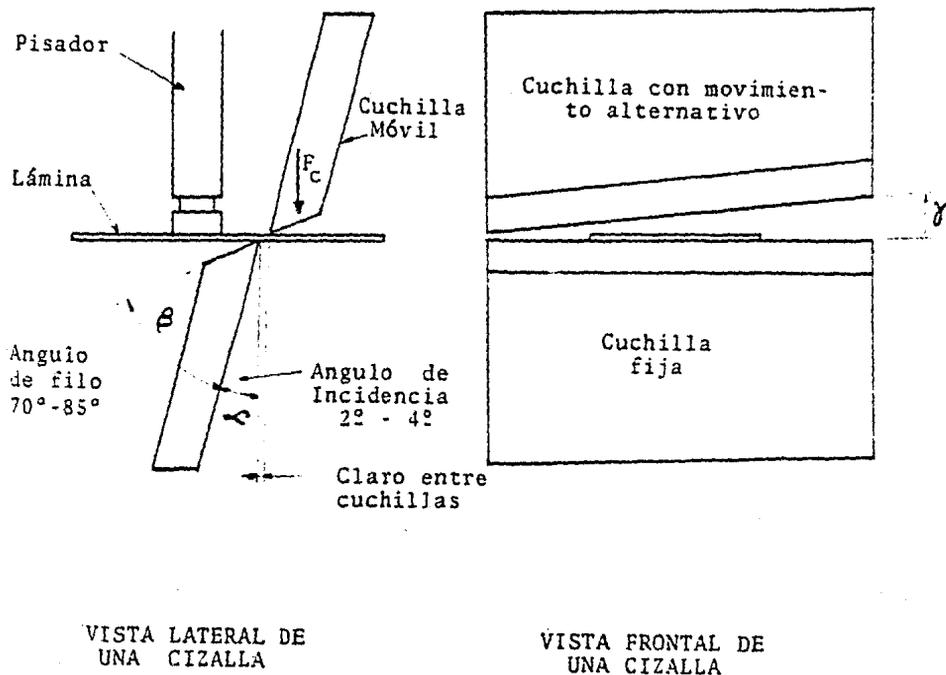


FIGURA 3.1

Las piezas del Interruptor donde se utiliza este proceso de corte de lámina de acero y de cobre, son las siguientes:

- | | |
|-----------------------|------|
| 1. Roldana | (20) |
| 2. Soporte de mando | (35) |
| 3. Armazón o chasis | (41) |
| 4. Placa | (44) |
| 5. Palanca | (49) |
| 6. Palanca | (51) |
| 7. Soporte de fusible | (63) |
| 8. Soporte de fusible | (64) |

De los dibujos que se anexarán se tienen piezas que necesitan el corte en tiras de lámina, por medio del cizallado, - éstas son:

- | | |
|---------------------|--------|
| 1. Perfil derecho | I-A-03 |
| 2. Fijador | I-A-06 |
| 3. Perfil izquierdo | I-A-09 |
| 4. Fijador | I-A-12 |

Observando las piezas descritas, se comprende que éstas se pueden trabajar eficientemente en este proceso con una cizalla de pequeña capacidad.

3.2. PROCESO DE CORTE CON PUNZON

El proceso de corte con punzón, se realiza por medio de prensas de corte, formadas por dos piezas, existiendo entre -

ellas una holgura, la selección correcta de ésta permitirá ob tener un corte limpio con la menor fuerza de corte, la lámina a cortar sufrirá un esfuerzo cortante que hace ceder al material, evitándose la rebaba, con un ajuste correcto entre el punzón y la matriz de la prensa de corte, el valor de este juego (j) varía en función del espesor del material a recortar y se encuentra en tablas, aunque también se utilizan las siguientes fórmulas, con los mismos resultados, para conocer el valor del juego.

$$\text{Para acero dulce y latón} \quad J = \frac{e}{20}$$

$$\text{Para acero semiduro} \quad J = \frac{e}{16}$$

$$\text{Para acero duro} \quad J = \frac{e}{14}$$

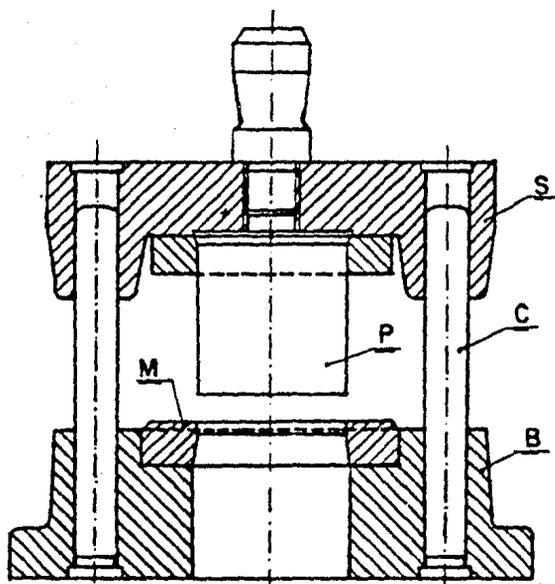
Donde:

J = es juego total en mm.

Por lo tanto el espacio en cada lado entre el punzón y la matriz tiene un valor de J/2.

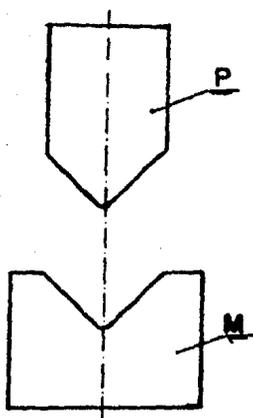
e = Es el espesor del material en mm.

El dibujo (3.2) muestra una prensa de corte, se observa que la forma de la matriz no es constante en todo el espesor de la placa, por regla general se deja 1/4" de pulgada de grosor, suficiente para rectificar la prensa de corte en su vida;



a).- Prensa para Cortar

FIGURA 3.2



b).- Prensa para doblar

DIBUJOS 3.3.

a partir de este grosor (1/4") se hace un plano inclinado de $1/4^\circ$ a $3/4^\circ$ con el objeto de que las piezas cortadas salgan fácilmente.

Para encontrar la fuerza de corte necesaria para una operación se utiliza la siguiente fórmula:

$$F_c = P \cdot r \cdot e \quad (\text{kg})$$

Donde:

F_c = Fuerza de corte (con punzón plano) (Kg)

P = Perímetro total a recortar (en mm)

r = Resistencia al esfuerzo cortante (en Kg/mm^2)

Que se encuentra en la tabla 3.4

e = Espesor del material

Las piezas del interruptor, donde se usa el corte con punzón son las siguientes:

1. Roldana	(20)
2. Soporte de mando	(35)
3. Palanca	(49)
4. Palanca	(51)
5. Soporte para fusible	(63)
6. Terminal principal	(43)
7. Soporte para fusible	(63)

Y de los dibujos que se anexarán al final de este tema, se tienen algunas piezas que componen el armazón o chasis - -

I-A-01, donde se utiliza este proceso, éstas son:

- | | |
|---------------------|--------|
| 1. Perfil derecho | I-A-03 |
| 2. Fijador | I-A-06 |
| 3. Perfil izquierdo | I-A-09 |

Debido a las pequeñas dimensiones que se tienen en las -- piezas anteriores, para trabajar el proceso de corte con punzón, éste se realiza con una prensa de poca capacidad.

TABLA 3.4

VALOR DE "r"

MATERIAL	RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE EN Kg/mm ²
CARTON ENDURECIDO	5
ZINC	10
ALUMINIO	12
DURALUMINIO	20
COBRE	25
LATON	35
BRONCE DURO	45
ACERO AL 0.1 % de C	35
ACERO AL 0.25%	45
ACERO AL 0.40%	55
ACERO AL 0.60%	65
ACERO AL 0.80%	80
ACERO AL SILICIO	55
ACERO INOXIDABLE	65

3.3 PROCESO DE DOBLADO

El proceso de doblado más característico es el doblado en V el cual se logra con una matriz y un punzón de igual forma, dejando la pieza terminada en el ángulo deseado, aunque en este caso se presenta un fenómeno llamado "efecto de muelleo", el cual consiste en que la lámina una vez doblada, cuando se libera de la presión del punzón y matriz, tiende a regresar a su forma original, abriéndose hasta varios grados, resultando un ángulo mayor que el proyectado, para evitar esto se diseña la pieza de doblar de tal forma que se contrarreste el efecto anterior, exagerando un poco el ángulo de doblado.

El aumento del ángulo depende del material, grueso de la lámina, etc; como referencia general se utilizan los valores siguientes:

Para metales blandos de $1/2^\circ$ a 1°

Para metales semiduros de 4° a 5°

Para metales duros de 12° a 15°

La fig. (3.3) muestra una prensa para doblar en V.

Para calcular la fuerza de doblado que la prensa debe aplicar, se considera a la pieza laminada como una viga apoyada en los extremos, en el caso de doblado en V se considera una carga en el centro, empleándose la siguiente fórmula:

$$F_d = \frac{ckLe^2}{a} \text{ (Kg)}$$

Donde:

- F_d = Fuerza de doblado (kg)
 c = Coeficiente de corrección se encuentra en la figura (3.5).
 k = Resistencia a la chapa = $1.25 r$ (Kg/mm^2)
 L = Longitud de doblado (mm)
 e = Espesor (mm)
 a = Abertura de la V (mm)

En la fabricación del interruptor, el proceso de doblado es utilizado en las siguientes piezas:

1. Perfil derecho I-A-03
2. Perfil izquierdo I-A-09
3. Palanca (34)
4. Soporte de mando (35)
5. Soporte de fusible (63)
6. Soporte de fusible (64)

El espesor y la longitud del material para doblarse son factores importantes para calcular la fuerza de este proceso en nuestro aparato, estas dimensiones son pequeñas y se realizan satisfactoriamente con una prensa de poca capacidad.

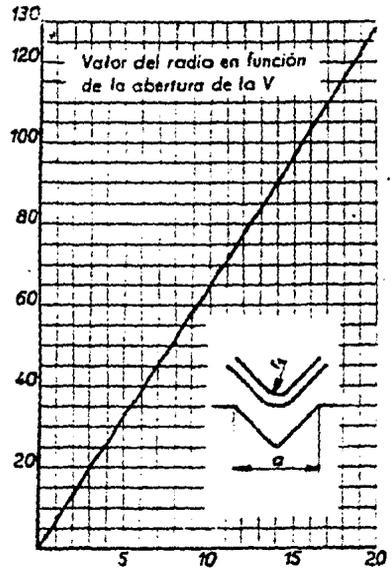
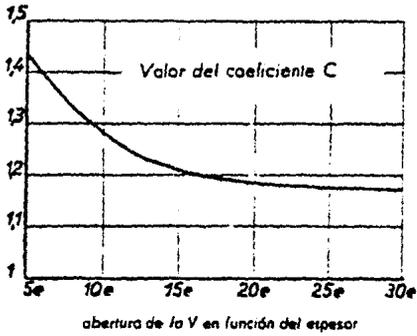
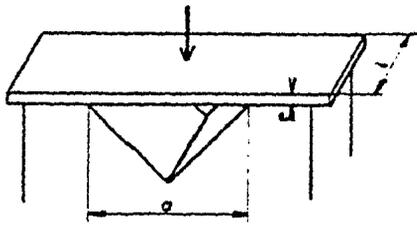


TABLA 3.5

3.4. PROCESO DE TORNEADO

El torno es una máquina que quita material, transformando un sólido indefinido, haciendo girar alrededor de su eje y arrancándole periféricamente material por medio de un cortador, transformándola en una pieza bien definida así como su forma y dimensiones.

El material sólido a trabajar se fija sobre la parte giratoria de la máquina (plato), mientras que la herramienta generalmente de un solo corte, se fija en la parte móvil de - - traslación longitudinal y transversal (carro).

El cabezal proporciona al plato el movimiento principal de rotación; los carros asumen el movimiento de avance y traslación.

El torno es una de las máquinas-herramientas más antiguas y en la actualidad es la más importante para la producción moderna, debido a que se pueden obtener diferentes superficies como son:

- a). Cilindros
- b). Planos
- c). Cónicas
- d). Esféricas
- e). Perfilados
- f). Roscados, etc.

POTENCIA UTIL DE UNA MAQUINA-HERRAMIENTA

Es la potencia teórica para arrancar la viruta y se calcula por la siguiente fórmula:

$$P_u = \frac{F_c \times V_c}{60 \times 75} \text{ pero como } F_c = q \sigma_s$$

Por lo tanto:

$$P_u = \frac{q \times \sigma_s \times V_c}{60 \times 75} \quad (\text{C.V.})$$

Donde;

- P_u = potencia útil en C.V.
- σ_s = esfuerzo unitario de desgarramiento o fuerza específica de corte en Kg/mm^2 y se encuentra en la tabla 3.6.
- F_c = Fuerza de corte ($F_c = q \times \sigma_s$) en Kg.
- q = Sección de la viruta de corte en mm^2
- V_c = Velocidad de corte en m/min.

POTENCIA ABSORBIDA POR UNA MAQUINA-HERRAMIENTA

Es la potencia efectiva necesaria para arrancar la viruta, teniendo en cuenta los rozamientos de los elementos en movimiento y se calcula por la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{P_u}{P_m} \quad \text{por lo tanto} \quad P_m = \frac{P_u}{\eta}$$

$$P_m = \frac{F_c \times V_c}{60 \times 75 \times \eta}$$

Donde; $\eta = 0.7 - 0.95$ según el tipo y condiciones de la máquina.

TABLA 3.6

ESFUERZO UNITARIO DE DESGARRAMIENTO

MATERIAL	CARGA DE ROTURA A TRACCION _r r - Kg/mm ²	DUREZA BRINELL ESFERA Ø10 CARGA 3000	s = Kg/mm ²		
			q=1 mm ²	q=10 mm ²	q=50 mm ²
Acero Dulce	30-40	90-120	170	125	102
Acero de mediano cont. de C.	40-50	120-140	210	155	127
Acero de mediano cont. de C.	50-60	140-170	250	188	151
Acero Duro	60-70	170-195	300	232	181
Acero Duro	70-80	195-235	359	265	217
Acero al Cr-Ni	65-80	190-225	241	193	164
Acero Fundido	45-55	135-160	176	124	98
Fundición	14-20	160-200	85	64	50
Latón en Barras	30-35	80-110	70	49	38
Bronce	20-25	70-90	79	46	32
Aluminio Fundido	9-12	65-70	54	47	43

En el interruptor existen piezas que se trabajarán por medio del torno, las operaciones más usuales y que se aplicarán a las diversas partes del interruptor se enlistarán a continuación:

A). Cilindrado y refrentado

1. Flecha (6)
2. Flecha superior (57)
3. Varilla tope (61)
4. Contacto espiga I-A-17
5. Contacto I-A-21

B). Torneado interior y corte

1. Manivela romboidal (31)
2. Manivela triangular (32)
3. Manivela de mando (33)
4. Manivela (50)
5. Leva (52)
6. Manivela (56)
7. Contacto I-A-22

C). Torneado cónico y corte por medio del torno

1. Contacto espiga I A-17
2. Contacto interior I-A-23
3. Contacto de rodillo I-A-26

Debido a las operaciones sencillas que se hacen en la --
elaboración de las piezas, se puede utilizar un torno común -
de pequeña capacidad.

3.5. PROCESO DE FRESADO

El fresado se hace por medio de una máquina-herramienta-que quita material mientras avanza la pieza contra un cortador rotatorio.

El cortador de la fresadora, (Fresa) está construida por una serie de filos cortantes sobre una circunferencia cada uno actuando como un cortador individual en el ciclo de rotación.

Existe una gran variedad de fresadoras en el mercado como las:

1. De columna y rodillo
2. De cepillo
3. De cama fija
4. De tipos especiales

De igual manera existe una gran gama de fresas o cortadores en el mercado, para los diferentes procesos que se requieren:

Las piezas que se trabajarán en el interruptor por medio de la fresa, en superficies planas son los siguientes:

- | | |
|-----------------------|--------|
| 1. Terminal principal | I-A-14 |
| 2. Apoyo | I-A-28 |
| 3. Terminal principal | I-A-29 |

En la fabricación del interruptor, el uso de la fresado-

ra es mínima y como las piezas son pequeñas y el material es de cobre, se realiza este proceso, con una fresadora de columna y rodillo.

3.6. PROCESO DE TALADRADO

El taladro es una máquina-herramienta que se utiliza en el proceso del barrenado, donde existe arranque de viruta, -- por medio de herramientas cortantes llamadas brocas.

Existen diferentes tipos de taladros, como son: Taladro de columna, taladro de mano, taladro múltiple, taladro radial, la selección de cada uno de ellos depende de la necesidad que se tenga de las piezas.

Las Brocas son construidas de acero templado, afiladas en un extremo que al girar pueden penetrar en un cuerpo, existiendo en el mercado brocas para diferentes usos como las siguientes:

- a) Brocas para centrar
- b) Brocas planas
- c) Brocas para hacer asientos, etc...

Existen algunas piezas en el Interruptor que necesitan este proceso de taladro, como las siguientes:

- | | |
|---------------------|------|
| 1. Manivela | (33) |
| 2. Palanca | (39) |
| 3. Brazo de Palanca | (40) |

4. Terminal Principal (43)
5. Palanca (47)
6. Soporte de fusible (63)
7. Palanca (58)
8. Palanca (59)
9. Palanca (60)
10. Manivela (55)
11. Palanca (51)
12. Palanca (49)
13. Manivela (50)
14. Tope I-A-64
15. Soporte para aisladores inferiores I-A-10
16. Soporte para aisladores superior I-A-11
17. Terminal principal I-A-14
18. Contacto Tulipan I-A-15
19. Contacto I-A-22
20. Contacto interior I-A-23
21. Terminal principal I-A-29

(Ver dibujos al final de este tema).

Este proceso se puede hacer por medio de un taladro de columna para asegurar la perpendicularidad del barreno con la superficie de la pieza que no se lograría con un taladro de mano.

3.7. PROCESO DE ROSCADO

El roscado consiste en crear una o varias ranuras helicoidales, de paso uniformes, alrededor de una superficie cilíndrica interior o exteriormente; las superficies cilíndricas interiores se pueden roscar atornillando forzosamente según el sentido de la rosca, con una herramienta especial llamado "Macho de roscar o Machuelo" y para las superficies cilíndricas exteriores se utilizan las "tarrajas".

Los roscados interiores o exteriores se pueden obtener de igual manera con una máquina-herramienta llamada fresa múltiple de roscar, con ella los filos cortantes de la herramienta que gira atacan tangencialmente la superficie cilíndrica (también en rotación). Estas máquinas se emplean para roscar piezas de gran diámetro, mientras que los de diámetro pequeño se pueden roscar con:

- a). Machuelos (para roscar interiores)
- b). Hileras o cojinetes de roscar
- c). Tarrajas (para roscar exteriores)

Las máquinas que se utilizan en este proceso de roscado son:

1. Roscadoras (se aplican machuelos de roscar)
2. Fresadoras (se aplican fresas múltiples para roscar)
3. Tornos de roscar (se aplican herramientas de un solo corte).

4. Laminadora de roscas (se aplican peines rodillos para la rodadura).
5. Rectificadores de roscas (se aplican muelas).

Los diversos trabajos realizados con machuelos y tarrajas son análogos, el primero es parecido a un tornillo y la tarraja a una tuerca, cuyos filetes están divididos por unas ranuras o acanaladoras longitudinales que originan unos perfiles dentados capaces de cortar virutas.

Las piezas del Interruptor que necesitan el proceso de roscado interior o exteriormente son los siguientes:

- | | |
|-----------------------|--------|
| 1. Tope | I-A-04 |
| 2. Terminal principal | I-A-14 |
| 3. Contacto espiga | I-A-17 |
| 4. Contacto interior | I-A-23 |
| 5. Terminal Principal | I-A-29 |

Se toma en cuenta, que para realizar estos procesos primeramente se tendrá que cilindrar la pieza y después se rosca rá con la tarraja, o barrenar para después machuelar rocas in teriores.

3.8. PROCESO DE SOLDADO

El proceso de soldado, es la unión de los materiales por métodos que no precisan dispositivos de sujeción.

Actualmente existen diferentes procesos de soldadura con una gran diferencia entre sí; el proceso de soldadura que se utiliza en la fabricación del interruptor de aire es la soldadura por medio de gases combinados, obteniéndose una llama caliente.

Los gases más usados son acetileno, gas butano e hidrógeno en combinación con oxígeno.

Las piezas del interruptor que se soldarán por medio de este proceso son los siguientes:

1.	Perfil derecho completo	I-A-02
2.	Perfil derecho	I-A-03
3.	Tope	I-A-04
4.	Buje	I-A-05
5.	Fijador	I-A-06
6.	Buje	I-A-07
7.	Perfil izquierdo	I-A-08
8.	Perfil izquierdo	I-A-09
9.	Soporte para aisladores	I-A-10
10.	Soporte para aisladores	I-A-11
11.	Fijador	I-A-12
12.	Contacto	I-A-21

13. Contacto	I-A-22
14. Apoyo	I-A-28
15. Terminal	I-A-29

El Chasis I-A-01, el contacto deslizante I-A-20 y el apoyo I-A-27, son los ensambles de todas piezas soldadas que se requieren en la fabricación del Interruptor, estos dibujos se muestran a continuación, agregándose además el de los pasos de proceso, para dar una idea general de la elaboración de las piezas de nuestro Interruptor.

3.9. CALCULO DE ALGUNOS PROCESOS REALIZADOS EN UNA PIEZA.

Como ejemplo se calcularán las fuerzas necesarias para elaborar la pieza llamada perfil derecho I.A - 0.3, en los diferentes procesos.

Como se puede observar esta pieza tiene una longitud de 455 mm. y un espesor de 3 mm., que corresponde a la lámina No. 11, para elaborar esta pieza se requieren 3 procesos que son: Corte de lámina (Cizallado), corte con punzón y doblado.

Primeramente se calculará la fuerza de corte por cizallado, empleando la fórmula se tiene:

$$F_c = 0.3825 \frac{e^2}{\tau \text{ tang } \gamma} \text{ (kg)}$$

donde:

$$r = 35 \text{ kg/mm}^2$$

$$\gamma = 12^\circ$$

$$e = 3 \text{ mm}$$

sustituyendo:

$$F_c = 0.3825 \frac{35 \times (3)^2}{\text{tang } 12^\circ} = 631.6$$

$$F_c = 631.6 \text{ Kg}$$

Esta es la fuerza de corte necesaria para cortar la lámina en una Cizalla.

Ahora se calculará la Fuerza de corte con punzón para hacer un barreno de 30 mm de diámetro, y esto es según la fórmula:

$$F_c = P \times e \times r \text{ (kg)}$$

donde:

$$P = \pi \times D = \pi \times 30 = 94.24 \text{ mm}$$

$$e = 3 \text{ mm.}$$

$$r = 35 \text{ kg/mm}^2$$

Sustituyendo se tiene:

$$F_c = 94.24 \times 3 \times 35 = 9896$$

$$F_c = 9896 \text{ Kg.}$$

que es la fuerza necesaria para cortar la lámina de un solo golpe con punzón.

Finalmente se calculará la fuerza de doblado para hacer el perfil, y se tiene según la fórmula:

$$F_d = \frac{CKL e^2}{a} \text{--(Kg)}$$

donde:

$$C = 1.2$$

$$K = 1.25r = 43.75 \text{ kg/mm}^2$$

$$L = 455 \text{ m}$$

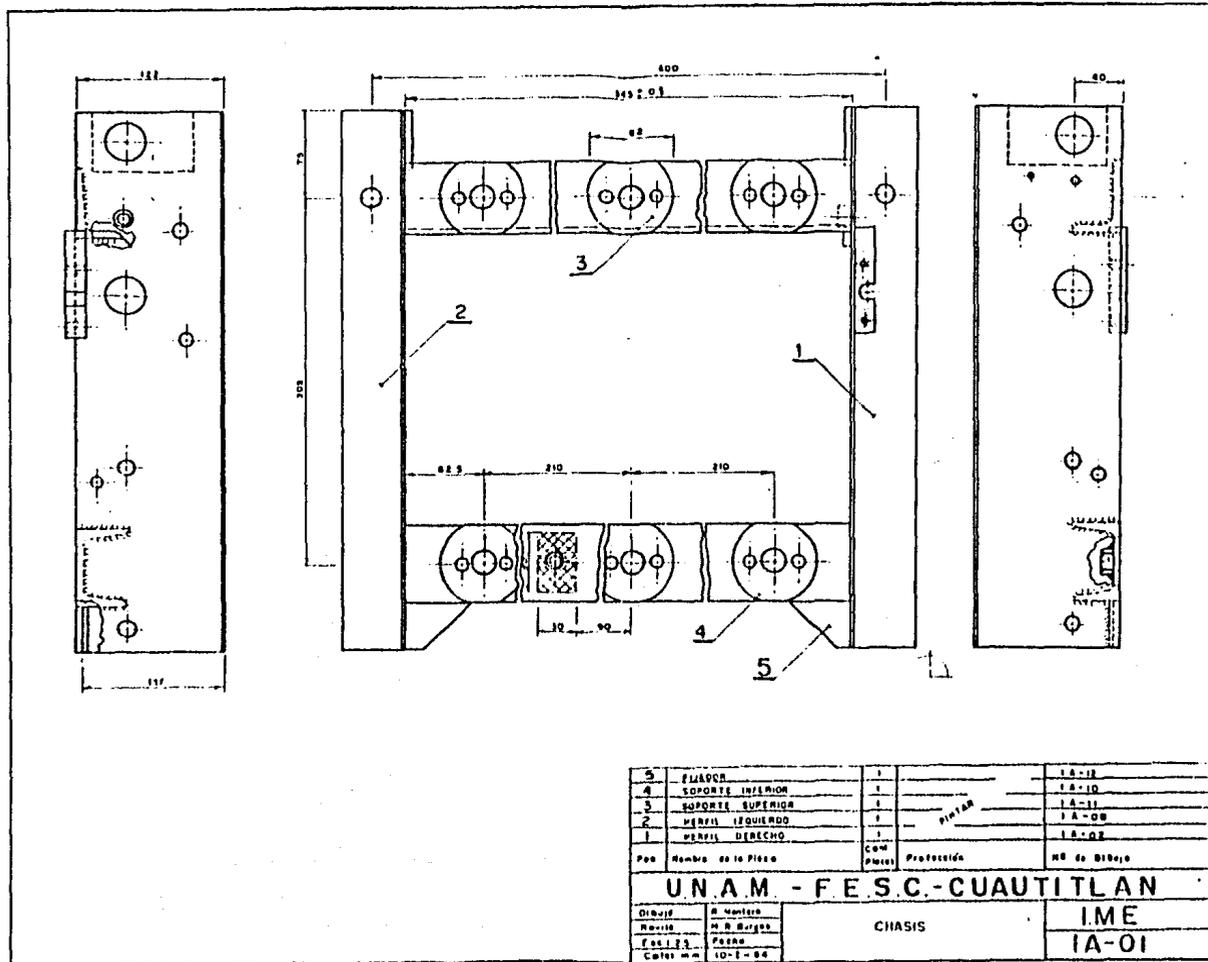
$$e = 3 \text{ mm}$$

$$a = 45 \text{ mm}$$

Sustituyendo se tiene:

$$F_d = \frac{1.2 \times 43.75 \times 455 \times 9}{45} = 4777.5$$

$$F_d = 4777.5 \text{ kg.}$$



5	ELEMENTO	1	1A-12
4	SOPORTE INFERIOR	1	1A-10
3	SOPORTE SUPERIOR	1	1A-11
2	APARTE IZQUIERDO	1	1A-08
1	APARTE DERECHO	1	1A-02
Por	Nombre de la Pieza	COM PANEL	Profesional
			RS de Dibujo

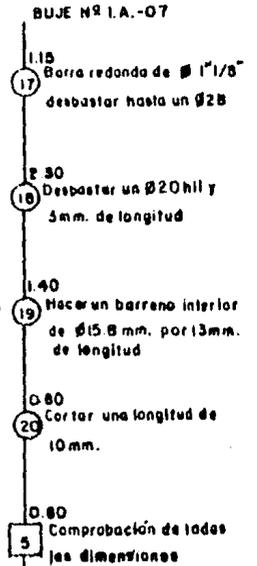
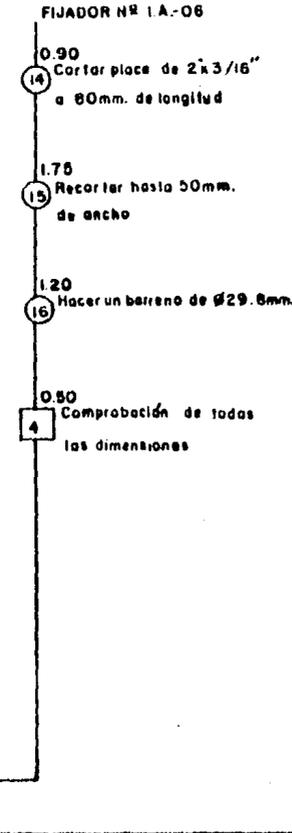
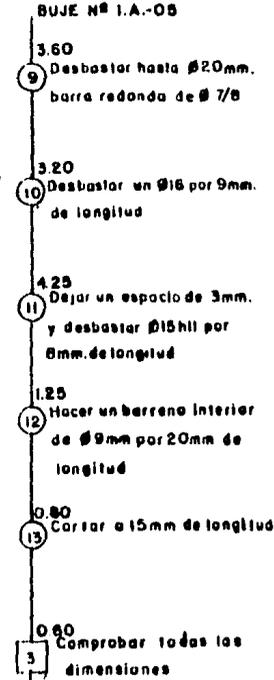
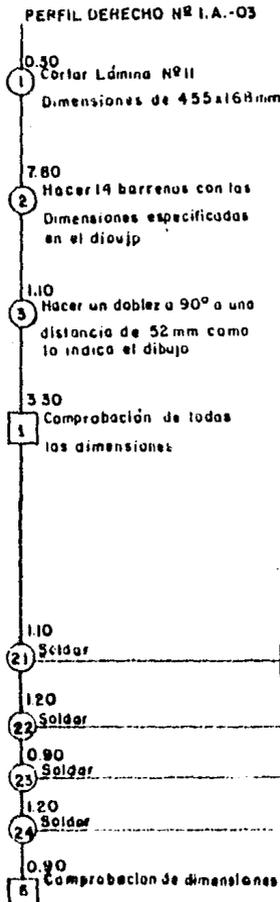
U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN

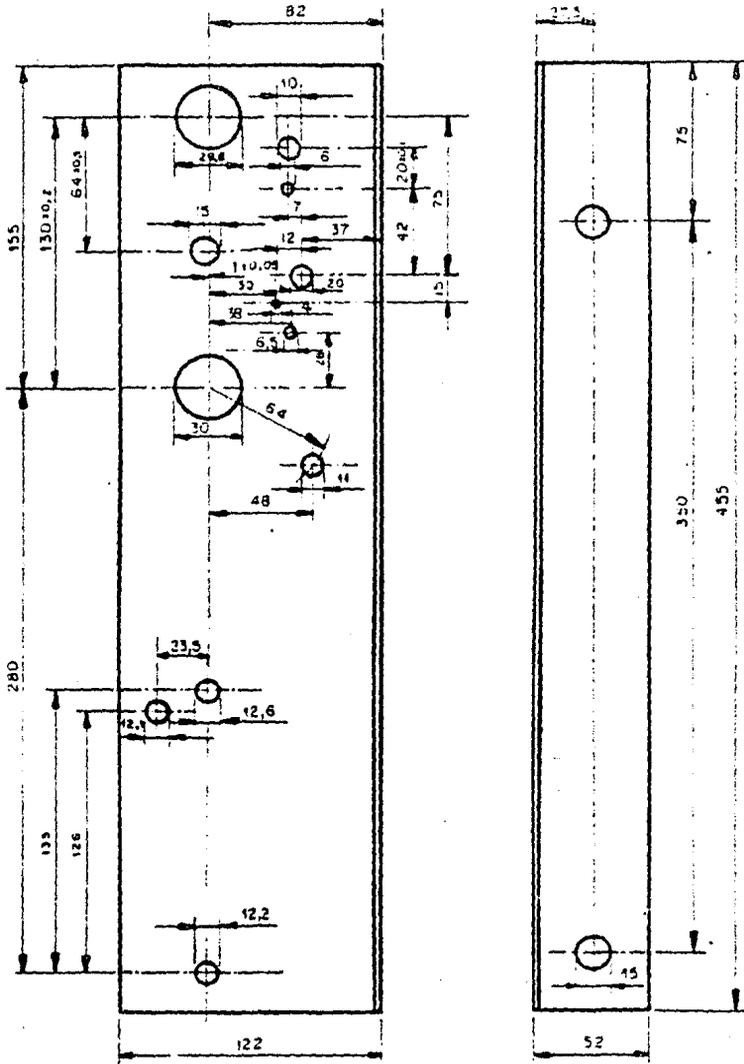
Diseño	A. Santoro	CHASIS	IME
Revisó	H. R. Burgos		1A-01
Fecha	Febrero		
Código	10-1-84		

105

DIAGRAMA DE PROCESO

PERFIL DERECHO Nº I.A.-02





Material: SAE-1012
Lamina N° 11

Dimensiones: 455x168

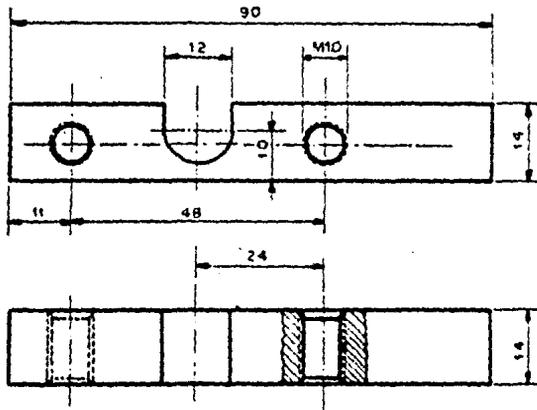
Proteccion: En ensamble

U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN

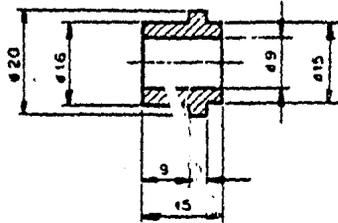
Dibujo:	R. Montero
Reviso:	M.R. Burgos
Esc: 1:2.5	Fecha
Cotas: mm.	3-1-84

PERFIL DERECHO

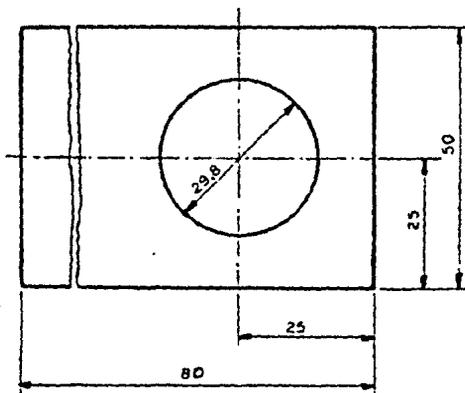
I.M.E.
IA-03



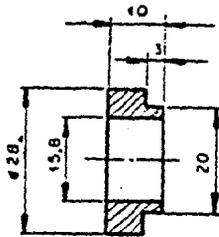
Material: SAE-1012 Cold Rolled $\frac{19}{16}$ "		Dimensiones: 90X14X14	Protección: En ensamble
U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN			
Dibujó: R. Montero	TOPE		I.M.E.
Revisó: M.R. Burgos			IA-04
Esc: 1:1			Fecha
Colo: mm.			4-1-84



Material: Brasa Fosforado		Dimensiones: 15 X \varnothing 20	Proteccion: En ensamble
U.N.A.M. - F.E.S.C.-CUAUTITLAN			
Dibujó:	R. Montero	BUJE	I.M.E.
Revisó:	M. R. Burgos		I.A-05
Esc: 1:1	Fecha		
Cotas mm.	4-1-84		



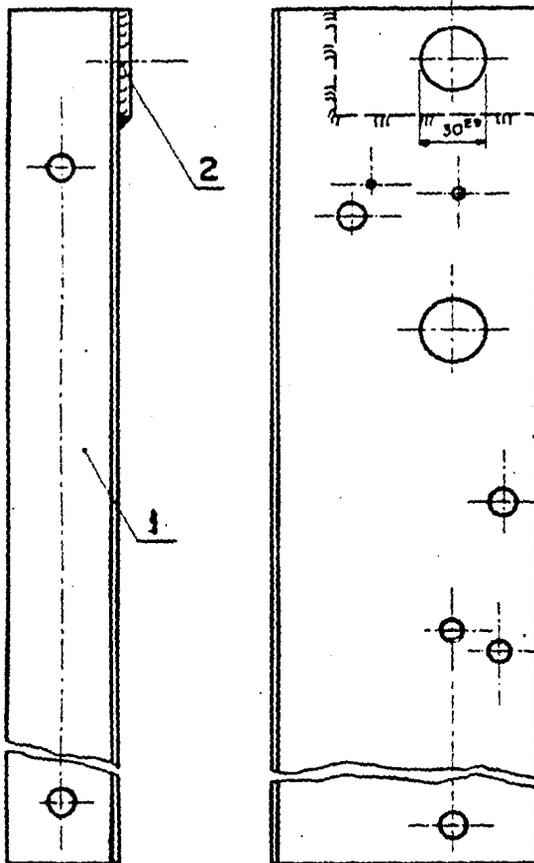
Material: SAE-1012		Dimensiones: 80 X 50	Proteccion: En ensamble
" Salera de Hierro 3/16"			
U.N.A.M. - F.E.S.C.-CUAUTITLAN			
Dibujo:	R. Montero	FIJADOR	I.M.E.
Reviso:	M. R. Burgos		I.A-06
Esc: 1:1	Fecha		
Cotas: mm.	5-1-84		



Materia:	Bronce Fosforado	Dimensiones:	10 X Ø 28	Proteccion:	En ensamble
-----------------	---------------------	---------------------	-----------	--------------------	-------------

U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN

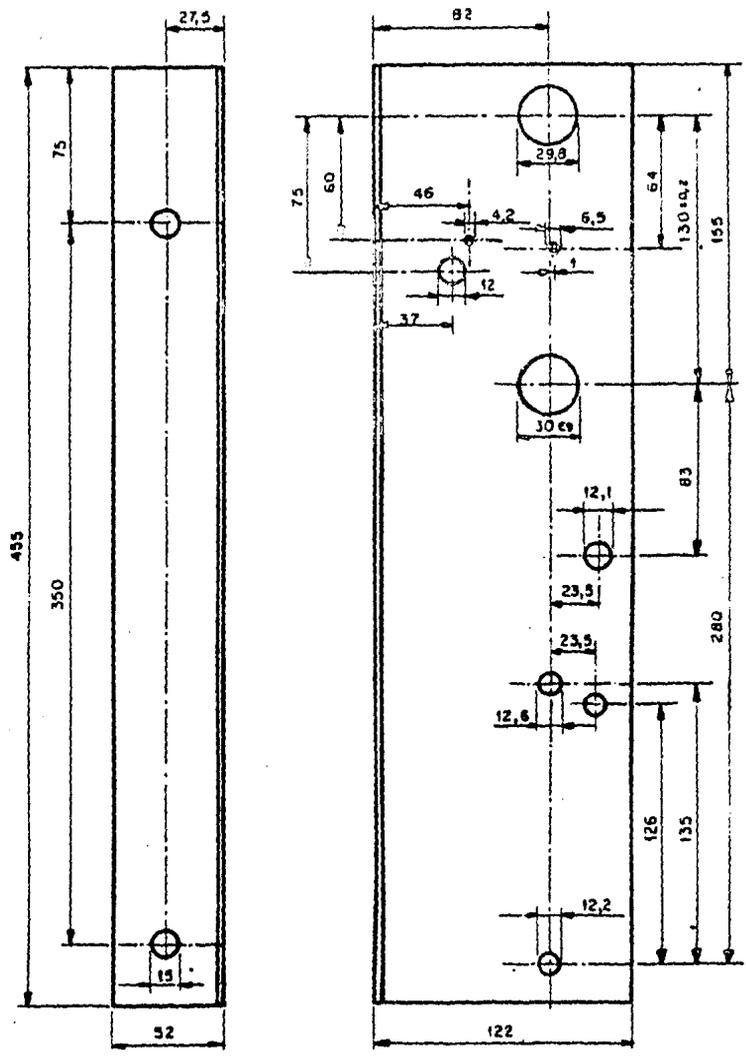
Dibujó:	R. Montero	BUJE	I.M.E.
Revisó:	M. R. Burgos		IA-07
Esc:	1:1		
Fecha:	5-1-84		
Cotas:	mm.		



2	FIJADOR	1	EN ENSAMBLE	I. A-06
1	PERFIL IZQUIERDO	1		I. A-09
Pos.	Nombre de la Pieza	Cant. Piezas	Protección.	Nº de Dibujo.

U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN

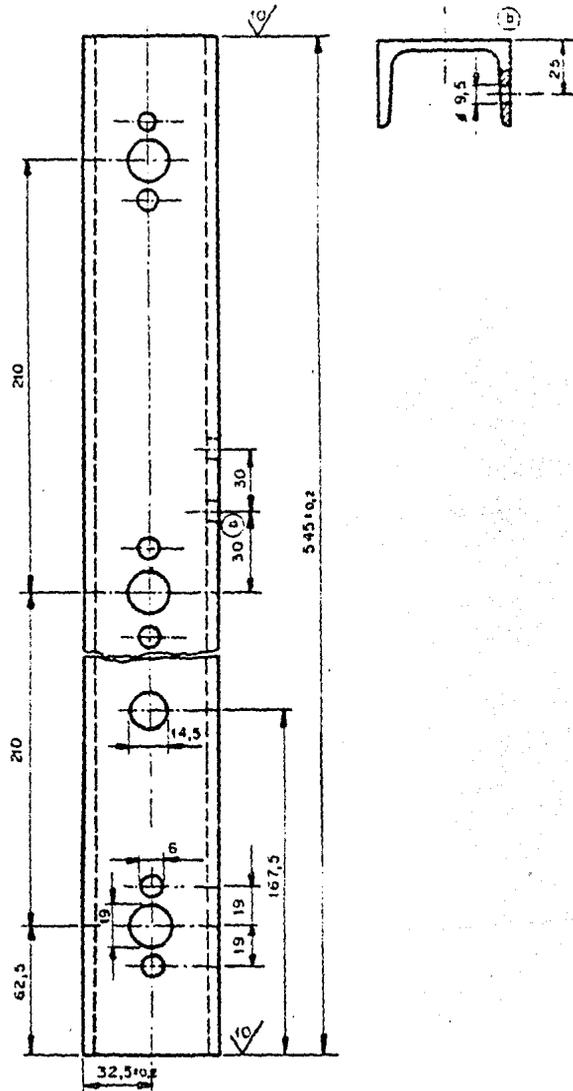
Dibujó:	R. Montero	PERFIL IZQUIERDO COMPLETO	I.M.E.
Revisó:	M.R. Burgos		IA-08
Escala: 1:2.5	Fecha		
Cotas: mm.	6-1-84		



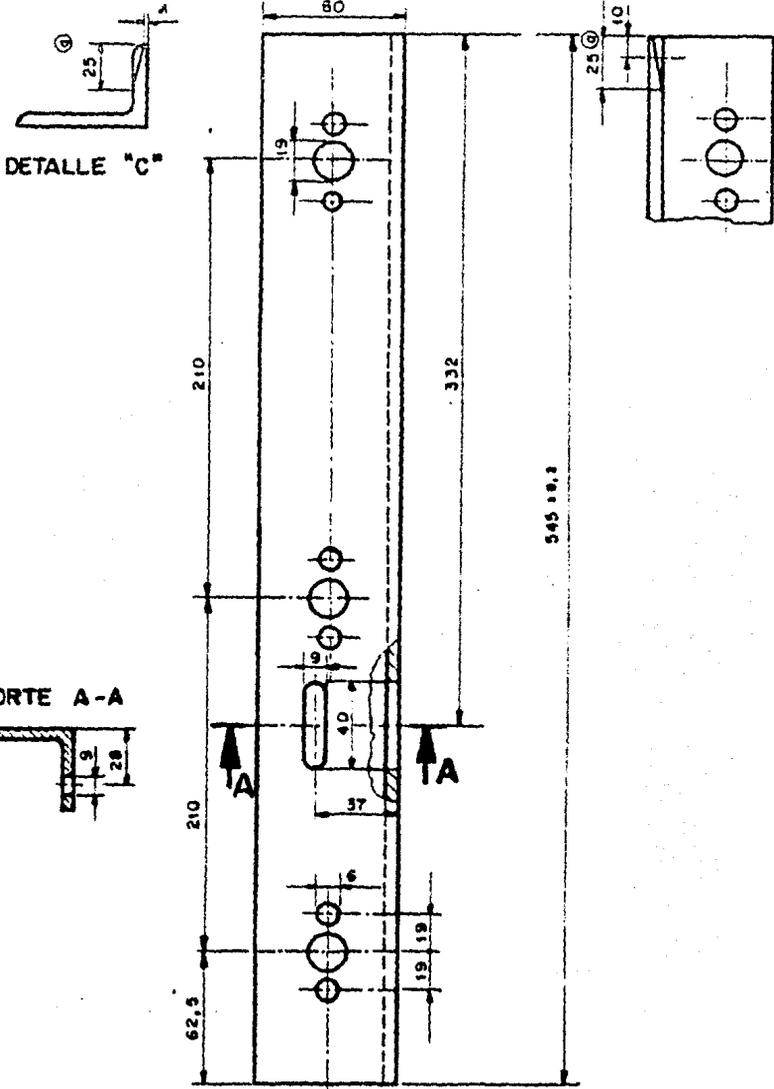
Material:	SAE-1012	Dimensiones:	455 X 168	Proteccion:	En ensamble
	Lamina # 11				

U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN

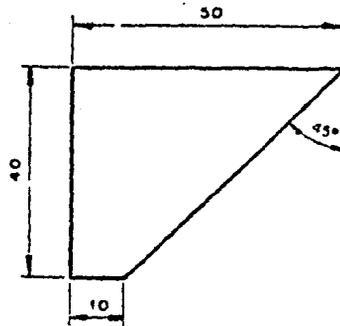
Dibujó:	R. Montero	PERFIL IZQUIERDO	I.M.E.
Revisó:	M.R. Burgos		
Esc. 1:2.5	Fecha		IA-09
Cotas.m.m.	7-1-84		



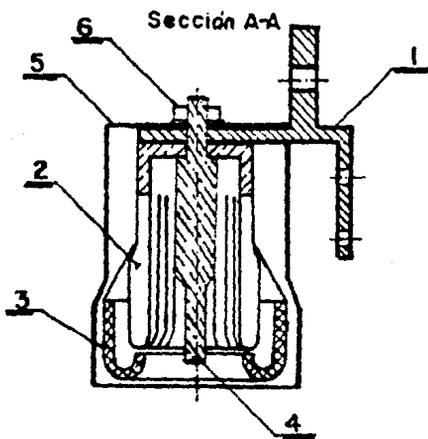
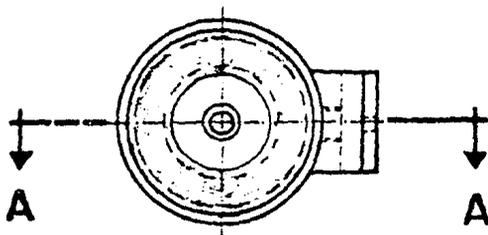
Material: SAE-1012		Dimensiones: 545x65	Proteccion: En ensamble
Canal "U"			
U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN			
Dibujo: R. Montero	SOPORTE PARA AISLADORES INFERIOR		I.M.E.
Revisó: M. R. Burgos			IA-10
Esc: 1:2.5			
Fecha: 7-1-64			



Material: SAE-1012		Dimensiones: 545X60		Proteccion: En ensamble	
Perfil "L"		U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN			
Dibujo:	R. Montero	SOPORTE PARA AISLADORES SUPERIOR		I.M.E.	
Reviso:	M.R. Burgos			I.A-II	
Esc: 1:2.5	Fecha				
Cotas: mm:	9-1-84				



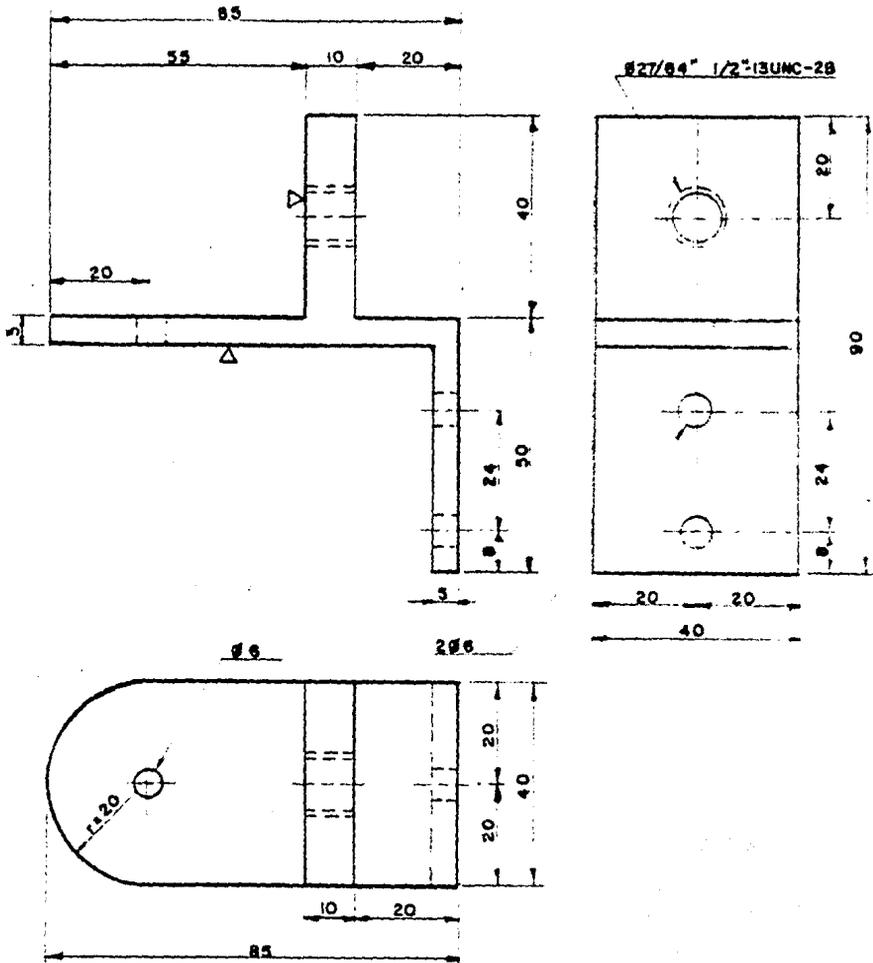
Material:	SAE - 1012	Dimensiones:	50 X 40	Proteccion:	En ensamble
	Lamina N° 11				
U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN					
Dibujó:	R. Montero	FIJADOR		I.M.E.	
Revisó:	M. R. Burgos			I.A-12	
Eac: (1)	Fecha				
Cotas: mm.	9-1-84				



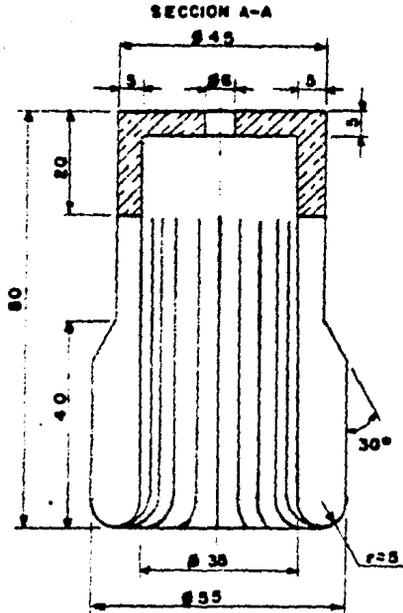
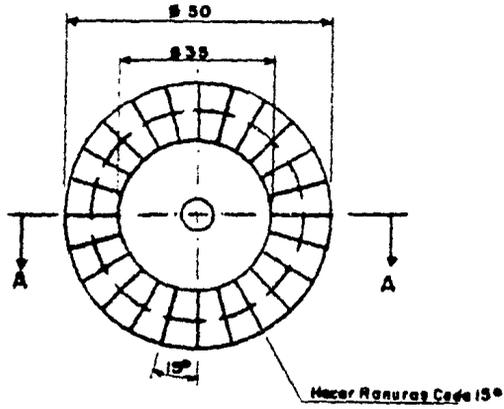
6	TUERCA 1/4"-20UNC	1		
5	CAPUCHA	1		I.A-18
4	CONTACTO ESPIGA	1		I.A-17
3	CAPUCHA	1		I.A-16
2	CONTACTO TULIPAN	1		I.A-15
1	TERMINAL PRINCIPAL	1		I.A-14
Pos	Nombre de la Pieza	Cant. Piezas	Protección:	Nº de Dibujo.

U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN

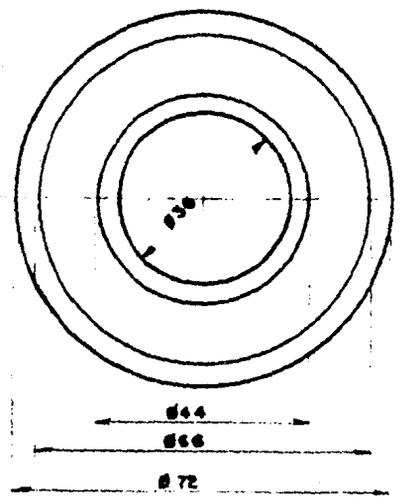
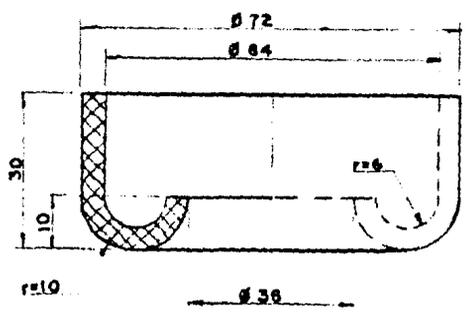
Dibujó:	R. Montero	ENSAMBLE DEL CONJUNTO SUPERIOR	I.M.E.
Revisó:	M.R. Burgos		I.A-13
Esc: 1:20	Fecha		
Cofas: m.a.	24-I-84		



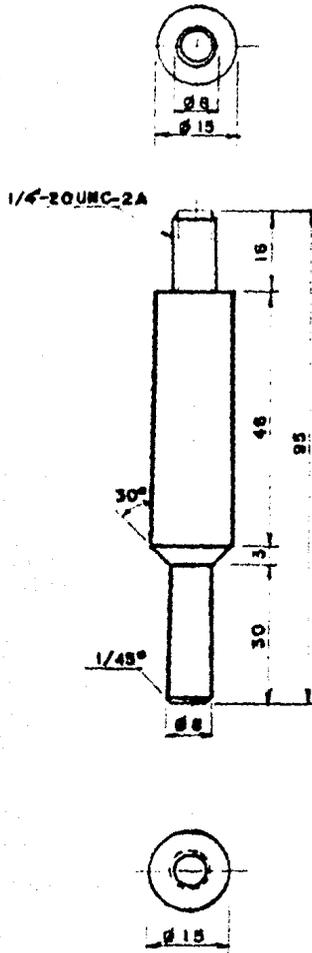
Material: Cobre Electrolítico		Dimensiones: En Dibujo		Protección: Ninguna	
U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN					
Dibujó:	R. Montero	TERMINAL PRINCIPAL		I.M.E.	
Revisó:	M.R. Burgos			IA-14	
Escala:	Fecha				
Cotas:	7-II-84				



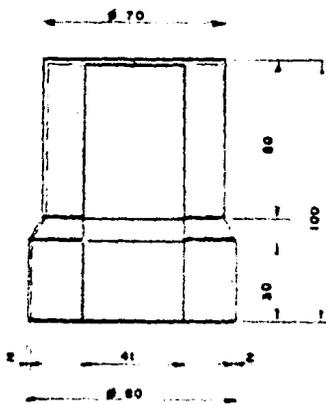
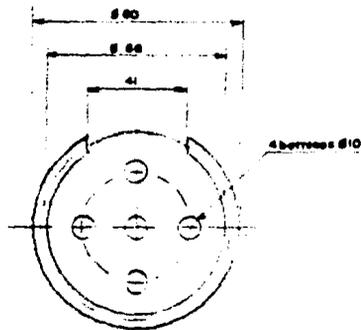
Material: Aleación Cobre, Platina y Niquel		Dimensiones: En Dibujo	Proteccion: Ninguna
U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN			
Dibujó:	R. Montero	CONTACTO TULIPAN	I.M.E.
Revisó:	M.R. Burgos		I.A-15
Esc. 1:1	Fecha		
Cotas: mm	7-II-84		



Material: Plástico Vinílico		Dimensiones: En Dibujo		Protección: Ninguna	
U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN					
Dibujo:	R. Montero	CAPUCHA		I.M.E.	
Revisó:	M.R. Burgos			I.A-16	
Esc: 1:1	Fecha				
Cotas: m.m. 9-II-84					



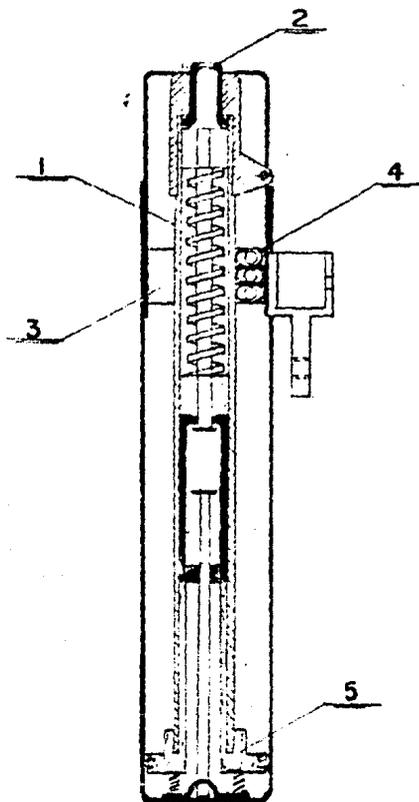
Material: Aleación: Cobre, Platino y Niquel		Dimensiones: 95 X Ø15	Protección: Ninguna
U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN			
Dibujo: R. Montero	CONTACTO ESPIGA		I.M.E.
Revisó: M.R. Burgos			I.A-17
Esc. 1:1			
Fecha: 8-II-84			



Materia: Poliestireno	Dimensiones: En Dibujo	Proteccion: Ninguna
-----------------------	------------------------	---------------------

U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN

Dibujó: R. Montano	CAPUCHA	IME
Revisó: M.R. Burgos		IA-18
Esp: 1/2	Fecha	
Cotas: mm	8-IV-04	

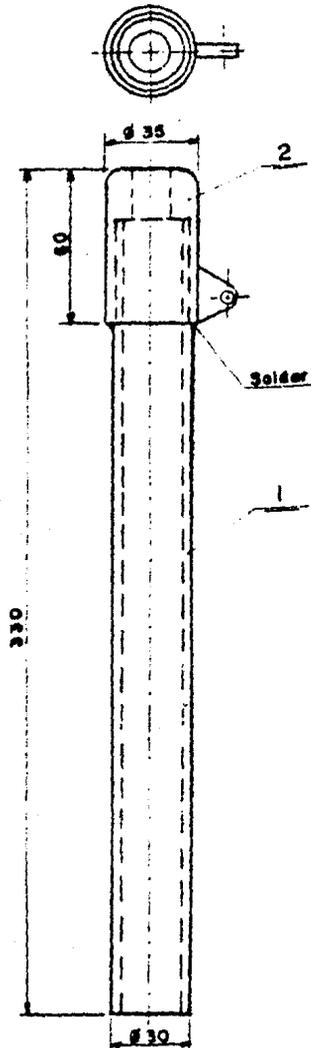


5	PISTON Y TUBO GUIA	1		I. A. - 30
4	APOYO	1		I. A. - 27
3	SOPORTE DE RODILLO	1		I. A. - 25
2	CONTACTO INTERIOR	1	VASELINA	I. A. - 23
1	CONTACTO DESLIZANTE	1		I. A. - 20

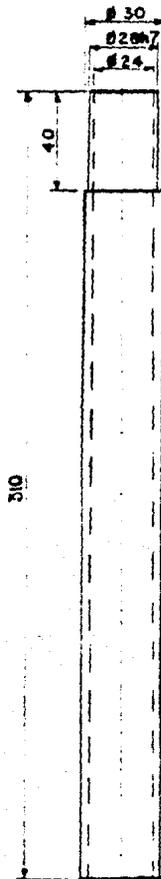
Pos.	Nombre de la Pieza	Conl. Piezas	Protección:	Nº de Dibujo.
------	--------------------	--------------	-------------	---------------

U. N. A. M. - F. E. S. C. - CUAUTITLAN

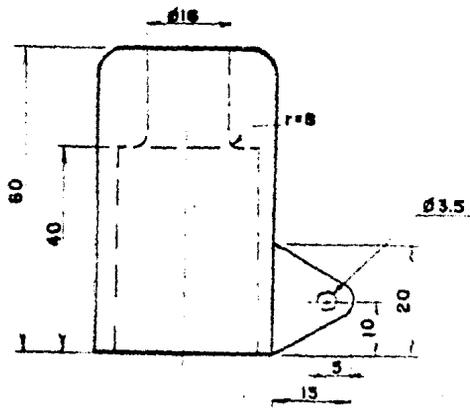
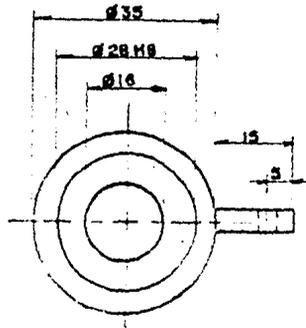
Dibujó:	R. Mantero	ENSAMBLE DEL CONJUNTO INFERIOR	I. M. E. IA-19
Revisó:	M. R. Burgos		
Esc: 1:2.5	Fecha		
Cotas: mm.	21-II-84		



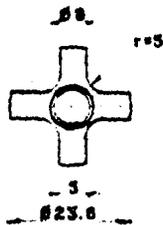
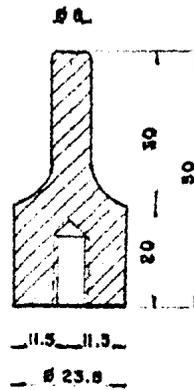
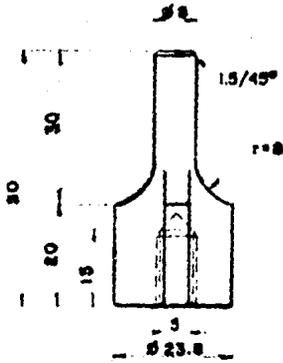
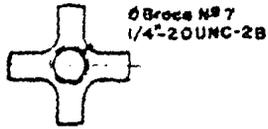
2	CONTACTO	1	NINGUNA	I.A.- 22
1	CONTACTO	1	-II-	I.A.- 21
Pos.	Nombre de la Pieza	Cont. Piezas	Protección:	Nº de Dibujo.
U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN				
Dibujó:	R. Montero	CONTACTO DESLIZANTE		I.M.E.
Revisó:	M. R. Burgos			IA-20
Esc: 1:2	Fecha			
Cotas: mm.	22-II-84			



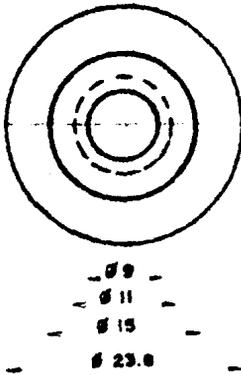
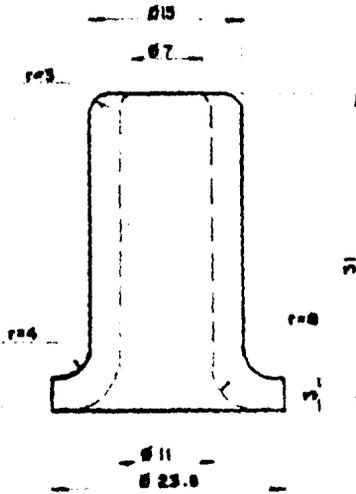
Material: Cobre Electrolítico		Dimensiones: 310 X Ø 30	Protección: En ensamble
U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN			
Dibujó:	R. Montero	CONTACTO	I.M.E.
Revisó:	M.R. Burgos		I.A-21
Esc: 1:2	Fecha		
Calas: mm.	22-II-84		



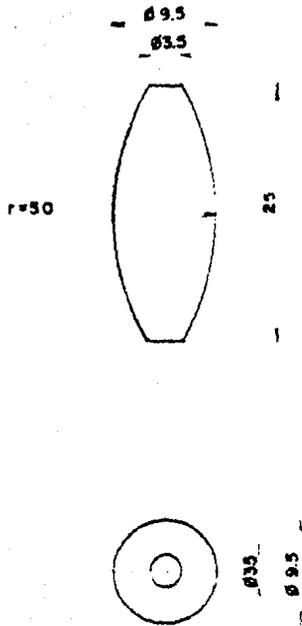
Material: Aleación Cobre, Platino y Niobio		Dimensiones: En Dibujo	Protección: En ensamble
U.N.A.M. - F.E.S.C.-CUAUTITLAN			
Dibujo: R. Montero	CONTACTO		I.M.E.
Revisó: M. R. Burgos			IA-22
Esc.: 1:1 Fecha			
Cotas: m.m. 22-IX-64			



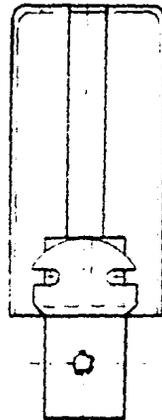
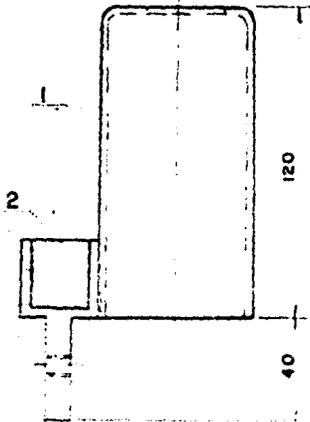
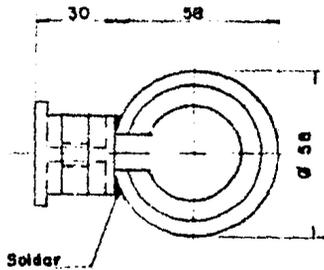
Material: Aleación Cobre, Platino y Níquel		Dimensiones: 50 x Ø 23.8	Protección: Ninguna
U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN			
Dibujó: Revisó: Esc: 1:1 Cotas: mm.	R. Montero M.R. Burgos Fecha 24-IV-84	CONTACTO INTERIOR	I.M.E. IA-23



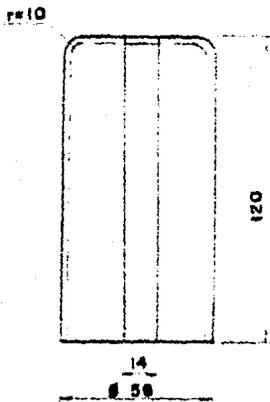
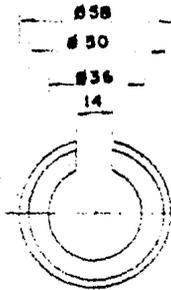
Material: Plástico Vinílico		Dimensiones: En Dibujo	Protección: Ninguna
U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN			
Dibujó: R. Montero	TOBERA		I.M.E.
Revisó: M.R. Burgos			IA-24
Esc: 2:1			Fecha
Cotas: ma. 24-III-64			



Material: Cobre Electrolítico		Dimensiones: 25 x Ø 9.5	Proteccion: Ninguna
U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN			
Dibujo: R. Montero	CONTACTO DE RODILLO		I.M.E.
Revisó: M.R. Burgos			IA-26
Esc. 2:1 Fecha			
Cotas: mm. 26-II-84			



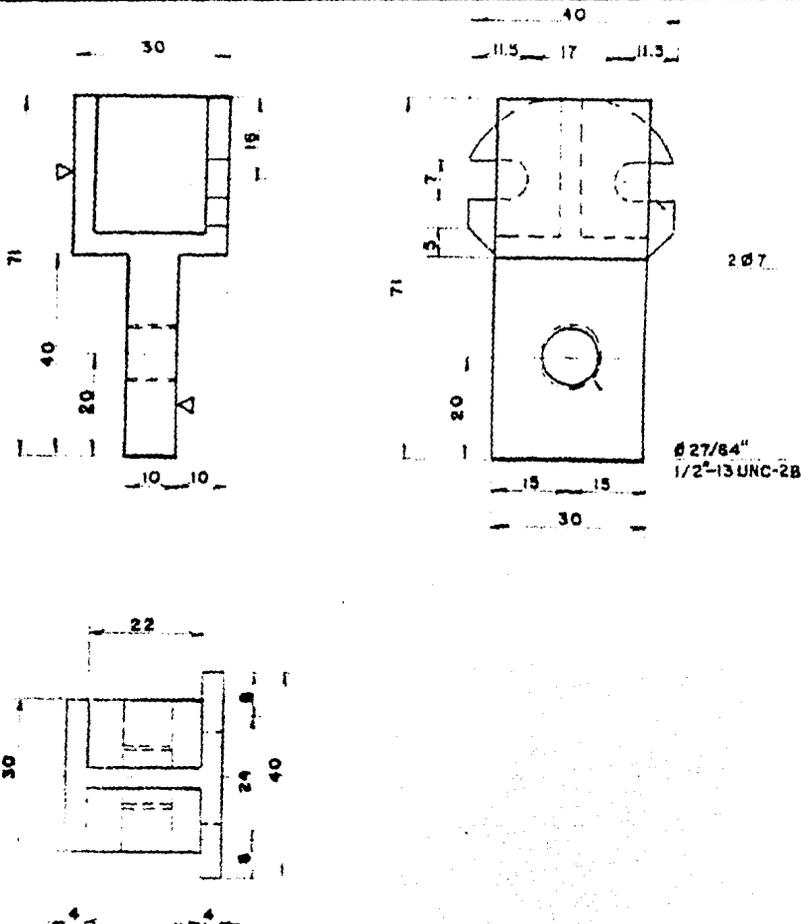
2	TERMINAL PRINCIPAL	1	NINGUNA	I.A.- 29
1	APOYO	1	- 11 -	I.A.- 28
Pos.	Nombre de la Pieza	Cant. Piezas	Protección:	No. de Dibujo:
U.N.A.M. - F.E.S.C. - CUAUTITLAN				
Dibujó:	R. Montero	APOYO		I.M.E.
Revisó:	M.R. Burgos			IA-27
Esc: 1:2	Fecha			
Cotas: m.m.	26-II-84			



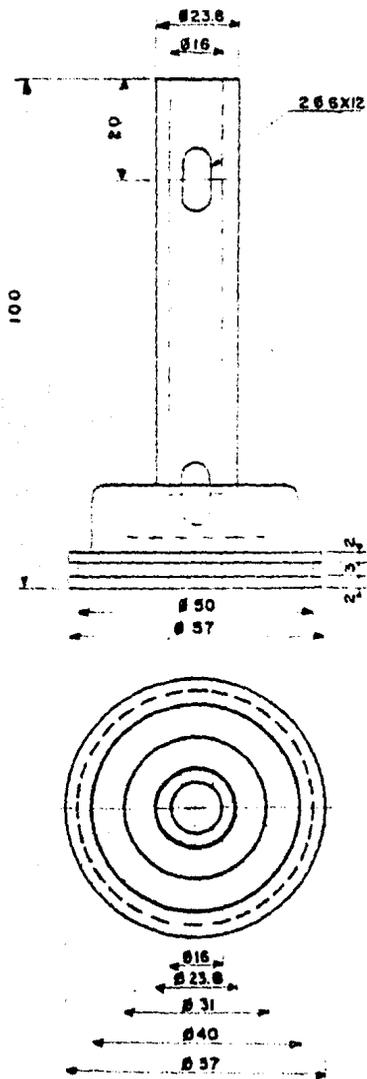
Material: Cobre Electrolítico	Dimensiones: 120 X Ø 58	Proteccion: En ensamble
----------------------------------	-------------------------	-------------------------

U. N. A. M. - F. E. S. C. - CUAUTITLAN

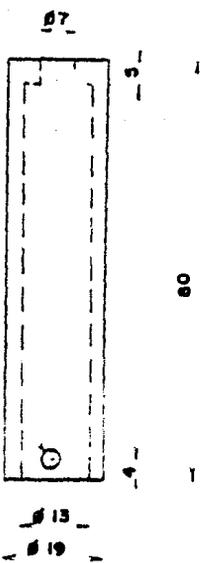
Dibujo: R. Montero	APOYO	IME
Reviso: M. R. Burgos		IA-28
Esc: 1:2		
Cotas: mm	26-II-84	



Material: Cobre Electrolítico		Dimensiones: En Dibujo		Protección: En ensamble	
U. N. A. M. - F. E. S. C. - CUAUTITLAN					
Dibuja:	R. Montero	TERMINAL PRINCIPAL		IME.	
Revisa:	M. R. Burgos			IA-29	
Esc. 1:1	Fecha				
Cotas: mm.	27-II-84				



Material: Poliestireno		Dimensiones: En Dibujo		Proteccion: Ninguna	
U N A M - F E S C - C U A U T I T L A N					
Dibujó:	R. Montero	PISTON Y TUBO GUIA		I.M.E.	
Revisó:	M. R. Burgos			IA-30	
Esc: 1:1	Fecha				
Colas: mm.	27-II-84				

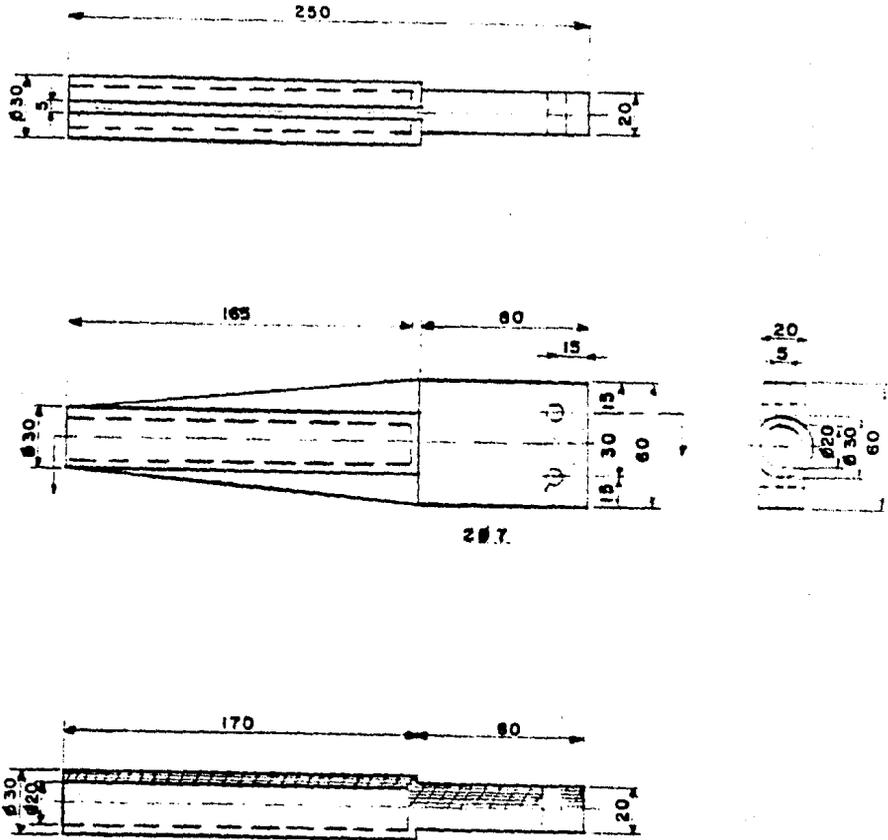


Ø3

Materia: Poliestireno	Dimensiones: 80X Ø19	Protección: Ninguna
---------------------------------	--------------------------------	-------------------------------

UNAM - F.E.S.C. - CUAUTITLAN

Dibujó: R. Montero	CILINDRO GUIA	IME.
Revisó: M. R. Burgos		IA-31
Esc: 1:1		
Fecha: 26-II-84		



Material: Poliestireno		Dimensiones: En Dibujo	Proteccion: En ensamble
U.N.A.M. - F.E.S.C.-CUAUTITLAN			
Dibujó:	R. Montero	PALANCA AISLANTE	I.M.E.
Revisó:	M. R. Burgos		I.A-32
Esc: 1:2.5	Fecha		
Cotas: mm.	27-K-84		

CAPITULO IV

COSTOS DE FABRICACION

El costo de fabricación de cualquier producto elaborado es la suma de los costos directos más los Indirectos.

Los Costos Directos son aquellos que pueden aplicarse directamente a un producto determinado, como el costo de materia prima y mano de obra.

Los Costos Indirectos son aquellos que no se realizan para algún producto determinado, en éstas se incluyen las remuneraciones de personas que no trabajan directamente en la elaboración del producto, costo de abastecimiento, gastos de oficina, seguro, depreciación e impuestos, etc... y se obtiene a través del Departamento de Contabilidad.

El Costo de algunas piezas del Interruptor se han obtenido por medio del valor de materia prima y de procesos similares, de igual manera se han investigado los precios de otras piezas con posibles proveedores, aunque éstos tienden a incrementarse con el tiempo, debido a la crisis económica que existe en el país.

Los precios de las piezas del Interruptor de aire, así como el número de piezas que lo integran son las siguientes:

DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	NUM. DE PIEZAS	COSTO
1. ARMAZON O CHASIS	\$ 3 300.00	1	\$ 3 300.00
2. AISLADOR	\$ 2 185.00	9	\$19 665.00
3. TERMINAL PRINCIPAL	\$ 1 600.00	3	\$ 4 800.00
4. CONTACTO TULIPAN	\$ 1 750.00	3	\$ 5 250.00
5. CILINDRO	\$ 275.00	3	\$ 825.00
6. FLECHA	\$ 1 200.00	1	\$ 1 200.00
7. PALANCA AISLANTE	\$ 350.00	3	\$ 1 050.00
8. TERMINAL PRINCIPAL	\$ 1 600.00	3	\$ 4 800.00
9. RESORTE	\$ 2 435.00	1	\$ 2 435.00
10. CAPUCHA	\$ 165.00	3	\$ 495.00
11. CONTACTO ESPIGA	\$ 600.00	3	\$ 1 800.00
12. CAPUCHA	\$ 215.00	3	\$ 645.00
13. SOPORTE DE PALANCA	\$ 85.00	3	\$ 255.00
14. CONTACTO INTERIOR	\$ 945.00	3	\$ 2 835.00
15. TAPA	\$ 125.00	3	\$ 375.00
16. RESORTE	\$ 65.00	3	\$ 195.00
17. VARILLA CONECTORA	\$ 84.00	3	\$ 252.00
18. BUJE	\$ 290.00	3	\$ 870.00
19. ROLDANA	\$ 2.00	3	\$ 6.00
20. APOYO DEL CILINDRO GUIA	\$ 65.00	3	\$ 195.00
21. PLACA TRIPIE	\$ 46.00	3	\$ 138.00
22. RESORTES	\$ 35.00	3	\$ 105.00
23. PISTON Y TUBO GUIA	\$ 376.00	3	\$ 1 128.00
24. CONTACTO DESLIZANTE	\$ 1 685.00	3	\$ 5 055.00

DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	NUM. DE PIEZAS	COSTO
25. CONTACTO DESLIZANTE	\$1 685.00	3	\$ 5 055.00
26. CILINDRO GUIA	\$ 85.00	3	\$ 249.00
27. APOYO	\$2 235.00	3	\$ 6 705.00
28. CONTACTO DE RODILLOS	\$ 96.00	9	\$ 864.00
29. TOPE	\$ 165.00	1	\$ 165.00
30. MANIVELA ROMBOIDAL	\$1 168.00	1	\$ 1 168.00
31. MANIVELA TRIANGULAR	\$ 987 00	1	\$ 987.00
32. MANIVELA DE MANDO	\$1 356.00	1	\$ 1 356.00
33. PALANCA DE MANDO	\$ 800.00	1	\$ 800.00
34. SOPORTE DE MANDO	\$ 96.00	2	\$ 192.00
35. LEVA	\$1 287.00	1	\$ 1 287.00
36. EJE	\$ 193.00	1	\$ 193.00
37. BRAZO DE PALANCA	\$1 345.00	1	\$ 1 345.00
38. PALANCA	\$ 748.00	1	\$ 748.00
39. BRAZO DE PALANCA	\$ 687.00	1	\$ 687.00
40. ARMAZON O CHASIS	\$1 965.00	1	\$ 1 965.00
41. FUSIBLE	\$7 835.00	3	\$23 505.00
42. TERMINAL PRINCIPAL	\$ 800.00	3	\$ 2 400.00
43. PLACA	\$ 113.00	3	\$ 339.00
44. PALANCA	\$ 237.00	1	\$ 237.00
45. VARILLA	\$ 198.00	1	\$ 198.00
46. PALANCA	\$ 208.00	1	\$ 208.00
47. RELEVADOR	\$8 456.00	1	\$ 8 456.00
48. PALANCA	\$ 65.00	1	\$ 65.00
49. MANIVELA	\$1 435.00	1	\$ 1 435.00

DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	NUM. DE PIEZAS	COSTO
50. PALANCAS	\$ 273.00	1	\$ 273.00
51. LEVA	\$1 385.00	1	\$1 385.00
52. FIJADOR DE RESORTE	\$1 473.00	1	\$1 473.00
53. RESORTE	\$3 100.00	1	\$3 100.00
54. MANIVELA	\$1 320.00	1	\$1 320.00
55. MANIVELA	\$1 650.00	1	\$1 650.00
56. FLECHA SUPERIOR	\$1 200.00	1	\$1 200.00
57. PALANCA	\$ 460.00	1	\$ 460.00
58. PALANCA	\$ 230.00	1	\$ 230.00
59. PALANCA	\$ 525.00	1	\$ 525.00
60. VARILLA TOPE	\$ 198.00	1	\$ 198.00
61. TOPE	\$ 225.00	1	\$ 225.00
62. SOPORTE DE FUSIBLE	\$ 656.00	3	\$1 968.00
63. SOPORTE DE FUSIBLE	\$ 415.00	6	\$2 490.00
64. MANIVELA DE MANDO	\$1 650.00	1	\$1 650.00
	COSTO TOTAL		\$132 367.00

Todos los materiales empleados en las diversas partes -- del interruptor de aire, son de producción nacional, los aditamentos como fusibles y aisladores son fabricados por varias compañías dedicadas a la industria eléctrica en el país.

C O N C L U S I O N

Ahora que la política del país se ha propuesto disminuir paulatinamente las importaciones de aparatos, máquinas-herramientas, etc. y toda la tecnología extranjera que se ha utilizado en la industria, es de gran importancia para nosotros -- los mexicanos, crear nuestra propia tecnología.

Por este motivo, se ha elaborado el proyecto para la fabricación en el país de interruptores de corriente en aire, -- que como se ha comprobado a lo largo de este estudio, los materiales usados en las piezas que integran este aparato, son 100% nacionales, y los procesos realizados no requieren de máquinas-herramientas complejas y de gran capacidad, debido a -- las operaciones sencillas que se realizan.

Este aparato juega un papel muy importante en la protección de sistemas eléctricos y son usados en las industrias, -- hospitales, universidades, grandes edificios, etc. y en toda clase de distribución de energía eléctrica.

Actualmente existe en el país una compañía que vende este interruptor de aire con un 30% de integración nacional, -- siendo insuficiente su producción para abastecer la gran demanda que se tiene, por lo tanto su fabricación es recomendable por el gran mercado que existe.

B I B L I O G R A F I A

1. MAQUINAS - HERRAMIENTAS MODERNAS
TOMO I y II
MARIO ROSSI
EDIT. DOSSART, S.A.
2. PROCESOS DE FABRICACION
MIRON L. BEGEMAN
EDIT. C.E.C.S.A.
3. MANUAL PRACTICO DE TRABAJOS DE TALLER
EMILIO BLANCO
EDIT. C.E.C.S.A.
4. MATERIALES ELECTRICOS
BARCELONA
EDIT. AFHA
5. MANUAL DEL TECNICO MATRICERO
JUAN J. MALUQUER
EDITOR JOSE MONTESCO
6. FUNDAMENTOS DE CORTE DE METALES Y DE LAS
MAQUINAS HERRAMIENTAS.
GEOFFREY BOOTHROYO
EDIT. MCGRAW-HILL
7. TECNOLOGIA DEL AJUSTADOR-1
TRABAJO DE BANCO
CARLOS VELA CUAUTLE
EDIT. C.E.C.S.A.

8. INTRODUCCION A LA INGENIERIA INDUSTRIAL
RICHARD C. VAUGHN
EDIT. REVERTE
9. NORMAS CONNIE 5.6-2 ENERO 1978
CARACTERISTICAS NOMINALES DE INTERRUPTORES
DE ALTA TENSION PARA CORRIENTE ALTERNA
10. FOLLETOS DE ENERGOMEX, S.A.
11. INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES
PEDRO CAMARENA M.
ESCUELA MEXICANA DE ELECTRICIDAD.