Universidad Nacional Autónoma de México

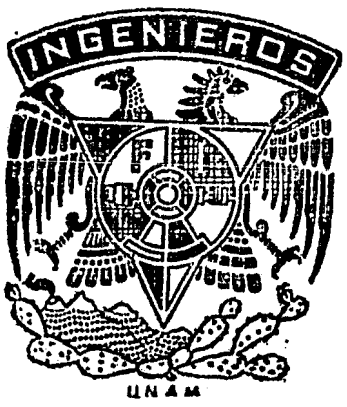
Facultad de Ingeniería

Proceso de Fabricación de un Motor de Corriente Contínua para Tracción Eléctrica, Empleado en el Metro de la Ciudad de México.

T E S I S

Que para obtener el título de:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P r e s e n t a n :

José Alberto Cañarte Castillo
Ernesto Echavarría Luna
Héctor Martínez Fuentes
Florencio Quintero López
Mario Alberto Ramos González



México, D. F. 1983

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

C O N T E N I D O

página

SUMARIO Y CONCLUSIONES. I

CAPITULO I.
LA MAQUINA DE CORRIENTE CONTINUA.

- La máquina de corriente continua y sus principales elementos. 2
- Circuito magnético. 17
- Reacción de inducido. 35
- Devanados. 47
- Conmutación. 56
- Pérdidas de la energía y rendimiento de la máquina de C.C. 64
- Material aislante e incrementos de temperatura en un motor de tracción. 75

CAPITULO II.
METODO PARA LA DETERMINACION DE LOS MOTORES DE TRACCION.

I. Generalidades. 79
II. Metodología. 80
- Especificaciones y requerimientos operativos. 81
- Suposición del régimen de los motores de tracción. 82
- Suposición del diseño del motor de tracción. 87
- Cálculo de las características del motor de tracción. 90
- Cálculo del desempeño del vehículo. 91
- Evaluación de resultados. 93

III. Aplicación de la metodología al caso particular del material NM 79. 94
IV. Recomendaciones generales para diversos parámetros de los motores de tracción. 122

CAPITULO III.
PROCESO DE FABRICACION DE UN MOTOR DE TRACCION.

I. Carcasa o Estator. 130
1. Formación de la carcasa. 130

página

2. Núcleo del polo principal. 149
3. Núcleo del polo de conmutación. 155
4. Bobina de campo serie. 161
5. Bobina de campo AVF. 168
6. Bobina de campo de conmutación. 173
7. Aislamiento de bobinas. 179
8. Ensamble de bobina principal - polo principal. 198
9. Ensamble de bobina de conmutación - polo de conmutación. 200
10. Encintado de barra de conexión. 203
11. Ensamble de polos a la carcasa. 213
12. Soldado interno de terminales. 217
13. Pruebas de polaridad y dimensionales. 217
14. Corte de terminales exteriores. 218
15. Soldado de trenzas. 219
16. Aplicación de silicón en orificios de terminales. 220
17. Presecado. 220
18. Impregnado. 220
19. Curado dinámico. 222
20. Pintura. 223
21. Fabricación y ensamble de portaescobillas. 224
22. Pruebas dieléctricas a la carcasa. 231

II. Armadura

1. Bobina de armadura. 234
2. Formación de la bobina cruzada (equipotencial). 242
3. Impregnación de bobinas antes del ensamble. 246
4. Flecha. 247
5. Conmutador. 248
6. Núcleo de armadura. 251
7. Devanado de armadura. 261
8. Impregnación y curado. 282
9. Retiro del cinchado temporal. 286
10. Colocación del cinchado definitivo. 286
11. Primer maquinado del conmutador. 291
12. Pintura. 292
13. Limpieza después de pintura. 292

página

14. Balanceo de armadura. 293
15. Seasoning (sasonado). 297
16. Segundo maquinado del conmutador. 299
17. Achaflanado de delgas. 300
18. Ventilador. 301
19. Inspección final. 303

III. Caja de rodamientos, rodamientos y su colocación.

A). Caja de rodamientos o portacojinetes. 306
B). Rodamientos. 307
C). Colocación de rodamientos. 307

IV. Ensamble final.

1. Ensamble carcasa-armadura. 311
2. Pruebas e inspección. 313
3. Pintura final. 315
4. Ensamble de accesorios. 315
5. Empaque. 316

CAPITULO IV.
PRUEBAS DEL MOTOR DE TRACCION.

- Definiciones. 318
- Tabla de pruebas del motor de tracción. 323
- Prueba de funcionamiento 324
- Prueba dieléctrica. 325
  1. Medición de la resistencia de aislamiento. 325
  2. Prueba de alto voltaje. 326
- Medición de la resistencia en frío de los devanados. 329
- Curva de saturación (Curva de Magnetización.) 331
- Prueba de calentamiento. 336
- Prueba de conmutación. 341
- Prueba de característica de velocidad. 343
- Prueba de sobrevelocidad. 345
- Prueba de corte y restablecimiento de la alimentación. 347
- Prueba de arranque. 352
- Prueba para la determinación de las curvas características. 354
- Prueba de impedancia. 364
- Prueba de vibración. 366

página

- Prueba de impacto. 369
- Prueba de flujo de aire. 371
- Prueba de nivel de ruido. 377
- Prueba de inspección dimensional. 379

LIBROS CONSULTADOS. IV

SUMARIO Y CONCLUSIONES.

Es conocido desde hace mucho tiempo, que el motor de corriente continua es la mejor forma de fuerza motriz que se conoce para los fines de tracción, a pesar del inevitable mantenimiento de rutina del conmutador y el cambio de un gran número de escobillas, con más o menos frecuentes intervalos.

Debido a que éstos brindan mejores ventajas, se colocan a la vanguardia en su utilización dentro de los sistemas de transporte público de hoy día.

Al inicio de la década de los setenta, se comenzó en México la utilización de este tipo de sistemas de transporte eléctrico, aplicados a grandes multitudes de usuarios, cuyas cualidades y bondades se han venido observando cada día.

Así mismo, los Ferrocarriles Nacionales de México cuentan actualmente con locomotoras diesel-eléctricas, y en un futuro no muy lejano, deberán contar con un sistema electrificado.

Así pués, podemos nosotros apreciar la gran importancia que tienen actualmente los sistemas de transporte eléctrico, y que en años venideros será más aún debido al costo y disponibilidad de los energéticos derivados del petróleo, a los altos índices de contaminación que éstos producen, etc.

Las características anteriores son las que motivaron la realización del presente trabajo, el cual pretende ser un documento didáctico para la determinación de las características principales y consulta para conocer los datos más interesantes de un motor de tracción, así como de servir de guía para conocer la forma como son fabricados actualmente este tipo de motores, y con ésto, iniciar en México su fabricación.

El trabajo se desarrolla en forma teórico-práctica. Teórica, debido a que se presentan en el capítulo I , en la forma más breve posible un esbozo del principio de funcionamiento de los motores de corriente continua, las partes que los constituyen, así como los principales fenómenos físicos que se observan en este tipo de máquinas eléctricas, con el propósito fundamental de introducir a los lectores de este trabajo en la teoría de éstas,-

no dudando se tengan los conocimientos necesarios para su comprensión.

Práctica, debido a que el material presentado en capítulos III y IV, se obtuvo por el análisis y observación directa del proceso de fabricación, así como las pruebas a las que es sometido el motor de tracción, dicho material se clasifica en la manera más clara y accesible, siguiendo la secuencia del proceso de fabricación, tratando de brindar la mayor información posible.

Además, se presenta una parte un tanto cuanto novedosa en México, debido a la gran escasez de bibliografía, referente a una determinación de las características principales de un motor de tracción, lo anterior, se encuentra comprendido dentro del capítulo II , y es desarrollado de acuerdo a un diagrama de flujo, el cual es ampliamente utilizado por los fabricantes de motores de tracción.

El lector después de haber leído este modesto trabajo, estará de acuerdo en que:

- Debido a sus características, este tipo de motor debe ser ampliamente conocido y estudiado por los especialistas del área del transporte.
- La necesidad que existe en México de la fabricación a gran escala de este tipo de motor eléctrico, ya que en la república mexicana existen actualmente ciudades, que debido su gran desarrollo económico y demográfico, tienen la imperativa necesidad de desarrollar la infraestructura necesaria para tener en éllas un sistema de transporte eléctrico.
- La carencia en México de plantas especializadas en la construcción de este tipo de motores eléctricos.
- Este documento servirá de ayuda para iniciar en el país la fabricación a gran escala de estos motores, debido a que las personas que se encuentren interesadas, pueden tener un fácil acceso a esta información.
- Existe una gran preocupación por parte de un gran sector de profesionales, en que la tecnología que a tan altos precios se compra en el extranjero, sea difundida ampliamente en nuestro país, y que principalmente sea asimilada por los técnicos mexicanos; el presente trabajo, pretende cubrir en parte esta inquietud.

- La fabricación de estos equípos en el país, trae consigo, la capacitación del obrero nacional, la creación de empleos y en general el bienestar social, tanto de los fabricantes, como de los explotantes y usuarios.

- Tiene una gran importancia para el Sistema de Transporte Colectivo de la ciudad de México, debido a que de éste, se podrá sacar utilidad en los siguientes aspectos:

  + Capacitación del personal.
  + Mantenimiento adecuado de los motores de tracción.
  + Posibilidad de implementación de una área del taller de mantenimiento - mayor, especializada en la reparación de los motores de tracción, trabajo que actualmente desarrollan algunas compañías particulares.

- Además, lo expuesto en el presente trabajo, no solo es aplicable a los motores de tracción, sino que, haciendo las adecuaciones correctas, es posible generalizar muchos conceptos a las máquinas eléctricas rotativas de - corriente contínua, que se usan en el S.T.C.

- Los integrantes de este equípo de trabajo, sentimos la imperiosa necesi-- dad de agradecer profundamente al Sistema de Transporte Colectivo de la - ciudad de México, por todas las facilidades otorgadas para el acceso a -- instalaciones, equípos e información; sin lo cual, no hubiera sido posi-- ble desarrollar este trabajo.

CAPITULO I

LA MAQUINA DE CORRIENTE CONTINUA

LA MAQUINA DE CORRIENTE CONTINUA Y SUS PRINCIPALES ELEMENTOS

El dominio de la utilización de las máquinas de corriente continua es - muy grande, ya que éstas máquinas son fabricadas para funcionar como gene-- radores y motores de diferentes potencias, tensiones, velocidad de rotación, etc., por lo que en este capítulo examinaremos los principios elementales - de las máquinas, sus principales elementos, así como los fenómenos que se - producen.

Una máquina de corriente continua, con colector es en realidad una má-- quina de corriente alterna, dotada de un dispositivo que permite transfor-- mar la corriente alterna, en corriente continua.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA MAQUINA DE CORRIENTE CONTINUA CON COLECTOR

Para entender en una máquina con colector, el fenómeno de la transfor-- mación de corriente alterna en corriente continua, describiremos el princi- pio de funcionamiento de una máquina de corriente alterna del tipo más sim- ple, funcionando como generador, es decir, que recibe energía mecánica ---- transformándola en eléctrica.

La figura número 1 representa una máquina donde el circuito magnético - se compone de dos polos; el Norte y el Sur, fijos en el espacio producien-- do un campo magnético constante.

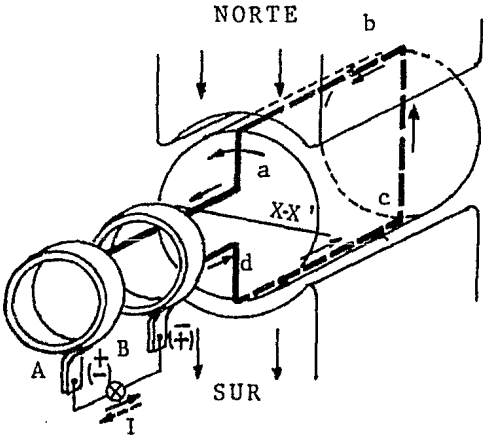


Figura 1

Las líneas de flujo están dirigidas del polo Norte al polo Sur. Dentro del espacio comprendido entre los polos se encuentra un inducido y colocado en éste una espira (el circuito ab-cd), los extremos de la espira están conectados a dos anillos colocados en su eje, los anillos están en contacto con las escobillas A y B y éstas conectadas a un circuito exterior que funciona como receptor de la energía eléctrica. Si el inducido gira a una velocidad constante en un solo sentido, por ejemplo, en el sentido inverso de las manecillas de un reloj, está claro que los conductores ab y cd se encuentran en las mismas condiciones, uno en relación con el polo Norte y otro con el polo Sur, es entonces suficiente examinar el fenómeno de la formación de una fuerza electromotríz (FEM) en un solo conductor, por ejemplo, el conductor ab. Admitamos que es siempre constante en toda la longitud (l) del conductor, la inducción magnética B, si llamamos (v) a la velocidad lineal del conductor, podemos partir de la ley de inducción electromagnética, formulada por Faraday, y expresar que el valor de la FEM inducida está determinada por:

$$FEM = Blv$$

y como los valores l y v son constantes, se puede escribir:

$$FEM \text{ es proporcional a } B$$

De la relación proporcional que guardan la fuerza electromotríz FEM y la inducción magnética B, se desprende que las variaciones de la FEM estarán totalmente determinadas por las variaciones de la inducción magnética bajo los polos, en función del tiempo.

Llamemos línea neutra teórica, a la línea x - x' que pasa por el centro del inducido, justo a la mitad de los polos N y S y paso polar τ a la parte de la circunferencia del inducido, que corresponde a un polo. Así la máquina representada en la figura anterior, es una máquina de dos pasos polares.

La forma de onda de la inducción magnética de los polos de una máquina es como se ilustra en la figura 2. Utilizando el método de desarrollar la curva en una serie de armónicas, para separar la armónica fundamental de --

otras, y despreciando las armónicas de orden superior, se puede considerar- que la inducción magnética es repartida en sus polos Norte y Sur de forma - senoidal, por lo que la FEM inducida en el conductor, varía con el tiempo - en forma senoidal.

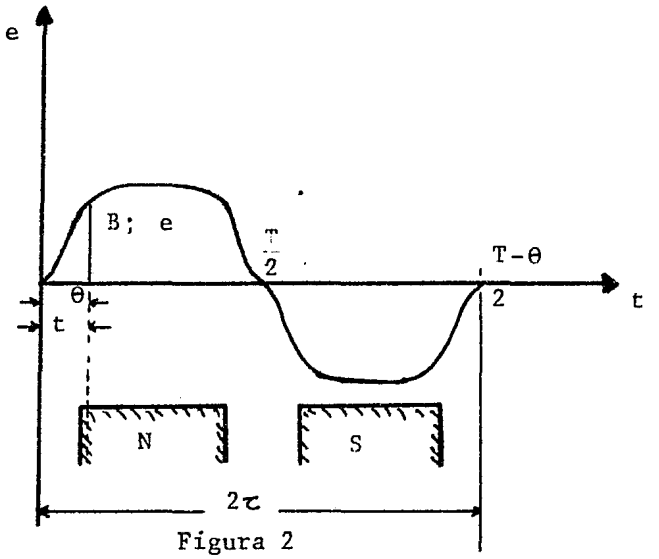


Figura 2

Para obtener el sentido de la FEM inducida se utiliza la regla de la - mano derecha ó la notación vectorial:

$$FEM = l \quad (v \times B)$$

Por lo que a cada cruce del conductor con el eje netro, al invertirse- el componente horizontal de la velocidad del conductor se invertirá el sentido de la FEM inducida.

De esta forma sobre el conductor ab se está induciendo una FEM variable con el tiempo que cambia de sentido, el tiempo T que nos dá una variación completa de la FEM se conoce como período, y el número de períodos por segundo (F), es conocido como frecuencia y está medido en Hertz, en el caso general que una máquina posea "p" pares de polos, la frecuencia de la FEM - inducida en proporcional a "p", entonces:

$$F = pN$$

Donde N es la velocidad de rotación en ciclos por segundo.

Examinando la figura 1, encontramos que cada escobilla está conectada- por el anillo únicamente a un conductor, así la escobilla A, está conectada al conductor ab, y la escobilla B está conectada al conductor cd, resultando en los bornes del circuito receptor una tensión variable con el tiempo,- y una corriente alterna de frecuencia F.

Para poder pasar la corriente, al circuito exterior en un solo sentido, es decir, para rectificarla, la máquina dispone de un dispositivo especial- llamado colector, que se ilustra en la figura 3 y cuyo principio de funcionamiento es el siguiente: Los extremos de la espira ab-cd conectados a dos segmentos llamados delgas del colector, aisladas una de la otra y aisladas- del eje en el que son colocados.

Las delgas entran en contacto con las escobillas fijas A y B que están conectadas al circuito exterior. Para rectificar completamente la corriente alterna, se colocan las escobillas en el eje neutro, como indicamos, de- tal manera que la FEM inducida en la espira es nula en el momento de pasar- la escobilla de una delga a otra cuando el inducido gira.

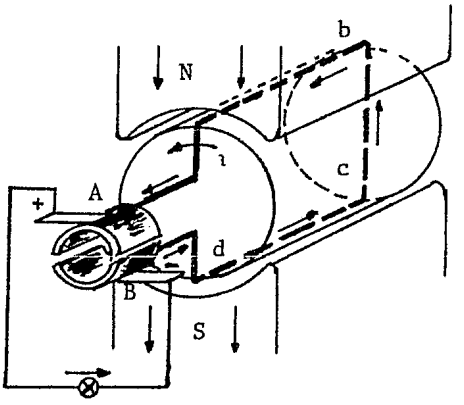


Figura 3

La delga del colector solamente se encuentra relacionada con un polo - de polaridad dada, por ejemplo, la escobilla A siempre está en contacto con la delga A que está unida al conductor cercano al polo norte, así mismo la- escobilla B está en contacto solamente con el conductor que se encuentra -

siempre bajo la influencia del polo sur. Resultando que en el circuito exterior, la corriente circula solamente en un solo sentido. La corriente - que circula en la espira es alterna y es rectificada en corriente continua, por las escobillas, por consiguiente tenemos en la parte externa del circuito únicamente corriente continua, como se ve en la figura 4.

Cuando la máquina funciona como generador la escobilla A en la que circula la corriente que va al circuito exterior, es considerada como la parte positiva (+) y la escobilla B es considerada como la parte negativa (-).

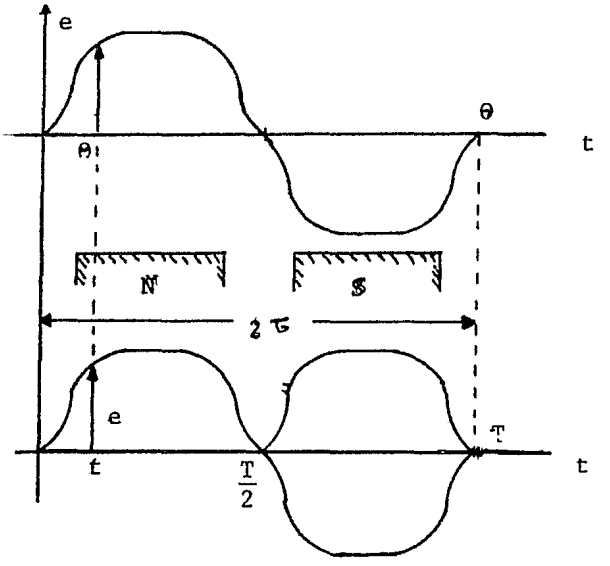


Figura 4.

PRINCIPIO BASICO DE UN MOTOR ELECTRICO

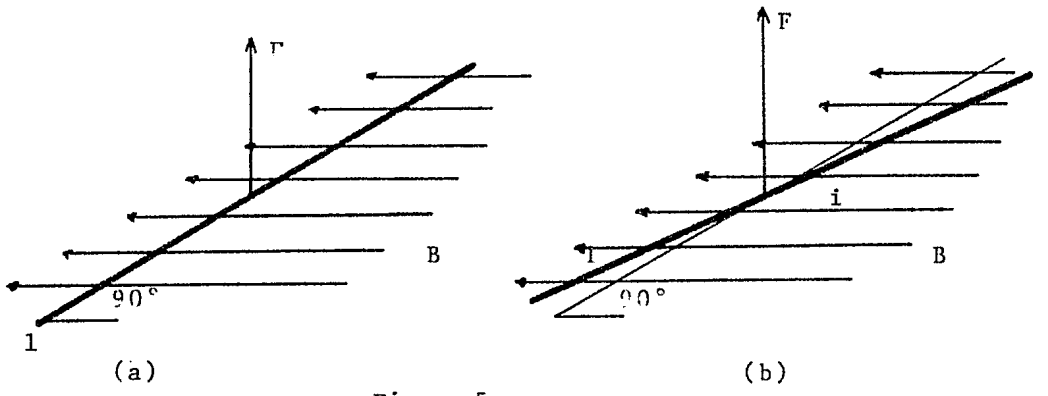


Figura 5
Fuerza debida a la corriente en un campo magnético
(acción motriz)

La figura 5 (a) ilustra el caso especial de un hilo conductor recto, - de longitud l, colocado en un campo magnético distribuido de tal forma que la densidad de flujo B es constante a lo largo del hilo, siendo perpendicular en todo punto a l. Si la corriente en el conductor es i, la fuerza sobre éste será:

$$f = lBi$$

Pero si el ángulo entre el conductor y el sentido de B, es θ figura 5-(b), la fuerza será:

$$f = il \operatorname{sen} \theta B$$

Expresándolo en notación vectorial:

$$f = il \times B$$

Dondeíexpresa la dirección de la corriente y l la longitud del alambre que se encuentra dentro del campo B.

En general es expresado en su forma diferencial:

$$df = i\ (B \times dl)$$

Un motor eléctrico sencillo consta de una espira, como armadura, con libertad de girar en un campo magnético, figura 6.

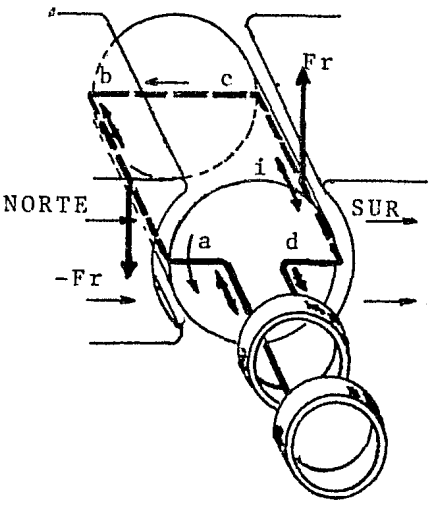


Figura 6

Si el sentido de la corriente en el lado dc, es el mostrado en la figura 6, la fuerza resultante provoca que el lado dc se eleve. A su vez, el sentido de la corriente en el lado ab es tal que se aproxima al punto b, se obtiene una fuerza que la mueve hacia abajo. Como resultado, la espira gira en sentido inverso a las manecillas del reloj, hasta que el lado cd esté arriba y el ab esté abajo.

La inercia de la espira de alambre se hace sobrepasar ligeramente en ésta posición, pero entonces la espira retrocede hacia la vertical, esto debido a que la fuerza resultante F es la misma respectivamente.

Para obtener una rotación continua, la corriente debe invertirse, lo que se consigue utilizando un anillo segmentado, en dos mitades llamado conmutador.

CONCLUSIONES ACERCA DEL MOTOR Y GENERADOR.

Los principios mostrados son los elementales para el funcionamiento de una máquina eléctrica, notándose que:

* Para una máquina eléctrica funcionando como motor, es necesario tener como constante a un campo magnético; un número de conductores de longitud l; una corriente circulando por el circuito formado por los conductores obteniéndose como resultado una fuerza en dichos conductores y por consiguiente, un momento torsionante o par en la flecha.

* Para una máquina funcionando como generador, los parámetros constantes son: Un campo magnético; n conductores de longitud l; suministrar un par a la flecha y por consiguiente una velocidad angular, (por cualquier medio). Obteniéndose como resultado una FEM inducida en los bornes exteriores de la máquina.

COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA MAQUINA DE CORRIENTE CONTINUA.

Una máquina de corriente continua, está compuesta de dos partes principales:

1.- Una parte fija destinada a producir un flujo magnético principal, llamada Estator o Carcasa.

2.- Una parte móvil llamada Inducido o Armadura, que es la parte donde se efectúa la transformación de la energía mecánica a energía eléctrica, como en el caso de un generador, o inversamente, de energía eléctrica a energía mecánica en el caso de un motor.

La parte fija consta de:

a). Polos principales, éstos son destinados a producir el flujo magnético principal.

b). Polos auxiliares, son destinados a eliminar las chispas producidas en las escobillas, y están instalados entre los polos principales.

El inducido es un cuerpo cilíndrico giratorio situado en el interior del Estator, entre los polos y comprende:

a). Una laminación o cuerpo macizo, dentado.

b). Un devanado colocado sobre la laminación o el cuerpo macizo.

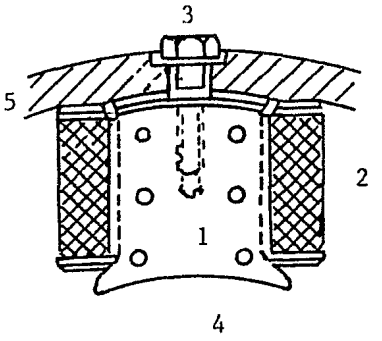
c). Un colector o conmutador.

La máquina también dispone de un porta-escobillas, escobillas, rodamientos y una flecha.

BREVE DESCRIPCION DE LAS PARTES PRINCIPALES.

POLOS PRINCIPALES.

El polo principal se encuentra unido a la carcasa por medio de un perno o tornillo, comprende un núcleo de chapas de acero electromagnético (al-silicio), con terminación en forma de "zapata polar". La zapata polar sirve para facilitar el paso del flujo magnético por el entre-hierro. Colocada sobre el núcleo del polo, se encuentra devanada una bobina de exitación, para que pase en ella una corriente continua, produciendo así el flujo magnético principal. Figura 7.



1.- Núcleo Polar
2.- Bobina del Polo Principal
3.- Tornillo de sujeción
4.- Chapas de acero
5.- Carcasa.

Figura 7.- Polo Principal

POLOS AUXILIARES.

Los polos auxiliares, como los polos principales están formados por un núcleo de chapas de acero electromagnético (al silicio), acabado o no en forma de zapata polar, con una bobina devanada en él. Los polos auxiliares están colocados exactamente a la mitad de la distancia que separa a los polos principales y están fijados a la carcasa por medio de pernos o tornillos. También pueden ser fabricados de hierro macizo. Figura 8.

CARCASA.

Es la parte de la máquina donde se encuentran fijos los polos principales y auxiliares, está fundida de una sola pieza o bien de acero laminado o chapas apiladas, su espesor va de acuerdo a la potencia de la máquina. Para máquinas de gran potencia, se rolará, partiendo de acero laminado plano, soldándose después, la sección de dicha carcasa suele ser rectángular o redonda. Figura 9.

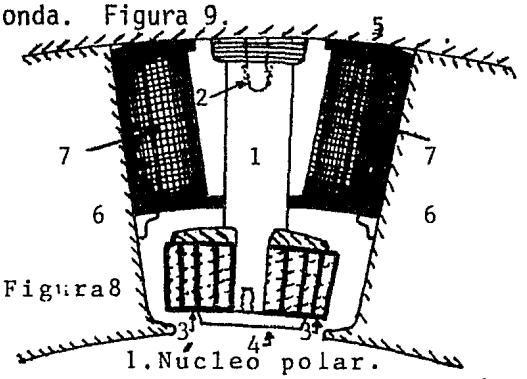


Figura 8

1. Núcleo polar.
2. Tornillo de sujeción.
3. Bobina de polo auxiliar.
4. Chapas de acero.
5. Carcasa.
6. Polo principal.
7. Bobina del polo principal.

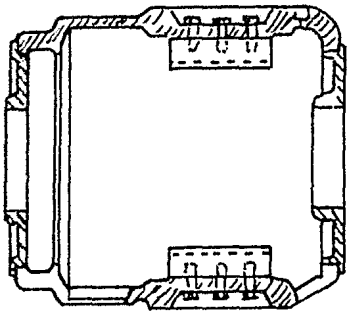


Figura 9.- Sección de carcasa.

ARMADURA O INDUCIDO.

Es la parte móvil de la máquina y consta de: un núcleo de hierro magnético y el devanado del inducido.

El núcleo magnético del inducido está constituido por chapas magnéticas superpuestas y aisladas entre sí, para reducir las pérdidas por corrientes parásitas. Fotografía 1.

La fijación de las chapas puede hacerse por medio de bridas o platillos compresores laterales o pernos, que las atraviezan, éstos deben ir aislados del paquete de chapas.

Para reducir el calentamiento, las máquinas de corriente continua de baja potencia tienen generalmente un sistema de ventilación axial; las -

de mediana potencia un sistema de ventilación radial y las de gran potencia un ventilador montado en su flecha.

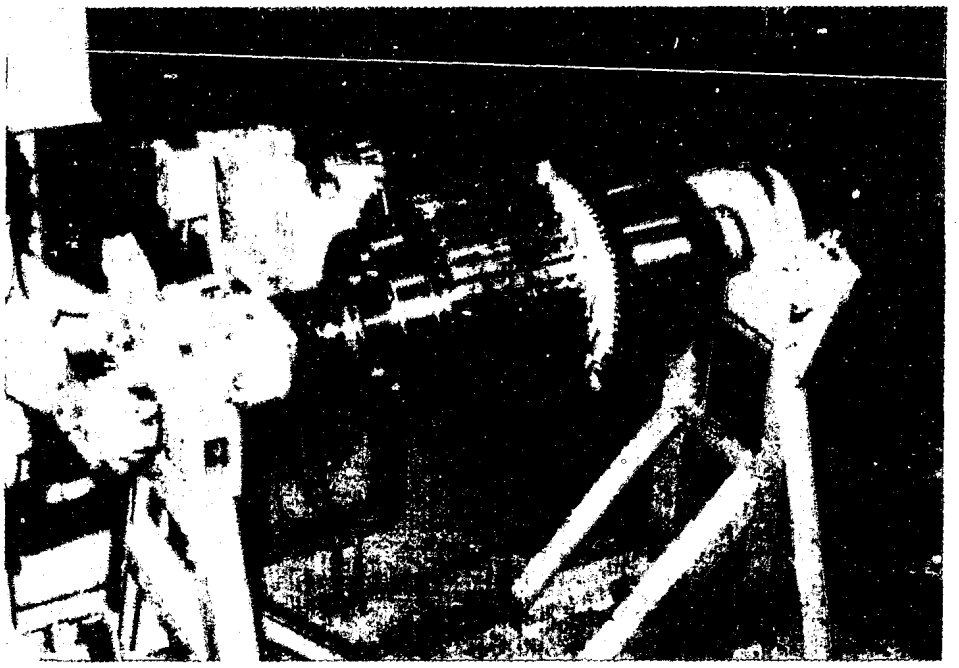
DEVANADO.

Los devanados para máquinas de pequeña potencia están constituidos por bobinas de una, dos o más espiras de cobre de sección circular que se encintan e impregnan de barníz. Para las de gran potencia están constituidos por bobinas de una sola pieza de conductor de gran sección y se denominan devanados de barras. Los conductores que forman las bobinas se alojan en las ranuras del inducido, aisladas entre sí y respecto al inducido. Fotografía 2.

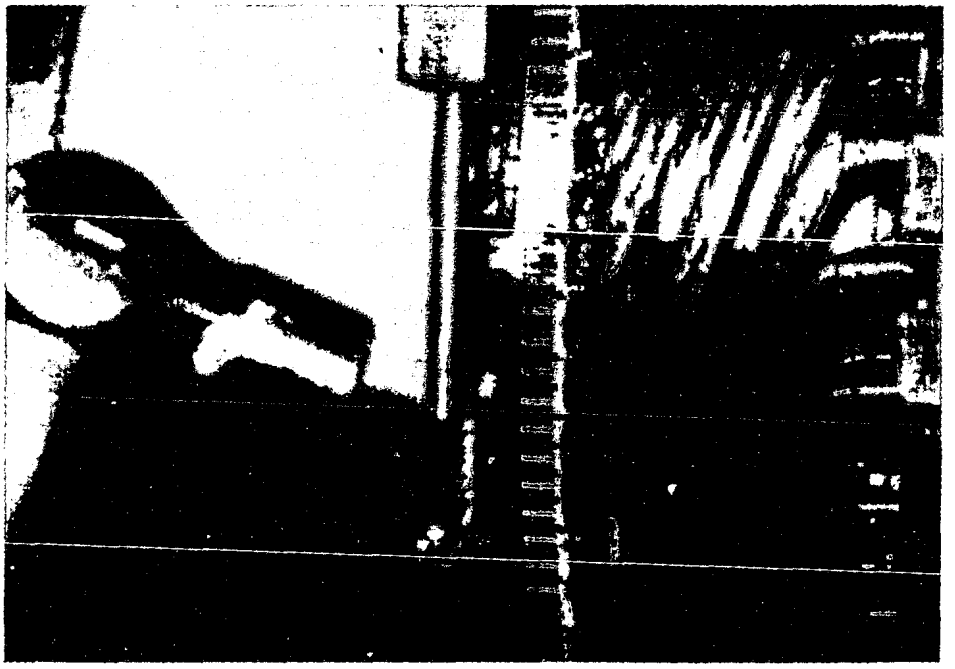
COLECTOR.

El devanado del inducido está conectado a un colector y éste depende sobre todo de la potencia de la máquina y de su velocidad de rotación; el colector está constituido por cierto número de delgas e igual número de micas aislantes. En cada delga se conecta el final de una bobina del inducido y el principio de otra, por lo que en un colector hay tantas delgas como bobinas. Las delgas son barras de cobre electrolito de sección transversal en forma de cuña, la mayor de las dos anchuras, corresponde a la superficie del colector, que es rigurosamente cilíndrica.

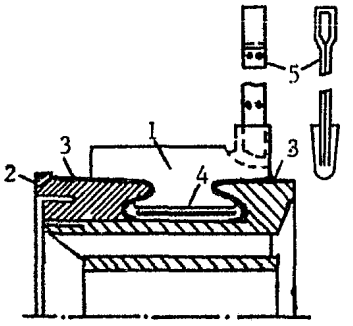
Las láminas de mica interpuestas entre delgas, sirven para impedir uncontacto eléctrico entre éllas. El devanado del inducido puede conectarseal colector de diferentes formas, si la diferencia entre el diámetro del inducido y el del colector no es grande, los extremos del devanado del inducido pueden soldarse directamente a las delgas del colector, por el contrario, existe gran diferencia, la conexión se hace por medio de un colector con bandera, siendo ésta una prolongación del colector. Figura 10.



FOTOGRAFIA 1
NUCLEO DE HIERRO MAGNETICO Y
COLECTOR



FOTOGRAFIA 2
DETALLE DEL DEVANADO DEL INDUCIDO



1.- Delga
2.- Conos de Apriete
3.- Aislante
4.- Placa aislante
5.- Bandera.

Figura 10.- Corte de un colector.

ESCOBILLAS.

Para obtener la corriente del colector o para conducirla hacia él, se utiliza un dispositivo especial que comprende:

1.- Escobillas.
2.- Porta-escobillas.
3.- Mecanismo de sujeción al porta-escobillas.
4.- Corona.
5.- Barras colectoras.

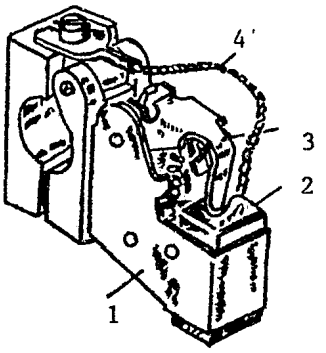
Las máquinas modernas utilizan exclusivamente escobillas de grafito o de carbón (esto en máquinas de baja tensión). Las escobillas se introducen en los portaescobillas, presionadas por un resorte contra la superficie del colector.

El portaescobillas es mantenido en una posición radial determinada para que siempre se encuentre conectado al colector, por medio de la escobilla.

La corriente pasa por la escobilla al borde del portaescobilla por un cable flexible

La corona es un dispositivo que se puede girar alrededor del eje de la máquina, para localizar el eje neutro y dispone de tantas portaescobillas como requiera la máquina.

Las barras colectoras, son dispositivos que interconectan portaescobillas de la misma polaridad. Figura 11.



PORTA ESCOBILLA

1.- Guía
2.- Escobilla
3.- Resorte
4.- Cable trenzado (flexible)

Figura 11.- Porta-escobilla.

FLECHA.

Es una pieza longitudinal con diferentes diámetros que sirven para evitar el movimiento de los elementos montados en élla. Estos elementos son:

1.- Tuerca de ajuste del cojinete del lado colector.
2.- Cojinete del lado colector.
3.- Colector.
4.- Inducido.
5.- Ventilador.
6.- Cojinete del lado de accionamiento.
7.- Tuerca de ajuste del cojinete.
8.- Extremo de la flecha para accionamiento.

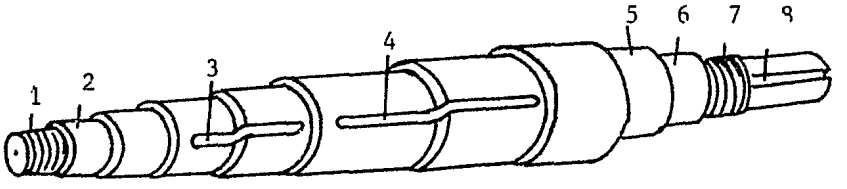


Figura 12.- Flecha.

CIRCUITO MAGNETICO.

Se expondrán las diferentes formas de determinar la fuerza magnetomotríz de los polos principales, necesaria para la creación del flujo magnético principal.

El flujo magnético principal de una máquina de corriente continua, es el flujo Ø producido en el entrehierro (δ) sobre una sección de área correspondiente a un paso polar (τ). Con base en una máquina tetrapolar el análisis se efectuará considerando:

A).- Fuerza magnetomotríz total de la máquina.

B).- Métodos y relaciones para obtener: flujo, inducción magnética, campo magnético, fuerza magnetomotríz en:

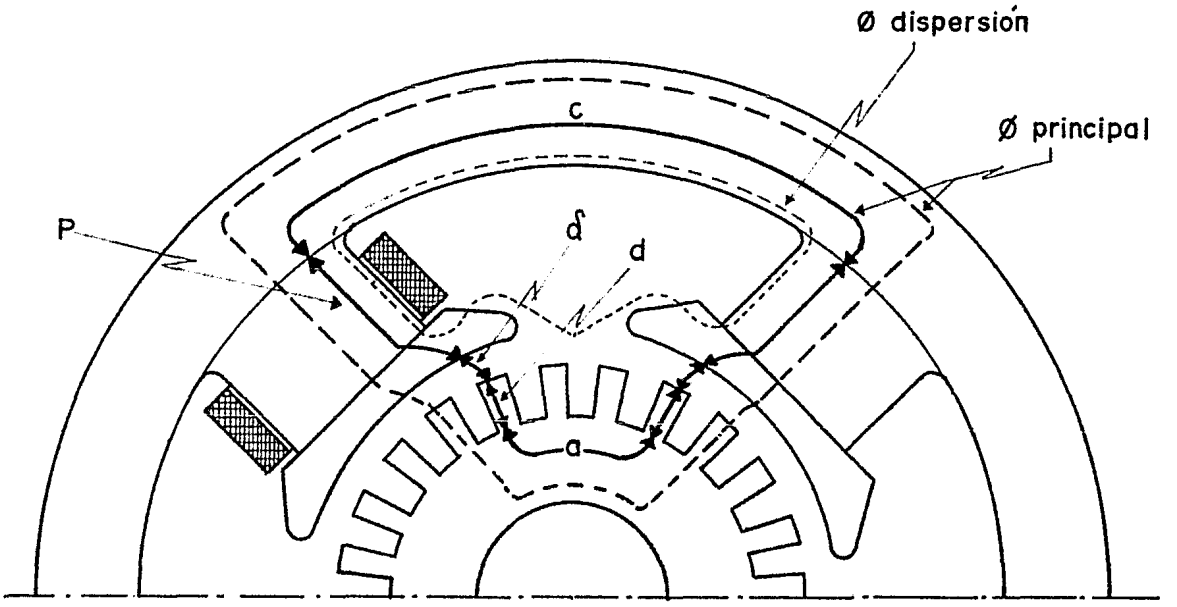
a). Entrehierro de inducido liso y dentado (δ).

b). Zona de dientes (d).

c). Dorso de armadura (a).

d). Polos y carcasa (p, c).

Figura 13: Circuito magnético de polos principales de una máquina de C.C.



Debido a la simetría de la máquina, el flujo creado por el polo, es dividido con relación a la línea axial del polo en dos partes, formando dos - circuitos simétricos, por lo tanto el cálculo de la fuerza magnetomotríz es suficiente con un solo circuito, observando la figura 13 deducimos que el -- flujo principal (línea continua), creado por los polos cruza secciones de: - carcasa, entrehierro, dientes de armadura, armadura.

La otra parte del flujo (flujo de dispersión) se deriva del espacio entre polos sin pasar por la armadura por lo tanto no participa en la creación de la fuerza eléctromotríz (FEM). Este flujo es representado en la figura - 13 con línea punteada.

FLUJO	Nomenclatura. INDUCCION	Area de la Sección	Int.de Campo	Longitud de la trayectoria	Fuerza Magneto motríz
Entrehierro $\phi\ \delta$	Bδ	Sδ	Hδ	2δ	Fδ
Muesca en dien. ϕd	Bd	Sd	Hd	2Hd	Fd
Dorso de armadura $\phi a=\phi/2$	Ba	Sa	Ha	La	Fa
Núcleo del polo , con pieza polar. $\phi p=K_o\phi$	Bp	Sp	Hp	2Hp	Fp
Carcasa. $\phi c=\phi/2$	Bc	Sc	Hc	Lc	Fc

Nomenclatura utilizada en las diferentes partes de la máquina.

A). FUERZA MAGNETOMOTRIZ TOTAL DE LA MAQUINA.

Partimos de la fórmula general del circuito magnético,

$$\phi = FMM/R$$

Donde: FMM = NI (Fuerza Magnetomotríz)

R = reluctancia

N = Número de vueltas del devanado de exitación.

I = Corriente de exitación.

$$R = \frac{Lm}{S\mu_o}$$

Donde: Lm = longitud de la trayectoria magnética.

Debido a la simetría de la máquina, el flujo creado por el polo, es dividido con relación a la línea axial del polo en dos partes, formando dos - circuitos simétricos, por lo tanto el cálculo de la fuerza magnetomotríz es suficiente con un solo circuito, observando la figura 13 deducimos que el -- flujo principal (línea continua), creado por los polos cruza secciones de: - carcasa, entrehierro, dientes de armadura, armadura.

La otra parte del flujo (flujo de dispersión) se deriva del espacio entre polos sin pasar por la armadura por lo tanto no participa en la creación de la fuerza eléctromotríz (FEM). Este flujo es representado en la figura - 13 con línea punteada.

FLUJO	Nomenclatura. INDUCCION	Area de la Sección	Int.de Campo	Longitud de la trayectoria	Fuerza Magneto motríz
Entrehierro $\emptyset\,\delta$	Bδ	Sδ	Hδ	2δ	Fδ
Muesca en dien. $\emptyset$d	Bd	Sd	Hd	2Hd	Fd
Dorso de armadura $\emptyset a = \emptyset/2$	Ba	Sa	Ha	La	Fa
Núcleo del polo , con pieza polar. $\emptyset p = Ko\emptyset$	Bp	Sp	Hp	2Hp	Fp
Carcasa. $\emptyset c = \emptyset/2$	Bc	Sc	Hc	Lc	Fc

Nomenclatura utilizada en las diferentes partes de la máquina.

A). FUERZA MAGNETOMOTRIZ TOTAL DE LA MAQUINA.

Partimos de la fórmula general del circuito magnético,

$$\emptyset = FMM/R$$

Donde: FMM = NI (Fuerza Magnetomotríz)

R = reluctancia

N = Número de vueltas del devanado de exitación.

I = Corriente de exitación.

$$R = \frac{Lm}{S\mu o}$$

Donde: Lm = longitud de la trayectoria magnética.

S = Area de la sección transversal.

μo = permeabilidad del medio.

Al circular una corriente (I) por el devanado de excitación se creará un flujo magnético ($\emptyset$), dando origen a una densidad de flujo (B) y a un campo magnético (H) siendo expresados por:

$$B = \emptyset / S \quad = \mu H$$

Con base en lo anterior concluimos que la FMM total (FMM_T) se define como:

$$FMM_T = F_\delta + Fd + Fa + Fp + Fc$$
$$= 2H_\delta + 2H_d\, d + H_a\, a + 2H_p\, p + H_c\, c$$
$$= \frac{2B_\delta}{\mu_\delta} \cdot \delta + \frac{2B_d}{\mu d} \cdot d + \frac{Ba}{\mu a} \cdot a + \frac{2B_p}{\mu p} \cdot p + \frac{B_c}{\mu c} \cdot c$$

Nota: En los componentes de la máquina de corriente continua, es necesario conocer el material magnético ya que la permeabilidad depende de la densidad de flujo magnético:

$$\mu = f\,(B).$$

B). METODOS Y RELACIONES PARA OBTENER: FLUJO ($\emptyset$); INDUCCION MAGNETICA (B) Y FUERZA MAGNETOMOTRIZ (FMM) EN:

a). Entrehierro de inducido liso y dentado (δ)
b). Zona de dientes (d)
c). Dorso de armadura (a)
d). Polos y carcasa (p,c)

a). Entrehierro de un inducido liso y dentado.

En la máquina, el entrehierro es la principal resistencia oponente al flujo magnético, representando el 60% de la FMM total, por lo tanto el cálculo de la reluctancia condiciona la presición para determinar el flujo total del circuito magnético.

En el análisis posterior se empleará el flujo total como:

la suma del flujo principal + flujo dispersión.

Para la determinación de la FMM en el entrehierro se utiliza el método gráfico llamado tubos unitarios.

Justificación del método.

Debemos conocer que para determinar la curva de magnetización de una máquina, la distribución del campo magnético en todo el circuito incluyendo las trayectorias del flujo de dispersión y el útil.

En algunos casos las formas geométricas de éstas son sencillas para realizar un análisis matemático riguroso.

Generalmente se complica cuando el análisis se efectúa considerando ranuras en el inducido al agregarse la reluctancia del entrehierro, por tal motivo empleamos el método gráfico de tubos unitarios.

Método de tubos unitarios.

Trazando las líneas de inducción con exactitud podremos definir los tubos de inducción, en cada uno el flujo es constante de un extremo a otro de tal forma que al dividir la Fmm sobre la reluctancia que actúa por tubo es la misma:

$$Fmm/R = \emptyset$$

Para el análisis debe de construirse el mapa de flujo o sea la repartición para poder calcular la reluctancia de dichos tubos, a pesar de que sus secciones transversales varíen de un punto a otro a causa de la curvatura.

Se dan a continuación los principios básicos que regulan la forma y posición de las líneas de inducción:

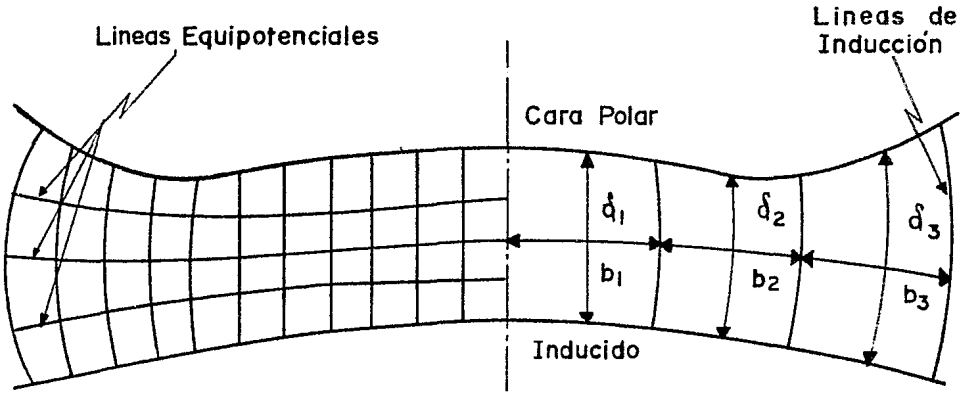
- Las líneas de inducción son líneas cerradas, siendo su número dentro del material magnético igual al de las que existen fuera de su superficie de contorno.

- Las líneas de inducción que entran o salen de una superficie de hierro en contacto con el aire u otro material no magnético, son practicamente perpendiculares a la superficie del contorno (fig. 14).

- Es posible representar los campos magnéticos de las máquinas eléctricas por medio de mapas de flujo, debido a que la distribución de la mayor -

parte del flujo es bidimensional, es decir, la misma en todos los planos perpendiculares al eje del inducido, en las aristas de los núcleos polares, se- tiene una distribución tridimensional en la que el cálculo es difícil, pu- - diendose despreciar.

(Figura:14)



De la figura 14, si se tiene una cara polar y una superficie del inducido, existiendo entre éllas un entrehierro. La excitación del polo - - crea una diferencia de potencial magnético (amperes-vuelta), entre las su-- perficies de hierro (cara polar e inducido), con lo que se establece el flujo del entrehierro, dichas superficies se pueden considerar como SUPERFI- - CIES EQUIPOTENCIALES, es decir, que no existe diferencia de potencial entre puntos situados sobre la misma.

Si nos movemos sobre las líneas de inducción perpendiculares a las caras polares y a la superficie del inducido, y trasladandose de una a otra - superficie equipotencial, apreciamos que existirá una distancia tal sobre - cada una de las líneas de inducción en la cual tendrán la misma diferencia- de potencial magnético, pudiéndose trazar otra superficie equipotencial en el entrehierro, y dividiendose éstas en partes iguales, como se aprecia en- la parte izquierda de la fig. 14, formando una familia de curvas ortogona-- les que en general dividen la región que se está considerando (entrehierro) en rectángulos curvilineos, constituyendo éstas los tubos de inducción, que- dando en cualquiera de éllos determinando el flujo por unidad de longitud -

paralelo al eje como:

$$\phi = \frac{FMM}{\mathcal{R}} = FMM \times \text{permeancia}$$

Donde: $\text{Permeancia} = \frac{1}{\mathcal{R}}$

$\mathcal{R}$ = Reluctancia $= \frac{1}{\text{Permeancia}}$

$$\therefore \phi = \frac{FMM}{\mathcal{R}} = FMM \times \text{Permeancia} = \frac{NI}{\delta/\mu_0 b} = NI\mu_0 \frac{b}{\delta}$$

Si al efectuar la subdivisión del entrehierro en una malla formada por las intersecciones de las líneas de inducción con las superficies equipotenciales intermedias, haciendo $b = \delta$, se tendrán entonces tubos unitarios y el flujo en el entrehierro quedará determinado, por el producto del flujo de un tubo unitario y los m tubos unitarios de que consta la malla. Entonces:

$$\phi_\delta \text{ (TOTAL)} = m\ NI\mu_0$$

Donde: m = No. de tubos unitarios de la malla

NI = Amperes-vueltas (FMM).

μ_0 = permeabilidad del vacio.

Resumiendo, hasta este punto lo que se ha logrado determinar es el flujo magnético total del entrehierro siendo ahora necesario conocer la densidad de flujo (B), para lograrlo, debemos considerar tres aspectos:

- Corrección de la longitud del arco polar.

El paso polar es:

$$\tau = \pi D / 2p$$

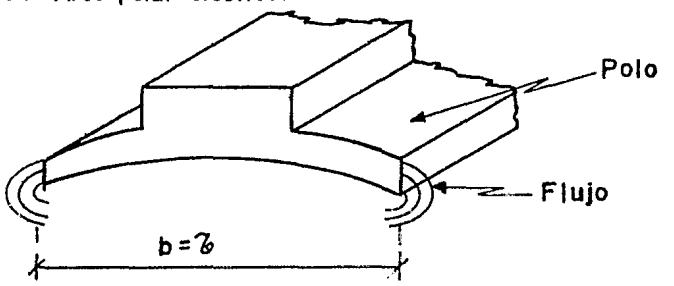
donde: πD = perímetro de armadura.

2p = número de polos.

y por lo tanto:

Arco polar efectivo: $b = \tau = \pi D/2p$.

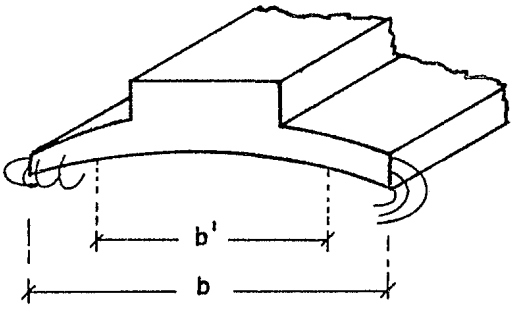
Figura 15.- Arco polar efectivo.



Debiéndose hacer la corrección del arco polar efectivo de la siguiente-manera:

Donde: b = arco polar teórico.

Figura 16.- Corrección del arco polar efectivo.



Y la relación del arco polar teórico y el efectivo lo denominaremos: α'

$$\alpha' = b' / b = b' / \tau$$

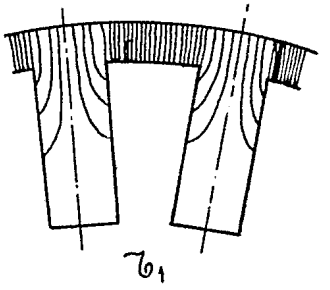
Por lo tanto $\boxed{b' = b\alpha' = \tau\alpha'}$ (Arco polar teórico corregi-- do).

Corrección de la longitud del entrehierro.

Si empleamos una armadura con dientes, nos aumenta la reluctancia del - entrehierro (debido a la reluctancia de las ranuras), lo que origina que la- distribución del flujo en el entrehierro presente las siguientes formas:

τ_1 = paso dental.

Figura 17.- Distribución del flujo en un entrehierro de inducido dentado.



Teniendo como consecuencia un flujo en el entrehierro menor.

Definiéndose por lo tanto una longitud mayor del entrehierro (δ'), que la longitud (δ), siendo directamente proporcionales.

$$\boxed{\delta' = K_\delta \delta}$$ = Longitud corregida del entrehierro.

Donde:

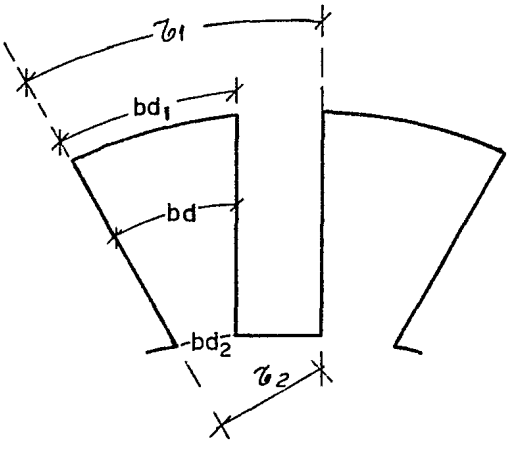
$$K_\delta = \frac{\tau_1 + 10\delta}{b_{d_I} + 10\delta}$$

K_δ = Constante de proporcionalidad (coeficiente de Carter)

τ_1 = paso dental

bd_1 = anchura 1

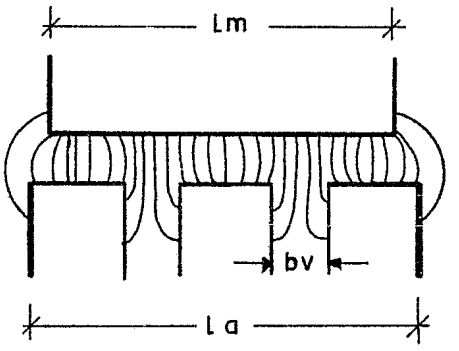
Figura 18. Parámetros de un diente de un inducido dentado.



Longitud corregida del inducido.

Esta es necesaria debido a la existencia de conductos de ventilación en la armadura que dan orígen a una distribución en el entrehierro de la si- -- guiente forma.

Figura 19. Distribución del flujo magnético en el entrehierro, debida a los conductos de ventilación.



Donde:

lm = longitud del polo

la = longitud total del inducido, que es un poco mayor que la - lm (para reducir las pérdidas en el hierro en la caras - - frontales del inducido).

b_v = ancho del canal

n_v = número de canales.

La = longitud del inducido con canales será:

$$l = la - n_v \; b_v$$

Por lo tanto la longitud corregida con canales de ventilación esta dada por:

$$l' = \frac{lm + l}{2}$$

Sabemos que la densidad de flujo del entrehierro (B_δ) esta expresada como:

$$B\delta = \frac{\phi\delta \ (tot)}{S\delta \ (efectiva)}$$

Donde:

S = Sección de entrehierro efectiva.

$\phi\delta$ tot = fue determinada por el método de tubos unitarios.

Para mayor comprensión se dibujan las deformaciones que sufre la densidad de flujo en el entrehierro para los tres aspectos considerados:

Figura 20. Corrección del arco polar.

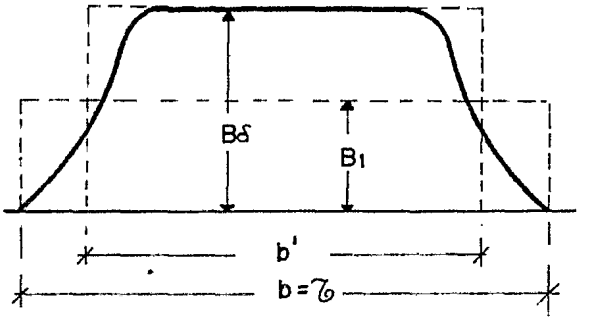


Figura 21. Corrección de la longitud del entrehierro con dientes.

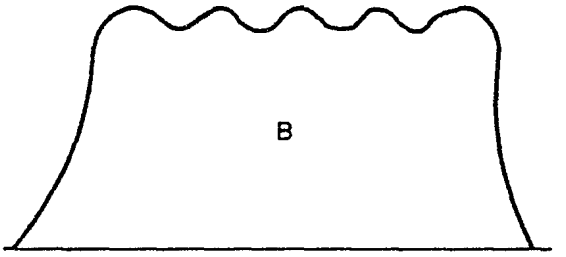
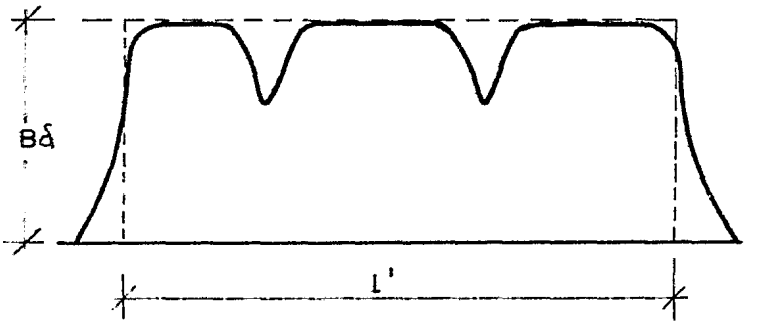


Figura 22. Corrección de la longitud del inducido.



DETERMINACION DE LA FMM DEL ENTREHIERRO EN UN INDUCIDO LISO.
(SIN DIENTES).

Para determinar la fuerza magnétomotriz partimos de:

$$\phi = B\delta \; b'l' = B\delta \; \alpha' l'$$

Despejando la densidad de flujo:

$$B\delta = \frac{\phi}{\alpha' l'}$$

l' = longitud corregida del inducido

α' = relación del arco polar teórico y el efectivo.

Por lo tanto será:

$$F_\delta = \frac{2}{\mu_o} B_\delta \delta$$

FMM del entrehierro de un inducido liso

F.M.M. del entrehierro para un inducido con dientes.

De lo anterior deducimos que la FMM, para un inducido con dientes aplicando el coeficiente de Carter queda determinada por:

$$FMM = \frac{2}{\mu_o} B_\delta K_\delta \delta = \frac{2\delta'}{\mu_o} B_\delta$$

Donde:

$$K_\delta = \frac{b + 10\delta}{b_{di} + 10\delta}$$ (Coeficiente de Carter).

$$\delta' = K_\delta \delta$$ (Longitud corregida del entrehierro).

B). FUERZA MAGNETOMOTRIZ DE LA ZONA DE DIENTES.

El flujo que llega a la zona de dientes pasa por dos caminos paralelos, una parte sigue al diente y la otra a la muesca.

La relación de las dos partes depende de la permeancia y la muesca. La permeancia es tan grande que podemos despreciar el flujo en la muesca.

Para el cálculo de la FMM, es suficiente el del paso dental τ_1 Figura-18, ya que el flujo es paralelo en todos los dientes siguiendo las mismas - condiciones magnéticas de longitud l' y arco polar b' .

El flujo dentro del entrehierro en el paso dental es:

$$\boxed{\phi = B\delta\tau_1 L'}$$

La inducción queda determinada por:

$$B = \frac{\phi}{St \cdot Kd}$$

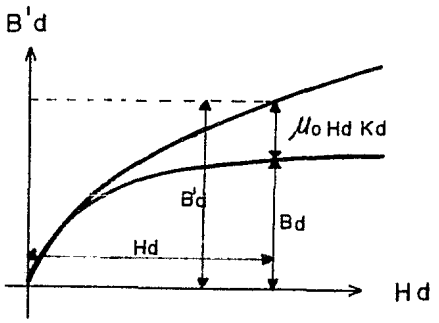
Donde:

St = Sección transversal de la muesca; dependiendo-del paso dentro de una muesca rectangular y de su altura.

Kd = Coeficiente dental determinado por las dimen-- siones geométricas del diente y de la muesca.

Con la ayuda de la siguiente gráfica se puede determinar el coeficiente Kd.

Figura 23. Curva $B'\delta = f(Hd)$ para obtener Kd.



Debido a la suma de la muesca más el diente, la inducción magnética queda definida por:

$$B'd = Bd + \mu_o Hd\ Kd$$

Donde:

Hd = Campo magnético dentro de la sección de la - - muesca.

μ_o = Permeabilidad del vacio

Dependiendo del tipo de acero y la longitud de los paquetes de dientes, la inducción magnética será:

$$B'd = B_{\delta} \frac{\tau_1 \; l'}{b_d \; l \; Kd}$$

Donde:

Kd = Se obtiene de la siguiente gráfica.

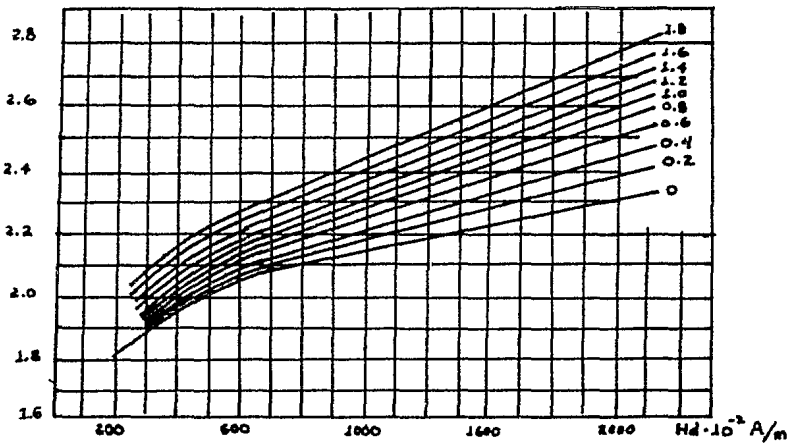
τ_1 = Paso dental Fig. "18"

l' = Longitud corregida con canales de ventilación

l = Longitud inducido con canales

bd = Anchura media (Fig "18")

Figura 24. Curvas B'd = f(Hd) para diferentes aceros de las chapas.



La FMM dentro de una sección de dientes se obtiene tomando en cuenta la altura del diente.

$$Fd = 2 \; Hd \; hd$$

Donde:

Hd = Campo magnético.

hd = Altura del diente.

C). FUERZA MAGNETOMOTRIZ DEL DORSO DEL INDUCIDO.

El flujo dentro del dorso del inducido se reparte en secciones no uniformes siguiendo la altura; dentro de la sección transversal del inducido, la inducción máxima se presenta en los puntos próximos al diente, la inducción mínima es en la superficie interior, debido a esto el cálculo de la inducción se obtiene en un valor medio.

La inducción queda determinada por:

$$Ba = \emptyset a / 2S_a$$

Donde:

$\emptyset a$ = Flujo magnético en el dorso del inducido.

S_a = Sección transversal del dorso del inducido.

Auxiliándose de la curva de magnetización para el tipo de acero correspondiente, se obtiene la intensidad de campo Ha, de tal forma que la fuerza-magnétomotriz nos quede en función de ésta.

$$Fmm_a = Ha\ La$$

Donde:

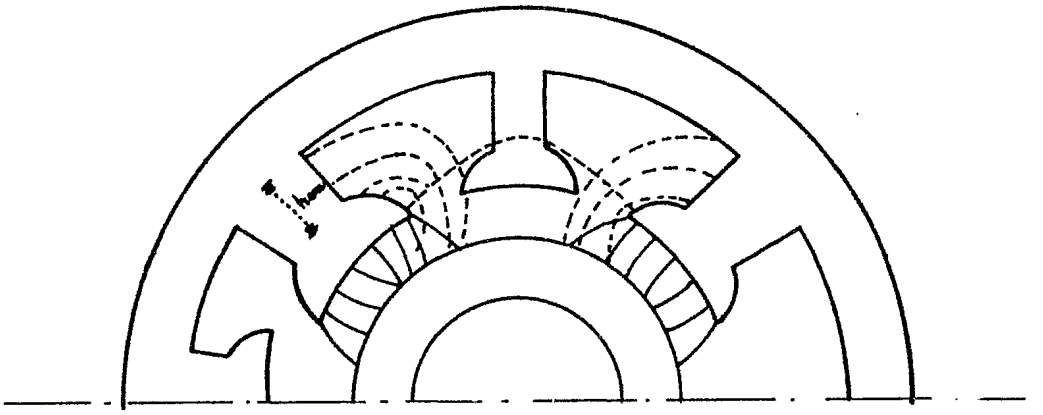
Ha = Intensidad de campo en el dorso del inducido.

La = Longitud del dorso del inducido.

D). FUERZA MAGNETOMOTRIZ EN POLOS Y CARCASA.

El cálculo de la FMM de estas secciones del circuito magnético es el mismo que el del inducido, pero debe tomarse en cuenta que el flujo de estas secciones excede al flujo principal en magnitud al flujo de dispersión $\emptyset$, su origen es en el espacio interpolar y partes laterales de los mismos.

Figura 25. Campo en la sección transversal de una máquina con polos auxiliares.



El método de obtención para la FMM, es a_través de tubos unitarios explicado anteriormente.

Por simplificación de construcción se considera el devanado de excitación de cada polo repartido regularmente en una capa delgada por la altura del núcleo polar (hexc).

Como la FMM de un polo es:

$$Fexc. = Fo/2$$

La carga linéica por la altura del núcleo y por unidad de longitud es:

$$Qexc. = \frac{1}{hexc.} \quad \frac{Fo}{2}$$

Donde:

Fo = FMM principal
hexc = Altura de excitación.
Qexc = Carga linéica.

Que corresponde a la carga lineal la distribución de la FMM a lo largo de la altura del núcleo.

Si la permeabilidad magnética del hierro (acero) es infinitamente grande, la superficie de las zapatas polares hasta el punto donde empieza el - -

devanado de excitación son superficies equipotenciales por lo tanto la FMM - de cada polo disminuye ± Fexc. hasta cero en los puntos adyacentes a la carcasa. Este potencial es idéntico al del inducido según las condiciones de - simetría de los polos.

El flujo de dispersión en el espacio interpolar es:

$$\emptyset(\text{esp. interp}) = \mu o \; m \times lm \times Fo$$

Donde:

Fo = FMM principal.

m = Número de tubos unitarios del flujo de dispersión.

lm = Longitud del núcleo polar en dirección axial.

El cálculo del flujo en las caras es análogo, por lo tanto el flujo de-dispersión total es:

$$\emptyset \text{ dis.} = \emptyset \text{ esp. inter.} + \emptyset \text{ caras.}$$

Por simplificación el flujo de la carcasa en cualquier sección en el -- sentido de su longitud es:

$$\emptyset \text{ carcasa} = \frac{\emptyset \text{ dis}}{2}$$

La inducción en la carcasa es:

$$B = \frac{\emptyset \text{ carcasa}}{2 \; Sc}$$

Donde:

$\emptyset$ = flujo

Sc = sección de la carcasa.

B = inducción

La inducción del polo es:

$$Bpolo = \frac{\emptyset polo}{S \text{ polo}}$$

Finalmente basados en curvas de magnetización obteniendo intensidades - de campo y de estas sus correspondientes inducciones, las FMM quedan determinadas por:

FMM polos = 2 H polo h

FMM carcasa = H carcasa lc

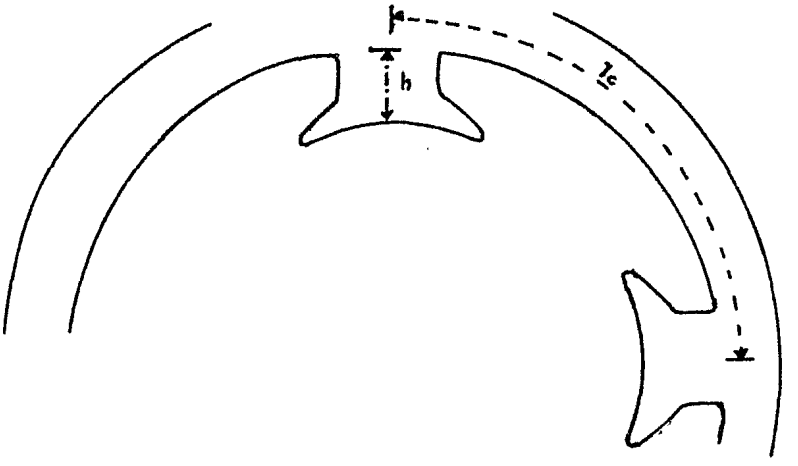
Donde:

H = intensidad de campo

h = altura del polo

lc = longitud de la carcasa.

Figura 26. Parámetros h y lc, para calcular la FMM en polos y carcasa.

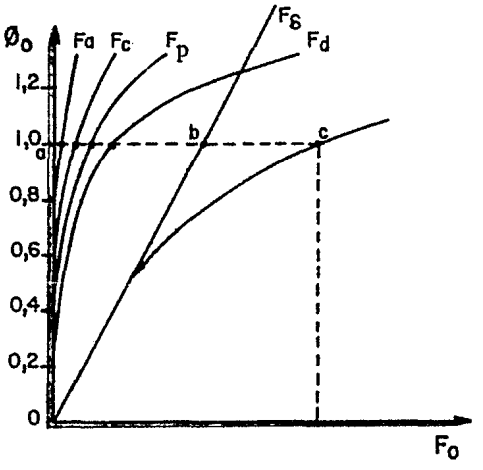


Resumiendo la FMM total de la máquina de corriente contínua será:

$$FMM\ tot = F_{\delta} + Fc + Fp + Fd + Fa$$

En la siguiente gráfica se representa la estructura de cada una de las-FMM de cada sección y la curva de inmantación que presenta la máquina.

Figura 27. Curva de Inmantación.



En la gráfica anterior se observa:

a).- La parte inicial de la curva es rectilínea por tener valores débiles de flujo $\emptyset_o$; el Hierro de la máquina casi no se satura y la FMM domina.

b).- Con la prolongación de la parte rectilínea se obtiene la relación FMM - tot. = f($\emptyset$o); si $\emptyset$ = 1, la FMM ($F_{\mathcal{J}}$) es igual al segmento ab.

c).- Si el flujo pasa por dentro del hierro en el que $\emptyset$o = 1, la FMM será - igual al segmento bc.

REACCION DE INDUCIDO.

En una máquina de corriente continua se produce el fenómeno llamado -- reacción de inducido, el cual será desarrollado en los siguientes temas:

- Definición.
- Campo principal de la máquina.
- Campo del inducido.
- Fuerza Magnétomotriz Longitudinal y Transversal del inducido.
- Reacción de inducido de un generador.
- Efecto magnetizante y desmagnetizante.
- Reacción de inducido en el motor.
- Concluciones de la reacción de inducido en el motor.

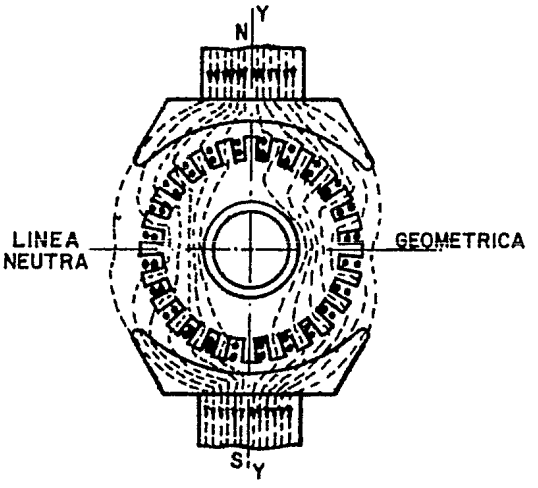
- DEFINICION.

Se llama reacción de inducido al flujo resultante principal creado por la fmm resultante, este flujo $\emptyset_0$ es producido dentro de la máquina con carga, debido a la corriente que circula en el devanado del inducido produciéndose una fmm que interacciona con la fmm principal.

- CAMPO PRINCIPAL DE LA MAQUINA.

Este campo aparece cuando la máquina se excita trabajando en vacío, la repartición es simétrica con relación a la línea axial de los polos principales y tiene la forma que se ilustra en la figura 31.

Figura 31. Campo principal.



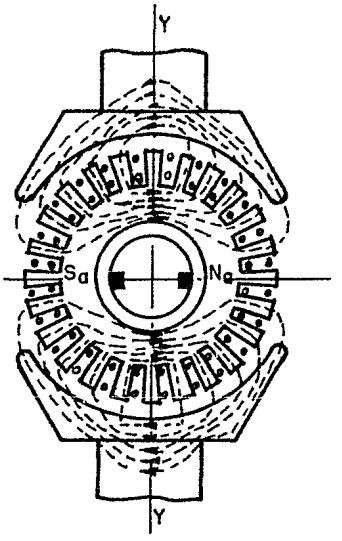
- CAMPO DEL INDUCIDO.

Si a una máquina sin excitación y parada (Iexc. = 0), le colocamos las escobillas en el eje neutro teórico y le proporcionamos corriente contínua- el sentido de la corriente dentro del devanado se le representa en la figura 32, el campo creado por la corriente es simétrico en relación a los puntos medios de las dos ramas del devanado.

Se observa en la figura 32 que la mitad derecha del inducido adquiere- la polaridad norte (N), y la parte izquierda polaridad sur (S), con el eje- del campo del inducido coincidiendo con la línea de las escobillas.

Para un análisis cuantitativo del campo del inducido es necesario de-- terminar la fmm, se emplea un inducido liso con una capa de conductores uniformemente distribuidos siguiendo la periféria del inducido y considerando- que existe un entrehierro teórico idéntico al de una máquina real.

Figura 32. Campo de Inducido.



Si denotamos a N = número de conductores del devanado ia = corriente - dentro del conductor (dentro de una rama). Da = diámetro del inducido; para una unidad de longitud periférica del inducido tendremos:

$$Q = \frac{N\ ia}{Da}$$

Donde:

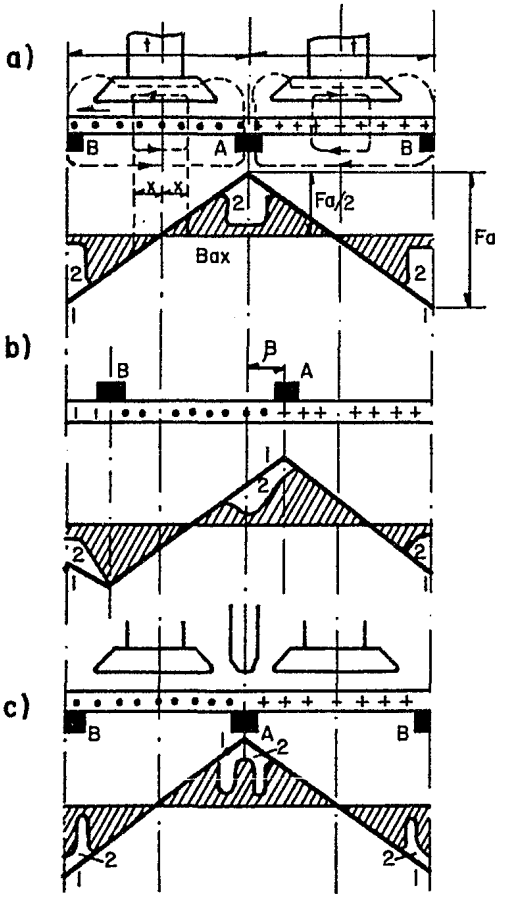
Q = Carga linéica del inducido medida en amp. por unidad de - longitud.

Dependiendo del valor de "Q" será el tamaño de la construcción de máquinas de corriente continua y esta intervendrá en el cálculo de la fmm del inducido.

Cálculo de la fmm del inducido para un par de polos.

La condición en este caso es que las escobillas se encuentren sobre la línea neutra teórica, siendo el paso del devanado $Y_1 = \tau$, en este caso el punto medio de cada rama del devanado se encuentra sobre la línea axial del polo correspondiente. Se puede observar en la figura 33a, que las líneas del campo del inducido están dispuestas simétricamente a los lados del punto, una de las líneas se encuentra a la distancia "x" de la mitad del punto.

Figura 33. Curva de la fza. Mag. y de la inducción del campo de inducido.



La fmm es Fax (long. del contorno) = Q. 2X Amp / vuelta para un par de polos.

La diferencia de derecha e izquierda del punto medio es la curva - - - (1-1-1 de 33b) la fmm del inducido pasa por las abcisas en el punto medio - entre las escobillas y en un máximo Fa sobre cada escobilla ó sea:

$$x = \tau/2.$$

Por lo tanto la fmm para un par de polos queda determinada por:

$$Fax = Q.\ 2X = Q.2\ \tau/2 = Q.\tau$$

Dentro de los límites de la pieza polar; cada línea de inducción pasa dos veces por el entrehierro, cerrandose en el acero del inducido, como se satura el acero se puede despreciar la reluctancia, considerando que la resistencia para la línea magnética de la reacción del inducido se determina sólo por la resistencia del duplicado del entrehierro, solo en puntos.

La inducción magnética en cualquiera de los puntos de la zapata polar queda determinada por:

$$Bax = \mu o\ Hax = \mu oFax/2\delta' = \mu o\ Q/\delta'\ x$$

Las figuras 33 b, y 33 c, indican las fmm, inducción de campo inducido en dos casos:

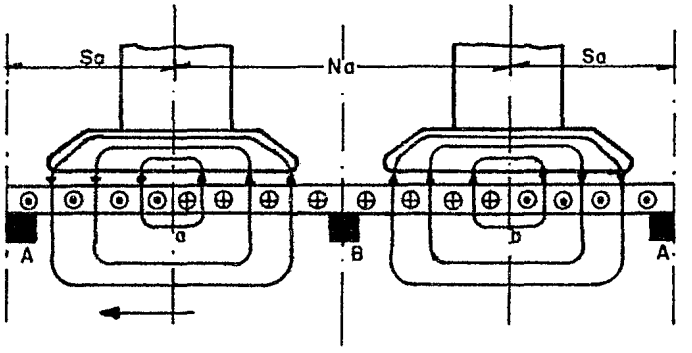
a). Máquina sin polos auxiliares y escobillas defasadas un ángulo (β).

b). Máquina con polos auxiliares y escobillas bajo la línea - neutra (polos principales y auxiliares sin exitación considerando la máquina parada).

La figura 34 muestra cuando un inducido gira y las escobillas se encuentran en la línea neutra, las líneas de campo se reparten simétricamente en relación al eje de los polos, por esta razón en la mitad de cada rama - del devanado del inducido son inducidas las fem., con un signo y la otra mitad las fem. con signo contrario.

Esto da como resultado una fem resultante de una rama y por consecuencia la tensión en las escobillas es nula.

Figura 34. Fem. inducida en el devanado del inducido, por el campo de este último.

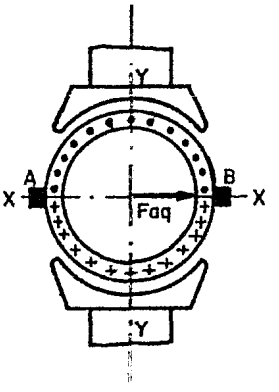


- FMM (LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL DEL INDUCIDO).

Si las escobillas se encuentran sobre la línea neutra teórica X-X, figura 35, el campo del inducido es perpendicular a la línea axial de los polos principales Y-Y (campo transversal), quedando determinada la fuerza magnétomotriz transversal Faq para un par de polos por:

$$Faq = Fa = Q.\mathcal{G}$$

Observar la figura 35. "Fmm de la reacción del inducido transversal".

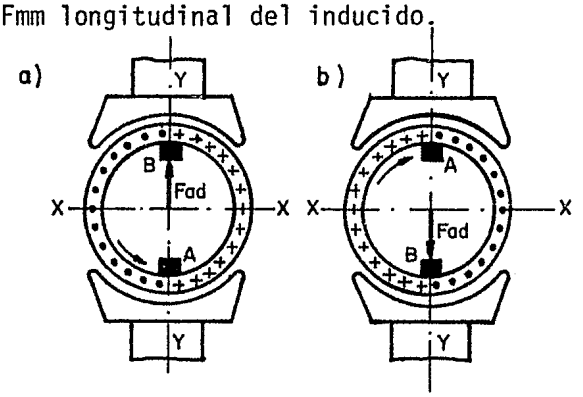


El campo longitudinal queda determinado por la Fmm longitudinal del inducido Fad; para un par de polos es:

$$Fad = Fa = Q.\mathcal{G}$$

Las figuras (36a, b) muestran el desplazamiento de las escobillas un - ángulo ± 90°.

Figura 36. Fmm longitudinal del inducido.



- REACCION DE INDUCIDO DE UN GENERADOR.

En una máquina con carga la fmm., del inducido reacciona sobre la fmm- de los polos principales formándose una fmm resultante.

En el caso general el flujo resultante de la máquina depende de la fmm resultante como la variación de la reluctancia del circuito magnético.

Consideraremos los casos importantes de reacción de inducido de un generador girando en sentido antihorario, velocidad constante y sin polos auxiliares.

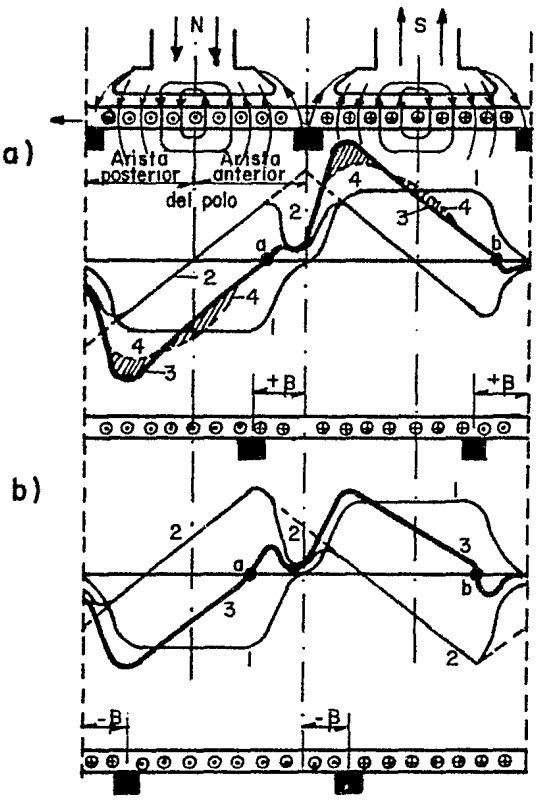
a).- Las escobillas se encuentran sobre la línea neutra y la reluctancia del circuito magnético es independiente de la carga (μ_o = constante).

En la figura 37"a", la curva representa la repartición del campo magnético principal del entrehierro sobre un par de polos.

Girando el inducido en el sentido dado, en la rama izquierda del devanado se inducen fuerzas eléctromotrices dirigidas siguiendo el plano del papel y en la rama derecha en sentido opuesto; las corrientes que circulan en el devanado tienen los mismos sentidos, en el punto medio de cada rama del- devanado, se forman líneas de campo del inducido alrededor encontrándose sobre el eje del polo correspondiente.

En las aristas anterioresde los polos del campo del inducido acciona - en forma desmgnetizante en relación al campo principal, en las aristas posteriores actúan en el mismo sentido accionando en forma magnetizante, lo anterior se observa en la curva "2" de la figura 37a.

Figura 37. Curvas de los campos obtenidas por las diferentes posiciones de las escobillas del generador.



Como μ = constante se obtiene el campo resultante sumando las componentes de los campos curva "3" de la figura 37a".

Los efectos magnetizante y desmagnetizante en ambos lados de los polos se compensan, de tal forma que el flujo resultante Ø es idéntico al flujo principal Øo.

Se puede concluir observando la figura 37 que cuando se colocan las escobillas en la línea neutra la reacción de inducido transversal distorciona la forma del campo principal, pero no su magnitud.

b).- Escobillas situadas en la línea neutra, pero la resistencia del circuito magnético depende de la carga μ ≠cte.

Sólo existe la fmm transversal del inducido y como el circuito magnético se encuentra saturado ya no se obtiene el campo resultante mediante la -

suma de los campos componentes, debido a que la resistencia magnética se satura con mayor rapidez en las aristas superiores y disminuye en las aristas inferiores, como consecuencia la fem., y el campo resultante disminuye; de lo anterior concluimos que el efecto desmagnetizante se produce con el circuito magnético saturado.

c).- Las escobillas estan desplazadas de la línea neutra en dirección del sentido de rotación del inducido.

La fmm de la reacción de inducido se descompone en fmm transversal Faq y fmm longitudinal; Fad, la fmm transversal distorsiona el campo principal, la fmm longitudinal es creada por los conductores dispuestos entre los límites del ángulo doble (β) que actúa en sentido opuesto con respecto a la fmm principal Fo.

En general al desplazar las escobillas en dirección del inducido aparece una reacción desmagnetizante longitudinal del inducido; al desplazarlo en sentido opuesto al del inducido aparece una reacción magnetizante longitudinal del inducido; lo anterior se observa en la figura 37b. La reacción longitudinal del inducido influye sobre la magnitud resultante del flujo pero no sufre modificaciones.

En máquinas con polos auxiliares las escobillas se colocan lo mas cercano a la línea neutra geométrica, en la práctica por error ó por contacto físico de escobillas se encuentran algo desplazadas de la línea neutra.

- EFECTO MAGNETIZANTE Y DESMAGNETIZANTE.

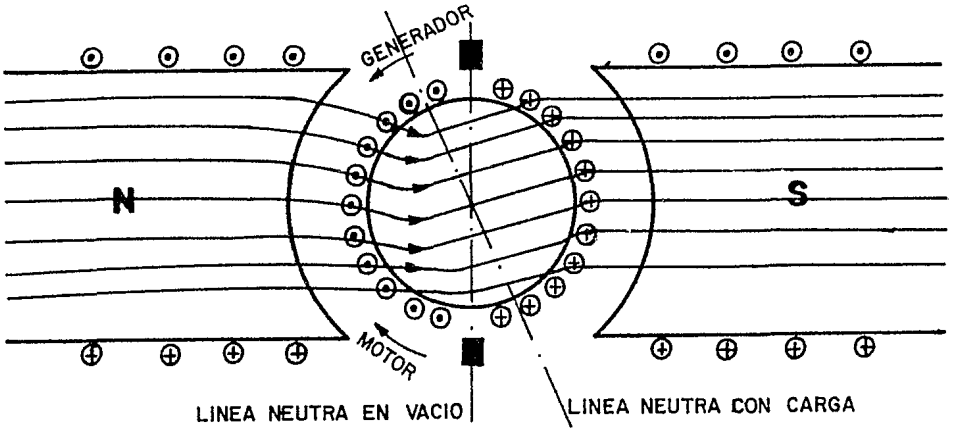
a).- Efecto magnetizante. En la figura 38 representamos la distribución del flujo magnético en condiciones de carga, el inducido transporta corriente y las bobinas que crean el campo son exitadas. Bajo los bordes polares en "a" y "c" el campo magnético debido a la corriente en el inducido tiene sentido opuesto al producido por la corriente que circula en las bobinas exitadoras, en cambio en los bordes "b" y "d" ambos campos magnéticos son de igual sentido. Por lo tanto la corriente en el inducido tiene como efecto debilitar el campo magnético frente a los bordes "b" y "d", el flujo

que actúa sobre la corriente transportada por los conductores del inducido- crea un par, como generador éste se opone al de la rotación, en el caso de- motor este par produce la rotación.

Como en los bordes "b" y "d", el flujo se detiene el efecto adicional- consiste en la reducción del flujo por saturación, el aumento de la densi-- dad de flujo no compensa la disminución en "a" y "c".

El eje magnético del inducido es perpendicular al eje magnético de las bobinas de excitación, el efecto magnético producido por la corriente del inducido es lo que llamamos "Efecto magnético transversal".

Figura 38. Efecto magnetizante.



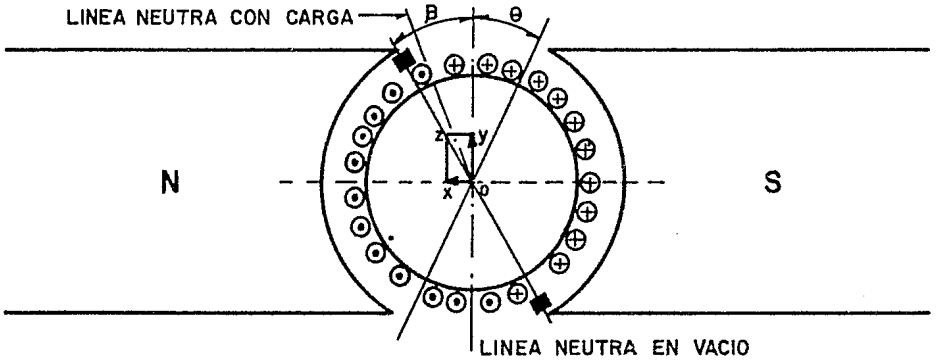
b).- Efecto desmagnetizante. Cuando las escobillas se encuentran en - la línea neutra en vacío y se provee al generador de polos de conmutación - el único efecto que se produce es el magnetizante transversal, pero sin polos de conmutación, las escobillas están desviadas de la línea neutra teórica en el sentido de rotación, para mejorar la conmutación se deben defasar- mas allá de la línea neutra como lo muestra la figura 39, en este caso el - campo magnético que se produce por la corriente que circula por el inducido se mueve con las escobillas, ya no siendo perpendicular al eje magnético -- N-S de las bobinas exitadoras, sino que actúan sobre el eje O-Z, que se considera como campo resultante de dos campos magnéticos:

O-Y = Componente magnética transversal.

O-X = Componente desmagnetizante (otro sentido).

porque es directamente opuesto al campo producido por las bobinas exitado-- ras.

Figura 39. Efecto desmagnetizante.



En las figuras 40 a y b se observa en dos partes al devanado del inducido que produce estas componentes:

Figura 40a. Los conductores transportan corriente produciendo el efecto magnetizante.

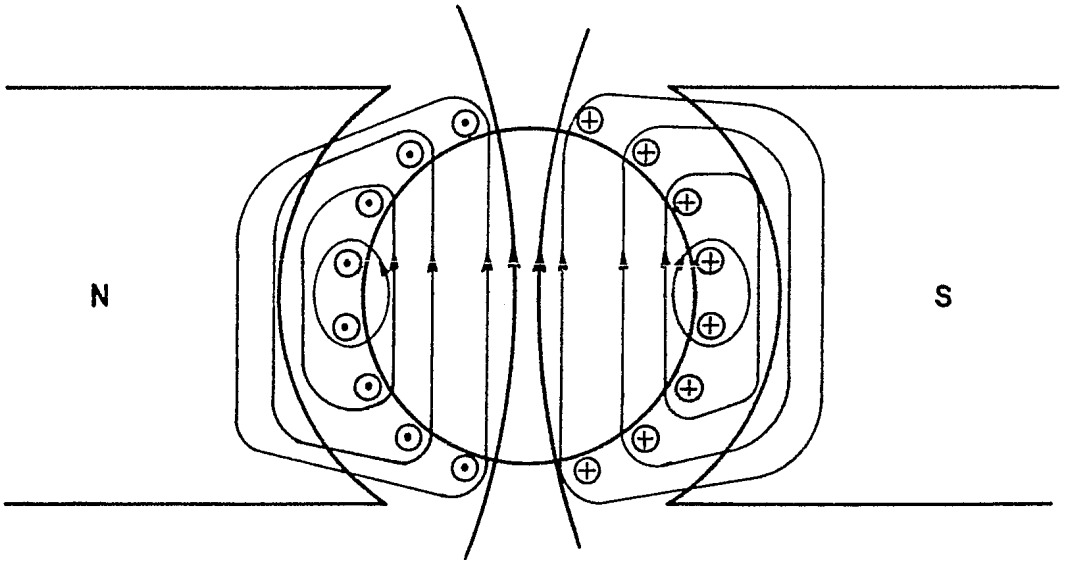
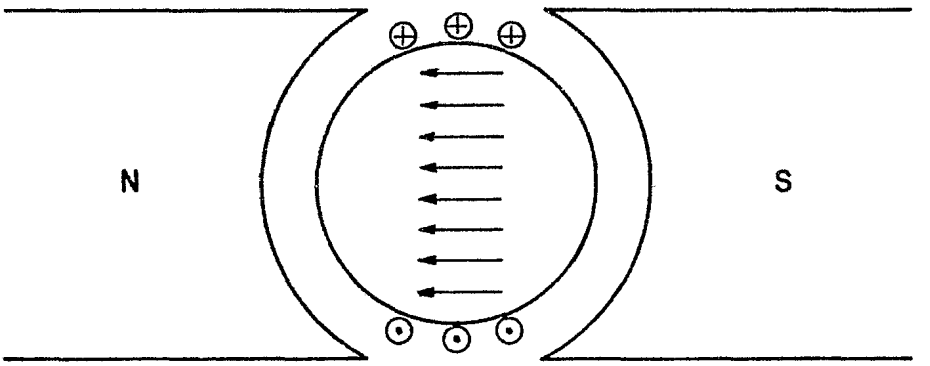


Figura 40b. Los conductores contribuyendo al efecto desmagnetizante - siendo directamente proporcional al defasamiento de escobillas partiendo de la línea neutra.



Si θ = ángulo en grados
N = número de conductores
Ia = corriente del conductor

El número de Ampers vueltas desmagnetizante del inducido

$$\frac{2\theta}{180} \times \frac{NIa}{2}$$

Nota: NIa/2 porque dos conductores forman - una espira.

Si se colocan sobre los polos N-S, espiras de excitación serie para evitar el efecto desmagnetizante, se pondrán sobre los polos la mitad de estas espiras serie.

- REACCION DEL INDUCIDO DE UN MOTOR.

Se analizó la reacción de inducido en el generador, dentro del motor - se observa que la polaridad de polos principales y el sentido de corriente- dentro del devanado del inducido son los mismos.

La diferencia es que el motor girará en sentido inverso al del generador.

Bajo estas condiciones nos permitimos dar las conclusiones concernien-

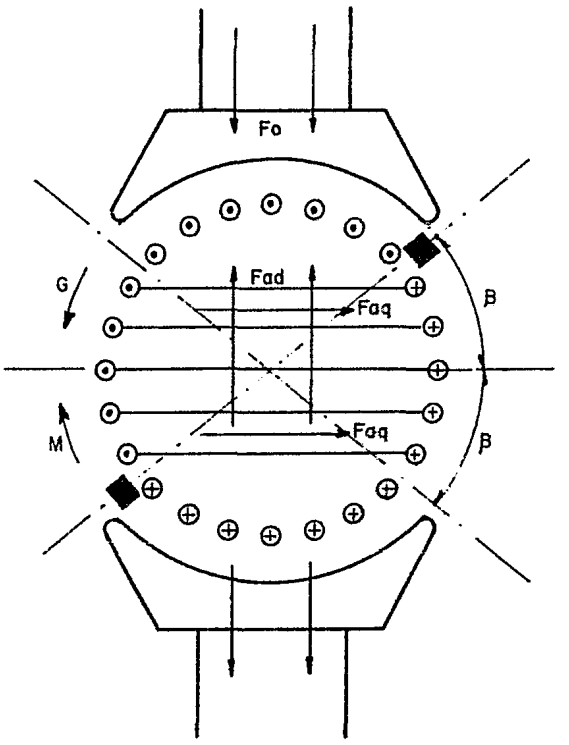
tes a la reacción de inducido de un motor.

- CONCLUSIONES DE LA REACCION DE INDUCIDO DE UN MOTOR.

a).- Cuando las escobillas estan colocadas en la línea neutra teórica- la FMM (transversal) del inducido deforma el campo principal en la esquina- débil; reforzandose en la esquina de la entrada.

b).- Si las escobillas están desfasadas de la línea neutra dentro del- sentido de rotación del motor ó dentro del sentido opuesto, es mayor la - - reacción del inducido transversal, apareciendo una reacción longitudinal, - en el primer caso es un efecto magnetizante y en el segundo caso desmagneti zante. El defasaje de escobillas dentro del sentido de rotación del induci do de un motor no es conveniente por razones de conmutación.

Figura 41. Posición de las escobillas.



D E V A N A D O S.

En esta parte del trabajo, se tratará de describir de una forma clara y objetiva los diferentes devanados que existen en las máquinas de corriente - continua.

A).- DEVANADOS DEL INDUCIDO.

Definimos al devanado de inducido como un conjunto de conductores conectados entre sí, de tal forma que, en el caso de un generador se tenga en las escobillas una FEM; en el caso del motor, el inducido gira por reacción contra el campo inductor, teniéndose así, un par mecánico en la flecha.

Los devanados se componen de bobinas y a éstas las componen espiras, - que son conductores de cobre desnudo; dentro de dicha bobina se distinguen - dos partes.

a). Lado de bobina.
b). Cabeza o nariz de bobina.

a).- Lado de bobina.

Es la parte de ésta, que queda bajo la influencia del polo inductor, se le llama también lado activo de la bobina.

b).- Cabeza o nariz de bobina.

Es la parte de ésta, que une entre sí a dos lados de bobina.

Existen tantas líneas neutras, como pares de polos, y escobillas como - polos. En cada línea neutra se colocan dos escobillas (positiva y negativa), en los devanados ondulados (los cuales, se describen posteriormente) sólo se necesitan dos escobillas, sin importar el número de polos que tenga la máquina.

El colector se divide en tantas delgas aisladas entre sí, como bobinas- existan en el devanado del inducido.

El número "n" de lados activos de bobina que haya dentro de una ranura- del núcleo de armadura, nos dirá que se trata de devanado de "n" capas.

Casi todas las máquinas de corriente continua son multipolares y sus - devanados deben adaptarse a sus características constructivas, de modo que- cada bobina (nariz y sus dos lados activos), ha de envolver el flujo magnético de un par de polos, es decir, que ambos lados activos han de ocupar la misma posición respecto a dos polos contíguos, de diferente polaridad.

DEVANADOS IMBRICADOS Y ONDULADOS.

Las conexiones de las bobinas que constituyen un devanado de corriente continua pueden realizarse de dos maneras:

Imbricados y
Ondulados.

IMBRICADOS.-

Son aquéllos en los cuales, las bobinas están conectadas hacia atrás,- es decir, recogiendo todos los conductores que corresponden a un par de polos; de la figura 28 se aprecia que las bobinas tienen forma de lazos, que- están conectadas en paralelo, resultando de este hecho una FEM de bajo va-- lor, debido a que hay pocos lados activos de bobina conectados en serie que sumen sus FEM's inducidas, además, se tiene una intensidad de corriente elevada, debido a que hay muchas ramas en paralelo, por lo que también se les- conoce como devanados en paralelo.

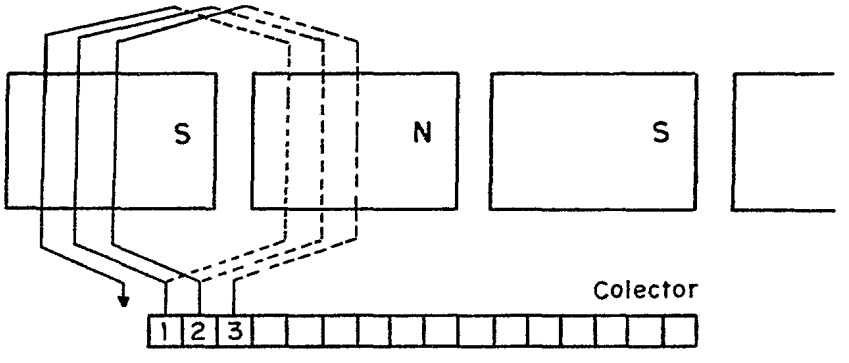


FIGURA 28 - DEVANADO IMBRICADO

ONDULADOS.-

Son aquéllos en los que la conexión de las bobinas se colocan hacia -- adelante, es decir, que cada bobina pasa sucesivamente por todos los polos- inductores, se aprecia en la figura 29, que las bobinas tienen forma de on- das. Las bobinas están conectadas en serie, teniéndose una FEM inducida de un valor alto, debido a que hay muchos lados activos de bobina que suman - sus FEM's. La intensidad de corriente será baja, ya que sólo hay dos ramas en paralelo; se les conoce también como devanados en serie.

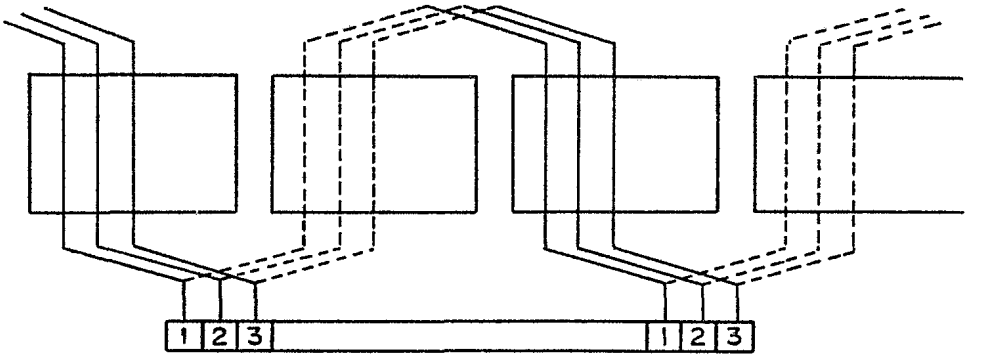


FIGURA 29 - DEVANADO ONDULADO

A continuación se definen algunos parámetros de gran interés.

PASO DE DEVANADO.

Es la distancia que hay entre dos lados activos de bobina, el cual se- puede clasificar de la siguiente forma:

a). Primer paso de devanado (Y1)
b). Segundo paso de devanado (Y2)
c). Paso total (Y)

a). PRIMER PASO DE DEVANADO (Y1).

Se cuenta entre los lados activos de una misma bobina, es decir, es el ancho de la bobina.

b). SEGUNDO PASO DE DEVANADO (Y2).

Representa los lados activos de bobina, conectados a través de una delga del colector, es decir, que se cuenta entre los lados de distintas bobinas, se le llama también "paso de conexión", porque representa la conexión de una a otra bobina.

c). PASO TOTAL (Y).

Es la suma del primero y segundo paso de devanado, Y1 y Y2 respectivamente, teniendo en cuenta que se consideran positivos los pasos cuyo sentido es de izquierda a derecha, y negativos a los que van en sentido contrario. En los devanados imbricados Y1 es positivo y Y2 es negativo; pero en los ondulados, ambos pasos son positivos, por lo que se tiene:

Devanados Imbricados: $Y = Y1 - Y2$

Devanados Ondulados: $Y = Y1 + Y2$

PASO DEL COLECTOR.

Es la distancia que existe entre dos delgas conectadas a una misma bobina, el paso del colector en ambos tipos de devanados, será:

$$Y_{col} = Y$$

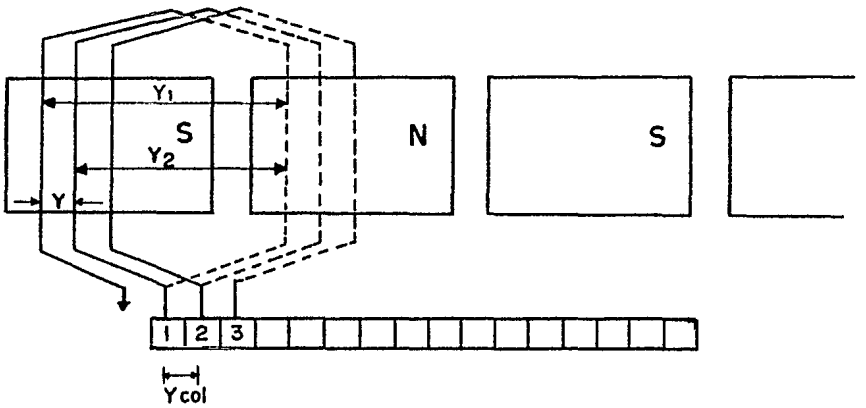


FIGURA 30 - PASOS DEL DEVANADO IMBRICADO

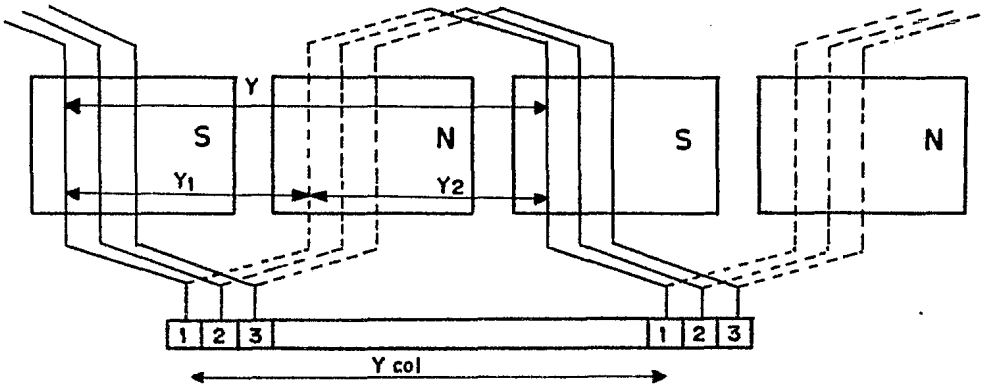


FIGURA 31 : PASOS DEL DEVANADO ONDULADO

CONDICIONES DE SIMETRIA.

Con la finalidad de que la conmutación se efectúe en óptimas condiciones, toda máquina de corriente continua debe construirse de forma que, bajo cada par de polos se repita la misma distribución del devanado, que existan en las ranuras el mismo número de lados activos de bobinas, se tenga el mismo número de espiras, que se produzca la misma FEM en todas las ramas del inducido, lo que implica que todas las ramas deberán tener el mismo número de bobinas, por tanto, se deben cumplir determinadas condiciones de simetría, para lo cual definimos:

2p = número total de polos.
2a = número total de vías o salidas de corriente en paralelo - (número de escobillas necesarias).
C = número total de delgas del colector.
B = número total de bobinas del devanado.
K = número total de ranuras del inducido.
U = número de bobinas por ranura.
Nb = número de espiras por bobina.
Ni = número total de espiras.

a). Para devanados IMBRICADOS:

$$\frac{\text{Número total de ranuras del inducido}}{\text{número total de polos / 2.}} = \frac{K}{p} = \text{número entero}$$

$$\frac{\text{Número total de bobinas del devanado}}{\text{número total de polos / 2.}} = \frac{B}{p} = \text{número entero}$$

$$\frac{\text{Número total de delgas del colector}}{\text{número total de polos / 2}} = \frac{C}{p} = \text{número entero}$$

además, es preferible más no necesario que:

$$\frac{\text{Número total de ranuras del inducido}}{\text{número total de plos / 2.}} = \frac{K}{p} = \text{número impar.}$$

para que el devanado resulte simétrico, también es necesario que todas las ranuras sean iguales, y que tanto el número U, como el número Nb, sean siempre los mismos para cada ranura, es decir:

$$U = \frac{B}{K} = \text{número entero.}$$

$$U = Nb$$

$$Nb = \frac{Ni}{B} = \text{número entero.}$$

el número total de espiras, es fijado en el cálculo de la máquina, en función de la FEM que ésta debe desarrollar.

b). Para devanados ONDULADOS:

$$\frac{\text{Número total de ranuras del inducido}}{\text{número total de vías en paralelo/ 2.}} = \frac{K}{a} = \text{número entero.}$$

$$\frac{\text{Número total de bobinas del devanado}}{\text{número total de vías en paralelo/ 2.}} = \frac{B}{a} = \text{número entero.}$$

$$\frac{\text{Número total de delgas del colector}}{\text{número total de vías en paralelo/2.}} = \frac{C}{a} = \text{número entero.}$$

además:

$$U = \frac{B}{K} = \text{número entero.}$$

$$Nb = \frac{Ni}{B} = \text{número entero.}$$

lo que corresponde a las mismas condiciones dadas para los devanados imbricados, si sustituimos "p" por "a" ya que en todos los devanados ondulados -

el número de vías en paralelo son dos, es decir, 2a = 2, teniéndose entonces que a=1.

CONEXIONES EQUIPOTENCIALES.

A pesar de que sean cumplidas rigurosamente todas las condiciones de simetría, en los devanados quedan siempre algunas irregularidades debidas a defectos en la construcción, que son imposibles de solucionar; ésto provoca la existencia de pequeñas diferencias de potencial en algunos puntos del devanado, los cuales teóricamente deberían tener igual potencial, este hecho, puede producir una circulación de corriente a través de las escobillas, las que pueden dañarse.

Para evitar ésto, se cuenta con las conexiones equipotenciales, las que unen los puntos del devanado de igual potencial, es decir, en los puntos situados en todo momento a la misma distancia respecto a los polos ó a la escobilla de igual polaridad. El paso de dichas conexiones equipotenciales, está definido como:

$$Y_{equipotencial} = \frac{\text{número total de bobinas del devanado}}{\text{número total de polos/ 2}} = \frac{B}{p}$$

debiendo ser un número entero.

Pudiéndose colocar las bobinas equipotenciales de la siguiente manera:

- Soldadas a la bandera del conmutador.
- Soldadas a puntos del propio devanado de inducido.

Los devanados ondulados, NO las necesitan, ya que los conductores de las dos ramas en paralelo frente a los distintos polos, se encuentran conectados en serie, y las eventuales irregularidades se compensan por si solas, además, estas conexiones son empleadas por lo general, en máquinas de gran-potencia.

B).- DEVANADOS DE CAMPO.

Son los que producen el campo inductor, necesario para el correcto funcionamiento de la máquina, dentro de los devanados de este tipo, se pueden distinguir:

1). Devanados de campo principal.
2). Devanados de campo AVF (campo variable automático).
3). Devanados de campo de conmutación.
4). Devanados de compensación.

1).- DEVANADOS DE CAMPO PRINCIPAL.

Son los encargados de producir el flujo magnético principal, en un gran número de motores de tracción, las bobinas que los constituyen son arrollamientos en Serie.

2).- DEVANADOS DE CAMPO AVF.

Estos devanados, se encuentran apilados a la bobina de campo principal, su función es la de contribuir en la producción del campo principal, proporcionando el control automático del aumento o disminución de dicho campo (Automatic Variable Field), a las tasas de reducción previstas. Su empleo es sólo con los motores de tracción que cuentan con el control de velocidad denominado CHOPPER, el cual, por medio de dispositivos semiconductores, hace variar automáticamente al campo magnético producido en este devanado, el cual restará al producido por la bobina de campo principal.

3).- DEVANADOS DE CAMPO DE CONMUTACION.

Son los que se encargan de producir el campo de conmutación, el que ayudará a corregir la desviación del flujo magnético principal, causada por la reacción del inducido.

4).- DEVANADOS DE COMPENSACION.

Pocos motores de tracción están equipados con este tipo de devanados,-

debido a que representan un costo adicional al sistema de campo inductor y en el caso de una falla, resulta muy costoso su reemplazo. Pero en ocaciones el grado de reducción de campo, impuesto por los requerimientos del comportamiento, es tan grande, que la inclusión de un devanado de compensación, es inevitable.

Su construcción se hace lo más simple posible para facilitar su ensamble, el cual se realiza en forma de bobinas apiladas que se asemejan a una horquilla o gancho, siendo empujadas a través de las ranuras que para este fin se hacen a la cara polar del polo principal.

Para que este devanado pueda tener su efecto máximo, las vueltas de compensación por polo, deben ser suficientes para compensar los amper-vuelta de la reacción de inducido.

C O N M U T A C I O N.

La conmutación es el conjunto de fenómenos relacionados con la varia-- ción de la corriente dentro de los conductores de los devanados del inducido que pasan por la zona donde son cortocircuitadas por las escobillas del- colector.

El análisis de la conmutación se basa en el estudio de las causas que- interfieren para la obtención de una conmutación lineal, éstas causas son - las fuerzas eléctromotrices inducidas durante el movimiento de la máquina. - La suma combinada de los efectos se le denomina Fem de reactancia y ésta es la cantidad que tenemos que compensar para tratar de obtener hasta donde -- sea posible una conmutación lineal.

La conmutación es considerada como insuficiente si ésta es acompañada de chispas en las escobillas, sufriendo un daño visible la superficie del - colector. Las chispas pueden ser de origen mecánico o eléctrico. Las causas de origen mecánico están ligadas a la fabricación imperfecta del colector, de los carbones, por la ovalización de ciertas delgas, por el calentamiento debido a las fuerzas centrífugas, por el desequilibrio estático y dinámico del colector y por las vibraciones de las escobillas dentro de su - comportamiento.

Las causas de origen eléctrico pueden ser debidas al crecimiento de la tensión entre las delgas fuera de los límites admisibles, la densidad de corriente en el instante de cortocircuito entre las delgas y por muchas otras causas.

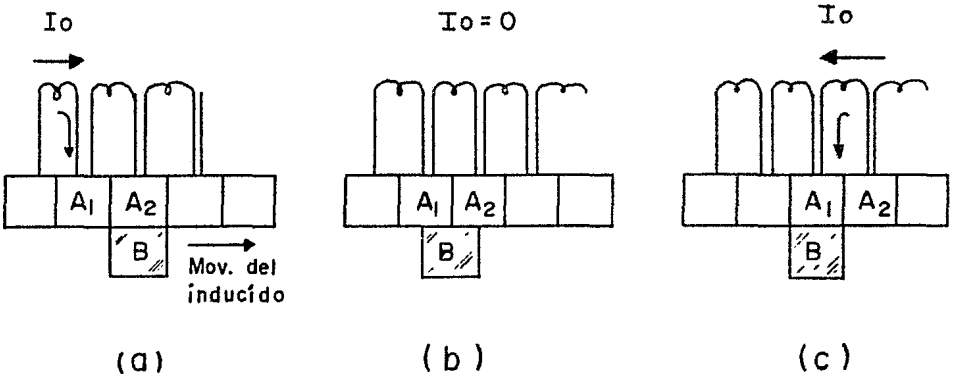
El análisis de las causas de origen eléctrico representa el trabajo - más difícil por lo que éste se realiza después de haber revizado las causas mecánicas.

Por lo tanto el estudio del proceso de la conmutación tiene como principal objetivo la determinación de las condiciones necesarias para su fun-- cionamiento satisfactorio y esto no solo significa la prevención del chisporroteo, sino más comunmente la continuidad del contacto suave entre el co-- lector y las escobillas.

CLASIFICACION DE LA CONMUTACION CONSIDERANDO EL ANCHO DE LA ESCOBILLA IGUAL AL DE UNA DELGA.

En la figura ilustra el proceso de la conmutación en tres etapas sucesivas en una bobina.

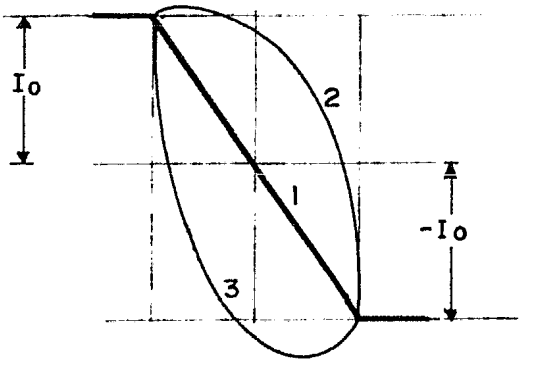
Figura 42.



La corriente Io en la bobina c (figura 42) debe cambiar a -Io como se observa en la figura c, en el tiempo T necesario para que el inducido gire y desplace la posición de sus delgas. En condiciones ideales la corriente en la bobina que se halla en cortocircuito, deberá variar uniformemente desde el valor inicial hasta el final.

Este tipo de conmutación se conoce como conmutación lineal, como se indica en la figura (43-1).

Figura 43. Diferentes tipos de conmutación.



1.- Conmutación Lineal.
2.- Conmutación Retardada.
3.- Conmutación Acelerada.

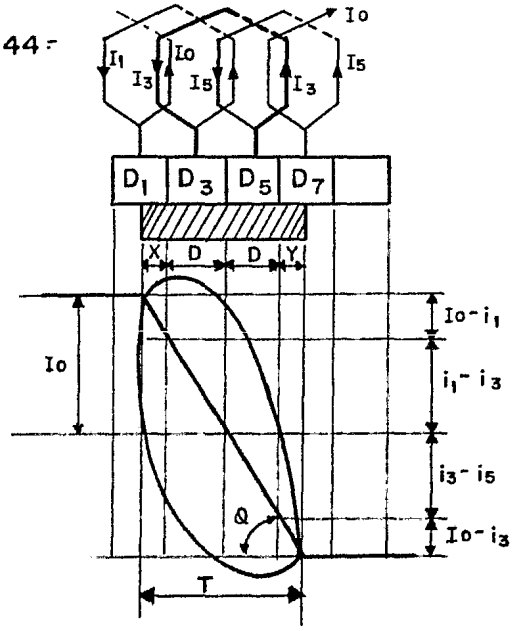
El periodo T de la conmutación es necesariamente muy breve, del orden de 0.0005 a 0.002 segundos que es el tiempo en que un punto del colector pasa por una escobilla, por lo tanto puede suceder que la corriente se invierta muy rápido alcanzando un valor mayor que Io antes de completar la conmutación y por tanto lleve a altas temperaturas al conmutador. Esta condición se conoce como conmutación acelerada (figura 43.3). O que suceda que la corriente no se invierta con la suficiente rapidéz y de lugar a densidades de corriente excesivas en la superficie de contacto de la escobilla. Esta condición se conoce como conmutación retardada y se ilustra en la figura 43.2

En ambos casos la compensación final puede traducirse en una chispa destructiva o en un arco en el borde de la salida de la escobilla, produciendo, altas temperaturas, pérdida excesiva y rápido deterioro de las escobillas.

TIPOS DE CONMUTACION CONSIDERANDO EL ANCHO DE LA ESCOBILLA MAYOR QUE UNA DELGA.

En general la anchura de la escobilla B es mayor que la de una delga D por lo que dos o más delgas se encontrarán simultaneamente en corto circuito en cada escobilla, por ejemplo, en la figura 44 donde B=2.5 D, por lo que a cada escobilla se encuentran en conmutación tres bobinas.

FIGURA 44 =



DONDE :

D_1 , D_3 , D_5 y D_7 = DELGAS DEL COLECTOR

T= PERIODO DE LA CONMUTACION

La figura 44 muestra un devanado imbricado sencillo en la posición indicada, la corriente en las tres bobinas cortocircuitadas en diferentes etapas de la transición de la conmutación desde I_0 hasta $-I_0$, aplicando la ley de Kirchhoff a los puntos de unión de las bobinas, las corrientes de las delgas D_1, D_3, D_5 y D_7, son respectivamente I_0-I_1, I_1-I_3, I_3-I_5 e I_0+I_5 las superficies en las que se encuentran estas corrientes son respectivamente x, d, d, y. La densidad de corriente en cada escobilla es proporcional a:

$$\frac{X_0 - I_1}{X} = \frac{I_1 - I_3}{D} = \frac{I_3 - I_5}{D} = \frac{I_0 + I_5}{Y} = \text{Tang } \theta$$

De lo anterior se deduce:

- La densidad de corriente en el contacto de las escobillas será uniforme siempre que la conmutación sea lineal. De otra manera si la conmutación es indebidamente acelerada o retardada se puede comprobar que:

  Para el caso de la conmutación retardada la densidad de corriente se encontrará muy aumentada al borde de entrada de la escobilla y muy disminuida en el borde de salida.

  Para el caso de la conmutación acelerada la densidad de corriente debe de ser excesiva en el borde de salida y muy reducida en el borde de entrada.

Tanto la conmutación acelerada como la retardada pueden dar orígen a una densidad de corriente anormal en el contacto con las escobillas, provocadas por la aparición de fuerzas electromotrices inducidas al momento de poner la máquina en movimiento provocando la posibilidad de un calentamiento local excesivo que puede producir la desintegración de las escobillas así como cambios químicos en el cobre del colector incluso cuando no existen chispas o arcos de descargas visibles.

FUERZAS ELECTROMOTRICES INDUCIDAS DENTRO DE LAS BOBINAS CORTOCIRCUITADAS EN EL MOMENTO DE LA CONMUTACION.

Mientras que el inducido gira a una cierta velocidad la sección del devanado pasa de una posición a otra en éstas, se generan por inducción, autoinducción, rotación, etc. fuerzas electromotrices que tenemos que tomar encuenta para hacer de la conmutación lo más lineal posible.

Fem de Autoinducción.

La sección del devanado del inducido posee una cierta autoinducción - que durante la conmutación tiende a oponerse a la variación de corriente, - resultando que la conmutación sea retardada en su forma lineal.

Fem de Inducción Mutua.

Mientras que la escobilla recorre simultáneamente varias delgas del colector la corriente conmutada circula simultáneamente en varias secciones - vecinas que pueden encontrarse dentro de una misma ranura o en ranuras vecinas, en este caso en la sección considerada será inducida una fuerza electromotriz de inducción mutua que generalmente se aumenta a la Fem de autoinducción.

Fem Dinámica o de Rotación.

La Fem dinámica es inducido dentro de la sección cortocircuitada y esdebida principalmente a la reacción del inducido así como a que los dientes y ranuras cambian de posición periódicamente en relación a las piezas polares y principalmente al cambio de posición de los polos auxiliares, esta - Fem cambia de signo en función del sentido del campo dentro de la zona de - conmutación o por el cambio del sentido de la rotación de la máquina. Es - por esta razón que esta Fem puede sumarse o restarse a las anteriores.

Fem de Pulsación.

La Fem de pulsación puede aparecer dentro de la sección cortocircuitada y es debido a la pulsación del campo resultante dentro del campo de conmutación provocado por las oscilaciones transversales del campo, así como -

a causa de la variación de este campo con el tiempo, en magnitud, al funcionar la máquina en regímenes transitorios.

El efecto combinado de todas estas fuerzas electromotrices inducidas - anteriores es lo que se le conoce como Fem de Reactancia.

RELACION MATEMATICA DE LA BOBINA CONMUTADA.
(Fem de Reactancia).

Considerando el circuito mostrado en la figura 44 con líneas gruesas - la que comprende a la bobina 3, las delgas D_3 y D_5y la escobilla, suponiendo que las resistencias de contacto son R_1, R_3, R_5 y R_7y que las resistencias de las correspondientes uniones a las delgas al colector son despreciables, se supone también que la conmutación es casi lineal, todas las bobinas se hallan simultaneamente en corto circuito y el tiempo de variación de corriente es el mismo en cada una de éllas.

En la bobina considerada se tiene:

I_3 = Corriente instantánea.
E = Fem de Rotación.
Rc = Resistencia de la Bobina.
Lc = Inductancia de la Bobina.
Σ_M = Inductancia mutua total entre la Bobina y todas las demás bobinas contíguas en el cortocircuito.

Aplicando la Ley de Kirchhoff, se tiene:

$$Ec + Lc \frac{di_3}{dt} + \Sigma_M \frac{di_3}{dt} + Rci_3 + (i_3-i_5)R_5 - (i_1-i_3) R_3 = 0$$

Ordenando terminos.

$$Ec + i_3 (Rc+R_3+R_5) - i_5R_5 - i_1R_3 + (Lc + \Sigma_M) \frac{di_3}{dt} = 0$$

Si aproximadamente: $i_1 \approx -i_5$ y $Rc < (R_3 + R_5)$ se puede escribir

$$Ec + i (R_3 + R_5) = (L + \Sigma_M) \frac{di}{dt}$$

Donde el segundo miembro de la ecuación representa la Fem debida al -- efecto combinado de las fuerzas electromotrices inducidas en las bobinas - que se encuentran en conmutación. El efecto de esta Fem inducida total es- siempre el de oponerse a las variaciones de la corriente en las bobinas en- cortocircuito. Esta Fem se le conoce también como TENSION DE REACTANCIA.

Para el diseño de las máquinas de corriente directa es necesario tener un cálculo aproximado de la Tensión de Reactancia y sirve para darse una - idea aproximada pero lo suficientemente cercana a su valor real que permita la máquina trabajar sin peligro·de daño al colector y en base a pruebas llegar hasta un valor óptimo.

CONTACTO CARBON - COLECTOR.

Cuando la conmutación es buena, las escobillas resbalan normalmente sobre el colector sin chispas visible y la superficie del colector están li-- sas y brillantes, la limpieza del colector de vez en cuando es útil con un- tejido empapado de alcohol que permite quitar la grasa y particularmente el carbón que se asienta en el colector, cuando no se realiza la limpieza pe-- riódica puede ocasionar problemas, favoreciendo a las condiciones para la - formación de chispas.

El óxido sobre las escobillas, provocados por las partículas de grasa- puede formar chispas, estas pueden ser en forma de agujas y se observan generalmente en los bordes de las escobillas, deteriorando éste, provocadas - por una conmutación retardada empezando siempre en una escobilla ánodo.

Otras chispas en forma de arco pueden ocasionar la ruptura completa - del contacto carbón-cobre.

Clasificación de Flashes:

El Flash en el colector es el más peligroso de los fenómenos a los que es sometido un motor eléctrico de tracción sus consecuencias son: deterioro del colector, las portaescobillas y frecuentemente daño al aislamiento.

Anteriormente la palabra Flash tenía un sentido más restrictivo, el -

Flash designaba únicamente al Flash over (arco que brota sobre el colector- de una escobilla a otra), ahora se llama Flash a toda descarga por arco dentro de un motor y se pueden clasificar en:

Flash Over.
Flash de Conmutación.
Flash de Ionización.
Flash de Masa.

Flash Over:

El origen de este es debido a una tensión entre delgas muy elevadas resultando de la reacción magnética transversal del inducido que distorciona- el flujo con saturación en la zapata polar de entrada. En el caso de motores con reducción de campo este fenómeno es más frecuente.

Flash de Conmutación:

Es un arco entre escobillas y los factores que influyen para provocar- este Flash son:

- Corrientes elevadas (superior al Imax).
- Velocidades Elevadas (patinajes).
- Variaciones elevadas de la corriente en el motor $\frac{di}{dt}$

Flash de Ionización:

Este fenómeno es el menos conocido y el más aleatorio y se produce en- motores de tensión elevada, mayores de 3000 volts. La caída de tensión produce una ionización más o menos rápida en la cámara del colector provocando una disminución del aislamiento.

Este fenómeno se encuentra frecuentemente en motores cerrados o inaccesibles.

Flash de Masa:

Este Flash es caracterizado por una destrucción del portaescobillas y- de los aisladores sin que el conmutador sea afectado y es debido principalmente a un debilitamiento en el aislamiento del sistema portaescobillas.

PERDIDAS DE LA ENERGIA Y RENDIMIENTO DE DE LA MAQUINA DE C. C.

El uso de la máquina eléctrica está destinado a transformar la energía mecánica en energía eléctrica (generadores) ó bien la energía eléctrica en- energía mecánica (motor).

Una parte de la energía suministrada se queda dentro de la máquina y - es disipada al medio ambiente en forma de calor. Estas son las pérdidas.

La siguiente figura ilustra esquemáticamente el balance de la potencia, la cual existe en una máquina de C. D.

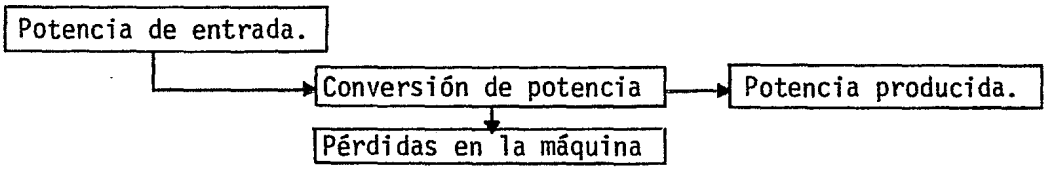


Figura 45: Balance de potencia en una máquina de c.d.; la entrada es - igual a la suma de la potencia producida más las pérdidas - en la máquina.

Entonces si las unidades de watts son usadas para expresar la potencia, la eficiencia de la máquina será expresada por:

$$\eta = \frac{\text{Watts de salida}}{\text{watts de entrada}} \times 100\% \qquad (1)$$

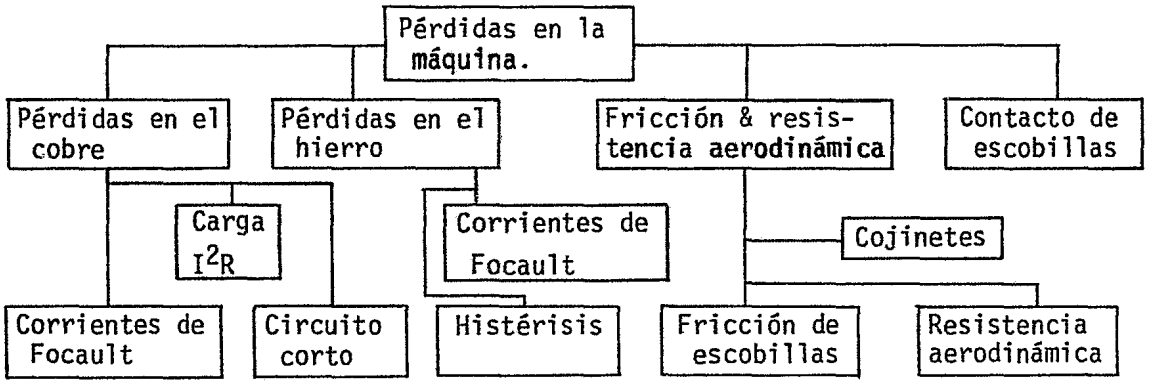
La diferencia entre los watts de entrada y los watts producidos representan las pérdidas internas a la máquina.

Las pérdidas en % equivalen a un valor absoluto de energía no utilizada y en una máquina no solo dependen de las que se producen, sino del régimen de refrigeración y del cual se puede tener mayor aprovechamiento de los materiales de la máquina (cobre, fierro, etc.). Por lo tanto, la eficien-- cia y más directamente las pérdidas en una máquina serán críticas en la determinación del rango de funcionamiento de la máquina y de su costo.

Estas pérdidas variarán grandemente una con respecto a otra dependien-

do sobre todo en los detalles del diseño.

La figura 46muestra los tipos de pérdidas que comunmente se presentan en una máquina de C.D.



Las pérdidas que surgen en una máquina pueden ser divididas en dos grupos: "fundamentales" y "adicionales".

A).- Las pérdidas fundamentales son aquéllas que surgen como resultado de los procesos electromagnéticos y mecánicos fundamentales que ocurren en la máquina. Entre estas pérdidas se encuentran:

a).- Pérdidas mecánicas:
- Pérdidas en los cojinetes.
- Pérdidas por rozamiento de las escobillas con el colector ó anillo.
- Pérdidas por rozamiento contra el aire, incluyendo aquí las pérdidas de ventilación.

b).- Pérdidas en el hierro:
- Pérdidas de histérisis en el núcleo del inducido y en los dientes.
- Pérdidas por corrientes de Focault en las mismas piezas.

c).- Pérdidas en el cobre:
- Pérdidas en el cobre del devanado del inducido, de los devanados conectados en serie con el devanado del inducido- (de los polos auxiliares, devanado compensador, etc.)
- Pérdidas en el circuito de excitación.

d).- Pérdidas en la capa de contacto de las escobillas ó anillos.

B).- Las pérdidas adicionales pertenecen las pérdidas en el hierro y en el cobre, que surgen en la máquina como resultado de los procesos secundarios de carácter electromagnético que tienen lugar en la misma. Entre estas pérdidas se comprenden: Las pérdidas por corrientes parásitas debidas a los campos de dispersión en los arrollamientos y en las piezas metálicas macizas de la máquina, las pérdidas superficiales en el hierro y las pérdidas pulsantes en los dientes, las pérdidas en las conexiones compensadoras, etc.

Los componentes de pérdidas y los factores a los cuales influencía son:

Pérdidas en el Cobre:

Este es el principal componente de pérdida en una máquina de c.d. e incluye todos los tipos de generación de calor.

Esta pérdida es generada por el flujo de corriente y la resistencia del cobre, es caracterizada como una pérdida I^2R.

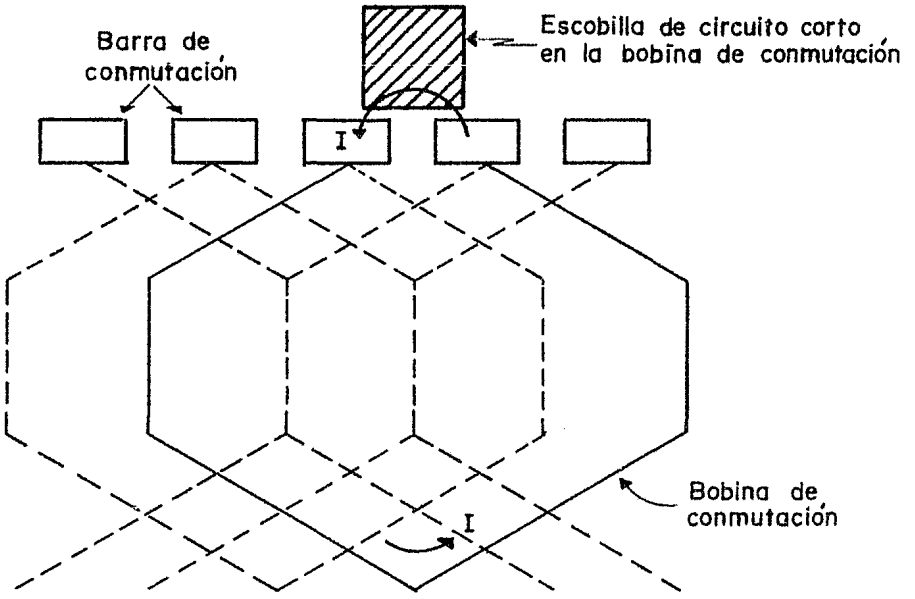
Entre las pérdidas I^2R representadas son:

a). Las pérdidas por corriente de carga que es la forma más obvia de disipación. Estos componentes de pérdidas son determinadas directamente por el producto de la resistencia de armadura y el cuadrado de la corriente de armadura. Desde el incremento de la corriente de armadura con la carga del par, se puede ver que esta forma de calentamiento se incrementa con la carga.

Para una corriente dada requerida será entonces ventajoso devanar las ranuras de la armadura con un gran alambre como sea posible en orden de minimizar la resistencia de armadura.

b). Pérdidas de circuito corto son otras formas de disipación I^2R, la cual ocurrirá en la bobina de la armadura y estará colocada debajo de la que se encuentra en conmutación, en el momento en que la escobilla hace contacto con una delga del colector, proverá una vía para una corriente que circulará a través de la bobina.

FIG. 47- Corriente de circuito corto en una bobina en conmutación.



La corriente de circuito corto es influenciada profundamente por la -- caída de contacto de la escobilla la cual es usualmente grande comparada a- la impedancia provista por la propia bobina. Otro factor que influenciará- a la corriente de circuito corto es la habilidad del motor a conmutar ó reducir rápidamente el almacenaje de la energía a cero.

Así, los factores a los cuales promueve la existencia del voltaje inducido en la bobina de conmutación también incrementará a éstos componentes - de pérdidas.

c). Las corrientes de Focault ó de Eddy no son usualmente una forma significante de disipación I^2R en la armadura, ya que son devanados con el - - alambre magnéto, por medio de altos voltajes. Sin embargo serán importantes en motores cuyas armaduras sean construidas con conductores de - sección de cruce grande, a veces de forma rectangular. Este tipo de -- conmutación es común a los motores de tracción, construidos a operar - con bajos voltajes de batería. En casos donde este tipo de pérdidas - sea excesiva será necesario laminar la tira de cobre usada para el conductor de armadura, para incrementar la resistencia a las corrientes de Eddy. Las pérdidas de corriente de Eddy en los conductores de armadura son influenciados por el entrehierro de la resistencia del campo magnético y por la resistencia del conductor a la formación de las corrientes de Eddy.

Perdidas en el hierro:

El total de las pérdidas consiste de dos componentes:

a). Pérdidas por corrientes de Eddy en el acero, tiene las mismas caracte-- rísticas a las del cobre que previamente se han mencionado.

Estas máquinas son construidas a partir de núcleos de hierro laminado, las cuales son aisladas entre una y otra minimizando la formación de - las corrientes de Eddy.

Otra característica del acero que afécta este tipo de pérdidas es la - resistividad. Grados especiales de acero eléctrico han sido desarrolla dos los cuales contienen varias cantidades de silicón que tienden a incrementar la resistividad y reducir las pérdidas.

b). Pérdidas por histérisis es el segundo componente de las pérdidas, aso-- ciadas con un nivel de cambio de la inducción magnética. La pérdida de histérisis es asociada con las propiedades metalúrgicas del acero y no- variará grandemente entre los aceros comunes usados para materiales del núcleo. Estas pérdidas son usualmente pequeñas comparadas con las pérdidas por corriente de Eddy.

Pérdidas por Fricción y Resistencia Aerodinámica (Ventilación).

a). La pérdida en los cojinetes es la potencia requerida para vencer la - - fricción de los mismos. Para unos cojinetes de bolas, este tipo de pérdidas serán muy pequeñas a no ser que algún tipo de cojinete sellado -- sea usado y el cual incrementará significativamente de las pérdidas en- los cojinetes. Las pérdidas en los cojinetes tienden a permanecer constantes sobre un rango de velocidad, y el coeficiente de fricción decrece con un incremento de velocidad.

b). Las pérdidas por ventilación, es la potencia requerida para girar el motor, menos las pérdidas en los cojinetes. Y estas son fuertemente in-- fluenciadas, si el motor tiene o no fanales de ventilación internos. Si el motor es sin fanal de ventilación, las pérdidas por ventilación se-- rán pequeñas comparadas con las pérdidas en el cobre y el hierro. Si - el motor tiene un fanal interno, aunque, las pérdidas de ventilación -

puedan ser muy significantes y serán incrementadas en proporción al cubo de la velocidad.

c). Las pérdidas por fricción en las escobillas es debido al arrastre de las escobillas con el conmutador, y son determinadas por la magnitud de la presión del resorte usado con las escobillas, será además influenciada por el coeficiente de fricción entre el material de la escobilla y el conmutador usado; debe notarse que la fricción es máxima cuando el motor está parado, y cuando el motor incrementa su velocidad, la disminución es debida en parte a saltos de la escobilla y al levantamiento aerodinámico de la escobilla, y el efecto de fricción de la corredera.- La pérdida por fricción en la escobilla es una pequeña parte del total de pérdidas en la máquina.

Pérdidas por Contacto de Escobilla.

Las pérdidas por contacto de escobilla son las pérdidas asociadas con el paso de la corriente a través de la escobilla y la superficie de contacto del conmutador. La pérdida es igual al producto de la corriente de armadura y la caída de contacto en volts. Este tipo de pérdidas en el motor es a menudo significativo en la reducción de la eficiencia del motor. La selección de escobillas con una alta caída de contacto, es a menudo utilizada cuando un motor es sujeto a condiciones de dificil conmutación.

Perdidas Adicionales.

Estas pérdidas aparecen en el fierro, y el cobre de las máquinas eléctricas. Ciertas pérdidas surgen ya con la máquina en vacio, y otras aparecen solamente en las máquinas con carga.

En vacio las pérdidas aparecen en:

a). Dentro del núcleo del polo principal y polos auxiliares, en la culata por la situación de pulsación longitudinal del flujo y provocará un flujo por la existencia de los dientes del inducido.

b). En las zapatas polares de los polos principales como resultado de las oscilaciones transversales del flujo magnético.

c). Dentro del devanado del inducido situado dentro de la repartición no - uniforme del campo magnético fundamental en la ranura, descomponiendo - el campo en eje longitudinal que crea en el devanado, la fem., funda-- mental y en el campo transversal que crea las corrientes parásitas en - los conductores devanados del inducido.

La magnitud de las pérdidas por corrientes parásitas dependen de la -- forma y de las dimensiones de la sección del conductor y del grado de - irregularidad de la distribución del campo, con el cambio de la carga - estas pérdidas casi no varian.

Con carga aparecen en:

a). Dentro del núcleo del inducido. A consecuencia de la distorsión del - campo magnético fundamental por la reacción del inducido.

b). Dentro de la sección de conmutación. Debido a las variaciones de flujo de dispersión, ocasionado por la variación de corriente de la sección - desde +ia hasta -ia.

c). Dentro del contacto escobilla-colector. Debido a la repartición no uni forme de la densidad de corriente sobre las escobillas en el caso de - conmutación rectilínea.

d). De las conexiones equipotenciales. Si la máquina va dotada de éllos, - las pérdidas adicionales son imposibles de calcular por completo solo - se aproximan, por ésta razón según normas se determina que:

- En máquinas de C.D. sin devanado de compensación en carga nominal, -- las pérdidas suplementarias serán iguales al 1% de la potencia útil, si la máquina funciona como generador, y de la potencia suministrada si la máquina funciona como motor; para las máquinas de C.D. compensadas se - toman iguales a un 0.5%.

Al variar la carga se considera que las pérdidas adicionales varían pro porcionalmente al cuadrado de la corriente.

SUMATORIA DE PERDIDAS EN LA MAQUINA DE C.C. Y RENDIMIENTO DE ESTA:

Conociendo las pérdidas en los distintos elementos de la máquina, las pérdidas mecánicas Pmec, las pérdidas en el hierro P_h, las pérdidas en el cobre del devanado del inducido Pind, las pérdidas en el circuito de excitación Pexc. las pérdidas en el contacto de la escobilla P_{esc} y las pérdidas adicionales Pad, podemos determinar la suma de estas perdidas como:

$$\Sigma P = Pmec + P_h + Pind + Pexc + P_{esc} + Pad \text{ ---- } (2)$$

Si P_1 es la potencia suministrada a la máquina y P_2 es la potencia útil de salida de la máquina, entonces:

$$P_1 = P_2 + \Sigma P \text{ ----- } (3)$$

El rendimiento de la máquina representa la relación entre la potencia útil de salida de la misma P_2 y la potencia total suministrada a ésta P_1.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \text{ - - - - - } (4)$$

Para los motores de c.c. la potencia útil es la desarrollada por éllos en el eje. La potencia suministrada al motor desde la red, UredxIred., incluyendo la potencia necesaria para su excitación, constituye P_1 por eso:

$$\eta_{mot} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \Sigma P}{P_1} \text{ - - - - } (5)$$

O de otra manera:

$$\eta_{mot} = 1 - \frac{\Sigma P}{P_1} \text{ - - - - - } (6)$$

Y si se expresa en porciento:

$$\eta_{mot} = 100 - \frac{\Sigma P}{P_1} .100\% \text{ - - - - - } (7)$$

DETERMINACION EXPERIMENTAL DEL RENDIMIENTO DE LA MAQUINA DE C.C.

La determinación experimental del rendimiento de la máquina eléctrica representa una de las tareas más responsables de su ensayo en banco.

La determinación directa del rendimiento por la fórmula $\eta = P_2 / P_1$ - midiendo la potencia de salida P_2 y la potencia suministrada P_1, se puede - realizar con la suficiente exactitud sólo en el caso en que el rendimiento- de la máquina no sobrepase el 80%, puesto que en este caso los errores de - medición de las potencias P_1 y P_2 determinan directamente el error de la - magnitud obtenida del rendimiento.

Para $\eta > 80\%$ el cálculo del rendimiento se debe realizar por las fórmulas: $\eta g = 1 - \frac{\Sigma P}{P_2 + \Sigma P}$ y $\eta mot = 1 - \frac{\Sigma P}{P_1}$ según los datos de las mediciones de las distintas pérdidas y de su suma. En este caso el error en - las mediciones de las pérdidas, siendo reducido a la potecia suministrada,- disminuye considerablemente y por eso influye muy poco en el error de la - magnitud resultante del rendimiento.

Si se dispone de dos máquinas iguales, el rendimiento se puede determinar por el método de trabajo retrógrado, por el que ambas máquinas se acoplan mecánica y eléctricamente ver figura 48. En este caso una de las máquinas funciona como generador, la otra, como motor. Desde fuera se suministra por vía mecánica (eléctrica) sólo la potencia necesaria para cubrir- las pérdidas de ambas máquinas, puesto que la potencia entregada por el generador retorna al motor.

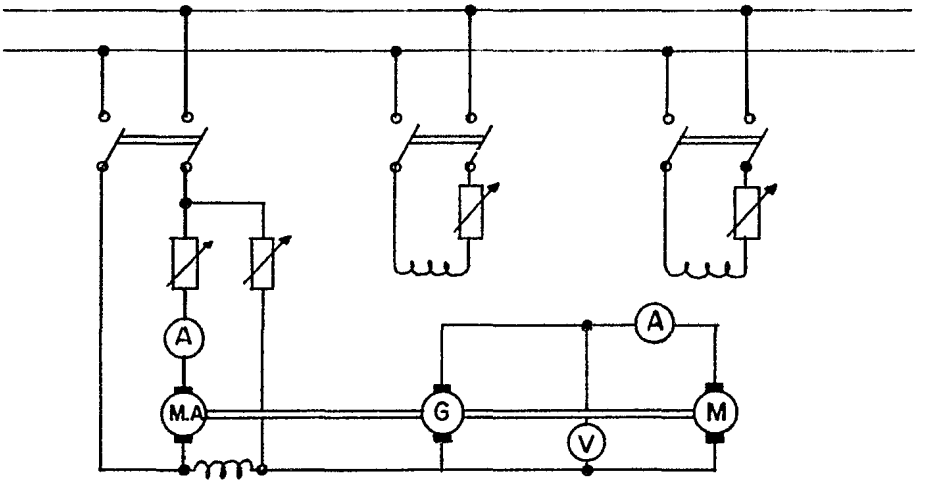
Conociendo la suma de las pérdidas ΣPg del grupo, se puede calcular - el rendimiento de cada una de las máquinas tomando, por ejemplo, las pérdidas en éllas iguales entre si, o sea Σ P grupo/2. Entonces, para la máquina que funciona como generador.

$$\eta g = \frac{UI}{UI + \frac{\Sigma P_{grupo}}{2}} \quad ---- (8)$$

Y para la máquina que funciona como motor:

$$\eta_{mot} = \frac{UI - \frac{\sum P_{grupo}}{2}}{UI} \quad ---- (9)$$

FIG.48 :- Esquema de conexion para determinar el rendimiento por el metodo de trabajo retrógrado



Al emplear el método de trabajo retrógrado para la determinación del rendimiento de las máquinas de C.C. con excitación independiente, al generador se le da excitación elevada en comparación con el motor de tal modo que en el circuito principal de ambas máquinas circule la corriente I, y en las terminales de las máquinas acopladas eléctricamente se obtenga la tensión nominal U_{nom} (ver fig. anterior). En este caso las pérdidas mecánicas, las pérdidas en el cobre del circuito principal, las pérdidas en el acero y las pérdidas en los contactos de las escobillas se compensan por vía mecánica desde un motor auxiliar MA, que pone en rotación a todo el grupo, y las pérdidas de excitación, directamente desde la red de C.C. que alimenta el devanado de excitación de las máquinas.

MATERIAL AISLANTE E INCREMENTOS DE TEMPERATURA EN UN MOTOR DE TRACCION.

En la práctica, la potencia útil de un motor de tracción, está limitada por la capacidad de sus aislamientos para resistir sin deteriorarse y durante largos períodos, la temperatura máxima originada por el calentamiento (efecto Joule), también queda limitada por las condiciones de la conmutación.

Cuando se trata de máquinas diseñadas para funcionar con temperaturas comprendidas dentro de los límites de seguridad, se debe dejar un margen entre sus características de diseño y de su capacidad máxima, para prever un exceso en los valores nominales. El deterioro de los materiales que contienen material orgánico es rápido, aumentandose el daño con la duración y sobre-elevación de la temperatura. La vida de estos materiales aislantes depende no solo de la elevación de la temperatura sino también de la tensión, vibración, tensión mecánica variable, en exposición a la humedad y al aire.

Un motor de tracción usualmente emplea una gran diversidad de material aislante, y normalmente el límite del incremento de la temperatura es variado en el caso más general de las máquinas.

CLASIFICACION DEL MATERIAL AISLANTE.

Dentro de los límites normalizados de temperatura difieren con las distintas clases del material y de acuerdo con el fabricante.

Clasificación según normas japonesas (JIS).

CLASE DE MATERIAL	TEMPERATURA PERMISIBLE (°C)
Y	90
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180
C	más de 180

La siguiente tabla muestra los valores máximos permisibles de temperatura en las siguientes secciones de un motor de tracción. De acuerdo con - la especificación (IEC-349)

AISLAMIENTO	PARTES DEL MOTOR	METODO DE MEDICION	TEMPERATURA MAXIMA.
H	Devanado de inducido	Resistencia	160°C
	Devanado de campo	Resistencia	180°C
	Conmutador	Termómetro eléctrico	105°C

TIPOS DE MATERIAL AISLANTE.

Clase Y.

Algodón, seda y materiales textiles, sin impregnar.

Clase A.

- Algodón, seda y materiales textiles, impregnados por medio de barnices, laca, etc.
- Materiales moldeados o laminados con relleno celulóside u otros mate-- riales de propiedad semejantes.
- Hojas y películas de Acetato de celulosa y otros materiales similares.
- Barnices aislantes y esmaltes amianto aplicado a conductores.

Clase E.

- Algodón, seda, papel y material textil, sumergidos en aceites.
- Hilo de cobre esmaltado, sumergido en aceite.

Clase B.

- Aislamientos similares a los de clase A pero en mejores caracterísi-- cas aislantes.

Clase F.

- Mica, preparados a base de amianto, fibra de vidrio, materiales orgáni cos combinados con aglutinantes orgánicos, resina epóxica, poliésters.

Clase H.

- Resinas de silicón, cinta de elastómeros de silicón (tejido de vidrio), mica, preparado a base de amianto, nomex (nombre comercial) compuestos de silicón y materiales con propiedades semejantes.

Clase C.

- Kapton.
- Mica, amiante, fibra de vidrio y además materiales inorgánicos, sin - aglutinantes orgánicos.
- Porcelana, cuarzo, esteatita, vidrio y otros materiales orgánicos.

EVOLUCION DEL AISLAMIENTO CLASE H.

En los actuales motores de tracción, el aislamiento usado generalmente para obtener una satisfactoria condición de servicio es el de clase H.

Los materiales aislantes clase H se limitaron en los primeros años a - silicón, barníz con solvente, así como cintas de vidrio de diamante y de mi ca previamente impregnados, gracias a los progresos realizados en la química de estos materiales ha mejorado su capacidad térmica hasta encontrar:

- Hojas y cintas de polimidas con o sin pegamento, termoendurecido o termo- plásticos, por ejemplo el Kapton clase c.
- Papeles a base de polimidas diseñadas por Nomex.
- Hojas impregnadas Nomex (compuesta de polimida y gramos de mica).

- Resina de silicón sin solvente.

Dentro del caso de materiales aislantes sólidos los criterios de aplicabilidad así como su aptitud para el encintado y la impregnación juegan un papel muy importante.

- Las hojas y cintas de polimida presentan una muy buena aptitud para el encintado, este material es caracterizado por una muy alta resistencia a la comprensión y al desgarre, se usa para aislamiento de cobre.

Los productos Nomex, especialmente la calidad de los nomex m, pueden presentarse en forma de hojas, se usan como aislamiento en ranuras.

METODOS PARA OBTENER LA TEMPERATURA EN LAS PARTES DE LA MAQUINA.

En la práctica hay dos métodos de determinación de la temperatura de las partes de la máquina que son adaptadas:

a). Método por variación de resistencia, para los devanados aislados.
b). Método por termómetro eléctrico, para los colectores, anillos colectores y los devanados no aislados.

a). Método por variación de la resistencia:

En este método, el calentamiento de los devanados esta determinado por el aumento de la resistencia.

Para los devanados de cobre, el calentamiento al final de la prueba esta determinado por la siguiente fórmula:

$$t_2 - t_a = \frac{R_2}{R_1} (235 + t_1) - (235 + t_a)$$

donde:

t_a = Temperatura en °C del aire al final de la prueba.
t_2 = temperatura del devanado al final de la prueba.
t_1 = Temperatura del devanado en frío, al momento de la medición R_1.

R_2 = resistencia del devanado al final de la prueba.
R_1 = resistencia inicial del devanado frío.

b). Método del termómetro eléctrico.

En este método, la temperatura está determinado por medio de termómetros eléctricos aplicados inmediatamente después del arranque o paro de la máquina, sobre las partes accesibles del colector, de los anillos o de los devanados no aislados, los lugares presumiblemente más calientes.

C A P I T U L O II.

METODO PARA LA DETERMINACION DE LOS MOTORES DE TRACCION.

I.- GENERALIDADES.

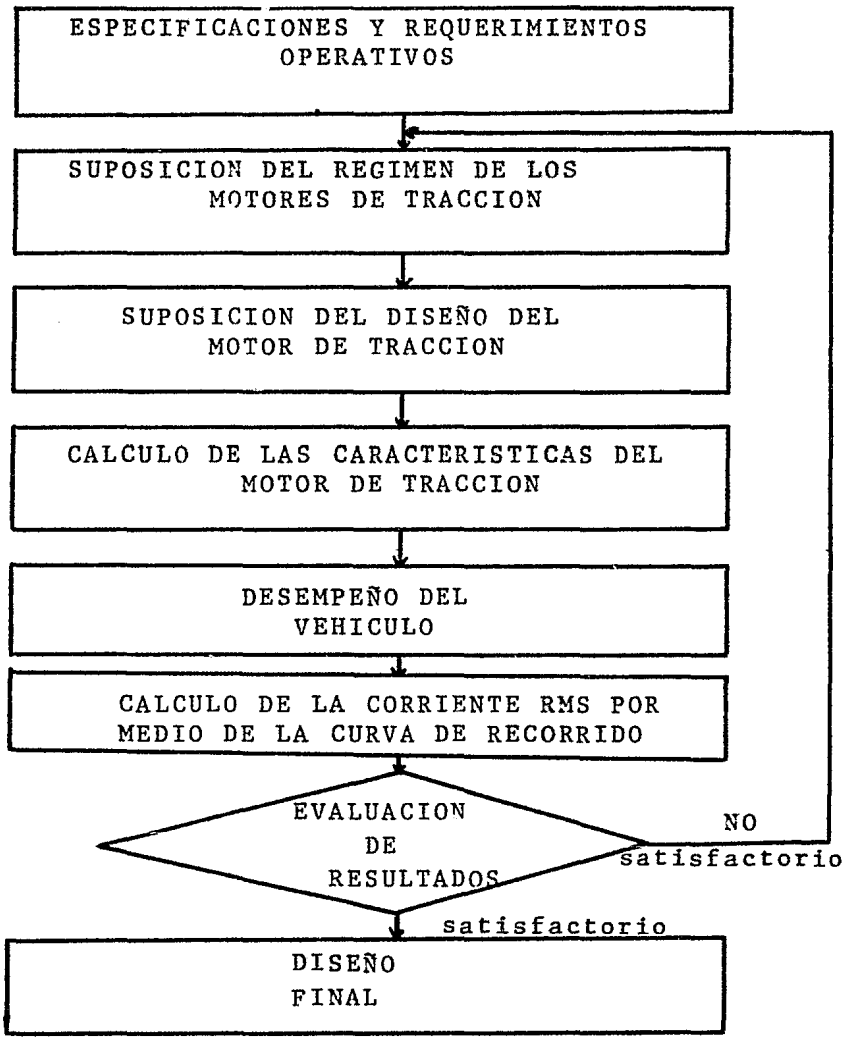
En este capítulo, se pretende exponer la metodología aplicada para la-determinación de las características electrotécnicas y electromecánicas de-los motores de tracción, con la finalidad de una aplicación específica, tomando como base para dicha determinación de características, los parámetros esenciales de las vías sobre las que circulará el vehículo, las características de éstos, así como los parámetros básicos de su operación.

La metodología que será expuesta en este trabajo, es aquella que es -- utilizada por los fabricantes especializados en motores de tracción.

Además, se pretende presentar los rangos de valores dentro de los cuales se ubican algunos parámetros dimensionales de los motores de tracción - actuales.

II.- METODOLOGIA.

La secuencia en las acciones que se llevan a cabo para la determinación de los motores de tracción, se ilustra en el diagrama de flujo siguiente:



ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS OPERATIVOS:

El dimensionamiento realista de los motores necesita el conocimiento - en todo instante, de los cambios de energía (tensión, corriente) en el mo-- tor de tracción.

Entonces, el dimensionamiento de los motores se efectúa en función de- las características dimensionales definidas con el desarrollo del método, - como:

- Velocidad de rotación máxima.
- Par máximo.
- Potencia máxima.
- Potencia contínua.
- Velocidad de rotación a potencia contínua.

Para lo cual es necesario definir un conjunto de datos descriptivos re lativos a la vía, el vehículo y a la tecnología del equipo de tracción, - - siendo:

A). Características de la vía.
- pendientes del terreno.
- radios de curvatura
- velocidad máxima autorizada
- tipo de instalación (aérea, subterranea o a nivel)
- estaciones
- perfil de la línea.

B). Características del vehículo.
- masa en vacío
- masa con carga
- masa equivalente a las inercias rotativas
- número de motores
- tipo de transmisión
- rendimiento de la transmisión
- resistencia al avance.

C). Características globales de explotación, como:

- aceleración máxima autorizada (α_H)
- frenado normal
- velocidad máxima de explotación (VM).
- seguridad.

El manejo de estos datos característicos en una forma correcta nos permite además:

A). Generar los límites del dominio de regulación o control de los motores de tracción.

B). Extraer, en todo punto de funcionamiento, las condiciones de alimentación de los motores de tracción.

Estos datos característicos se pueden clasificar en tres grandes divisiones:

A). Descripción de la línea.

B). Definición del vehículo.

C). Datos imperativos de explotación.

SUPOSICION DEL REGIMEN DE LOS MOTORES DE TRACCION:

La experiencia de los fabricantes de motores, en otro tipo de aplicaciones similares, les facilita la acción de suponer un motor de tracción, para cumplir satisfactoriamente los requisitos exigidos en la especificación (punto anterior), tomando como base la suposición del régimen de los motores de tracción.

Existen diferentes métodos de arribar a la suposición del régimen de los motores, tales como:

- Método del esfuerzo tractivo:

Consiste en conocer el esfuerzo trativo total, para vencer la inercia del tren, la resistencia por pendiente y dar la aceleración solicitada.

- Método por energía cinética:

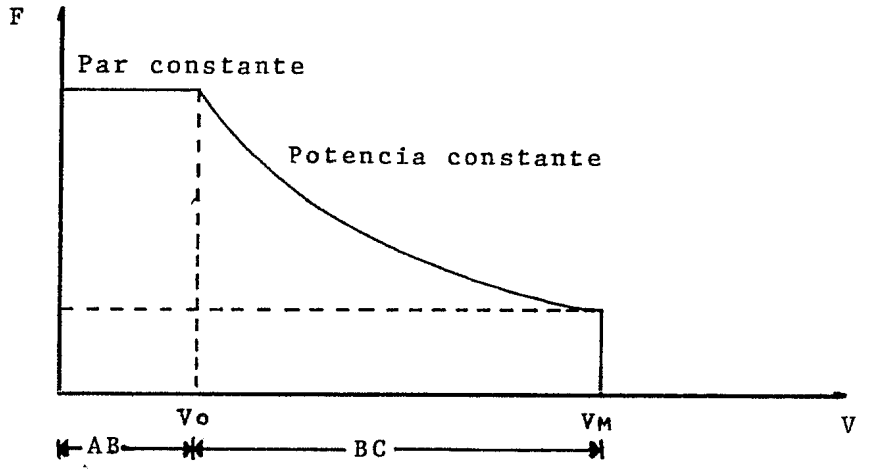
Consiste en determinar la energía cinética necesaria para llevar al tren a una velocidad específica.

- Método por velocidades (Vo, V_M)

Este procedimiento de Método por velocidades (Vo, V_M) que se presenta a continuación, nos lleva necesariamente a los mismos resultados, y se basa- en el hecho de que todos los motores de tracción, cuando son utilizados para la tracción de un vehículo, su dominio de regulación está limitado por- dos características principales, comprendidas entre la velocidad cero y la velocidad máxima:

a).- De la velocidad cero a la velocidad Vo, llamada "velocidad base, - el dominio de funcionamiento está limitado por una característica- a corriente máxima constante y par constante, (segmento AB de la - siguiente figura).

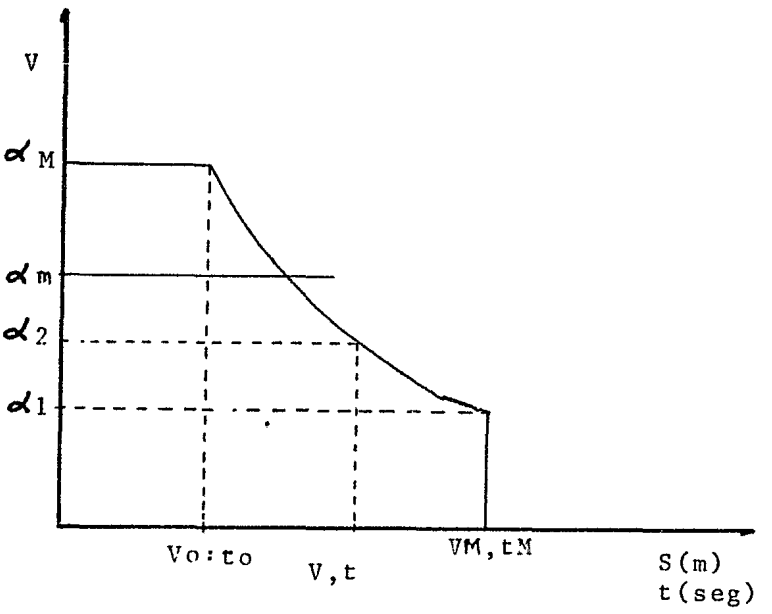
b).- De la velocidad Vo a la velocidad Vm, el dominio de funcionamiento está limitado por una característica a tensión máxima y potencia - (Kw) constante, (segmento BC de la figura).



Resumiendo, el método consiste en determinar los datos conocidos:

αM = aceleración máxima
Mt = masa del tren
VM = velocidad máxima
TM = tiempo para alcanzar la velocidad máxima.

Como ya se indicó, en tracción eléctrica el arranque de los motores de tracción se realiza a par constante, hasta alcanzar una velocidad Vo y una- vez alcanzada ésta, se aplica un control en la velocidad de los motores a - potencia constante, es decir: F tractiva x V = K, desde Vo hasta V_M.



Donde: α_m = aceleración media

α_1 = aceleración correspondiente a la velocidad máxima.

α_2 = aceleración cualquiera.

V = velocidad cualquiera.

Lo expresado anteriormente permite escribir las expresiones de velocidad, tiempo y espacio como:

A). En el intervalo: $0 \leq V \leq Vo$

$$Vo = \alpha_M \cdot to \quad - - - - \quad (1)$$

$$VM = \alpha_1 \cdot t_M \quad - - - - \quad (2)$$

$$S = \frac{1}{2} \alpha_M \cdot t^2 \quad - - \quad (3)$$

B). En el intervalo $Vo \leq V \leq VM$

$$Ftractiva \cdot V = Ftractiva \cdot Vo = Ftractiva \cdot Vm = K'$$

Si se divide entre M_t a ambos miembros de la ecuación, resulta:

$$\alpha_M \cdot Vo = \alpha_1 \cdot VM = K \quad - - - - \quad (4)$$

donde $K = \frac{K'}{Mt}$

Como $\alpha_2 \cdot V = V \cdot \frac{dv}{dt} = K \quad - - - - \quad (5)$

donde: $\alpha_2 = dv/dt$

trabajando con $\frac{vdv}{dt} = K$

$$vdv = Kdt$$

$$\int_{vo}^{vM} vdv = K \int_{to}^{tM} dt$$

$$\frac{V^2}{2}\Big]_{vo}^{vM} = Kt\Big]_{to}^{tM}$$

$$\frac{V_M^2 - Vo^2}{2} = K\,(t_M - to)$$

$$V_M^2 - Vo^2 = 2K\,(t_M - to)$$

$$t_M = to + \frac{V_M^2 - Vo^2}{2K} \quad \text{.....(6)}$$

Ahora para obtener la expresión del espacio partimos de la ec (4) y (5):

$\alpha_1 \cdot V_M = \alpha_M \cdot Vo = K$--- (4) $\qquad V\,\frac{dv}{dt} = K$ ---(5)

multiplicando el primer miembro de la ecuación (5) por $\frac{ds}{ds}$, tenemos:

$$\frac{Vdv}{ds} \cdot \frac{ds}{dt} = K \;;\; \text{donde: } \frac{ds}{dt} = V$$

$$V^2 \frac{dv}{ds} = K$$

$$V^2 dv = Kds$$

$$\int_{v_o}^{v_M} v^2 dv = K \int_{So}^{SM} ds$$

$$\frac{V^3}{3}\Big]_{vo}^{vM} = Ks\Big]_{So}^{SM}$$

$$\frac{V_M^2 - Vo^3}{3} = K\,(S_M - So)$$

$$S = \frac{V_M^3 - Vo^3}{3K} \quad \text{....(7)}$$

Sustituyendo las ecuaciones siguientes en (6).

$tm = \frac{V_M}{\alpha_1}$ - - - - (2); $\quad to = \frac{Vo}{\alpha_M}$ - - - - (1); $\quad K = \alpha_M\, Vo$ - - - - (4)

Tenemos:

$$\frac{V_M}{\alpha} = \frac{V_o}{\alpha_M} + \frac{V_M^2 - V_o^2}{2\alpha_M V_o} \quad - - - - - - - (8)$$

Multiplicando toda la ecuación por: $2\alpha_M \cdot V_o$, obtenemos

$$0 = V_o^2 + V_M^2 - 2\alpha_M V_o V_M \quad - - - - - - (9)$$

Se aprecia que la ecuación (9), es de la forma:

$$0 = 1 + \lambda 2 - \frac{2\alpha_M \lambda}{\alpha} \quad - - - - (10)$$

donde $\lambda = \frac{V_o}{V_M}$ - - - - (11) $\qquad V_o = \lambda \cdot V_M$ - - - - (11')

Entonces, se puede observar que al encontrar el valor de λ, podemos encontrar implicitamente el valor de Vo (velocidad base), y una vez obtenido éste, se aplica la expresión "4" ($\alpha_M \cdot V_o = K$) y este valor de K multiplicado por la masa (M_t) del tren, obtenemos la potencia máxima del equipo de tracción, entonces:

$$P_{MAX} = K\,(M_t) \quad - - - (12)$$

$$P_{MAX} = (\alpha_M V_o)\, M_t \quad ---(13)$$

Una vez determinada la potencia máxima del motor de tracción el fabricante se basa en su experiencia en otro tipo de aplicaciones similares, se le facilita la acción de suponer un motor para llenar los requisitos exigidos en la especificación.

SUPOSICION DEL DISEÑO DEL MOTOR DE TRACCION:

El motor propuesto es tal que el dimensionamiento adoptado es característico de las condiciones de explotación prefijadas. Además, a nivel de su concepción electrotécnica, se debe tener un motor de dimensiones en longitud reducida, pero que proporcione el par necesario para satisfacer las especificaciones de aceleración, con un nivel de corriente limitada.

La relación de transmisión es escogida de tal forma de obtener una adaptación que haga corresponder a la velocidad máxima del tren a una velocidad de rotación del motor de tracción específica.

Sobre el plan de dimensionamiento y de la concepción electrotécnica, las características más importantes son:

A). Régimen de explotación:

1.- El dimensionamiento térmico.
   a). calentamiento del inducido.
   b). calentamiento del colector.
   c). calentamiento de los polos principales y p. auxiliares.
2.- Corriente demandada.
3.- Campo residual efectivo.
4.- Una buena conmutación y buena insensibilidad a los flashes, garantizada por las siguientes disposiciones constructivas:
   a). Limitación de la tensión media entre delgas.
   b). Compensación de los amperes vuelta del inducido.

B). Régimen de funcionamiento.

1.- Tensiones normales tanto en tracción como en frenado.
2.- Régimen contínuo.
   Potencia en el eje.
   Tensión (v).
   Corriente (A).
   Vel. de rotación (RPM).
   Campo residual (%).
   Calentamiento del inducido (°C)

Calentamiento del colector (°C).

Calentamiento de los polos principales y auxiliares (°C).

3.- Régimen máximo:

Imax (A)

Tensión máxima (V).

Vel. máxima (RPM).

Velocidad de embalamiento (RPM)

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS.

Las características constructivas que se deben conocer son:

Inducido:

- Diámetro exterior.
- Longitud del hierro.
- Calidad de las chapas.
- Dimensiones de las ranuras.
- Tipo de devanado.
- Número de conductores por ranura.
- Dimensiones de los conductores.
- Clase de aislamiento.

Colector:

- Diámetro.
- Perímetro.
- Número de delgas.
- Dimensión de las entredelgas.

Conjunto Porta-Escobillas:

- Número de líneas.
- Número de escobillas por línea.
- Número de escobillas por línea.
- Dimensiones de las escobillas.

Carcasa Magnética:

- Masas polares.
- Número de polos.
- Longitud del hierro.
- Entrehierro lado carcasa - inducido.
- Entrehierro lado polo-inducido
- Naturaleza de la carcasa.
- Naturaleza de las masas polares.
- Calidad de las láminas de las masas polares.

Bobinas Polares:

- Dimensión de los conductores.
- Disposición.
- Acoplamiento (serie ó paralelo)
- Clase de aislamiento.

Ventilación:

- Natural o forzada.
- Gasto de aire.

CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR DE TRACCION:

Se deben determinar las características del motor, considerando el tipo de control que se realiza. Con ésto se pueden dar sus gráficas.

+ Par - Corriente de Armadura.
+ Velocidad - Corriente de Armadura
+ Eficiencia
+ Por velocidad.

Dentro del control del motor se observan reducciones del campo de excitación, entonces las características deben ser calculadas para un porcentaje de campo máximo, uno intermedio y un porcentaje de campo reducido de - - excitación.

Las características a determinar son.

- Amperes (I) - (Régimen Contínuo)	(I)
- Voltaje Aplicado	(V)
- Caída de tensión de la armadura.	(Ia•Ra)
- Caída de tensión de las escobillas	Vb
- Caídas totales.	V_T = IaRa + Vb
- Fuerza contraelectromotríz (fcem)	fcem = V - V_T
- Flujo	ϕ
- Velocidad del motor	RPM
- Pérdidas en el cobre	I_a^2. R
- Pérdidas en el núcleo	P_N; (Kw)
- Pérdidas en las escobillas.	Ia•Vb
- Pérdidas Mecánicas.	P_{MEC}; (Kw)
- Pérdidas Indeterminadas.	P_{IND}; (Kw)
- Total de Pérdidas.	Pérdidas.
- Potencia de Entrada	VI
- Potencia de Salida	VI - ΣPérdidas
- Eficiencia del motor	η = Pot salida/Pot entrada.
- Eficiencia de la transmisión	ηtransmisión.
- Eficiencia Total.	T = η . ηtransm.
- Par ó esfuerzo tractivo	F_T=367 $\frac{V.I \cdot \eta T X 10^{-3}}{velocidad}$

CALCULO DEL DESEMPEÑO DEL VEHICULO.

En el cálculo del desempeño del vehículo, se necesita conocer el comportamiento de los motores de tracción en los carros motrices, para lo cual se hace una simulación de recorridos en la línea de acuerdo a los estados de carga del vehículo, definiéndose el estado de carga normal (3/4 de carga) y así como el estado de carga de afluencia (4/4 de carga) y los ciclos de recorrido para dicha simulación son del tipo:

Ciclo A: Recorrido en plano horizontal, con una longitud específica, con una aceleración máxima en tracción hasta alcanzar la velocidad máxima, un tiempo definido sin traccionar a los motores y una desaceleración de un valor determinado en un tiempo de recorrido dado.

Ciclo B: Recorrido en rampa de un porcentaje de pendiente (arranque en plano horizontal en una distancia dada). Con una aceleración máxima en tracción hasta alcanzar la velocidad máxima, un tiempo definido sin traccionar a los motores y una desaceleración de un valor determinado. Tiempo de recorrido especificado.

Ciclo C: Recorrido en plano horizontal, de una longitud específica, con una aceleración en tracción menor a la del ciclo A, hasta alcanzar la velocidad máxima una desaceleración igual a las anteriores y un tiempo de recorrido.

Ciclo D: Recorrido de longitud específica en rampa de una pendiente dada (arranque en plano horizontal una cierta distancia); con una aceleración máxima en tracción un tiempo en neutro y una desaceleración, todo esto en un tiempo total.

La simulación de recorrido consisten en la combinación de los ciclos anteriores, como sigue:

1.- Servicio contínuo: 10 ciclos A + 5 ciclos B + 10 ciclos A + 10 ciclos A + 5 ciclos B + 10 ciclos A.

2.- Servicio de afluencia: (Se harán después del servicio contínuo) y son:

8 veces (10 ciclos C + 5 ciclos D + 10 ciclos C) y - restablecer el servicio contínuo.

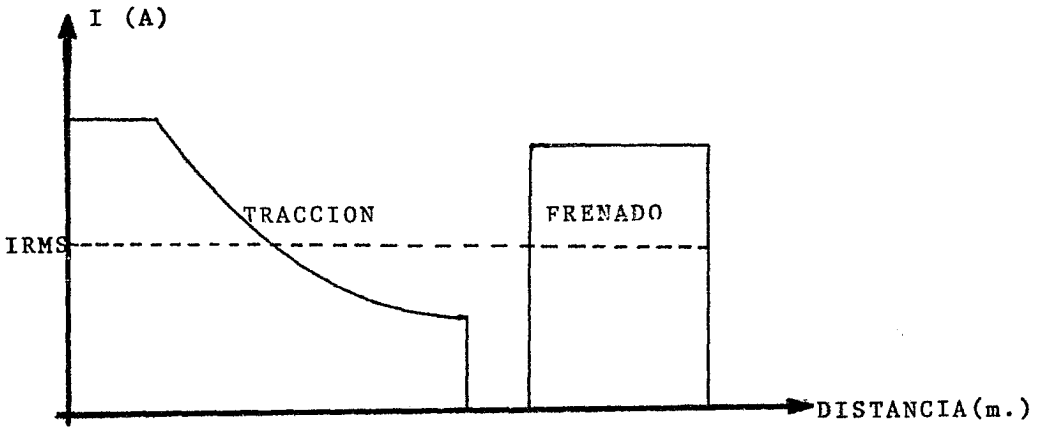
Al efectuar la simulación enunciada, se deben obtener los registros - adecuados que nos permitan evaluar el comportamiento del vehículo y con ésto, el del motor de tracción.

Los registros a obtener durante la simulación son:

- Curva de corriente de motores en tracción.
- Curva de corriente en motores de frenado.
- Registros de temperatura en Inducido.
- Registros de temperatura en Colector.
- Registros de temperatura en Polos Principales.
- Registros de temperatura en Polos Auxiliares.
- Curva velocidad = f (t)
- Curva velocidad = f (distancia).

CALCULO DE LA CORRIENTE RMS POR MEDIO DE LA CURVA DE RECORRIDO.

Después de haber realizado la simulación, por medio de los ciclos de - recorrido y haber obtenido los registros de la corriente en los motores, -- tanto para tracción como en frenado, se hace el cálculo de la corriente - - efectiva (IRMS).



El cálculo se efectúa utilizando métodos numéricos aplicables a los sistemas computarizados, o mediante el cálculo del área bajo la curva, descomponiéndola en porciones de fácil identificación calculando el área de cada porción y haciendo la sumatoria de áreas.

EVALUACION DE RESULTADOS.

Aquí se debe analizar los resultados obtenidos hasta éste punto, principalmente en:

A). Comportamiento del vehículo con el desempeño previsto en los ciclos de recorrido.

Verificando:

- Obtención de la aceleración máxima en tracción.
- Obtención de la desaceleración en frenado.
- Cumplimiento de las distancias dadas, en el tiempo previsto.

B). Comprobación de que la IRMS calculada por la curva de recorrido, sea de un valor menor o igual a la corriente de régimen unihorario, con lo que se tendrá un régimen de calentamiento de la máquina óptimo.

C). Comprobación de los registros térmicos obtenidos durante la curva de recorrido (simulación), constatando que éstos sean menores o iguales a los obtenidos en condiciones de régimen contínuo. Los límites de temperatura están fijados por las normas utilizadas.

Verificando:

- Temperatura del inducido.
- Temperatura del colector.
- Temperatura de los polos principales.
- Temperatura de los polos auxiliares.

III.- APLICACION DE LA METODOLOGIA AL CASO PARTICULAR DEL MATERIAL (NM 79).

Para mostrar la aplicación del método para la determinación de un motor de tracción, se expone el caso particular del material NM-79 del metro de la ciudad de México.

Se desarrolla el método en base al diagrama de flujo presentado.

ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS OPERATIVOS.

El clima de la ciudad de México se caracteriza por una temperatura variable de 0°C a 30°C, con variaciones fuertes durante el día de lluvias abundantes durante tres meses del año, la altitud media de la ciudad de México es de 2240 m. sobre el nivel del mar.

Características del perfil de vía:

Las condiciones límite del trazo son:

- Pendientes hasta 6.5%, llegando a ser excepcionalmente de 8%.
- Curva contínua de 45 m. de radio, de un desarrollo superior a la longitud de dos carros enlazados tangencialmente, sin acoplamiento parabólico en los alineamientos que lo rodean, comprendiendo éstos por lo menos la longitud de un carro.

Tensión de alimentación:

- La tensión nominal de la línea es de 750 V.C.C., y de acuerdo con las condiciones de carga de la red, se pueden tener valores límites de 900 V a 500 V, pudiendo variar bruscamente de un valor al otro.
- Para los cálculos de la determinación del motor y el comportamiento, la tensión media se considera de 720 V.C.C.

Motores de Tracción.

- Los motores de tracción serán de corriente contínua, con excitación serie y excitación AVF (Campo Variable Automático).
- El motor actuará en un mismo eje, por medio de un puente diferencial.
- Los motores deberán ser autoventilados.

- Los dos motores de una misma carretilla, permanecerán conectados en serie permanen-temente, formando un grupo. Los dos grupos de un mismo carro motríz, quedarán permanentemente conectados en paralelo.
- El número total de motores en un tren será de 24, teniendo 4 por carro motríz.
- El puenteode campo de los motores será de acuerdo al sistema AVF. Las variaciones de campo, tendrán un funcionamiento contínuo a condición de que ésto no perjudique a los motores o a las condiciones de servicio.
- Estos motores podrán ser utilizados, tanto en tracción como en frenado - eléctrico (por recuperación o reostático).
- Los motores deberán estar apegados a normas técnicas internacionalmente - reconocidas.

VELOCIDAD.

- La velocidad máxima de servicio es 80 Km/hr.

CARACTERISTICAS DEL VEHICULO.

- El desarrollo de las ruedas neumáticas es: 3.04 m.
- Eficiencia de la transmisión = 0.92
- Relación de transmisión = 9.2285
- La resistencia al rodamiento para rueda neumática R = $\frac{11.6}{1000}$ del peso.
- La resistencia debida al aire, para un tren de 9 carros: $Fa = 0.20\ v^2$.

CARGAS.

- Para el cálculo del comportamiento se considera la siguiente tabla, para un tren de 9 carros.

	Carga Nominal (3/4)	Carga de Afluencia (4/4)
Peso	308 ton.	333 ton.
Peso de inercia	351 ton.	376 ton.

- Se consideran dos estados de carga:
  A). Carga normal (3/4 carga).
  B). Carga de afluencia (4/4 carga).

ARRANQUE.

- El comando de la tracción y del frenado será continuo, para evitar variaciones bruscas del par motor para tener suavidad de marcha y comodidad para los usuarios.
- El tren con 3/4 de carga y en plano horizontal podrá alcanzar 48 Km/hr en 12.5 segundos y 72 Km/hr en 30 seg. como máximo.
- La aceleración máxima será de 1.4 m/seg^2 y deben preveerse ajustes para permitir una aceleración media de 0.9 m/seg^2 y los valores intermedios entre éllos.

FRENADO.

- En caso de que la línea sea totalmente receptiva, el frenado eléctrico regenerativo debe ser capaz de producir una desaceleración de 0.9 m/seg^2, desde una velocidad de 70 Km/hr, en terreno horizontal y con una carga de 3/4.

SUPOSICION DEL REGIMEN DE LOS MOTORES DE TRACCION:

Para la determinación de la potencia de los motores de tracción se parte de conocer los siguientes datos:

V_M = Velocidad máxima del tren = 80 Km/hr.

t_M = tiempo requerido para alcanzar la velocidad máxima= 38s.

α_m= aceleración media = $\frac{V_M}{t_M} = \frac{80/3.6}{38} = 0.5847 \frac{m}{S^2}$

α_M = aceleración máxima = 1.4 m/S^2

Los cuales se aplicarán a la ecuación (9) expuesta en incisos anteriores.

$$1 + \lambda^2 - \frac{2\alpha_M}{\alpha}\lambda = 0 \qquad (9)$$

$$\lambda^2 - \frac{2(1.4)}{0.5847} + 1 = 0$$

$$\lambda^2 - 4.788\,\lambda + 1 = 0$$

La cual es una ecuación cuadrática, cuya solución es:

$$\lambda_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \text{donde: } a = 1;\ b = -4.788;\ c = 1$$

$$= \frac{+4.788 \pm \sqrt{22.932 - 4}}{2}$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{+4.788 \pm \sqrt{18.932}}{2}$$

$$\lambda_1 = \frac{4.788 + 4.35}{2} = 4.569$$

$$\lambda_2 = \frac{4.788 - 4.35}{2} = 0.2188$$

De donde se escoge el valor de λ_2 = 0.2188; ya que Vo < Vm.

Aplicando la ecuación 11 ($\lambda = \frac{Vo}{V_M}$), obtenemos Vo, que es la velocidad de base:

$$Vo = \lambda V_M \cdots\cdots (11')$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$Vo = 0.2188\ (80\ Km/hr)$$

$$Vo = 17.50\ \frac{Km}{hr}$$

Aplicamos la ecuación "4" ($\alpha_M\ Vo = K$)

Sustituyendo los valores tenemos:

$$\alpha_M\ Vo = K$$

$$\left(1.4\ \frac{m}{s^2}\right)\ \left(\frac{17.5\ Km}{hr} / 3.6\right) = K$$

$$\left(1.4\ \frac{m}{s^2}\right)\ \left(4.862\ \frac{m}{s}\right) = K$$

$$6.807\ \frac{m^2}{s^3} = K$$

Luego se aplica la ecuación 12;($P_{MAX} = K\ M_T$)

Donde: P_{MAX} = Potencia Máxima Requerida.

K = Cte.

M_T = Masa del tren en (Kg)

Sustituyendo valores, tenemos:

a). Carga de Afluencia (4/4).

$$P_{MAX} = \left(6.807\ \frac{m^2}{s^3}\right)\ (376\ 000\ Kg)$$

$$P_{MAX} = 2559711.032\ Kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot \frac{m}{s}$$

$$= 2559711.032\ \frac{Nw\text{-}m}{s}$$

$$= 2559711.032\ \frac{Joules}{s}$$

$$P_{MAX} = 2559711.032\ Watts$$

Finalmente:

$$\therefore\ P_{MAX} = 2559.711\ Kw$$

Pero para determinar la potencia máxima de cada uno de los motores de-tracción, es necesario dividir la potencia máxima obtenida entre el número-total de motores de tracción con que cuenta el tren. Siendo un número de - 24 motores, la expresión de la potencia máxima por motor nos queda:

$$P_{MAX} = \frac{2559.711 \text{ Kw}}{24}$$

P_{MAX} = 106.65 Kw Potencia en la rueda.

Ahora si se afecta por la eficiencia de la transmisión, tendremos la - P_{MAXIMA} que es necesario suministrar al motor de tracción.

$$P_{MAX} = \frac{106.65 \text{ Kw}}{0.92}$$

P_{MAX} = 115.928 Kw Potencia-mecánica en la flecha.

Afectandola por la eficiencia del motor

$P_{MAX} = \frac{115.92}{0.9}$ = 128.8 Kw Potencia suministrada al motor.

b). Para carga Nominal (3/4 de carga).

Para este tipo de carga la masa del tren es 351 toneladas, entonces la potencia máxima es:

$$P_{MAX} = (6.807 \frac{M^2}{S^3}) \quad (351\ 000 \text{ Kg})$$

= 2389517.479 watts.

P_{MAX} = 2389.5174 Kw.

P_{MAX} por motor = 99.563 Kw Potencia máxima en la rueda.

Afectándola por la eficiencia de la transmisión = 92%

P_{MAX} por motor = 108.22 Kw Potencia máxima mecánica en la flecha.

Afectándola por la eficiencia del motor (0.9) tenemos:

$\boxed{P_{MAX} = 120.24 \text{ Kw}}$ Potencia suministrada al motor.

En donde podemos estimar el manejo de corriente para dicha potencia máxima:

$$P = VI$$

$$I = P/v$$

$$I = \frac{128.8 \text{ Kw}}{360 \text{ V}}$$

$$\boxed{I = 357.77 \text{ A}}$$

SUPOSICION DEL DISEÑO DEL MOTOR DE TRACCION.

En base a los cálculos efectuados dentro de la suposición del régimen del motor de tracción se tiene un valor de potencia máxima, y de corriente que circulará por el motor de tracción.

De acuerdo a lo anterior se buscó en el catálogo de motores de tracción y el motor cuyas características son lo más próximo posible a lo determinado por los requerimientos, es el denominado como MB-3230A el cual es un motor de tracción de corriente continua, con devanados Serie, con bobinas de AVF (Campo Variable Automático), de cuatro polos y del tipo autoventilado, cuyas características son:

REGIMEN UNIHORARIO.

Potencia	138 Kw.
Voltaje	360 V.
Corriente	426 A.
Velocidad	1950 RPM

REGIMEN CONTINUO O DE EXPLOTACION.

Potencia	128 Kw
Voltaje	360 V.
Corriente	395 A.
Velocidad	2000 RPM

- Peso: Aproximadamente 690 Kg.
- Tipo de aislamiento: Clase H.
- Máxima velocidad en pruebas: 5060 RPM
- Tasa de reducción de campo máxima: 35%

ARMADURA

Diámetro	330 mm.
Longitud del hierro	173 mm.
Número de ranuras	42
Tamaño de la ranura	7.5 x 33.8
Bobinas por ranura	4
Total de conductores	336
Dimensiones del conductor	2.9 x 6.8
Densidad de corriente	5.15A/mm^2 R.continuo

POLO PRINCIPAL

Arco polar	53°
Entrehierro	5.7 mm
Ancho del núclo	130 mm
Longitud del núcleo	177 mm
Número de vueltas de las bobinas: - Bobina serie - Bobina AVF	 8 15
Dimensión de las bobinas - Bobina serie. - Bobina AVF	2.8 x 39 mm 1.8 x 39 mm
Densidad de corriente - Bobina serie - Bobina AVF	 3.64 A/mm^2 R.contínuo. 3.91 A/mm^2

POLO DE CONMUTACION.

Ancho del núcleo	32 mm
Longitud del núcleo	180 mm
Número de vueltas	14
Dimensiones de las bobinas	4.1 x 22 mm
Densidad de corriente	4.4 A/mm^2 R.contínuo
Entrehierro	7.5 mm

CARCASA

Diámetro exterior	560 mm
Diámetro Interior	438 mm
Ancho x longitud	38.5 x 350 mm

CONMUTADOR.

Diámetro	250 mm
Número de delgas	168
Voltaje entre delgas	8.57 V.
Número de escobillas	4 x 2
Tamaño de la escobilla	20 x 45 mm
Densidad de corriente en la escobilla	11 A/mm^2 (R. contínuo)

CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR DE TRACCION.

Estas características se conocen en un banco de pruebas, en el cual se le aplica al motor una tensión de 360 V, una corriente de 395 A, y conociéndose la resistencia ohmica del devanado de armadura (R_a = 0.025), se calcula:

- Caída de tensión en la armadura - (IR_A)

  IR_A = (395 A) (0.025Ω) = 9.9 V

- Caída de tensión en las escobillas - (Vb)

  Por normas, este valor es de 2 Volts, por lo tanto Vb = 2 V

- Caída de tensión total - (Vr)

  $V_T = IR_A + Vb = 9.9 + 2 =$ 11.2 V

- Fuerza contra electromotríz - (FCEM)

  FCEM = V- V_T = 360 -11.2 = 348.1 V.

- Velocidad del motor - (N).

  $$N = \frac{FCEM}{K\emptyset} = \frac{348.1}{0.17} = 2050 \text{ RPM}$$

Donde: KØ = 0.17 es una constante, debido a que el porcentaje de campo está automáticamente fijado por la relación de conducción del sistema de control de velocidad por voltaje (chopper), entonces el - flujo magnético Ø tiene un valor único, cuando se supone la corriente de armadura y la razón de conducción del sistema de control de velocidad.

- Velocidad del vehículo - (v)

  $$v = \left(\frac{N}{R.T}\right) D \times \pi \times 60x10^{-6}$$

  donde:

  v = velocidad del vehículo en Km/hr.

  N = velocidad del motor de tracción en RPM.

  D_R= diámetro de la rueda en mm.

  R.T= relación de la transmisión

Entonces $v = \frac{2050}{9.23} \quad (967)(3.1416)\ (60 \times 10^{6})$

$v = 40.4$ Km/hr.

El cálculo de las pérdidas en el motor, se efectúa para unas tasas de-reducción de campo de 100%, 80% y 35% (que en nuestro caso son valores muy-representativos), con la finalidad de obtener la eficiencia de la máquina,-así como su par tractivo.

- Para 100% de campo y una tensión de 360 V. tenemos:

Corriente de armadura (A)	200	296	395	494	650
Corriente de AVF (A)	200	296	395	494	650
Velocidad del motor (RPM)	2646	2116	1880	1746	1609
Pérdidas independientes de la corriente (Kw).	5.62	5.13	5.72	6.59	7.98
Pérdidas I^2R en el devanado serie(Kw)	1.01	2.20	3.92	6.14	10.63
Pérdidas I^2R en el devanado de AVF(Kw)	0.58	1.28	2.28	3.56	6.17
Pérdidas en las escobillas (Kw)	0.40	0.59	0.79	0.99	1.30
Pérdidas indeterminadas (Kw)	0.17	0.37	0.41	0.50	0.51
Total de pérdidas (Kw)	7.78	9.57	13.12	17.78	26.59
Potencia de entrada (Kw)	72.58	107.84	144.48	181.40	240.17
Potencia de salida (Kw)	64.8	98.27	131.36	163.62	213.58
Eficiencia (%) $\frac{\text{P.salida}}{\text{P.entrada}} = \eta$	89.3	91.1	90.9	90.2	88.9
Par (Kg/m); $\frac{\text{P.salida (Kw)}}{\text{N(RPM)}} \cdot 975.$	23.9	45.3	68.1	91.4	129.4

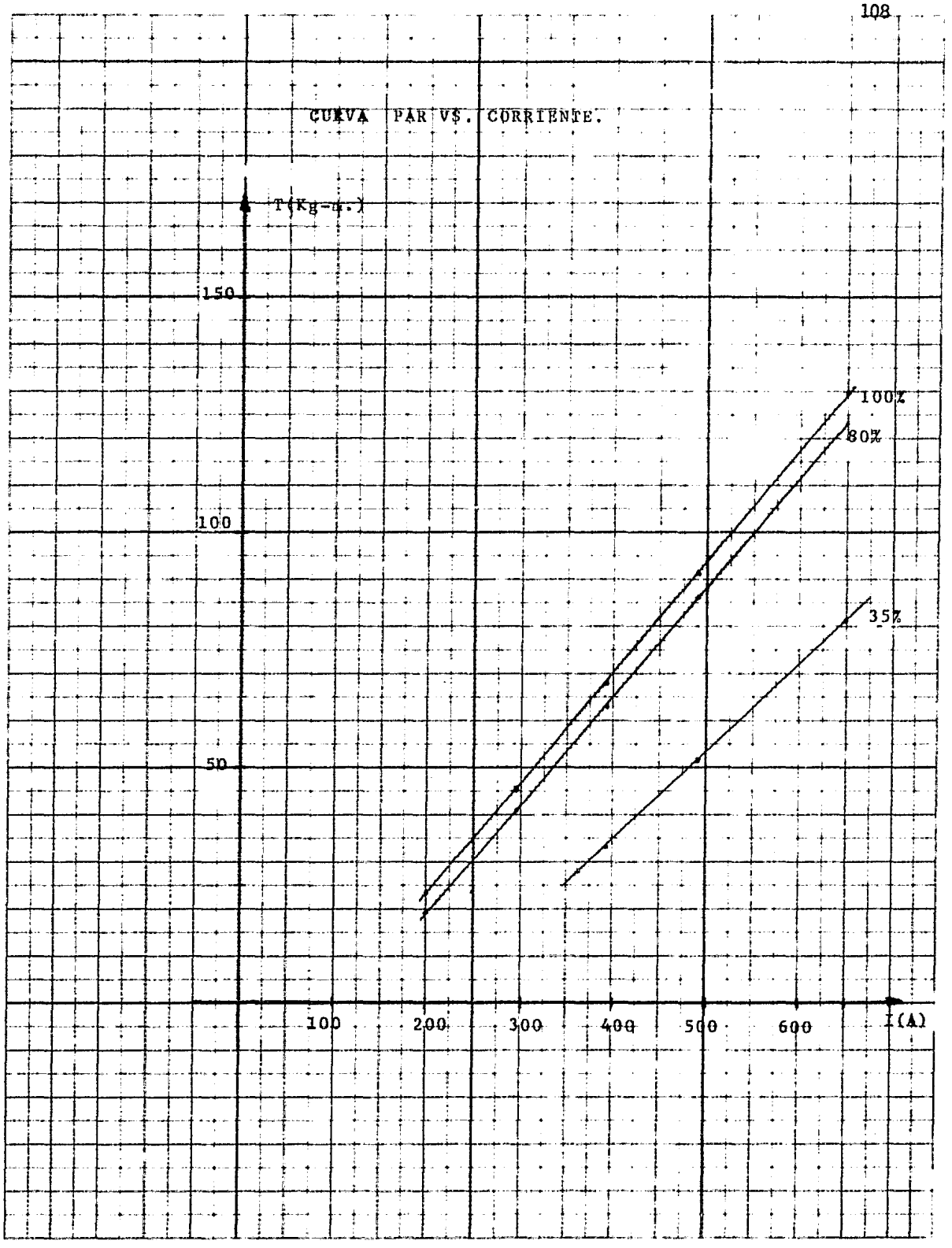
- Para 80% de campo y una tensión de 360 V:

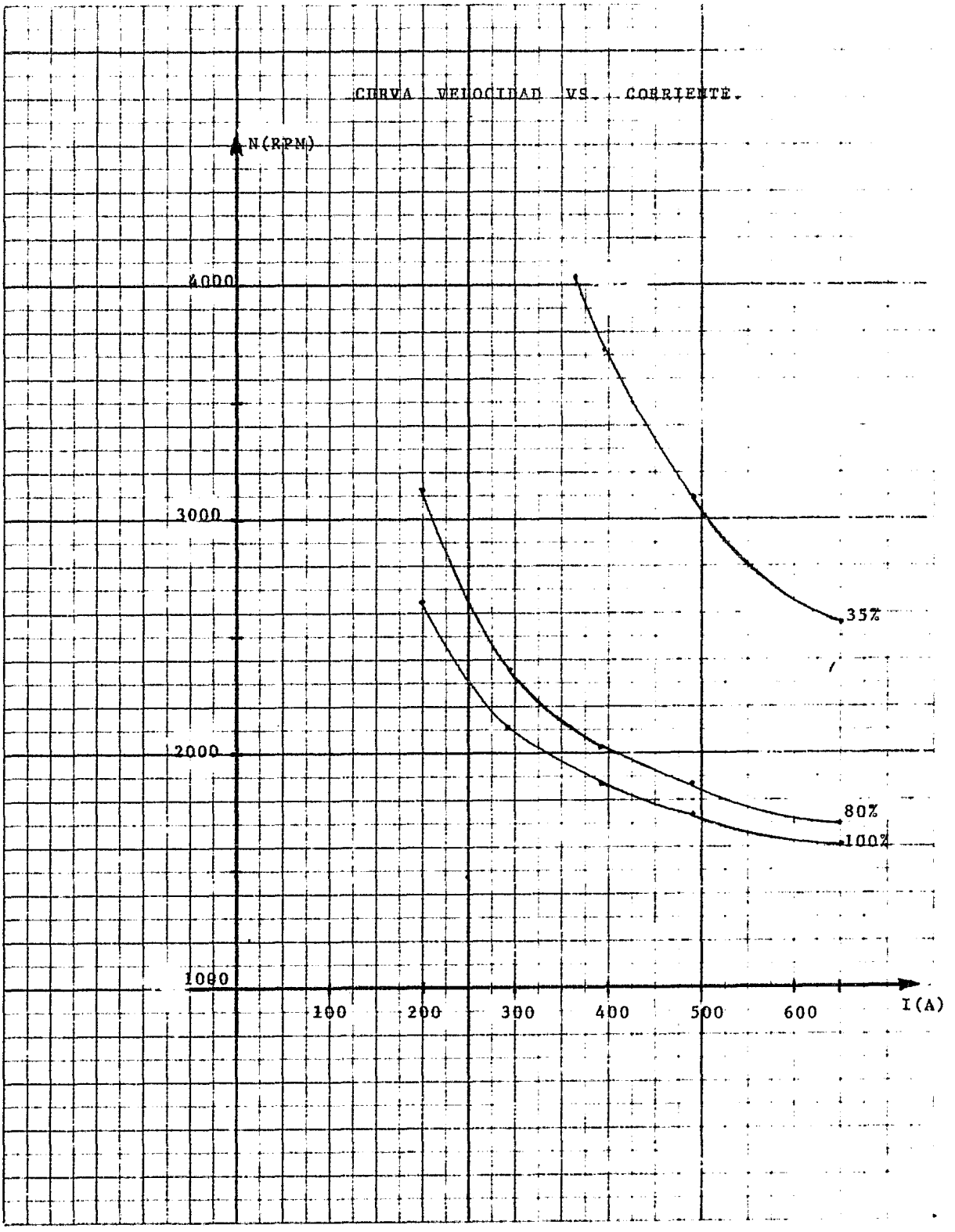
Corriente de armadura (A)	200	296	395	494	650
Corriente de AVF (A)	139	205	274	343	451
Velocidad del motor (RPM)	3125	2364	2035	1865	1700
Pérdidas independientes de la corriente(Kw)	6.86	4.86	4.90	5.50	6.72
Pérdidas I^2R en el devanado serie (Kw)	1.01	2.20	3.92	6.14	10.63
Pérdidas I^2R en el devanado AVF (Kw)	0.28	0.61	1.10	1.72	2.97
Pérdidas en las escobillas (Kw)	0.40	0.59	0.79	0.99	1.30
Pérdidas Indeterminadas (Kw)	0.39	0.14	0.41	0.60	0.65
Total de pérdidas (Kw)	8.94	8.40	11.12	14.95	22.27
Potencia de entrada (Kw)	72.28	107.17	143.3	179.56	236.97
Potencia de salida (Kw)	63.34	98.77	132.18	164.61	214.7
Eficiencia (%) η	87.6	92.2	92.2	91.7	90.6
Par. (Kg-m).	19.8	40.7	63.3	86.1	123.1

- Para 35% de campo y una tensión de 360 V.:

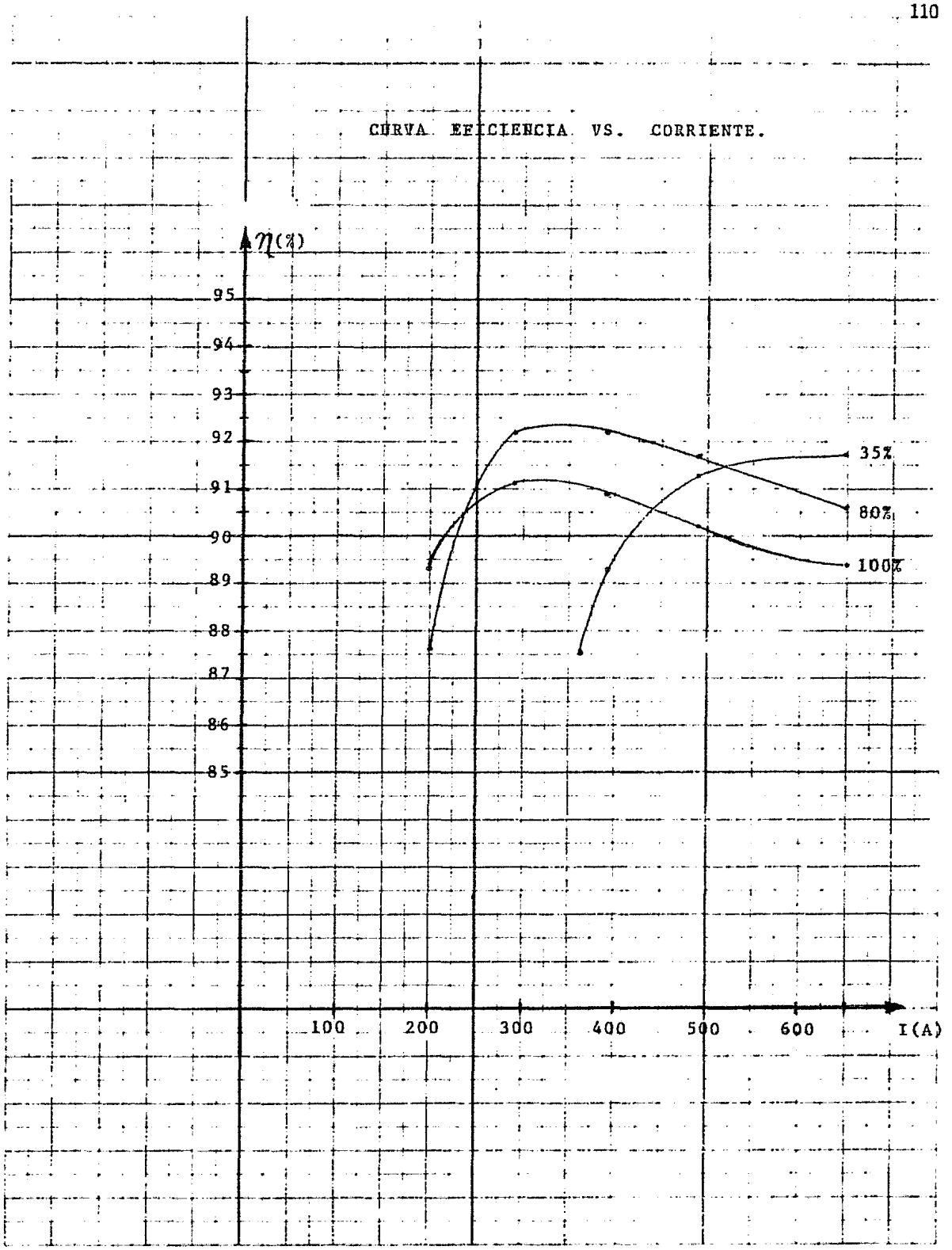
Corriente de armadura (A)	365	395	494	650
Corriente de AVF (A)	---	---	---	---
Velocidad del motor (RPM)	4017	3709	3094	2564
Pérdidas independientes de la corriente(Kw)	10.36	8.83	6.42	5.40
Pérdidas I^2R en el devanado serie (Kw)	3.35	3.92	6.14	10.63
Pérdidas I^2R en el devanado AVF (Kw)	---	---	---	---
Pérdidas en las escobillas (Kw)	0.73	0.79	0.99	1.30
Pérdidas indeterminadas (Kw)	1.93	1.62	1.95	2.19
Total de pérdidas (Kw)	16.37	15.16	15.50	19.52
Potencia de entrada (Kw)	131.4	142.2	177.84	234.0
Potencia de salida (Kw)	115.03	127.04	162.34	214.48
Eficiencia (%) η	87.5	89.3	91.3	91.7
Par (Kg-m)	27.9	33.4	51.2	81.6

Las gráficas correspondientes a cada una de estas tablas, se presentan en las páginas siguientes. En éstas se puede apreciar que el motor selec-- cionado, en conjunto con su control de velocidad, es capaz de satisfacer - adecuadamente con los requerimientos establecidos, por lo que es preciso -- ahora, comprobar su comportamiento sobre el tren y en condiciones de regi-- men de funcionamiento.


CURVA PAR VS. CORRIENTE.
T(Kg-m.)
150
100
50
100%
80%
35%
100
200
300
400
500
600
I(A)


CURVA VELOCIDAD VS. CORRIENTE.
N(RPM)
4000
3000
2000
1000
100
200
300
400
500
600
I(A)
35%
80%
100%

CURVA EFICIENCIA VS. CORRIENTE.



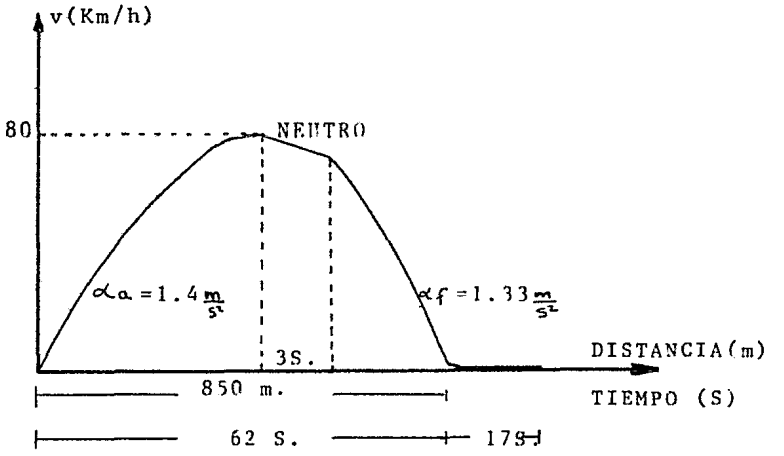
DESEMPEÑO DEL VEHICULO:

Para comprobar el desempeño del vehículo, se hace una simulación del - recorrido del tren, la cual pretende reproducir lo más fiel a las condiciones de circulación del tren en la línea de transporte.

En la simulación se tiene:

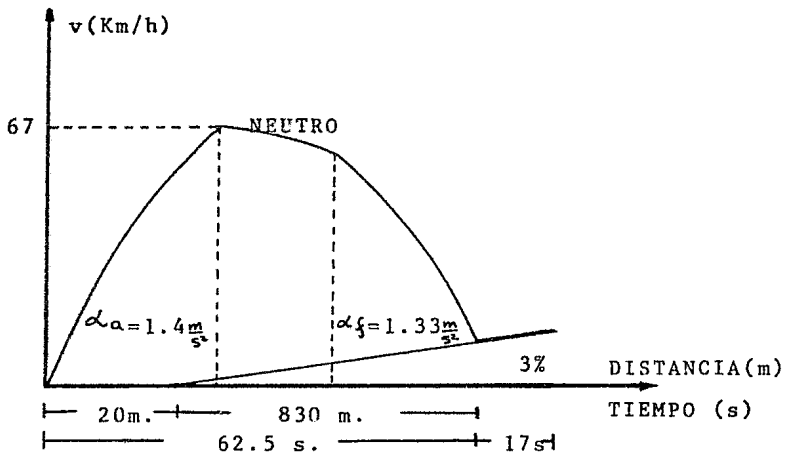
1.- Para carga normal se consideran dos recorridos a cumplir:

A). Recorrido de 850 m. en plano horizontal con una aceleración máxima de - 1.4 m/seg^2, a una velocidad máxima de 80 Km/h, 3 segundos en neutro y - una desaceleración de 1.33 m/seg^2. En un tiempo total de 62 seg., con- un paro de 17 segundos en promedio.



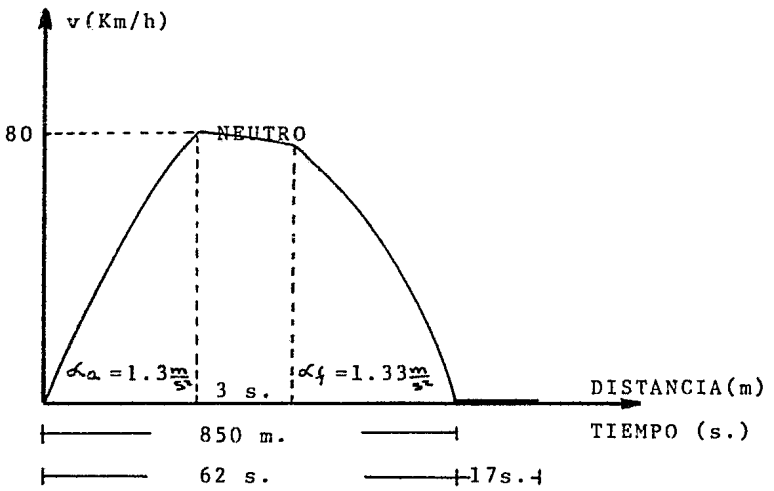
CURVA DE RECORRIDO "A"

B). Recorrido de 850 m. en rampa de 3%, (arranque en plano horizontal sobre 20 m). Con una aceleración máxima de 1.4 m/seg^2 a una velocidad máxima- de 67 Km/h., 3 segundos en neutro a una desaceleración de 1.33 m/seg^2 - en un tiempo total de 65.2 seg., paro de 17 seg. promedio.

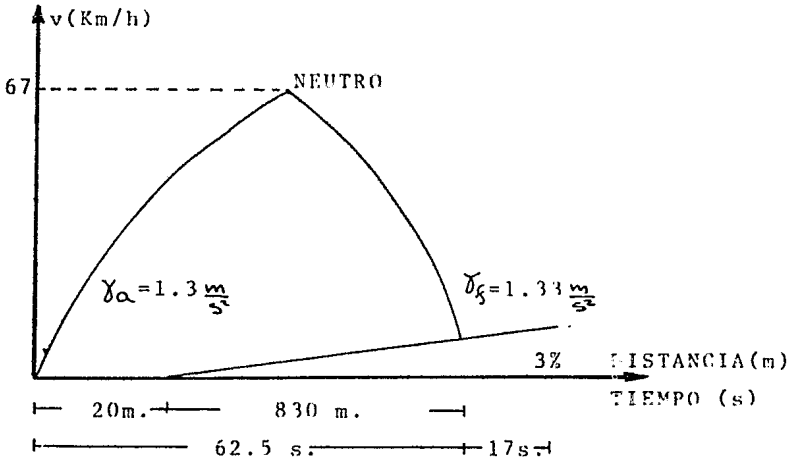


Para carga de afluencia se considerará:

C). Recorrido de 850 m. en plano horizontal, con una aceleración máxima de- 1.3 m/seg. a una velocidad máxima de 80 Km/h y una desaceleración de -- 1.33 m/seg^2 en un tiempo total de 62 seg. paro 17 seg. promedio.



D). Recorrido de 850 m en rampa de 3 . (arranque en plano horizontal sobre 20 metros) con una aceleración máxima de 1.3 m/seg^2. a una velocidad máxima de 67 Km/h, una desaceleración de 1.33 m/seg^2 en un tiempo total - 65.2 seg. paro 17 seg. promedio.



Para el diseño se considera lo siguiente:

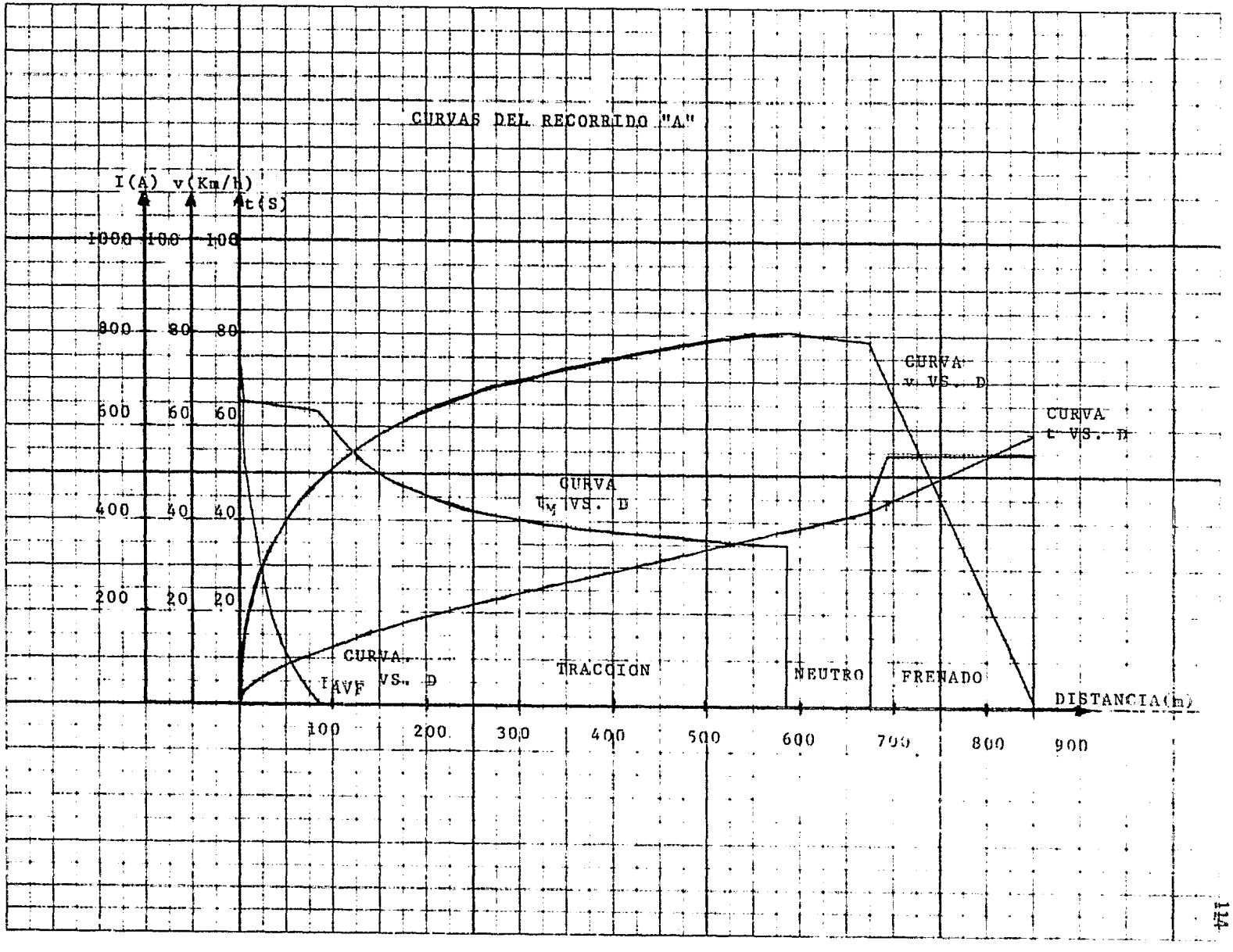
1.- Servicio continuo
10 Ciclos A + 5 ciclos B + 10 ciclos A+
10 ciclos A + 5 ciclos B + 10 ciclos A
etc.

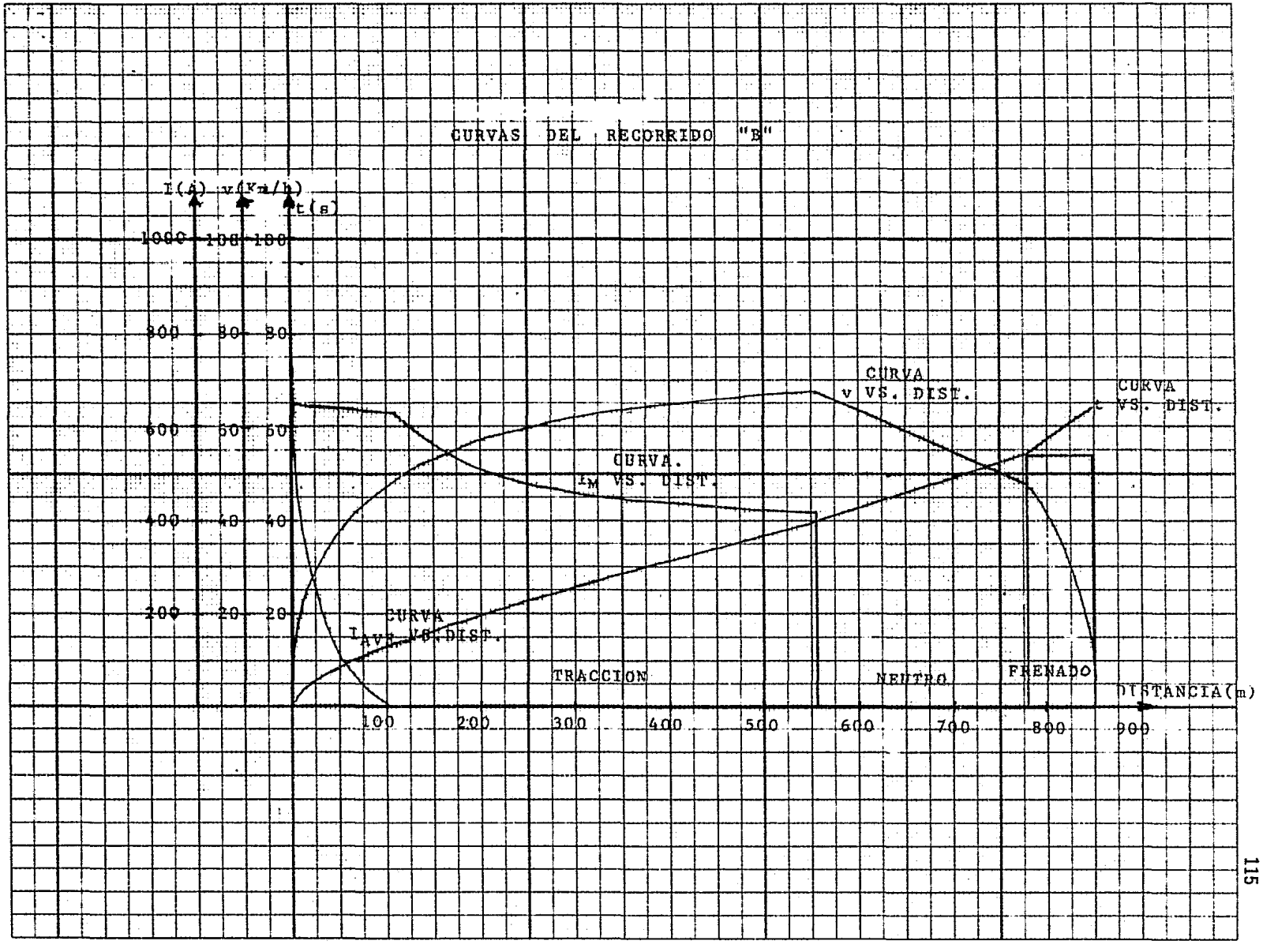
2.- Servicio de afluencia (después del servicio continuo)
8 veces (10 ciclos C + 5 ciclos D + 10 ciclos C) y restablecimiento del servicio continuo.
El servicio de afluencia representa aproximadamente el 40% del servicio total.

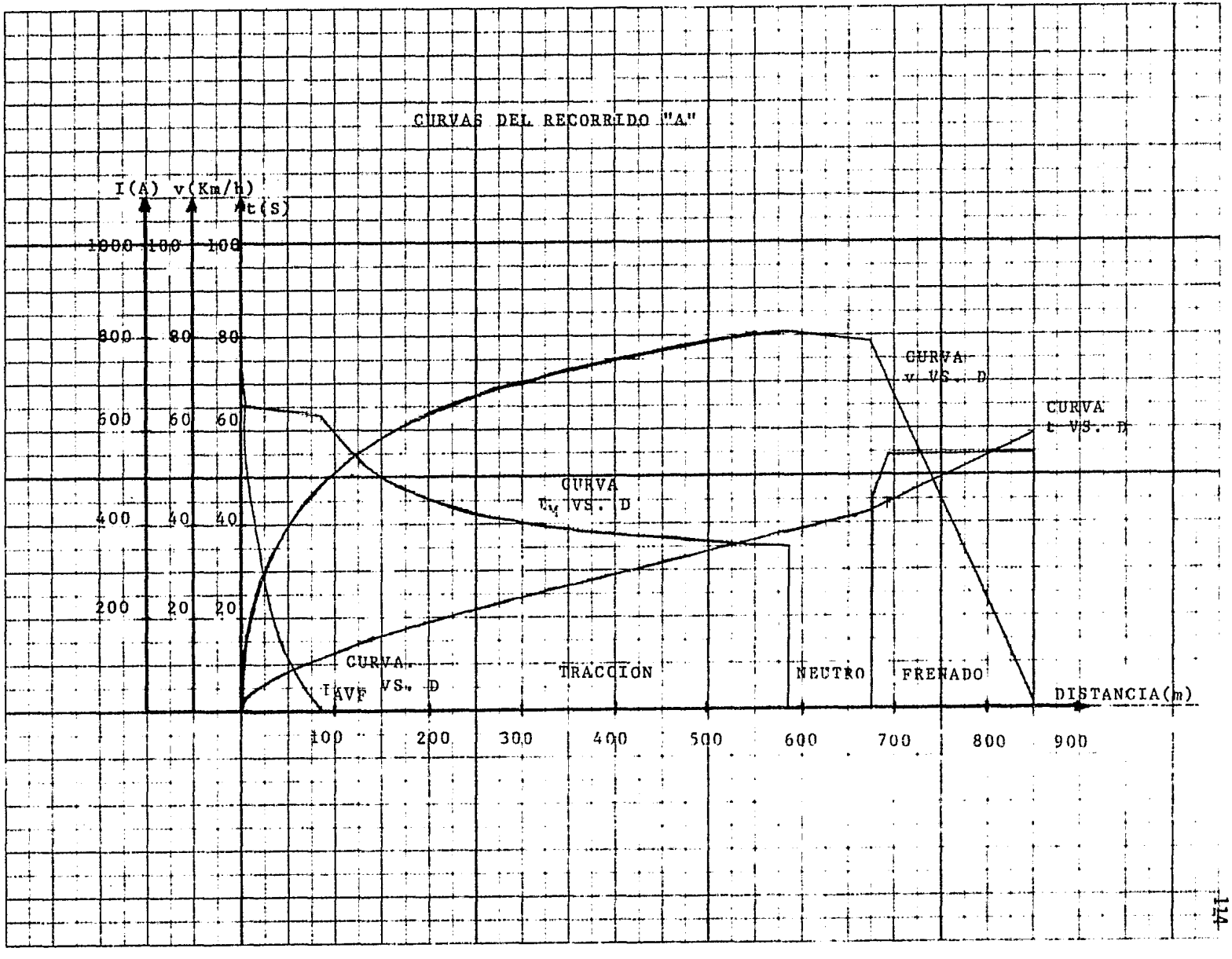
El resultado de esta simulación, se presenta en las gráficas siguientes, en las que se puede apreciar:

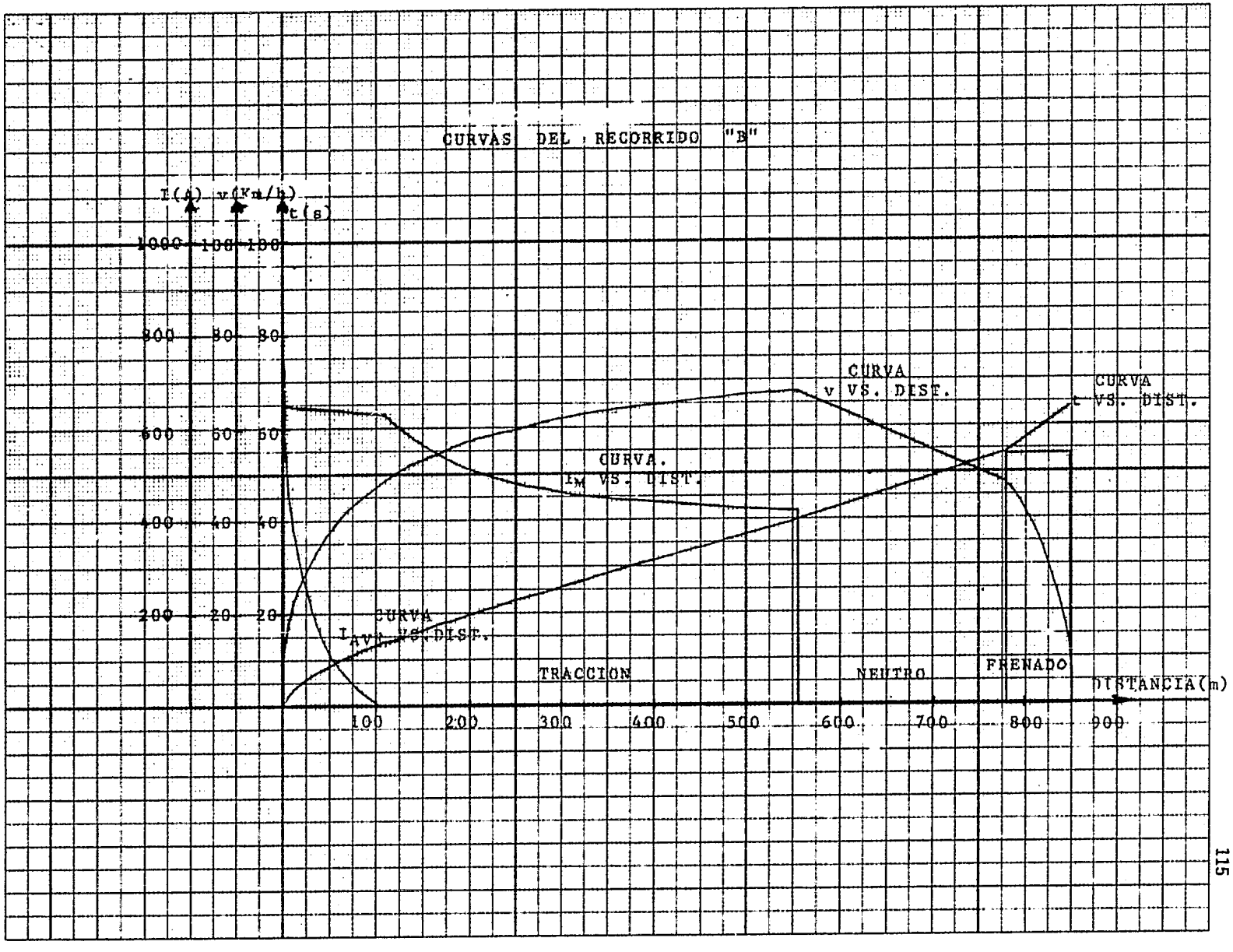
- velocidad contra distancia.
- tiempo contra distancia.
- corriente contra distancia.

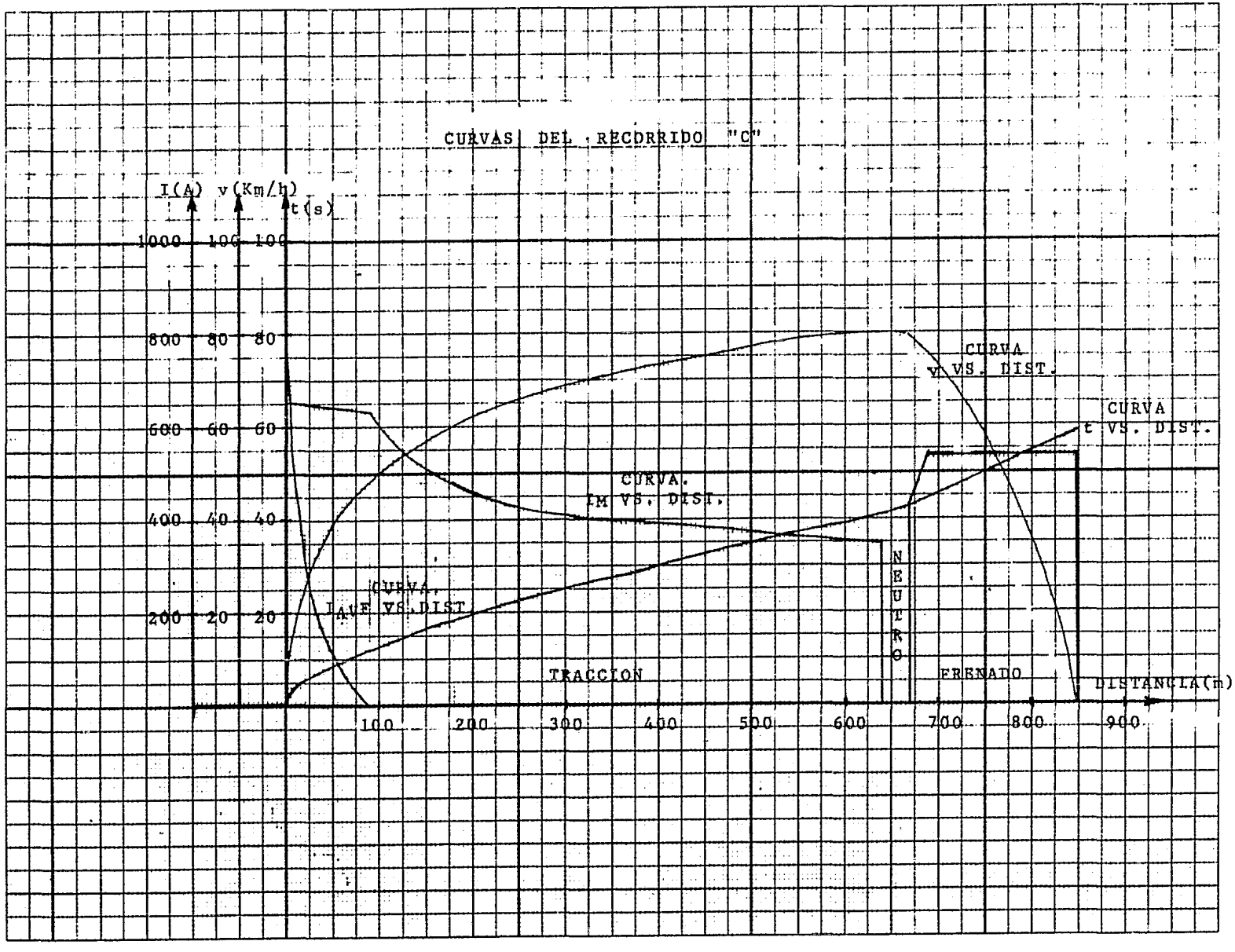
Lo que nos permite evaluar el comportamiento del vehículo en la línea, notándose que el motor si cumple con los intinerarios establecidos.

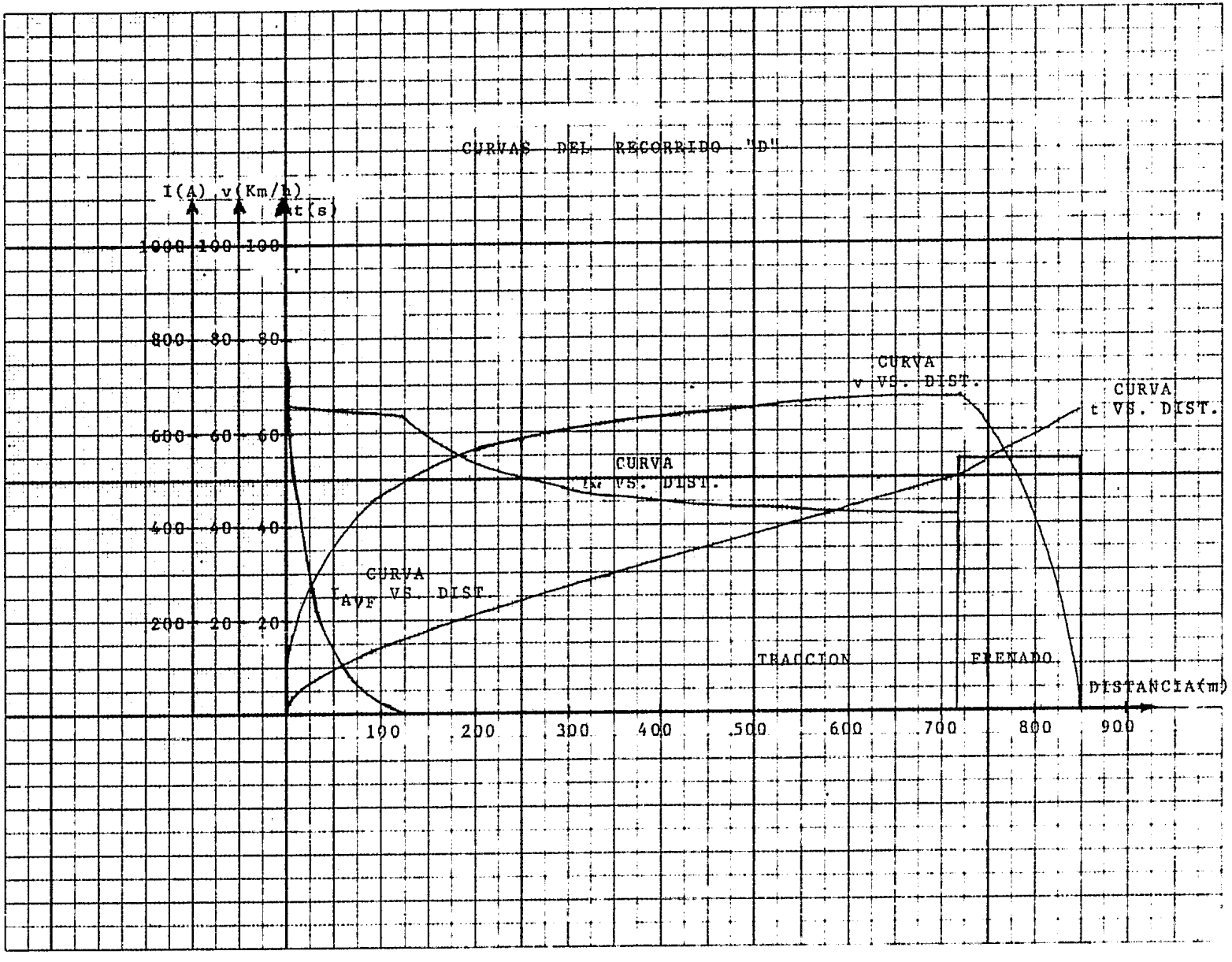

CURVAS DEL RECORRIDO "A"
I(A) v(Km/h) t(S)
1000 100 100
800 80 80
600 60 60
400 40 40
200 20 20
CURVA v VS. D
CURVA t VS. D
CURVA v_f VS. D
CURVA I_{AVF} VS. D
TRACCION
NEUTRO
FRENADO
DISTANCIA(m)
100 200 300 400 500 600 700 800 900


CURVAS DEL RECORRIDO "B"
I(A) v(Km/h) t(s)
1000 100 100
800 80 80
600 60 60
400 40 40
200 20 20
CURVA v VS. DIST.
CURVA t VS. DIST.
CURVA. I_M VS. DIST.
CURVA I_{AV} VS. DIST.
TRACCION
NEUTRO
FRENADO
DISTANCIA(m)
100 200 300 400 500 600 700 800 900


CURVAS DEL RECORRIDO "A"
I(A)
v(Km/h)
t(S)
1000
800
600
400
200
100
80
60
40
20
100
80
60
40
20
CURVA
v VS. D
CURVA
t VS. D
CURVA
v_f VS. D
CURVA
I_{AVF} VS. D
TRACCION
NEUTRO
FRENADO
DISTANCIA(m)
100
200
300
400
500
600
700
800
900


CURVAS DEL RECORRIDO "B"
I(A) v(Km/h) t(s)
1000 100 100
800 80 80
600 60 60
400 40 40
200 20 20
CURVA v VS. DIST.
CURVA t VS. DIST.
CURVA. I_M VS. DIST.
CURVA I_{AV} VS. DIST.
TRACCION
NEUTRO
FRENADO
DISTANCIA(m)
100 200 300 400 500 600 700 800 900


CURVAS DEL RECORRIDO "C"
I(A)
v(Km/h)
t(s)
1000
800
600
400
200
100
80
60
40
20
100
80
60
40
20
CURVA
V VS. DIST.
CURVA
t VS. DIST.
CURVA.
IM VS. DIST.
CURVA.
IAVE VS. DIST
NEUTRO
TRACCION
FRENADO
DISTANCIA(m)
100
200
300
400
500
600
700
800
900


CURVAS DEL RECORRIDO "D"
I(A) v(Km/h) t(s)
1000 100 100
800 80 80
600 60 60
400 40 40
200 20 20
CURVA v VS. DIST.
CURVA t VS. DIST.
CURVA I VS. DIST.
CURVA I_{AVF} VS. DIST.
TRACCION
FRENADO
DISTANCIA(m)
100 200 300 400 500 600 700 800 900

CALCULO DE LA CORRIENTE RMS POR MEDIO DE LA CURVA DE RECORRIDO.

De las gráficas de recorrido, se tiene la curva: Corriente en el motor vs distancia, de la cual se obtiene la I_{RMS} del motor de tracción durante el recorrido.

a). Cálculo de la I_{RMS} del motor, en el recorrido A.-

$$I_{RMS_A} = \sqrt{\frac{I_{RMS1}^2 X\ t_1 + I_{RMS2}^2 X t_2 + I_{RMS3}^2 X t_3 + I_{RMS4}^2 X t_4 + I_{RMS5}^2 X t_5 + I_{RMS6}^2 X t_6}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}}$$

donde: $I_{RMS1} = \sqrt{\frac{A^2 + B^2 + AB}{3}}$

con:

$A = 650A$

$B = 630A$

$$I_{RMS1} = \sqrt{\frac{(650)^2 + (630)^2 + (650)(630}{3}}$$

$I_{RMS1} = 640.02A$; $t_1 = 11_s$

$$I_{RMS2} = \sqrt{\frac{(630)^2 + (500)^2 + (630)(500}{3}}$$

con:

$A = 630$

$B = 500$

$I_{RMS2} = 566.24\ A$; $t_2 = 5_s$

$$I_{RMS3} = \sqrt{\frac{(500)^2 + (400)^2 + (500)(400)}{3}}$$

$I_{RMS3} = 450.92\ A$; $t_3 = 8_s$

$$I_{RMS4} = \sqrt{\frac{(400)^2 + (350)^2 + (400)(350)}{3}}$$

$I_{RMS4} = 375.27\ A$; $t_4 = 14_s$

$$I_{RMS5} = \sqrt{\frac{(545)^2 + (450)^2 + (545)(450)}{3}} \quad ; t = 1.5_s$$

$I_{RMS5} = 498.25\ A$

$$I_{RMS6} = \sqrt{\frac{1}{to}\int_o^{to} y^2\, dt}$$

donde: y = constante = 549

$to = 16_s$

$$\longrightarrow\quad I_{RMS6} = \sqrt{\frac{1}{16}\int_0^{16} 545^2\, dt}$$

$$= \sqrt{\frac{(549)^2}{16}\int_0^{16} dt} = 549A$$

Tabla de cálculo del ciclo B.-

N°	A(A)	B(A)	$I_{RMS_n}=\sqrt{\frac{A^2+B^2+AB}{3}}$	tiempo (s)
1	650	630	640.02	13.5
2	630	550	590.45	3.5
3	550	500	525.20	4.0
4	500	460	480.13	4.5
5	460	448	454.00	3.2
6	448	420	434.00	11.1
7	0	0	0	14.2
8	545	545	545	10

$$I_{RMS_B} = \sqrt{\frac{14612500.12}{81}}$$

$$I_{RMS_B} = 424.73 \text{ A}$$

Tabla de cálculo del ciclo D.-

N°	A(A)	B(A)	$I_{RMS_N}=\sqrt{\frac{A^2+B^2+AB}{3}}$	tiempo (s)
1	650	635	642.50	16
2	635	575	605.25	3
3	575	535	555.10	2.8
4	535	455	495.50	10.4
5	455	430	442.55	8.8
6	430	425	427.50	4.2
7	425	420	422.50	4.8
8	540	540	540	14

$$I_{RMS_D} = \sqrt{\frac{57153600}{81}} = \sqrt{229016.8492}$$

$$I_{RMS_D} = 473.8 \text{ A}$$

Ahora considerando el ciclo: 10B + 5D + 10B, la corriente RMS incluyendo el paro de 17_s en las estaciones y 7 minutos de paro en la estación terminal, tenemos:

$$I_{RMS_{total}} = \sqrt{\frac{10(I_{RMS_B})^2\, t_B + 5\,(I_{RMS_D})^2\, t_D + 10(I_{RMS_B})^2\, t_B}{10t_B + 5t_D + 10t_B + 420_s}}$$

donde: 420_s = a 7 minutos de paro en la estación terminal.

$$I_{RMS_{total}} = \sqrt{\frac{10(424.73)^2\,(81) + 5(473.8)^2\,(81)}{10(81) + 5(81) + 10(81) + 420}}$$

$$= \sqrt{\frac{146120414.1 + 90917008.2 +}{2445}}$$

$$= \sqrt{\frac{383057836.3}{2445}}$$

$$= \sqrt{156710.77}$$

$$I_{RMS_{total}} = 395.86 \text{ Amperes.}$$

EVALUACION DE RESULTADOS.

A). Comportamiento del vehículo con el desempeño previsto en los cíclos de-recorrido.

* ¿Se obtiene la aceleración máxima en tracción?

$$\alpha_M = \frac{V}{t} = \frac{48\ \frac{Km}{h}/3.6}{11_s} = 1.212\ \frac{m}{s^2}$$

$$\alpha\ MAX = 1.212\ \frac{m}{s^2} \quad \therefore \text{ Si cumple.}$$

* ¿Se obtiene la desaceleración en frenado?

$$\alpha\ F = \frac{V}{t} = \frac{70\ Km/hr/3.6}{17\ Seg.} = 1.1\ \frac{m}{s^2} \quad \therefore \text{ Si cumple}$$

* ¿Se cubren las distancias previstas en el tiempo previsto?
  d = 850m corresponde a un tiempo de 59s $\therefore$ Si cumple

B). ¿Es menor la I_{RMS} calculada en el ciclo completo de recorrido, a la corriente del motor en régimen unihorario?

$I_{RMS_{ciclo}} = 395.86A < 426A$ de régimen unihorario.

$\therefore$ Si cumple

C). ¿Son menores los incrementos de temperatura obtenidos en la curva de recorrido, que los obtenidos en régimen continuo y los límites de temperatura dados por la norma?

* Δt Colector = 52.2°C
* Δt Inducido = 51.4°C
* Δt Polos Serie = 54°C
* Δt Polos AVF = 36.5°C
* Polos Auxiliares = 72.6°C $\therefore$ Si cumple.

Se aprecia que se cumplen satisfactoriamente las condiciones anteriores, por lo que el motor de tracción en estudio se puede considerar como adecuado.

IV. Recomendaciones generales para diversos parámetros de los motores de - - tracción.

Estos parámetros se pueden clasificar como:

A) Geométricos y Cinemáticos.
B) Eléctricos.
C) Magnéticos.

a). GEOMETRICOS Y CINEMATICOS: Dentro de éstos, podemos mencionar:

- Diámetro del inducido (D)

Se tiene para los actuales motores de tracción que el valor del diámetro del inducido está comprendido entre: 0.5 a 1 m. y excepcionalmente - 1.5 m constituye un máximo.

- Longitud del inducido: (L)

Prácticamente se tiene para los motores de tracción actuales el va-- lor de la longitud del inducido, entre: 0.5 a 0.20 m.

El valor de(L) está limitado por los valores de la inducción media en - el entrehierro (B) y el de la velocidad periférica del mismo inducido (V_p), para tener una tensión de reactancia conveniente .

- Paso polar: (τ)

El paso polar de un motor de tracción esta definido como:

$$\tau = \frac{\pi D}{2_p}$$

Donde: 2_p = No. de polos
D = Diámetro del inducido.

- Arco polar útil.: ($B\tau$)

Es el desarrollo del polo a considerar efectivamente para el cálculo de la inducción real en el entrehierro. Considera el desarrollo de las líneas de flujo en las zapatas polares.

- Parte fraccionaria del paso polar: (β).

Esta parte fraccionaria del paso polar se obtiene mediante la relación:

$$\beta = \frac{\text{arco polar}}{\text{paso polar}}$$

Y en general, para los motores de tracción de corriente continua, se tiene:

$$\beta \doteq \frac{2}{\pi} = 0.63$$

- Velocidad lineal del inducido: (Vi)

La velocidad periférica del inducido:

a). Velocidad máxima es:

$$V_i = DN_{MAX} \quad (m/\ seg).$$

Donde: D=diámetro del inducido (m)

$N_{(MAX)}$ = Velocidad máxima en RPS.

Esta velocidad está limitada por razones mecánicas a 90 m/s.

b). Velocidad en régimen continuo, se tiene:

$$V_i = D\ N_s \pi$$

Donde: N_s = Velocidad en régimen continuo (RPS)

La cual tiene los valores prácticos de 20 a 45 m/s.

- Velocidad lineal del colector: (Vk).

Es la velocidad periférica del colector, está definida como

$$V_k = D_k\ N_s$$

Donde: Dk = Diámetro del colector.

N_s = Velocidad en régimen continuo.

El valor máximo que puede tomar la velocidad lineal del colector es de aproximadamente de 55 a 60 m/s, dicho valor está limitado por:

A). Los tiempos de conmutación decrecen cuando Vk aumenta, con lo que se incrementan los problemas de la conmutación del motor de tracción.

B). Mecánicamente, el contacto escobillas-colector es más difícil de lograr cuando la velocidad periférica del colector es mas grande.

Además, los defectos en la superficie del colector se acentúan con el incremento de la velocidad periférica.

En régimen continuo el valor Vk varía entre 15 a 30 m/s.

b). ELECTRICOS.

Dentro de los parámetros eléctricos se deben considerar fundamentalmente:

- Potencia Util (P)
- Tensión (V)
- Corriente (I)
- Número de conductores periféricos del inducido (N)
- Amperes conductores totales del inducido (NIa)

En donde N = Número de conductores periféricos del inducido.
Ia = Corriente en un conductor del inducido.

$$Ia = \frac{I}{2a}$$

donde 2a = Número de vías del devanado del inducido.

c). MAGNETICOS.

- Flujo útil por polo (Ø):

En los motores de tracción actuales, el flujo por polo es del orden de 0.095 Webers para los motores no compensados y de 0.075 Webers para los compensados.

- Bm = inducción media en el entrehierro.

Se puede expresar como:

$$V = E + RI$$

$$E = \frac{P}{a} N N_S \cdot \emptyset \text{ ; con } P = a \Rightarrow E = NN_S \emptyset$$

$$\emptyset = B.S$$

- S = Sección útil de paso del flujo en el entrehierro:

$$S = \beta \Sigma_{\ell} = \beta \frac{\pi D}{2p} L$$

de donde: $B = \frac{2P}{\beta DL}$ y $\Phi = \frac{E}{NN_S}$ ó $\Phi = \frac{V - RI}{N \cdot N_S}$

Se hace notar que este valor de Bm, fácil de calcular es una característica del motor, pero que no puede servir para el cálculo de los amperes-vuelta necesarios para hacer pasar el flujo en el entrehierro.

En efecto, se debe tener en cuenta en el cálculo de las máquinas que - el entrehierro no es siempre constante la longitud del arco polar, que las-aberturas de las ranuras modifican la repartición del flujo, que hay fran-- jas de líneas de fuerza que expanden el flujo, etc.

Para los motores de tracción, en régimen continuo se tiene:

$$0.8 < B < 1.45 \qquad [\text{TESLA}]$$

De forma general, Bm está limitado por:

- El diámetro del inducido D
- La frecuencia del flujo F = pNs.

Con un pequeño diámetro D, (B) no puede ser grande porque no tendrá necesidad del devanado de excitación (con D = 0.35 m. no puede B sobrepasar del-orden de 0.45 tesla para una máquina con devanado de excitación).

Si la frecuencia F es grande, las pérdidas en el hierro son proporcionales al cuadrado de la inducción, B debe estar limitado.

El valor de la frecuencia F es del orden de:

$$35 < F < 120 \qquad [\text{HERTZ}]$$

Para motores de tracción.

A).- Los Parámetros fundamentales.

a). Tensión media entre delgas del colector:

Donde K = total de delgas del colector

2p= No. de polos

V = Tensión en los bornes

$$e = \frac{2\,PV}{K}$$

(Rigurosamente, se debería escribir $E = \frac{2PE}{K}$ pero E y V son casi iguales)

Para los motores de tracción C.C. se tiene:

$$12 < e < 20 \quad \text{(volts) entre delgas.}$$

Con los motores compensados podría llegar a ser de 25 V. Actualmente en los motores (e) no sobrepasa 20 V.

En realidad la tensión entre delgas varía de 0 a (e max), (e max) puede ser 2 a 2.4 veces el valor de (e) según la forma del entrehierro, la compensación o no del motor).

b). Amperes.- Conductores por metro periférico o "Carga lineica".

$$Q = \frac{N \cdot Ia}{\pi \cdot D} = \frac{n \cdot I}{2a \cdot \pi \cdot D}$$

Este valor tiene límites, dependiendo del valor del diámetro del inducido, Q será más grande, mientras que D sea más pequeño. En general - - - $35000 < Q < 65000$

No se puede aumentar demasiado el valor de Q por una parte, para no disminuir demasiado el coeficiente de distorsión $\alpha = \frac{B}{Q}$ y por otra parte para obtener un buen enfriamiento (lo que conduce a limitar el valor del producto $Q\delta$).

Para los motores de tracción que están sujetos a sobrecargas, los valores de Q son un tanto más pequeños si las sobrecargas son más importantes o más frecuentes.

Las condiciones de conmutación intervienen igualmente para limitar el valor de Q.

c). Densidad de corriente en los conductores del inducido.

$$\delta = \frac{Ia}{S}$$

donde Ia = corriente de armadura
S = Sección de conductor (mm^2)

Actualmente, los valores adoptados son del orden de 7 a 8 A/mm^2, para las máquinas ventiladas y de 5 a 6 A/mm^2, para las máquinas autoventiladas.

d). La dimensión de las pérdidas por efecto Joule $Q\delta$

Este producto, es proporcional a las pérdidas Joule obtenidas en la superficie del entrehierro, caracterizada desde el punto de vista calorífico-la carga de cobre del inducido. Está limitado a un cierto valor dependiendo del tipo de enfriamiento adoptado para el motor (autoventilado o de ventilación forzada). $Q\delta$ varía desde 200,000 a 350,000 ó 400,000 (para motores de tracción ventilados por el aire proveniente de ventiladores especiales).

e). Coeficiente de distorsión $\alpha = \frac{B}{Q}$

En una relación de los amperes-vuelta de magnetización del entrehierro producidos por la excitación y los amperes-vuelta de la reacción transversal del inducido, resultante de la corriente del inducido.

f). Evolución de ciertas medidas.

De 1925 a 1965, ciertos parámetros en medidas características de los motores de tracción, han evolucionado considerablemente, así como lo indica en la tabla siguiente:

Velocidad periférica del inducido	se ha multiplicado 2.8 veces
Velocidad periférica del colector	se ha multiplicado 2.1 veces
Carga Linéica	se ha multiplicado 1.7 veces
Densidad de corriente en el inducido.	se ha multiplicado 2.0 veces
Factor de conmutación (ADLN 10-5)	se ha multiplicado 3.4 veces
Potencia por unidad de volúmen del inducido.	se ha multiplicado 3.75 veces

Inducción media en el entrehierro	se ha multiplicado 1.2 veces
Inducción en la base de los dientes.	se ha multiplicado 0.74 veces
Ancho del aislamiento entre el cobre y el hierro en la ranura.	se ha multiplicado 0.3 veces

C A P I T U L O III.

Este capítulo pretende presentar en forma clara y objetiva el proceso completo de la fabricación de un motor de tracción de corriente continua,- en particular el motor japones para el equipo NM79 del sistema de Transporte Colectivo (metro), que se fabrica bajo la asesoria técnica de la Mitsubishi Corporation en la planta de la IEM de Tlanepantla, Estado de México.

I. CARCASA O ESTATOR.

1.- FORMACION DE LA CARCASA.

La carcasa está formada por cuatro elementos principales:

* Anillo principal.
* Tapa lado colector.
* Tapa lado opuesto colector.
* Ventanas de inspección.

De los cuales se describe a continuación su proceso, que comprenderá: Fabricación, Maquinados iniciales y Verificaciones.

A). FABRICACION, MAQUINADOS INICIALES Y VERIFICACIONES.

*ANILLO PRINCIPAL.

FABRICACION:

Objetivo:

Obtención de la forma circular del anillo.

Material y herramienta empleada:

Placa de acero inoxidable (SS41P), cuya fabricación se realiza en la- Industria del Hierro, teniendo como dimensiones: 1678 mm. de longitud, -- 450 mm. de ancho y 41 mm. de espesor; prensa para rolado de 800 toneladas, horno de calentamiento, planta de soldar, soldadura de acero inoxidable, - electrodo.

Descripción:

Se introduce la placa de acero inoxidable al horno de calentamiento,- para que esté al rojo vivo, úna vez en este estado y por medio de la ac- - ción de la prensa para rolado, se obtendrá la forma circular requerida, - quedando un espacio en la unión de los extremos de la placa, de un ancho - igual al espesor de ésta, dicho espacio será rellenado con la soldadura de acero inoxidable, con ayuda de unas placas adyacentes, para que la soldadu ra caiga en forma de vaciado, quedando así el anillo formado.

PLACA DE ACERO INOXIDABLE SS41 P

FORMACION DEL ANILLO PRINCIPAL

MAQUINADOS INICIALES:

Objetivo:

Realizar los primeros desbastes en el anillo:

Material y herramienta empleada:

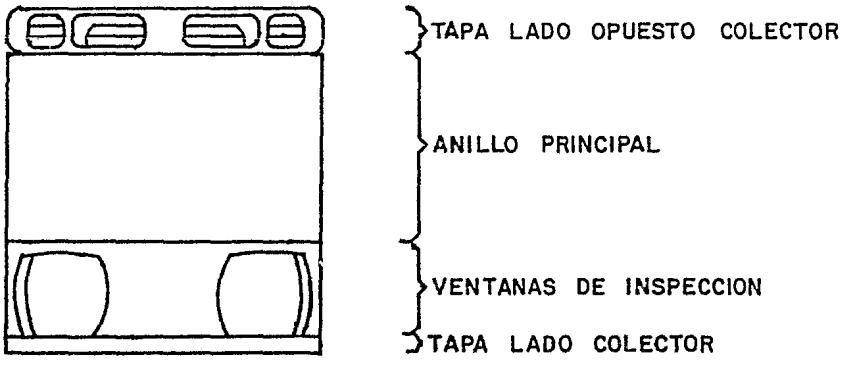
Torno vertical Shibaura TX-13 (con portaestensor, estensor e intercambios de éstos por buriles).

Descripción:

Se hace un desbaste (achaflanado) en el lado colector, que servirá para recibir una posterior soldadura de las placas de acero que constituirán a las ventanas de inspección, y en el lado opuesto al colector, el chaflán nos servirá para recibir la tapa respectiva.

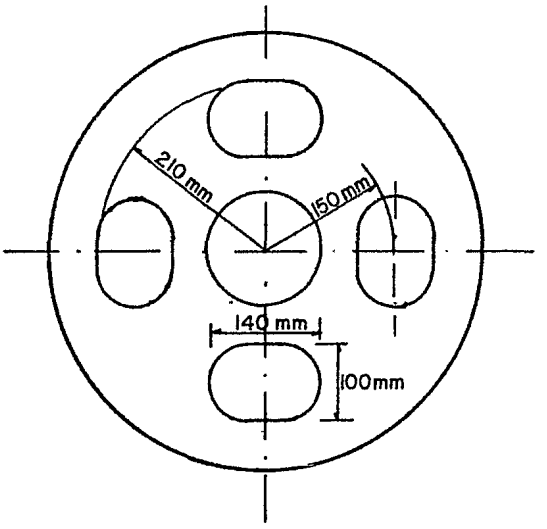
VERIFICACIONES:

- La placa de acero inoxidable, deberá tener un 0.3% de carbón ya que esto influye en las características magnéticas de la carcasa.
- Verificación en el diámetro interior del anillo principal, mediante micrómetro de interiores, según el diámetro establecido, con tolerancia de $\pm$ 1.5 mm.
- Verificación de la planeidad vertical del anillo, mediante regla.
- Verificación de planeidad entre la superficie inferior y superior, con tolerancia de $\pm$ 2 mm., no siendo muy importante, ya que el desbaste del lado colector y lado opuesto al colector, deberán de ser de 5 mm.
- Verificación visual de la soldadura.
- Verificación visual del operario.



* TAPA LADO COLECTOR.

Esta tapa está formada a partir de un disco de acero inoxidable, cuyas dimensiones son:



FABRICACION:

Objetivo:

Obtención del disco de acero inoxidable.

Material y herramienta empleada:

Disco de acero inoxidable, cuya fabricación se realiza en la "Indus-- tria del Hierro", Pantógrafo de soplete para cortes, plantilla o escanti-- llón, planta de soldar, soldadura de acero inoxidable, electrodo.

Descripción:

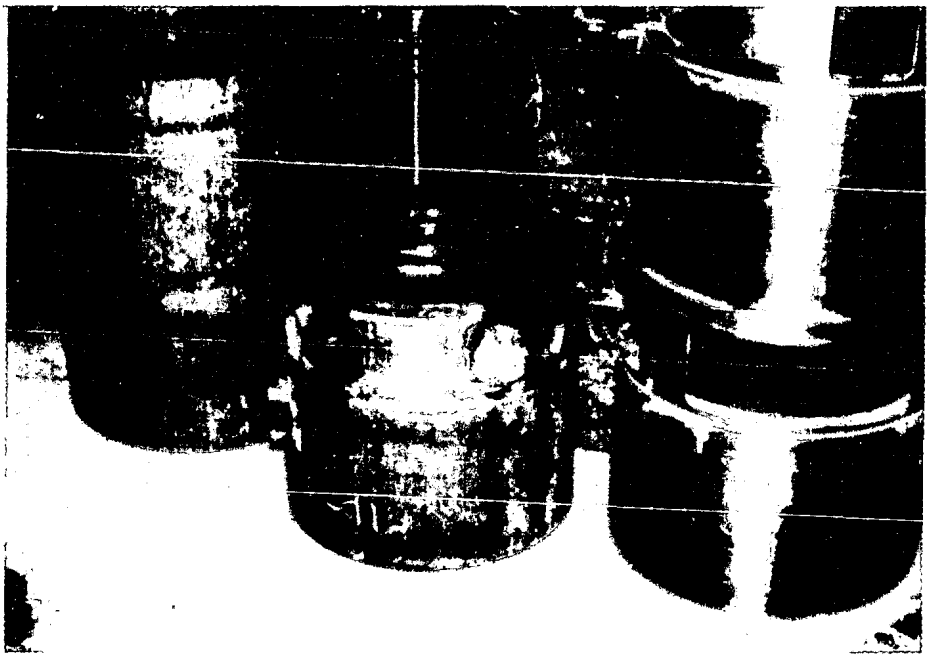
Mediante el pantógrafo de soplete se efectúan las perforaciones, con- la ayuda de la plantilla guía, la plantilla se basa en dimensiones de pla- nos de diseño; posteriormente se sueldan en la cara interna del disco los- soportes que alojarán al portaescobillas.

MAQUINADO:

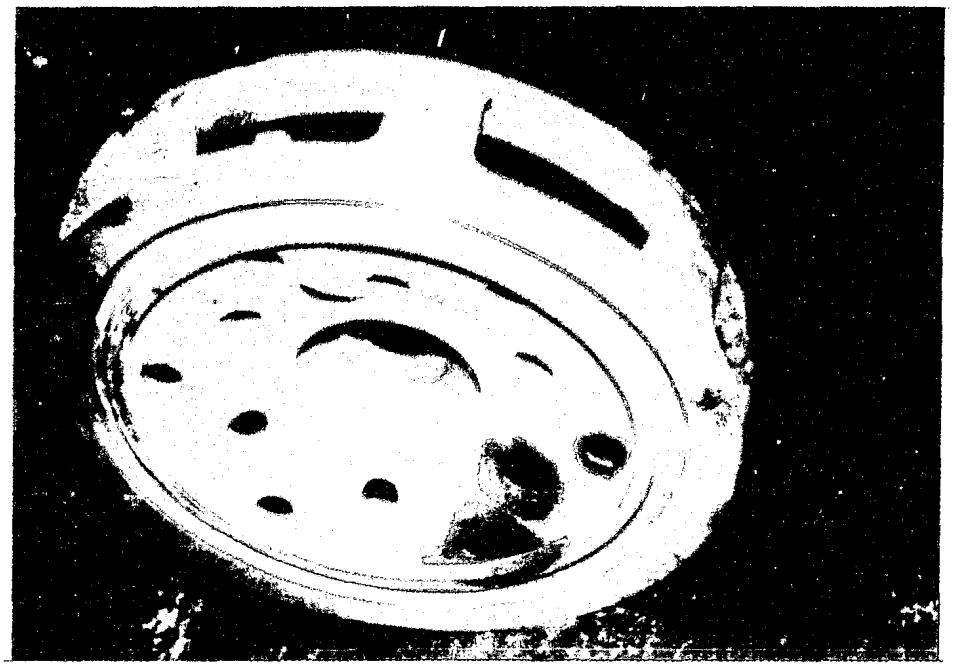
Objetivo:

Maquinar el orificio central que alojará al portacojinetes respectivo.

ANILLO PRINCIPAL SOLDADO



ANILLO PRINCIPAL, VENTANAS DE INSPECCION
Y TAPA LADO COLECTOR.



VISTA EXTERIOR DE LA TAPA LADO
OPUESTO COLECTOR ANTES DEL MAQUINADO

VISTA INTERIOR DE LA TAPA LADO
OPUESTO COLECTOR ANTES DEL MAQUINADO

Material y herramienta empleada:

Torno vertical Shibaura TX-13 y esmeril.

Descripción:

Se efectúa el desbaste fino de el orificio central de la tapa, mediante el torno vertical, con las siguientes características:

Diámetro: 150 ± 8.04 mm.
Velocidad del Torno: 125 RPM.
Avance del torno: 0.2 mm/rev.
Profundidad de corte: 0.25 mm.
Chaflán: 1.5 mm. x 45° cara anterior.y
0.5 mm. x 45° cara posterior.

Este acabado tiene una gran importancia, debido a que en él descansará el portacojinete de la flecha.

Posteriormente con el esmeril se efectúa un rebabeado en los cortes restantes hechos por el soplete, al igual que en la soldadura de los soportes de portaescobillas, ésto solo para quitar rebabas, ya que no es necesario un acabado fino.

VERIFICACIONES:

- El disco que conforma la tapa deberá tener un 0.3% de carbón.
- Verificaciones dimensionales, según gage y plano.
- Verificación con regla, la planeidad de la tapa y corrección por medio de prensa.
- Verificación visual del operario.

* TAPA LADO OPUESTO COLECTOR.

FABRICACION:

Objetivo:

Obtención de la tapa lado opuesto colector ó caja de rodamiento.

Material y herramienta empleada:

Acero inoxidable (SS412P) de fundición y alto horno de fundición.

Descripción:

Esta pieza es fundida según el proceso que se sigue con el acero inoxidable, empleando moldes para vaciado.

MAQUINADO:

Objetivo:

Proporcionar el acabado necesario a todas las partes de ésta pieza, que tendrán contacto con el anillo principal y con el portacojinetes.

Material y herramienta empleada:

Tapa lado opuesto colector, torno vertical Shibaura TX-16, máquina de control numérico.

Descripción:

Inicialmente se hace un desbaste en los bordes interior y exterior, ya que son los que asentarán con el anillo principal y con el soporte de el BOGIE, respectivamente con acabado medio por el torno vertical.

Después se efectúa el desbaste de una circunferencia intermedia, comprendida entre la primera hilera de orificios de expulsión de aire y el desbaste descrito anteriormente, con un acabado medio, con la finalidad de permitir el asentamiento con el BOGIE.

Además se hace el desbaste en el orificio central que alojará al cojinete, con un acabado medio, con la acción del buril de el torno vertical.

En este momento se suelda un arillo de protección, a lo largo de las ventanas de salida de aire de la tapa; ya para finalizar, con la máquina de control numérico, se efectúa el desbaste que nos dará el acabado fino, de todos los desbastes antes descritos.

VERIFICACIONES:

- El acero de esta pieza, deberá tener un 0.3% de carbón.

- Verificación de los diámetros.
- Verificación de desbaste con calibrador, micrómetros de interiores y exteriores, según planos de diseño.
- Verificación del operario.

* VENTANAS DE INSPECCION.

FABRICACION Y MAQUINADO:

Objetivo:

Formación de las ventanas de inspección.

Material y herramienta empleada:

Placa de acero inoxidable (SS412P), fabricada en industria del hierro, prensa de rolado de 800 toneladas, horno de calentamiento, torno vertical - Shibaura TX-13, soldadura de acero inoxidable, electrodo 60-13 de 1/4 LA de pulgada, pantógrafo de soplete.

Descripción:

Las ventanas de inspección estan formadas a partir de una placa de acero inoxidable, y con un proceso similar al de la formación del anillo principal, obtenemos un anillo y con el horno vertical Shibaura TX-13 es desbastado en forma de chaflán en cada uno de los bordes, que servirán para alojar el cordón de soldadura, que unirá un borde al anillo principal y otro a la tapa del lado colector. Dichas ventanas son formadas con un pantógrafo de soplete que hace los cortes necesarios (4) en el anillo.

VERIFICACIONES:

- La placa de acero inoxidable deberá tener un 0.3% de carbón.
- Verificación del desbaste en forma de chaflán.
- Verificación visual del operario.

B). PUNTEADO Y SOLDADO DE ACCESORIOS.

PUNTEADO DE ACCESORIOS.

Objetivo:

Montaje provisional de los accesorios a la carcasa.

Material y herramienta empleada:

Planta de soldar (linde S.E. fuente de poder V1-600 Union Carbide C.-C.), electrodo 60-13 de 1/4"; soldadura de acero inoxidable, banco fijo de sujección (posecionador universal; hecho por Cía. Universal, con aditamentos especiales para sostener las partes a puntear y escantillon.

Descripción:

Se coloca el anillo principal en el banco estático con sus aditamentos especiales se sujetan las partes a puntear ventanas de inspección tapa lado colector, tacones (de sujección al bogie), barra de soporte para conectores y caja de conexiones. El punteado se efectúa a 300 Amperes.

SOLDADO DE ACCESORIOS.

Objetivo:

Obtención de la forma definitiva que tendrá la carcasa.

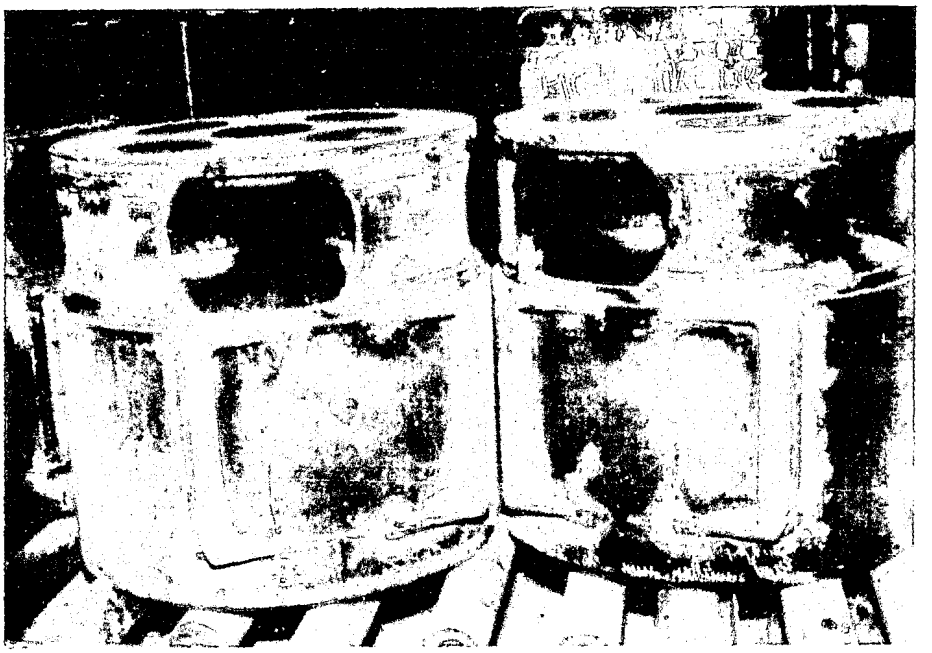
Material y herramienta empleada:

Planta de soldar, Electrodo 60-13, fuente de poder, soldadura de acero inoxidable, banco de sujección universal (posecionador Universal).

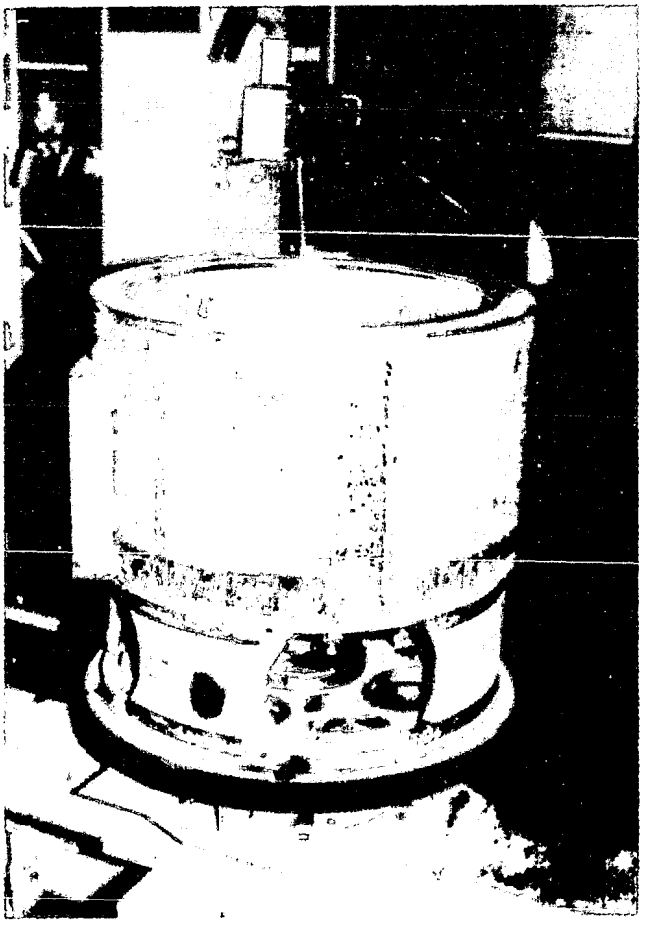
Descripción:

Una vez que se ha revisado la fijación de los accesorios de la carcasa se procede a soldar a 400 Amp. con un cordón definitivo. Dos pasos para soldar.

1.- Soldadura tubular (fierro dulce) aproximadamente en un 80% de la carcasa, automaticamente.
2.- En partes muy angosta con electrodad de aire 60-13 a lo largo de la unión, empleando un desmoldante o grasa para evitar calentamiento marca Baysilon de Bayer.



CARCASA DESPUES DEL TRATAMIENTO TERMICO



SOLDADO DE ACCESORIOS A LA CARCASA.

C). LIMPIEZA DESPUES DE SOLDAR.

Objetivo:

Quitar escorias del soldado.

Material y herramienta empleada:

Esmeril y martillo neumático.

Descripción:

El martillo es empleado para quitar las escorias y se rebabea con el - esmeril.

D). TRATAMIENTO TERMICO O RELEVADO DE ESFUERZOS.

Objetivo:

Supresión de los esfuerzos de tensión, resultado de la soldadura a la- carcasa.

Material y herramienta empleada:

Horno de relevado de esfuerzos.

Descripción.

Dentro del horno se efectúa un incremento de temperatura desde el hambiente hasta 635 $\pm$ 25°C, variando 100 C cada hora hasta alcanzar la máxima, manteniendose constante por 4 horas, dejándose enfriar por medios natura- - les.

E). LIMPIEZA POR CHORRO DE ARENA.

Objetivo:

Limpiar perfectamente las impurezas de la superficie de la carcasa.

Material y herramienta empleada:

Compresor de aire, arena, pistola y manguera.

Descripción:

Debido a que la carcasa sale con escorias del horno de relevado de esfuerzos, se debe eliminar estas impurezas en un cuarto especial, en el que se cuelga la carcasa y un operario la chorrea con arena a gran presión en todas sus partes.

F). PINTURA.

Objetivo:

Protección de las partes y base de la pintura definitiva.

Material y herramienta empleada:

Compresor de aire, pistola, manguera, primer rojo (uretano 5000 - - - APU-536).

Descripción:

Se pinta la carcasa en los lugares donde no habrá desbastes; anillo, ventanas de inspección, tacones de sujeción al bogie. La mezcla es: 58% de pintura, 9.7% de endurecedor (RU-100), Thinner (15.608) al 32.3%; para despues dejarse secar por más de 8 horas.

G). BARNIZADO.

Objetivo:

Barnizado a la carcasa antiflash.

Material y herramienta empleada:

Barniz antiflash y estopa.

Descripción:

Se aplica en las partes suceptibles al flash y se le hace un rebabeado general.

VERIFICACIONES:

- De la localización de los accesorios con gage.
- De la soldadura visual.
- Del tratamiento térmico (temperatura del horno), estabilización, enfria-- miento y observación de gráficas.
- Limpieza visual.

H). MAQUINADOS FINALES Y VERIFICACIONES GENERALES:

DESBASTES EN EL INTERIOR DE LA CARCASA.

Objetivo:

Maquinar el interior de la carcasa.

Material y herramienta empleada:

Torno vertical Shibaura TX-13, la máquina tiene buriles para acabado - burdo intercambiándose con estensores para acabado fino y micrómetros pla-- nos.

Descripción:

Se lleva a cabo un primer desbaste (cilindrado interior torneado y ca-reado) con las siguientes dimensiones:

- Tapa lado ventilador

Diámetro de la carcasa	535 $\pm$ 1 mm, estensor Hta No. 1
Avance	0.04 mm/rev
Velocidad	63 rpm.
Profundidad de corte	1 a 3 mm.
Careado y achaflanado medio	58 mm.
Chaflán.	45°usar estensor HTA # 3.
Velocidad	63 rpm.
Avance	0.6 mm/rev.
Profundidad de corte	0.5 a 0.8 mm.
Achaflanado, usar estensor	HTA # 4.
Velocidad	63 RPM

Avance manual

careado aspero

Altura	526 mm.
Velocidad	80 rpm.
Avance	0.6 mm/rev.
Profundidad de corte	3 mm.
Tolerancia	0.3 mm.
Achaflanado	0.5 mm/45°.

2ª Maquinado cilindrado interior, con las siguientes dimensiones:

- Tapa lado ventilador.

Diámetro de la carcasa	483 $\pm$ 0.52 mm.
Velocidad	1000 rpm.
Avance	0.8 mm/rev.
Profundidad de corte	0.4 mm.
Chaflán	1.5 x 45° Ø- 483.
Chaflán	1.5 x 45° Ø- 497.

Torneado interior aspero.

Diámetro	482.5 mm.
Longitud	332 mm.
Velocidad	70 rpm.
Avance	0.5 mm/rev.
Profundidad de corte	3 a 4 mm.

Careado interior.

Diámetro	497.5 mm.
Profundidad	18 mm.
Velocidad	60 rpm.
Avance	0.5 mm/rev.
Profundidad de corte	1.5 a 3 mm, 3 veces.
Tolerancia de acabado	0.25 mm.

MAQUINADO DE LAS VENTANAS DE INSPECCION.

Objetivo:

Hacer una superficie uniforme de acabado medio.

Material y herramienta empleada:

Torno vertical Shibaura TX-16.

Descripción:

Se efectúa un cilindrado exterior de dicha superficie, colocando la - carcasa en el torno, el cual al girar efectúa los cortes necesarios:

Diámetro	149.5 mm.
Velocidad	123 rpm.
Avance	0.4 mm/rev.
Profundidad de corte	2 mm.
Acabado	25 mm.

MAQUINADO DE LA TAPA LADO COLECTOR.

Objetivo:

Dar un acabado medio a la superficie de asentamiento sobre la parte - de la tapa lado colector.

Material y herramienta empleada:

Torno vertical Shibaura TX-13.

Descripción:

Se hace un careado exterior en la superficie de la tapa lado colector, colocando la carcasa en el torno, el cual hara girar y efectuará el cor- - te.

Velocidad	1000 rpm.
Avance	0.3 mm/rev.
Profundidad de corte	0.3 mm.

MAQUINADO BASE DE CONEXIONES Y A LOS TACONES.

Objetivo:

Dar un acabado final a dichas partes de asentamiento.

Material y herramienta empleada:

Torno vertical Shibaura TX-13.

Descripción:

Con la máquina colocada en el torno, ésta hará los cortes necesarios;

Velocidad	150 rpm.
Avance	40 mm/min.
Profundidad de corte	5 mm.

VERIFICACIONES GENERALES:

- Inicial por parte del operario, con plantilla, micrómetro, gage y regla.
- De planeidad en los diferentes casos.
- Final para su aprobación.

I). BARRENADOS Y VERIFICACIONES GENERALES.

Objetivo:

Obtención de todos los barrenos especificados en los planos para la - carcasa, para la posterior fijación de la tornillería.

Material y herramienta empleada:

Centro de maquinado, (BMC-88), juego de brocas de acuerdo a los diámetros requeridos en los planos, y aceite soluble al agua (refrigerante).

Descripción:

Inicialmente la carcasa se sujeta con cadenas en centro de maquinado, que se encargará en forma programada de realizar todos los barrenos a - - 120 rpm. La máquina está programada para hacer todos los movimientos necesarios de la carcasa para hacer los barrenados respectivos.

VERIFICACIONES GENERALES.

- Mediante planos por el operario.
- Final.

J). MACHUELEADOS.

Objetivo:

Determinación de las cuerdas de todos los barrenos.

Material y herramienta empleada:

Centro de maquinado BMC-88, machuelos, taladro vertical automático y - manual, aceite soluble en agua.

Descripción:

Con el centro de maquinado se hace el machuelado, después de haber introducido la broca, en un 60% de la carcasa. El taladro vertical para algunas partes, especialmente para la tapa opuesta en el lado colector, con el taladro se introduce la broca, posteriormente se introduce una guía para sacar la escoria y finalmente el machuelo, la matraca se emplea en la carcasa, en las ventanas de inspección donde no entra el taladro vertical, realizándose similarmente al del taladro, con la diferencia de la matraca. El ma-- chuelo se hace a 80 rpm.

VERIFICACIONES GENERALES.

- Basado principalmente en los planos.
- Introduciéndose el machuelo y dándose un ajuste final.

K). AVELLANADO Y VERIFICACIONES GENERALES.

Objetivo:

El asentamiento de la cabeza del tornillo.

Material y herramienta empleada:

Centro de maquinado y berbiquí.

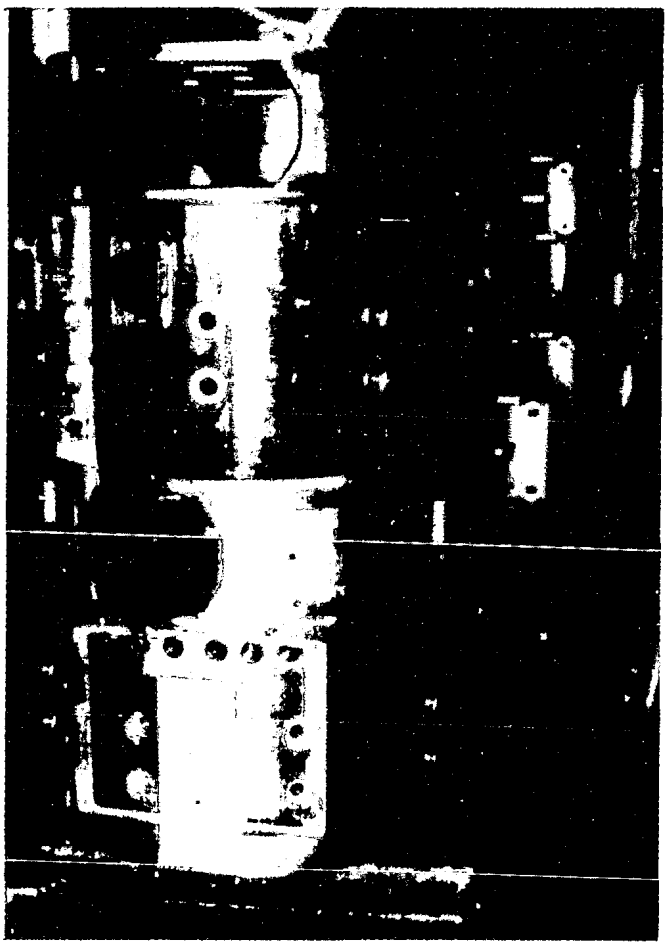
Descripción:

En el centro de maquinado, una vez introducida la broca para el barreno se emplea una de mayor diámetro para que descanse el tornillo, este abocardamiento es mínimo, manualmente con el berbiquí para las uniones de la-

tapa lado opuesto al colector con la carcasa y los lugares donde no entra - la máquina ni el taladro vertical.

VERIFICACIONES GENERALES:

- De todos los barrenos avellanados.
- Final.



CARCASA DESPUES DEL AVELLANADO.

2.- NUCLEO DEL POLO PRINCIPAL.

A). TROQUELADO DE LA LAMINACION:

Objetivo:

Obtención de las láminas que constituirán la laminación del núcleo del polo principal.

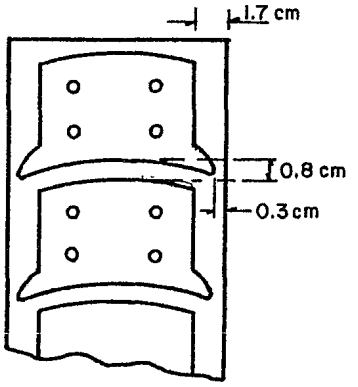
Material y herramienta empleada:

Prensa troqueladora, molde ó troquel para el corte, rollo de lámina de 165 mm. de ancho y 1.5 mm. de grueso con 400 kg. de peso en cada rollo.

Descripción:

Se coloca el rollo de lámina en el interior de la troqueladora, se acciona el control que mueve la cuchilla de corte, cortándose a lo largo del-rollo que se desliza en el interior de la máquina. El tamaño del rollo que entra, es tál, que sólo se desperdicia una pequeña cantidad de material. - El troquel tiene ya la forma que se le dará a cada lámina, incluyendo la ranura para la selección del sentido de apilamiento (ranura lateral) y la ranura en la parte central de la cara polar, que servirá para la alineación - en el momento de montaje en la carcasa.

Se notará que en el lado opuesto en donde se hizo el contacto con la - cuchilla de corte, queda rebaba, siendo ésto un factor importante en el momento de la apilación.



TROQUELADO DE LA LAMINACION

B). APILAMIENTO DE LAS LAMINAS:

Objetivo:

Obtención de la estructura del núcleo del polo principal.

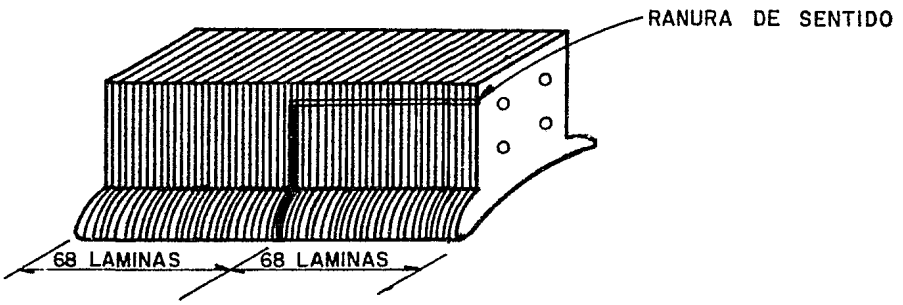
Material y herramienta empleada:

Pernos de sujeción, láminas.

Descripción:

Se hace la selección y acomodo manual de cada una de las láminas que - constituirán el núcleo polar, colocando 68 láminas en un sentido y 68 en -- otro, el operario se basa para la selección de las láminas en un sentido u- otro, por medio de la visualización de la ranura que cada lámina tiene en - uno de sus costados.

Se introducen en dos pernos de sujeción, momentaneamente.



C). PUNTEADO DE LAS LAMINAS EXTREMAS:

Objetivo:

Tener mayor solidez en los extremos de laminación.

Material y herramienta empleada:

Planta de soldar, electrodo, prensa de sujeción.

Descripción:

Se soldarán 4 láminas, mediante puntos de soldadura, para que consti--

tuyan un solo cuerpo, con este conjunto de láminas se iniciará el apilamiento de la laminación. Efectuándose un avellanado en los cuatro orificios - que se localizan en la cara superior del conjunto.

D). PRENSADO Y REMACHADO:

Objetivo:

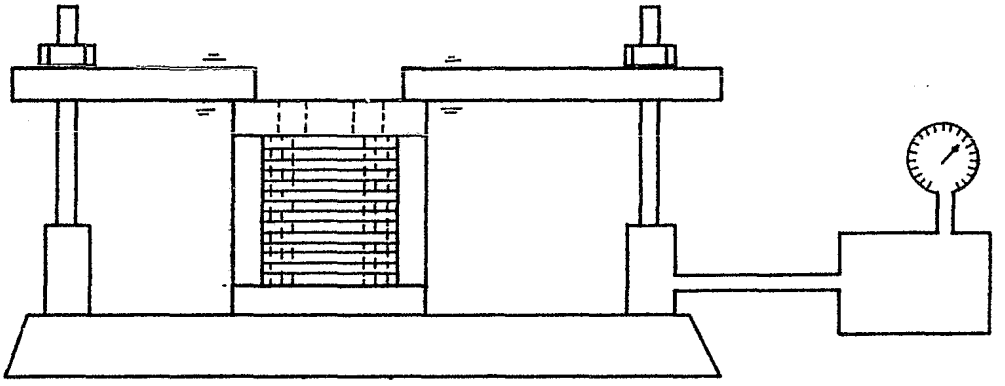
Comprimir la laminación, hasta el punto especificado por las dimensiones dadas en los planos.

Material y herramienta empleada:

Un centro de maquinado (Core Revetting Equipement, Mitisubishi) que - consta de: prensa hidráulica, martillo neumático.

Descripción:

El operario recibe los apilamientos antes descritos, a los que les quita en ambos extremos el número necesario de láminas, las que sustituirá con los conjuntos de láminas punteadas previamente e introduce los dos pernos - restantes, colocando el núcleo en el centro de maquinado, el cual tiene un- molde de dimensiones apropiadas para recibirlo, coloca los dos brazos de - apriete sobre los extremos de una barra (tapa) especial, (que tiene orifi-- cios que coinciden con los pernos) colocada sobre el lado superior del nu-- cleo, acciona la prensa hidráulica por primera vez hasta llegar a la pre- - sión de apriete de 500 kg/cm^2, manteniendo dicha presión, efectúa un che- - queo dimensional mediante "gage"; si hay correcciones que hacer, libera la- presión de los brazos y corrige mediante golpes y hace una segunda opera- - ción de prensado, una vez concluidas estas, introduce la pistola de calentamiento por los orificios superiores de la barra (tapa) que corresponden al- lugar donde estan situados los pernos, los calienta al rojo vivo, luego con una pistola neumática (martillo neumático) golpea las cabezas de los pernos, haciendo de esta forma los remaches de sujeción del cuerpo polar, libera - después, al núcleo de la presión de los brazos y repite el proceso en el - otro extremo del núcleo.



"CORE REVETTING EQUIPMENT"

E). FRESADO:

Objetivo:

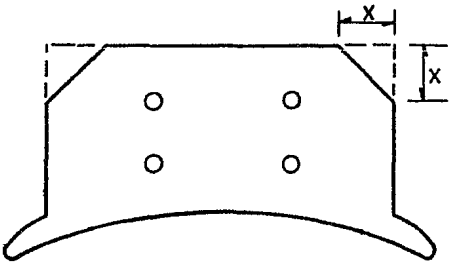
Rebajar las aristas de los polos, como un primer desbaste burdo.

Material y herramienta empleada:

Fresadora, aceite soluble en agua.

Descripción:

Se hace un desbaste en las dos aristas del polo, mediante la acción de la fresadora, el desbaste es de 17-18 mm., de cada lado (distancia X de la figura). Al momento de hacer el desbaste se baña el área de trabajo con el aceite soluble en agua, para evitar desgastes de las herramientas, y dilatación del material del núcleo.



FRESADO

F). BARRENADO:

Objetivo:

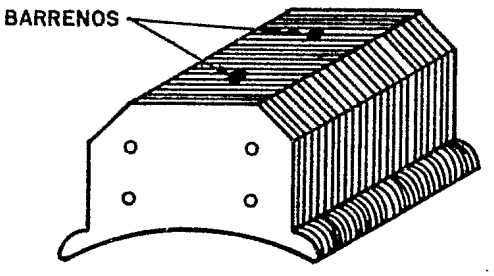
Hacer los dos barrenos en el núcleo polar.

Material y herramienta empleada:

Taladro vertical, broca de 17.5 mm. de Ø, aceite soluble en agua.

Descripción:

Mediante una plantilla que se coloca sobre la masa ó cara polar supe-- rior, se hacen las perforaciones de los dos barrenos, bañándolo al mismo - tiempo con el aceite soluble en agua.



G). MACHUELEADO:

Objetivo:
Hacer la cuerda a los orificios barrenados anteriormente.

Material y herramienta empleada:

Taladro vertical, machuelo, aceite soluble en agua.

Descripción:

El operario coloca el machuelo de 17.5 mm., en el taladro vertical y - efectúa el machueleado de la pieza, bañándolo al mismo tiempo el orificio - con aceite soluble en agua, para evitar desgastes y dilataciones de los metales.

H). ESMERILADO:

Objetivo:

Dar un acabado fino al desbaste efectuado por la fresadora y rectifica

do del machuelo.

Material y herramienta empleada:

Esmeril y lija.

Descripción:

Ajustando los rebajes que se hacen a los bordes ó picos que han quedado después de la acción de la fresadora, mediante "gage" se logra dar el acabado final del núcleo del polo principal. Además se efectúa una rectificación de la cuerda de los orificios de la cara polar superior, quedando así concluido el proceso de fabricación de la pieza polar.

I). VERIFICACIONES:

- Verificación: Después del troquelado no debe existir rebaba para el 100% de las láminas.
- Verificación visual de las láminas.
- Verificación del punteado de las láminas extremas.
- Verificación de las dimensiones por medio de gage al 100% especificado en plano.
- Verificación de la cuerda del machuelo.
- Verificación general.

3.- NUCLEO DEL POLO DE CONMUTACION.

A). TROQUELADO DE LA LAMINACION.

Objetivo:

Obtención de las láminas que constituirán al núcleo del polo de conmutación.

Material y herramienta empleada:

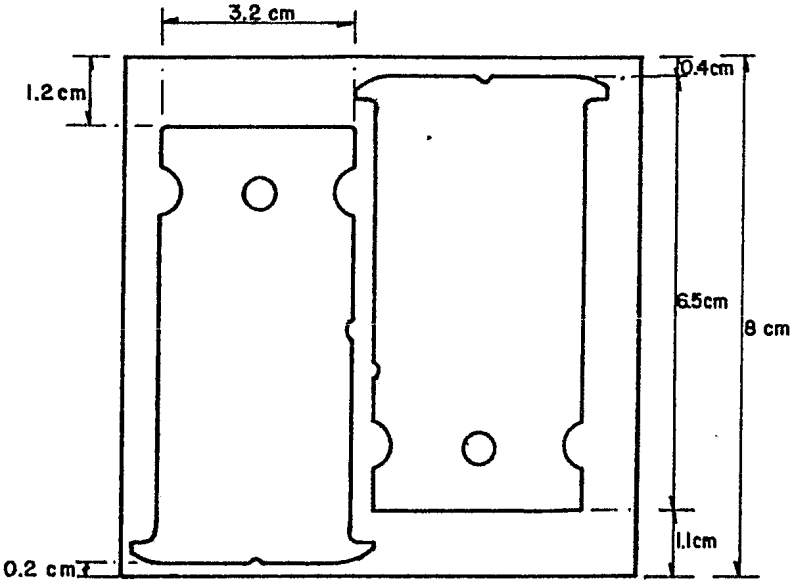
Troqueladora (prensa), troquel para el corte, rollo de lámina de 80 mm de ancho, 1 mm. de espesor y 300 Kg. de peso.

Descripción:

Se coloca el rollo de lámina en el interior de la troqueladora, accionando el control que mueve la cuchilla de corte, seccionándose a lo largo de el rollo que se desliza en el interior de la máquina.

El tamaño del rollo que se emplea, es tal que, sólo se desperdicia una pequeña cantidad de el material. El troquel tiene la forma que se le dará a cada lámina, incluyendo las ranuras laterales que se rellenarán de soldadura, para una mayor solidez de la pieza, además de esta ranura se tiene otra para la selección de el sentido de apilamiento, y una ranura en la parte central de la cara polar, para alineación de el polo al momento de montaje en la carcasa; se aprecia que en el lado opuesto al que se le hizo el contacto con la cuchilla de corte, queda rebaba, siendo ésto un factor importante al momento de la apilación.

DIMENSIONES DEL ROLLO DE LAMINA Y TROQUELES



B). APILAMIENTO DE LAS LAMINAS.

Objetivo:

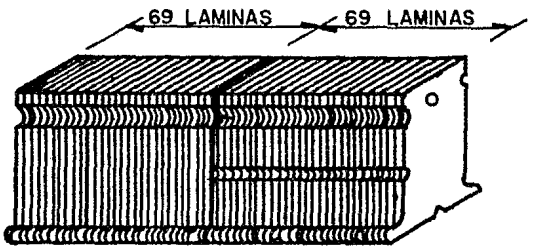
Obtención de la estructura del núcleo del polo de conmutación.

Material y herramienta empleada:

Perno de sujeción y láminas troqueladas.

Descripción:

Se hace la selección (de acuerdo a la ranura lateral) y acomodo manual de cada una de las láminas que constituirán el núcleo polar, colocando 69 - láminas en un sentido y 69 en otro, visualizando la ranura que cada una tiene en sus costados. Se introduce en el orificio central el perno de fijación momentaneamente.



APILAMIENTO

C). PUNTEADO DE LAS LAMINAS EXTREMAS.

Objetivo:

Tener mayor solidez en los extremos de la laminación.

Material y herramienta empleada:

Planta de soldar MILLER de CD de arco, 10.4 Kw.; monofásica, voltaje - de CA máximo = 75 v.; Vp=220/240; Vs-30v.; Ip=135A.; electrodo, prensa de - sujeción.

Descripción:

Se puntearán 6 láminas mediante puntos de soldadura, para que constituyan un solo cuerpo con éste conjunto de láminas se iniciará el apilamiento. Efectúandose un avellanado que se localiza en las caras del conjunto.

D). PRENSADO Y REMACHADO.

Objetivo:

Comprimir la laminación, hasta el punto especificado por las dimensiones dadas en los planos y lograr su fijación.

Material y Herramienta empleada:

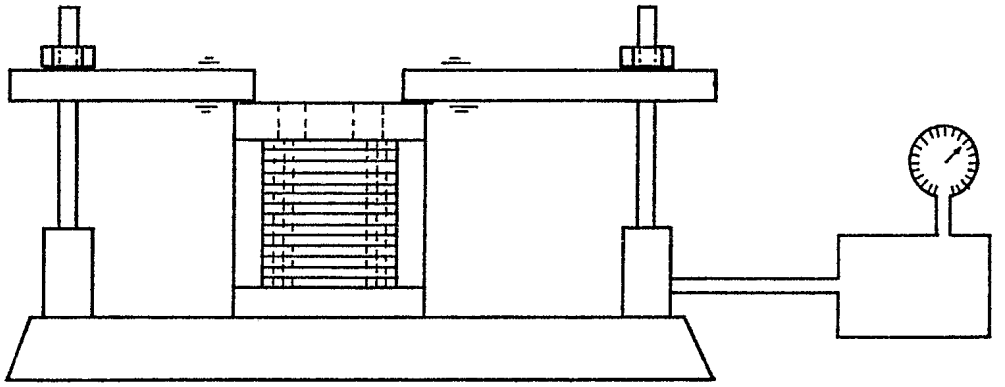
Centro de maquinado (Core Revetting Equipment, Mitsubushi; 200 v., 50-60 - Hz.), formado por Prensa hidráulica con dos brazos de apriete, pistola de - calentamiento, martillo neumático.

Descripción:

El operario recibe los apilamientos antes descritos, a los que les quita en ambos lados el número necesario de láminas, las que sustituirá con -- los conjuntos de láminas punteadas previamente, introduce al núcleo en el - centro de maquinado, el cual tiene colocado un molde de dimensiones adecuadas para recibirlo, coloca los dos brazos de apriete sobre los extremos de una barra (tapa especial), que tiene un orificio central el cual coincide - con el perno de sujeción, colocada sobre el lado superior de el núcleo, acciona la prensa hidráulica por primera vez, hasta tener una presión de - - apriete de 500 Kg/cm^2. Manteniéndola, efectúa un chequeo dimensional me- - diante "gage" observando que la longitud de el núcleo sea de 179-180 mm., - si existen correcciones que efectuar, libera la presión de los brazos corrigiendo mediante golpes de martillo; inmediatamente realiza una segunda operación de prensado.

Introduce la pistola de calentamiento por el orificio superior de la - barra (tapa), que corresponde al lugar donde se encuentra el perno de sujeción el cual calienta al rojo vivo, posteriormente con el martillo neumáti-

co golpea la cabeza del perno, formando de ésta manera el remache del cuerpo polar. Libera después al núcleo de la presión ejercida por los brazos,- y repite el proceso en el otro extremo de el núcleo.



"CORE REVETTIN EQUIPMENT"

E). SOLDADO LATERAL.

Objetivo:

Evitar cualquier deformación de el núcleo polar, debida a fuerzas de - torsión externas.

Material y herramienta empleada:

Planta de soldar Miller, electrodo, prensa de sujeción.

Descripción:

Debido a que hay sólo un perno con el que cuenta este tipo de núcleo - polar, se aplica un cordón de soldadura en las ranuras laterales, para evitar cualquier deformación, la escoria se quita a base de golpes, después se les da un esmerilado para rebajar bordes ásperos.

F). FRESADO.

Objetivo.

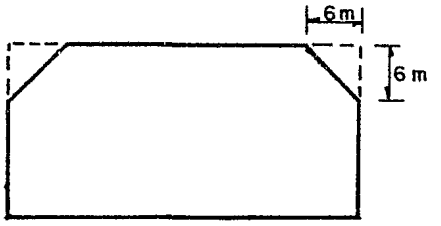
Rebajar las aristas del polo, como un primer desbaste burdo.

Material y herramienta empleada:

Fresadora, y aceite soluble en agua.

Descripción:

Se hace el desbaste en las dos aristas del polo, por medio de la fresadora, bañándose con el aceite soluble en agua para evitar desgaste en las herramientas y dilatación del material del núcleo. Desbaste 6 m. en cada lado.



FRESADO

G). BARRENADO.

Objetivo:

Hacer los dos barrenos necesarios en el núcleo polar.

Material y herramienta empleada:

Taladro vertical, Broca de 16 mm. de Ø, aceite soluble en agua.

Descripción:

Mediante una plantilla colocada sobre la cara polar superior se hacen las perforaciones de los barrenos, bañándose al mismo tiempo con el aceite soluble en agua.

H). MACHUELEADO.

Objetivo:

Hacer la cuerda a los orificios barrenados anteriormente.

Material y herramienta empleada:

Taladro vertical, machuelo, aceite soluble en agua.

Descripción:

Se coloca el machuelo de 14 mm. en el taladro vertical y se efectúa el machueleado de la pieza, bañando al mismo tiempo el orificio con aceite soluble en agua, para evitar desgaste y dilatación de la herramienta.

I). ESMERILADO.

Objetivo:

Dar un acabado fino, redondear el desbaste efectuado por la fresadora y rectificado del machuelo.

Descripción:

Se ajustan los rebajes efectuados a los bordes dejados por la fresadora, mediante "gage", logrando poco a poco dar el acabado final del polo de conmutación, se verifica la cuerda de los orificios de la cara polar superior.

J). VERIFICACIONES:

- Después del troquelado evitar la rebaba en la lámina, para el 100% de la producción.
- Revisión visual de la limpieza de las láminas.
- Revisión de la soldadura en forma visual.
- Chequeo de dimensiones de acuerdo a planos.
- Rectificación de la cuerda del machuelo.
- Revisión final general.

4.- BOBINA DE CAMPO SERIE.

El material empleado son soleras de cobre de: 2.8 mm. de espesor y -- 39 mm. de ancho, vienen en un rollo fabricado por CONDUMEX.

A). FORMACION DE LA BOBINA.

Objetivo:

Hacer el en rollado de las soleras de cobre, para darle la forma a la- bobina.

Material y herramienta empleada:

Máquina ROGE-WISE WINDING (Mitsubushi electric Co.), aceite con viscosidad 0.20, tijeras de corte.

Descripción:

Se trata de una máquina automática, previamente programada para hacer- los dobleces de la solera de cobre; sólo es necesario introducir ésta en la máquina, en la que mediante giros y a través de un molde especial, se irá - formando la bobina; hasta completar 8 vueltas.

El operario hace una revisión de alineación entre los costados de la - bobina cada vuelta completa. Una vez que se han en rollado las 8 vueltas - se procede a detener la máquina y hacer el corte de la solera mediante las tijeras.

B). PRIMER RELEVADO DE ESFUERZOS.

Objetivo:

Dar un tratamiento térmico a las bobinas, para eliminar esfuerzos.

Material y herramienta empleada:

Horno de relevado de esfuerzos.

Descripción:

Una vez terminado el paso de formación de la bobina, se procede a juntar un buen número de éstas, para que sean llevadas al horno; donde se mantienen a una temperatura de 430°C. por un tiempo de 1.5 a 2 horas.

C). PRENSADO.

Objetivo:

Darle su forma cóncava a la bobina.

Material y herramienta empleada:

Prensa hidráulica de doble acción y molde.

Descripción:

Se introduce la bobina a la prensa, que previamente tiene colocado unmolde que la va a alojar; la acción de la prensa es en dos direcciones, una hacia abajo con una fuerza de 200 ton., y otra lateral hacia adentro con una fuerza de 50 ton.

D). FRESADO LADOS MAYORES DE LA BOBINA.

Objetivo:

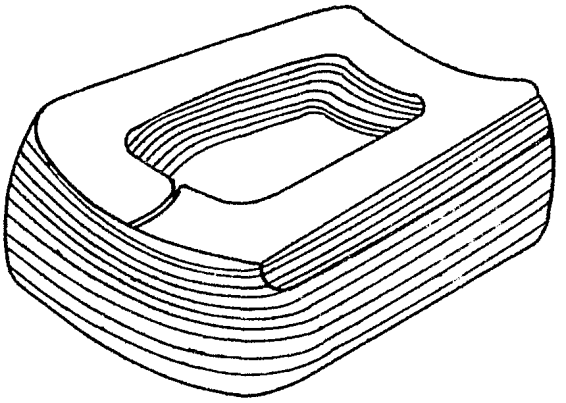
Efectuar el fresado para los polos de conmutación.

Material y herramienta empleada:

Fresadora y aceite soluble en agua.

Descripción:

Se desbastan los lados mayores mediante la fresadora, bañándose el área de trabajo al mismo tiempo con aceite soluble en agua, evitándose de ésta manera el desgaste de la herramienta y dilataciones.



E). REBABEADO.

Objetivo:

Eliminar todas las rebabas.

Material y herramienta empleada:

Lima y esmeril.

Descripción:

Se eliminan las rebabas causadas en el corte y fresado, con el esmeril, dando un acabado más fino con la lima.

F). SEGUNDO RELEVADO DE ESFUERZOS.

Objetivo:

Dar el tratamiento térmico a la pieza en definitiva (segundo tratamiento).

Material y herramienta empleada:

Horno de relevado de esfuerzos.

Descripción:

Se meten las bobinas al horno a una temperatura de 430°C., con duración de 1.5 a 2 horas.

G). LIMPIEZA.

Objetivo:

Eliminar todo el material carbonizado y recobrar su color natural.

Material y herramienta empleada:

Acidos diluidos, agua y lija de agua.

Descripción:

La pieza al salir del horno está de color negro y el operario la pasa por diferentes toneles de ácidos, finalmente con agua y lija le quitan completamente las impurezas en cada una de las vueltas de la bobina, hecho ésto, se extiende en el piso como un acordeón, para su secado a temperatura ambiente.

H). AISLAMIENTO ENTRE CAPAS.

Objetivo:

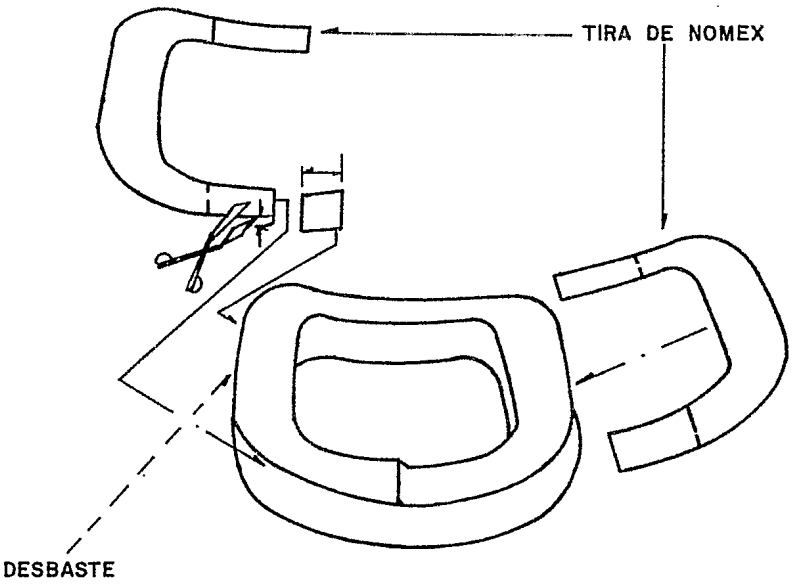
Aislar a cada una de las vueltas de la bobina.

Material y herramienta empleada.

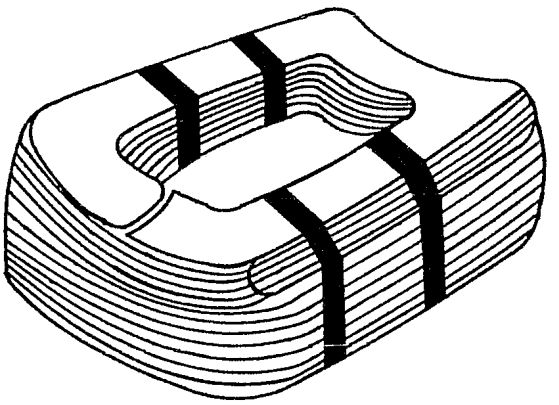
Tiras de papel aislante NOMEX de 0.15 mm. de espesor, cinta Scotch.

Descripción:

Se colocan dos tiras de papel aislante NOMEX entre cada una de las vueltas de la bobina, dichas tiras tienen la forma mostrada en el esquema.



El obrero verifica que todas las tiras de NOMEX queden alineadas. Una vez que se ha terminado su colocación se procede a fijar mediante vueltas - transversales de cinta scotch.



I). CURADO. Se hace Nota conjuntando las bobinas SERIE y AVF.

Objetivo:

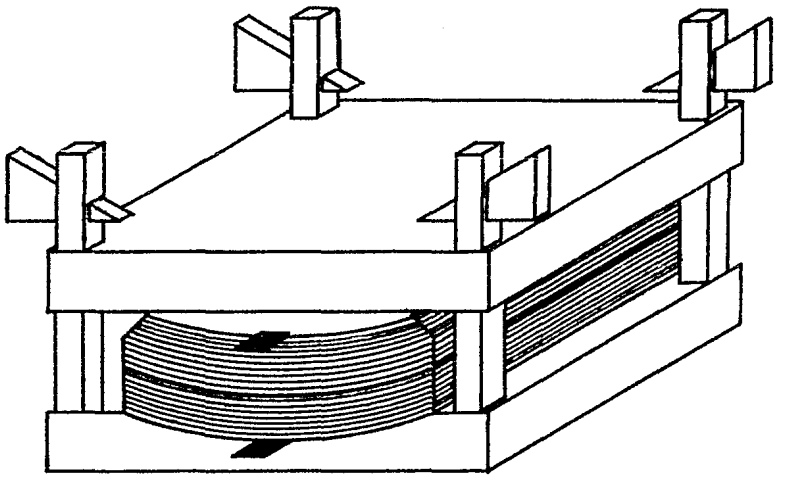
Fundir el material aislante NOMEX a las bobinas SERIE y AVF.

Material y herramienta empleada:

Máquina "Tyristor Rectifier", prensa con cuñas, martillo cabe, Cha- - rrasca.

Descripción:

Las características del Tyristor Rectifier son: V entrada=400 v. AC, - I entrada=21 A., V salida=5.8 v. DC., I salida=1000 A., la que se hace circular entre las bobinas que se encuentran dentro de la prensa, durante un - tiempo de 3 seg. aproximadamente, lo que provoca un efecto de curado en el- papel aislante, que se funde entre las capas de la bobina y con una tempera tura de 180°C a 210°c. La prensa se emplea para ir reduciendo la altura de la bobina hasta obtener las dimensiones requeridas en plano, mediante la in serción de cuñas, por golpes de martillo.



Se retiran las bobinas de la prensa y se procede a recortar los excedentes del papel NOMEX, con la ayuda de la charrasca.

J). SOLDADO DE TERMINALES.

Objetivo:

Proveer a la bobina de sus terminales adecuadas, para conexión poste-- rior con el circuito inductor.

Material y herramienta empleada:

Soldadura de plata, tanques de oxígeno y acetileno, soplete, gafas protectoras, segueta, arco, lima, piedra para chispa.

Descripción:

Una vez hecho el curado del aislamiento entre capas de la bobina, se - mide exactamente para determinar el lugar adecuado para colocar las terminales, como siempre son más largos los extremos de la bobina, es necesario - cortar con el arco las porciones restantes, teniéndose que despegar un poco estas partes de la bobina.

Hecho el corte se procede a colocar la terminal adecuada, que varía de acuerdo al tipo de bobina cruzada o abierta, soldándola cuidadosamente con- la soldadura autógena.

Quedando lista la bobina para ser encintada.

K). VERIFICACIONES.

- Por medio de "gage" se verifica el correcto en_rollado de las bobinas.
- Gráficas de relevado de esfuerzos, después de en_rollado.
- Por medio de "gage", se verifica la forma correcta de la bobina, después de prensada.
- Por medio de "gage", se verifica el desbaste de las aristas de los lados mayores de la bobina.
- Gráficas de relevado de esfuerzos, después de prensado.
- Limpieza final, no debiendo quedar excedentes de NOMEX.
- Por medio de "gage", se verifica la forma de la terminal.
- Inspección visual de la soldadura de plata.

5.- BOBINA DE CAMPO AVF.

El material empleado son soleras de cobre de 39 mm. de ancho y 1.8 mm. de grueso, vienen en rollos fabricados por CONDUMEX.

A). FORMACION DE LA BOBINA.

Objetivo:

Enrollado de la solera de cobre, para darle su forma a la bobina.

Material y herramienta empleada:

Máquina ROGE-WISE WINDING (MITSUBUSHI ELECTRIC Co.), aceite con viscosidad de 0.20, tijeras de corte.

Descripción:

Se trata de una máquina automática con un programa previamente hecho,- que va dando la forma a la bobina, haciendo los dobleces de la solera de cobre, siendo solamente necesario introducir ésta en la máquina para que este material se deslize, efectuándose la operación hasta tener 15 vueltas. El operario de la máquina revisa la alineación de los costados entre cada vuelta y finalmente hace el corte.

B). PRIMER RELEVADO DE ESFUERZOS.

Objetivo:

Dar un tratamiento térmico a la bobina, para eliminar esfuerzos.

Material y herramienta empleada:

Horno de relevado de esfuerzos.

Descripción:

Al terminar el paso de formación de la bobina, éstas se almacenan en - un buen número para ser llevadas al horno, donde se mantendrán a una tempe-

ratura de 430°C. con una duración de 1.5 a 2 Hrs.

C). PRENSADO.

Objetivo:

Darle su forma cóncava a la bobina.

Material y herramienta empleada:

Prensa hidráulica de doble acción y molde.

Descripción:

Se introduce la bobina a la prensa, en la que previamente se colocó el molde adecuado; la acción de la prensa es en dos direcciones: hacia abajo - con una fuerza de 200 tons. y otra lateral hacia adentro con una fuerza de 50 tons.

D). REBABEADO.

Objetivo:

Eliminar todas las rebabas que han quedado después de la formación y - prensado de la bobina.

Material y herramienta empleada:

Lima y esmeril.

Descripción:

Se esmerila con un pequeño taladro en las partes donde existan las rebabas. Con la lima se le da una pasada para darle acabado final.

E). SEGUNDO RELEVADO DE ESFUERZOS.

Objetivo:

Dar el tratamiento térmico a la pieza en definitiva, después de prensado.

Material y herramienta empleada:

Horno de relevado de esfuerzos.

Descripción:

Se meten las bobinas al horno a una temperatura de 430°C. con una duración de 1.5 a 2 hrs.

F). LIMPIEZA.

Objetivo:

Eliminar todo el material carbonizado que resulta de la introducción de la pieza en el horno y recobrar su color natural.

Material y herramienta empleada:

Acidos diluidos en agua, agua, lijas de agua.

Descripción:

La pieza al salir del horno, es de color negro, el operario la pasa por diferentes toneles de ácidos, finalmente con agua y lija le quita por completo estas impurezas, en cada una de las vueltas de la bobina, hecho ésto, se extienden en el piso como un acordeón para ser secada al natural.

G). AISLAMIENTO ENTRE CAPAS.

Objetivo:

Aislar cada una de las vueltas de la bobina.

Material y herramienta empleada:

Tiras de papel aislante NOMEX de 0.15 mm. de espesor, dos hojas, cinta Scotch.

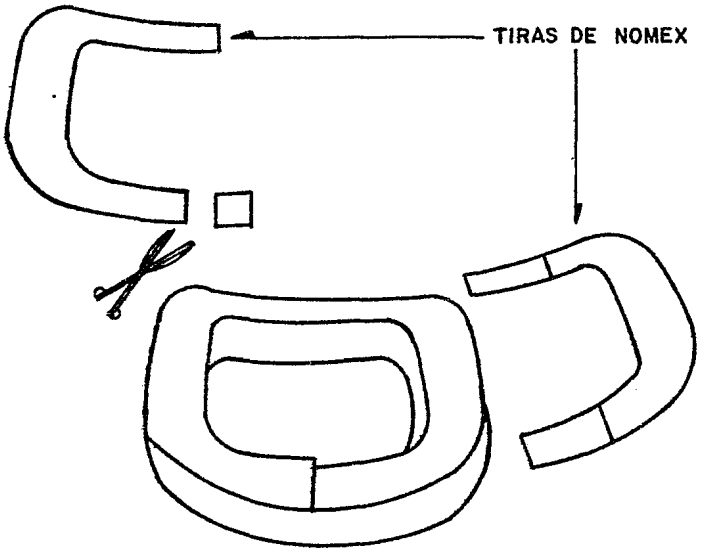
Descripción:

Se colocan dos tiras de papel aislante NOMEX, entre cada una de las

vueltas de la bobina, dichas tiras tienen una forma semejante a la de la bobina serie. (Ver figura siguiente).

El obrero rectifica que todas las tiras NOMEX queden alineadas y una vez que se ha terminado su colocación entre todas las vueltas de la bobina se procede a recortar los sobrantes y fijar mediante vueltas transversales de cinta scotch.

NOTA: En la bobina AVF no existe desbaste en los lados mayores.



BOBINA AVF

H). CURADO.

NOTA: Se conjuntan las bobinas SETIE y AVF.

Objetivo:

Unir el papel aislante a las bobinas, fundiendolo.

Material y herramienta empleada:

Tyristor Rectifier, prensa con cuñas, martillo cabe.

Descripción:

Similar a la descripción dada en la bobina serie.

I). SOLDADURA DE TERMINALES.

Objetivo:

Proveer a la bobina de las terminales adecuadas, para su posterior ensamble en el circuito inductor.

Material y herramienta empleada:

Soldadura de plata, tanques de oxígeno y acetileno, soplete, gafas protectoras, seguetas, arco, lima, encendedor de chispa, asbesto protector.

Descripción:

Concluido el curado del aislamiento entre capas, se procede a medir -- exactamente la última capa (inicial y final) para determinar el lugar ade-- cuado para soldar las terminales; como son más largas las partes extremas - de las bobinas, es necesario cortar con el arco, teniéndose que despegar - una porción de éstas y luego se coloca la terminal adecuada, soldándose cuidadosamente con la soldadura autógena. Con esto la bobina queda lista para encintarse.

J). VERIFICACIONES.

- Por medio de "gage", se verifica el correcto enrrollado de las bobinas.
- Gráfica del primer relevado de esfuerzos, después de enrrollado.
- Por medio de "gage", se verifica la forma correcta de la bobina después - de prensado.
- Gráficas del segundo relevado de esfuerzos, después de prensado.
- Verificación de la limpieza final, no debiendo quedar excedentes de - - NOMEX o partículas extrañas.
- Verificación con "gage" de la forma de la bobina.
- Inspección visual de la soldadura de plata.

6.- BOBINA DE CAMPO DE CONMUTACION.

El material empleado se compone de soleras de cobre de 22 mm. de ancho y 4.1 mm. del grueso, viene en rollos fabricados por CONDUMEX.

A). FORMACION DE LA BOBINA.

Objetivo:

Dar la forma adecuada a las soleras de cobre.

Material y herramienta empleada.

Máquina Roge-Wise Winding (Mitsubushi, Electric Co.), tijeras de cor-- te.

Descripción:

Se introducen en la máquina las soleras de cobre, la cual hará los dobleces adecuados hasta tener 15 vueltas, que es cuando se detiene la máquina, haciéndose el corte de las soleras. Se baña a la solera con aceite de viscosidad de 0.20.

B). RELEVADO DE ESFUERZOS.

Objetivo:

Dar un tratamiento térmico para eliminar esfuerzos en el material, ocasionado por la acción de la máquina de enrollamiento.

Material y herramienta empleada:

Horno de relevado de esfuerzos.

Descripción:

Una vez que se tiene un número adecuado de bobinas de conmutación, se-

procede a introducirlas en el horno, donde permanecen un tiempo de 1.5 a 2- horas, a una temperatura de 430°C.

C). LIMPIEZA.

Objetivo:

Eliminar completamente todas las impurezas resultantes del tratamiento térmico de relevado de esfuerzos.

Material y herramienta empleada:

Acidos diluidos, lijas y agua.

Descripción.

Es un tratamiento similar al de las bobinas SERIE y AVF, el cual con-- siste en introducir a las bobinas en varios toneles con ácidos diluidos que suavizan a la materia carbonizada, para que finalmente a base de lija y - - agua se quiten las impurezas, vuelta por vuelta de la bobina, hasta tener - el color natural

D). AISLAMIENTO ENTRE CAPAS.

Objetivo:

Proporcionar el aislamiento necesario entre cada una de las vueltas de la bobina.

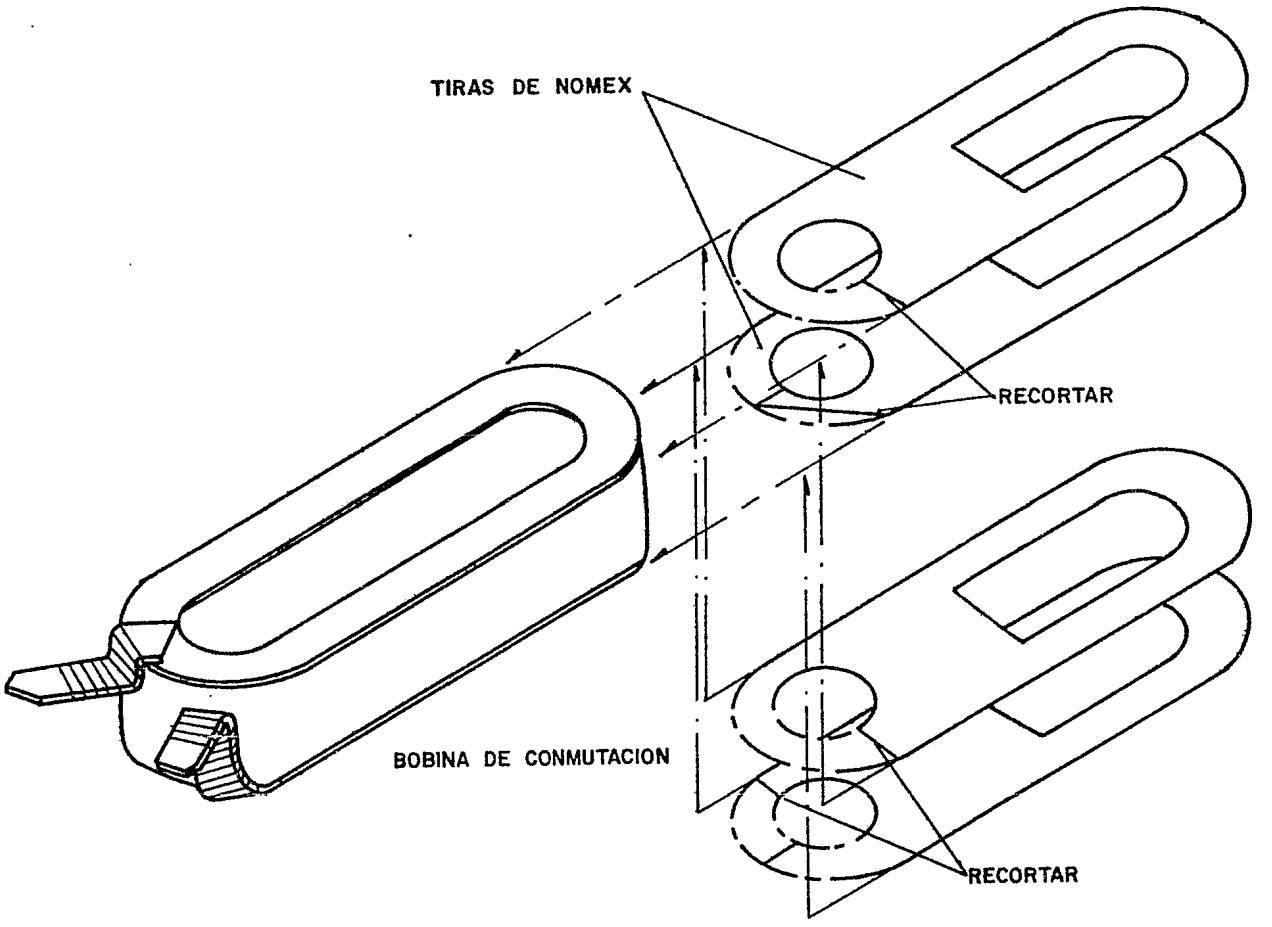
Material y herramienta empleada:

Tiras de material NOMEX.

Descripción:

Es semejante al efectuado en las bobinas SERIE y AVF, sólo que las tiras de NOMEX varían en su forma y tamaño (Ver figura siguiente), colocándose dos tiras entre cada capa o vueltas de la bobina.

Después que se ha terminado de colocar todo el material aislante, se - procede a fijarlo con cinta scotch en los lados mayores de la bobina.



E). CURADO.

Objetivo:

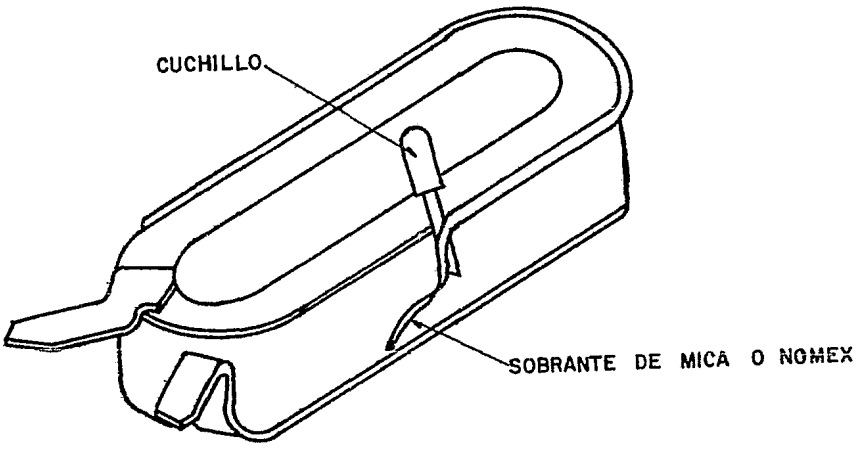
Hacer el curado del material aislante entre capas.

Material y herramienta empleada:

Máquina Tyristor Rectifier, Moldes (prensa) de la bobina de conmuta- - ción, martillo y charrasca.

Descripción:

Las terminales de la bobina se conectan al Tyristor Rectifier, ésta - fué previamente colocada en su molde de la prensa con cuñas. El tiempo de- acción de dicha máquina es de 3.5 minutos, con una temperatura de 175-200°C. y circula por la bobina una corriente de 1000 A. Lo que provoca que el ma- terial aislante entre capas se funda y se pegue a los lados de la bobina; - además el grosor de la bobina disminuye, lo que se aprovecha para presionar la con el molde prensa, introduciendo con golpes del martillo a las cuñas - colocadas en las cuatro esquinas, una vez comprimida, se saca del molde - - prensa y se le recortan los excedentes del aislamiento entre capas, median- te la charrasca.



F). SOLDADO DE TERMINALES.

Objetivo:

Proporcionar las terminales adecuadas, para su interconexión en el cir cuito inductor.

Material y herramienta empleada:

Equípo de soldadura autógena (tanque de oxígeno de acetileno, encende

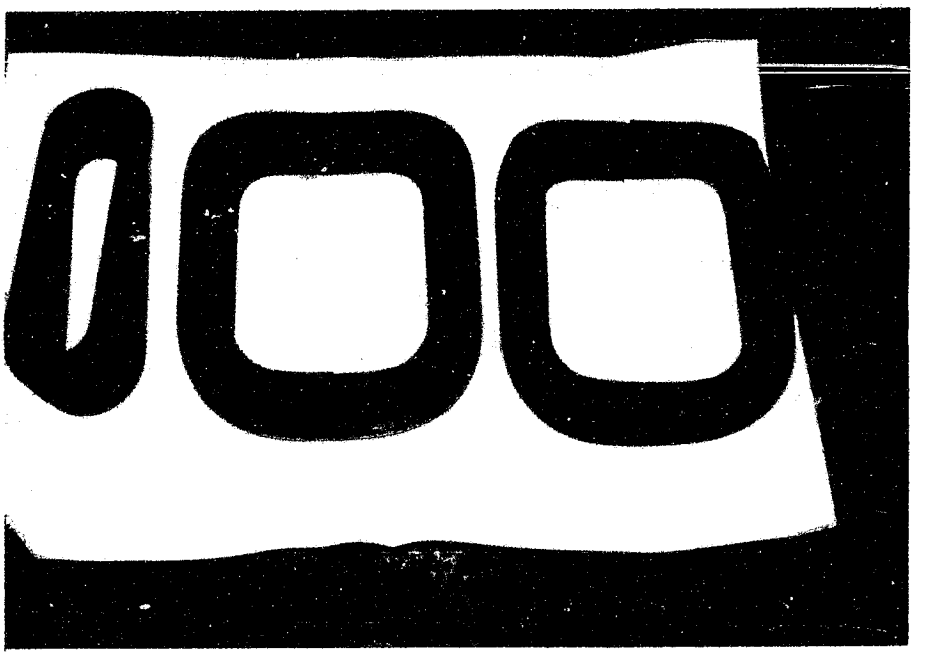
dor de piedra, soplete, gafas protectoras, soldadura de plata, asbesto protector, esmeril, prensa de sujeción.

Descripción:

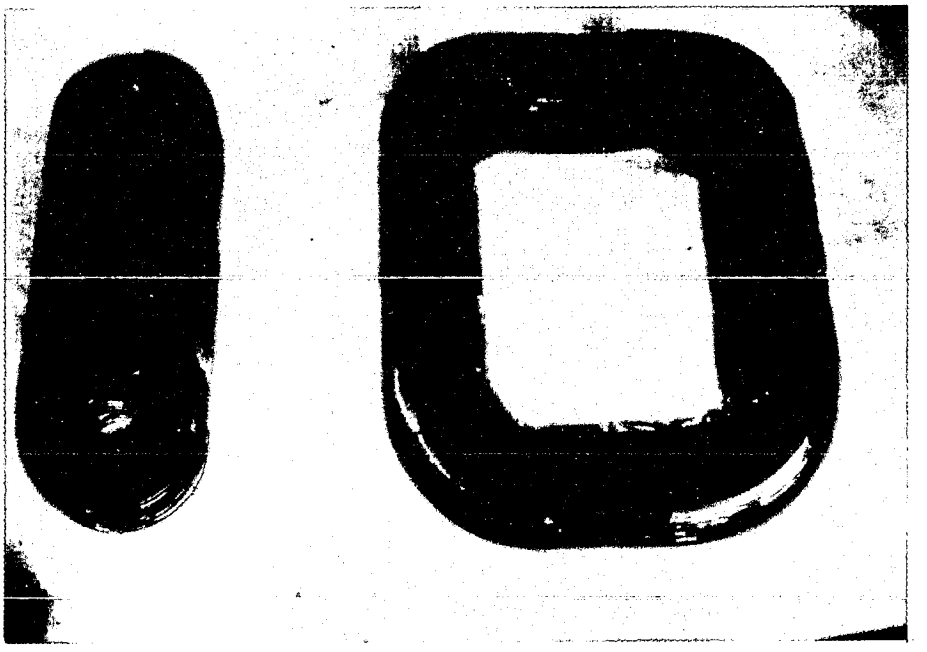
Se soldarán estas pequeñas terminales, despegando un poco el papel nomex de aislamiento entre capas y protegiéndolo con asbesto. La sujeción de las piezas a soldar se hace con una prensa de tornillo, aplicándose la soldadura de plata y limpiando con el esmeril, para quitar rebaba y sobrante de soldadura.

G). VERIFICACIONES:

- Por medio de "gage" el enrollado de bobinas.
- Gráfica de relevado de esfuerzos, después de enrollado.
- Limpieza final, quitando los excedentes de Nomex.
- Revisión de la soldadura de plata.



BOBINAS DESPUES DE LIMPIEZA.



BOBINAS DESPUES DEL CURADO DEL AISLAMIENTO ENTRE CAPAS.

7.- AISLAMIENTO DE BOBINAS.

Una vez concluido el proceso de aislamiento entre capas y su curado, - se procede a desarrollar el encintado de las bobinas, efectúandose por separado para SERIE y AVF, para después conjuntarlas y constituir así la bobina del campo inductor. Este proceso se efectúa en un cuarto con temperatura - húmedad y limpieza controlada. La temperatura 21°C., debido a requerimientos de los aislamientos clase H utilizados.

A). SERIE.

Objetivo:

Dotar a la bobina serie de un adecuado aislamiento que le permita trabajar en condiciones óptimas.

Material y herramienta empleada:

Tornillo de banco (de sujeción), tijeras, amperímetro, bobina de inducción, núcleo, núcleo móvil, juego de cintas y tiras de material aislantes:

Cinta de kaptón con vidrio	0.12 E X 13 A X 3.76 m.
Cinta de silicón con vidrio	0.25 E X 19 A X 0.80 m.
Cinta de vidrio.	0.1 E X 19 A X 0.85 m.
Hoja de Nomex	0.125E (5 mil)X 70 A X 70 m.
Hoja de Nomex	0.5 E (20mil)X 23 A X100 m.
Hoja de Nomex	0.125E (5 mil)X 22 A X100 m.
Hoja de Nomex	0.5 E (20mil)X 10 A X 90 m.
Hoja de Nomex	2 E X 25 A X 130 m.
Hoja de Nomex	2 E X 25 A X 3 m.
Tira de Nomex.	2 E X 5 A X 130 m.
Tira de Nomex	2 E X 7 A X 130 m.
Tira de Nomex	2 E X 25 A X 55 m.
Cinta de poliester	0.05 E X 13 A X 1.15 m.
Cinta de vidrio	0.1 E X 19 A X 2.5 m.
Cinta de kaptón con vidrio	0.12 E X 25 A X10.08 m.

E = espesor A = ancho m - metros.

Encintado de terminales.

- Barnizado de B hasta C, el operario introduce las terminales al recipiente de barniz.
- Encintado de las terminales de A hasta B con cinta kaptón con vidrio, 3 - vueltas a medio traslape de 0.12 X 13 X 3.76.
- Barnizado de B hasta C. (Figura 1).

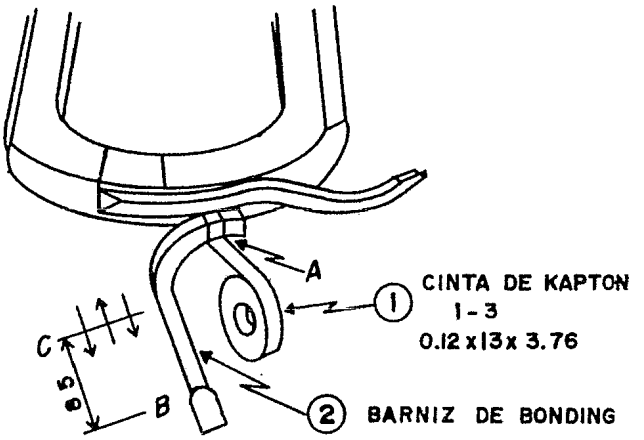


figura 1

- Dos vueltas de medio traslape, desde B hasta C con cinta de Silicón con - vidrio de 0.25 X 19 X 0.8. (Figura 2).

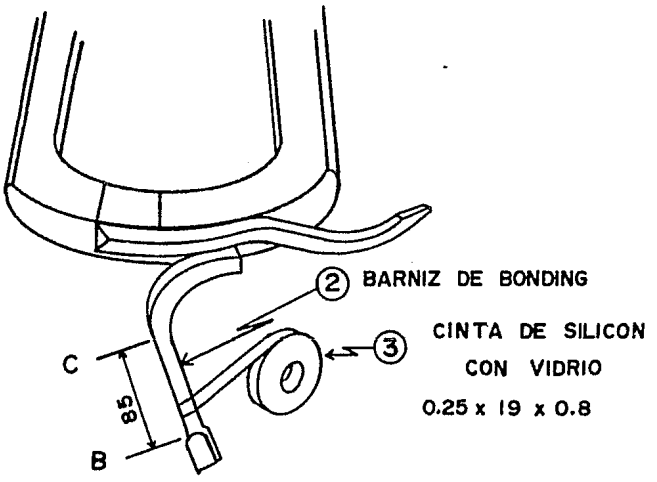


figura 2

- Una vuelta de medio traslape de B hasta A con cinta de vidrio 0.1 X 19 X 0.85. (Figura 3).

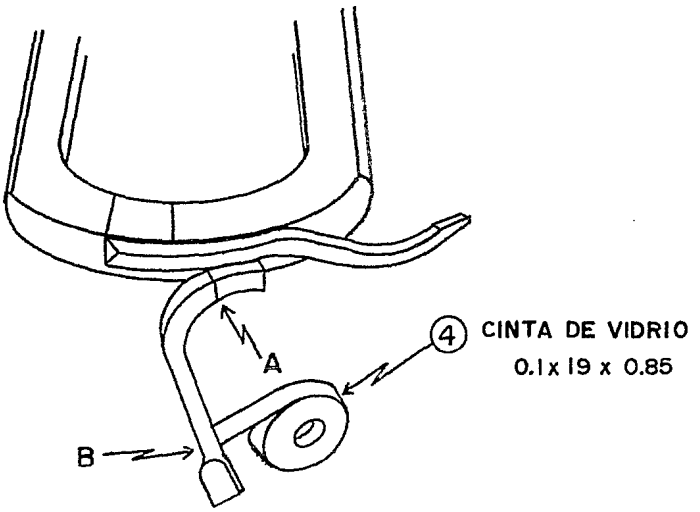


figura 3

Encintado de la cabeza.

- Colocar dos capas de hoja de nomex de 0.125 X 70 X 70. (Figura 4).

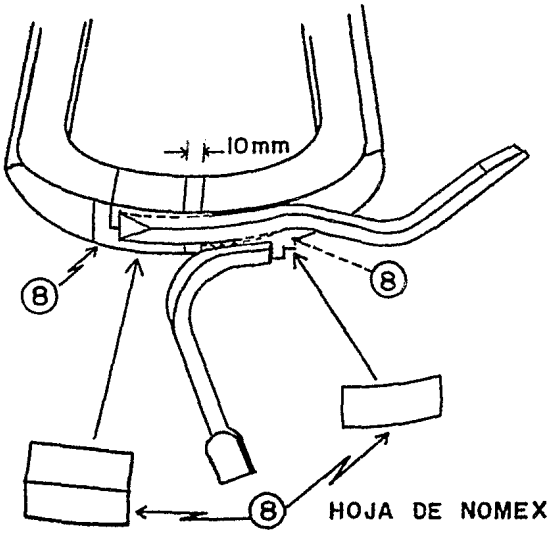


figura 4

- Colocar una capa de hoja de nomex de 0.5 X 23 X 100
- Colocar dos capas de hojas de nomex de 0.125 X 22 X 100.
- Colocar tres capas de hojas de nomex de 0.5 X 10 X 90.
- Colocar una capa de tira de nomex de 2 X 25 X 130.
  (Figura 5).

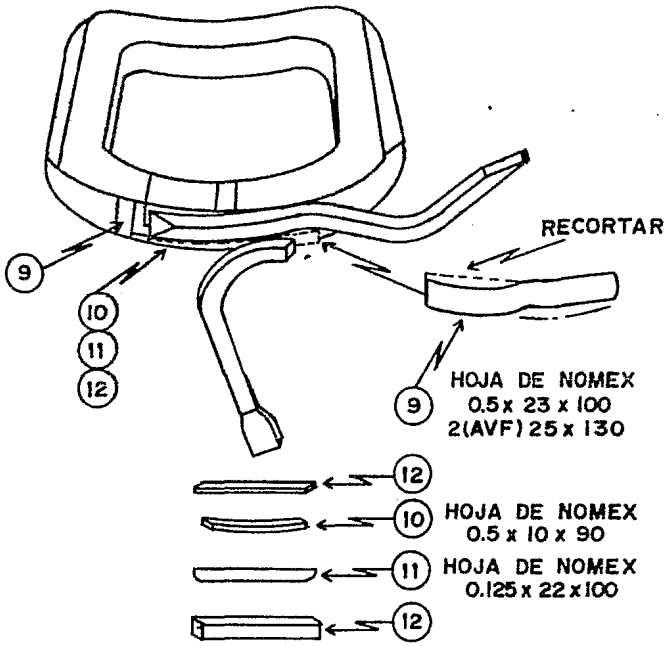


figura 5

- Colocar una capa de tira de nomex de 2 X 5 X 130.
- Colocar una capa de tira de nomex de 2 X 7 X 130.
- Colocar una capa de tira de nomex de 2 X25 X 55.
  (Figura 6).

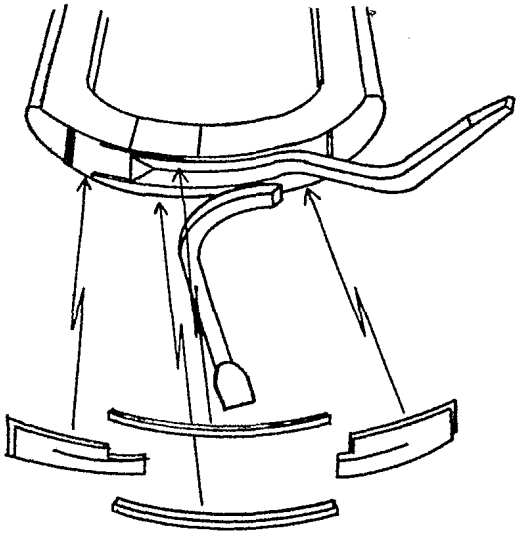


figura 6

- Sujetar con el tornillo de banco.
- Colocar dos capas de cinta de poliester de 0.05 X 13 X 1.25. (Figura 7).

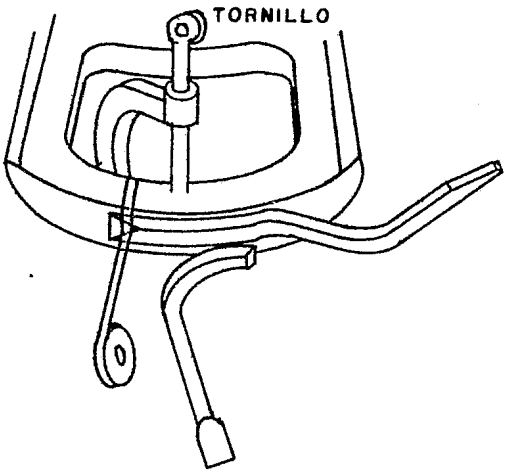


figura 7

- Una vuelta de 1/3 de traslape de cinta de vidrio de 0.1 X 19 X 2.5 (Figura 8).

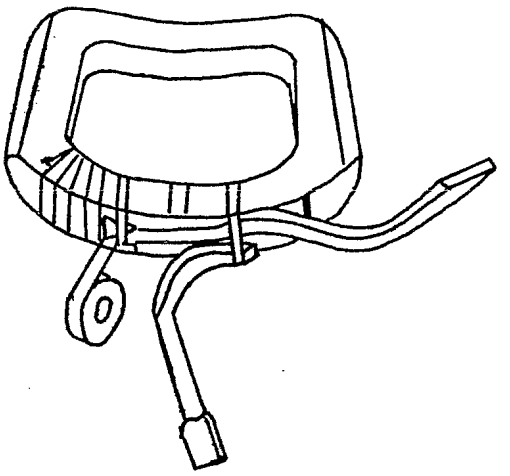


figura 8

Prueba de aislamiento.

La bobina prueba se introduce en el dispositivo mostrado en la figura, ayudados con un amperímetro, el cual nos registrará el buen aislamiento o el - aislamiento en corto. (Figura 9)

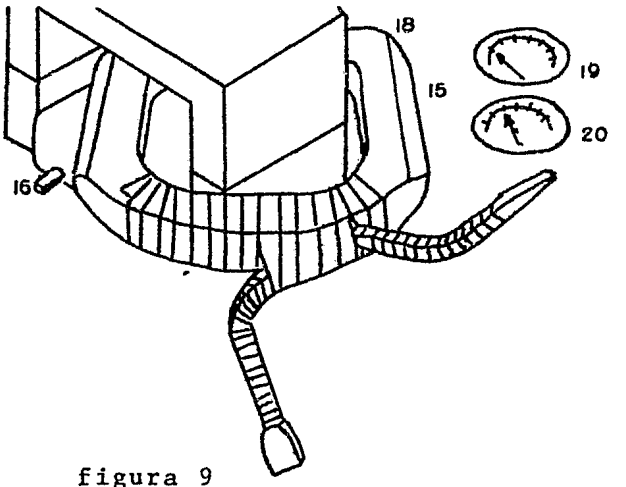


figura 9

- Sujetando en un tornillo de banco a la bobina.
- Encintar toda la bobina serie a medio traslape con cinta de kaptón con vidrio de 0.12 X 25 X 10.08 recortando en las esquinas. (Figura 10).

figura 10

B). A V F.

Objetivo:

Dotar a la bobina AVF de un adecuado aislamiento, que le permita trabajar en condiciones óptimas.

Material y herramienta empleada:

Tornillo de banco (de sujeción), tijeras, amperímetro, bobina de inducción, núcleo, núcleo móvil, juego de cintas y tiras aislantes:

Cinta de kapton con vidrio	0.12 E X 13 A X 4.65 m.
Cinta de silicón con vidrio	0.25 E X 19 A X 0.6 m.
Cinta de vidrio	0.1 E X 19 A X 1.06 m.
Hoja de nomex.	0.125E X 70 A X 70 m.
Hoja de nomex	0.5 E X 28 A X 100 m.
Hoja de nomex	0.125E X 22 A X 100 m.
Hoja de nomex	0.5 E X 10 A X 90 m.
Tira de nomex	2 E X 25 A X 130 m.
Cinta de kaptón con vidrio	0.12 E X 35 A X 7.2 m.

Descripción:

Encintado de terminales:

- Barnizado de B hasta C.
- Colocar tres vueltas a medio traslape desde A hasta B y desde D hasta E,- con cinta de kaptón con vidrio de 0.12 X 13 X 4.65.
- Barnizado de B hasta C. (Figura 11).

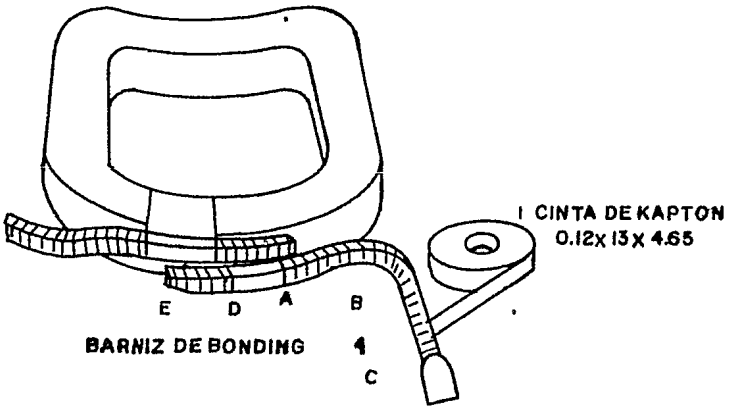


figura 11

- Dos vueltas de medio traslape desde B hasta C con cinta de silicón con vidrio de 0.25 X 19 X 0.6 (Figura 12).

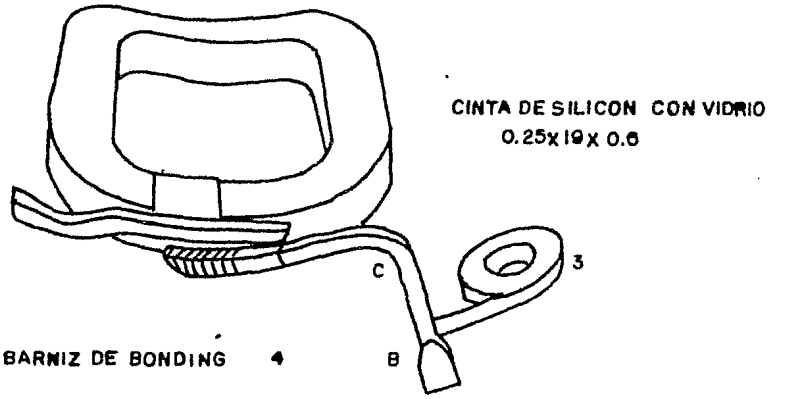


figura 12

- Una vuelta a medio traslape de B hasta A y desde D hasta E con cinta de vidrio de 0.1 X 19 X 1.06 (Figura 13).

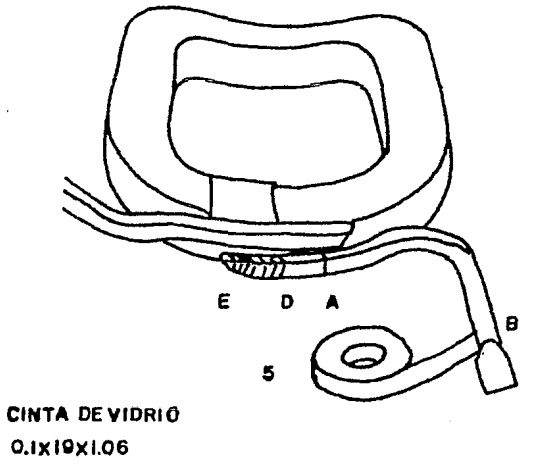


figura 13

Encintado de la cabeza:

- Colocar dos capas de hoja de nomex de 0.125 X 70 X 70. (Figura 14).

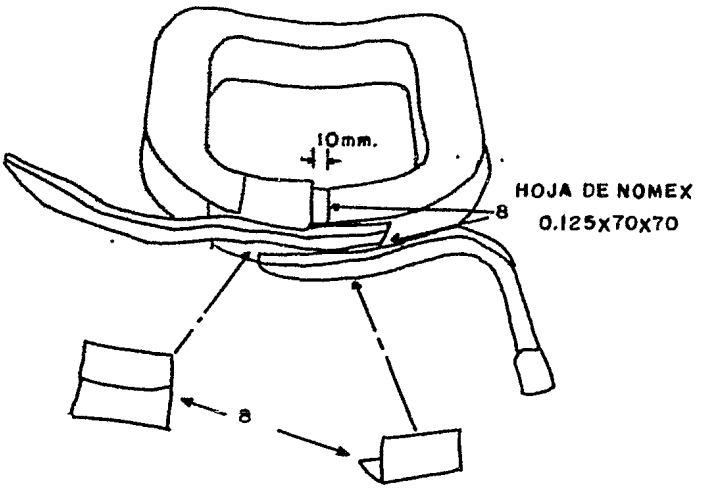


figura 14

- Una capa de hoja de nomex de 0.5 X 23 X 100
- Dos capas de hoja de nomex de 0.125 X 22 X 100
- Cuatro capas de hoja de nomex de 0.5 X 10 X 90
- Dos capas de tira nomex de 2 X 25 X 130
- (Ver figura 5).

Prueba de aislamiento:

La bobina a prueba se introduce en el dispositivo mostrado en la figura 9 auxiliados con dos amperímetros, el cual nos registrará el buen aislamiento o el aislamiento en corto.

Una vuelta de medio traslape, recortando las esquinas con cinta kaptón con vidrio de 0.22 X 35 X 7.2. (Ver figura 10).

C). ENSAMBLE DE BOBINA DE NUCLEO DE POLO PRINCIPAL (B. SERIE + B. AVF)

- Intercalar una capa de tira Nomex de 2 mm.
- Colocar 4 tiras de Nomex de 2 X 25 X 130.
- Colocar cinta doble adhesiva sobre las anteriores tiras. (Ver figura 15).

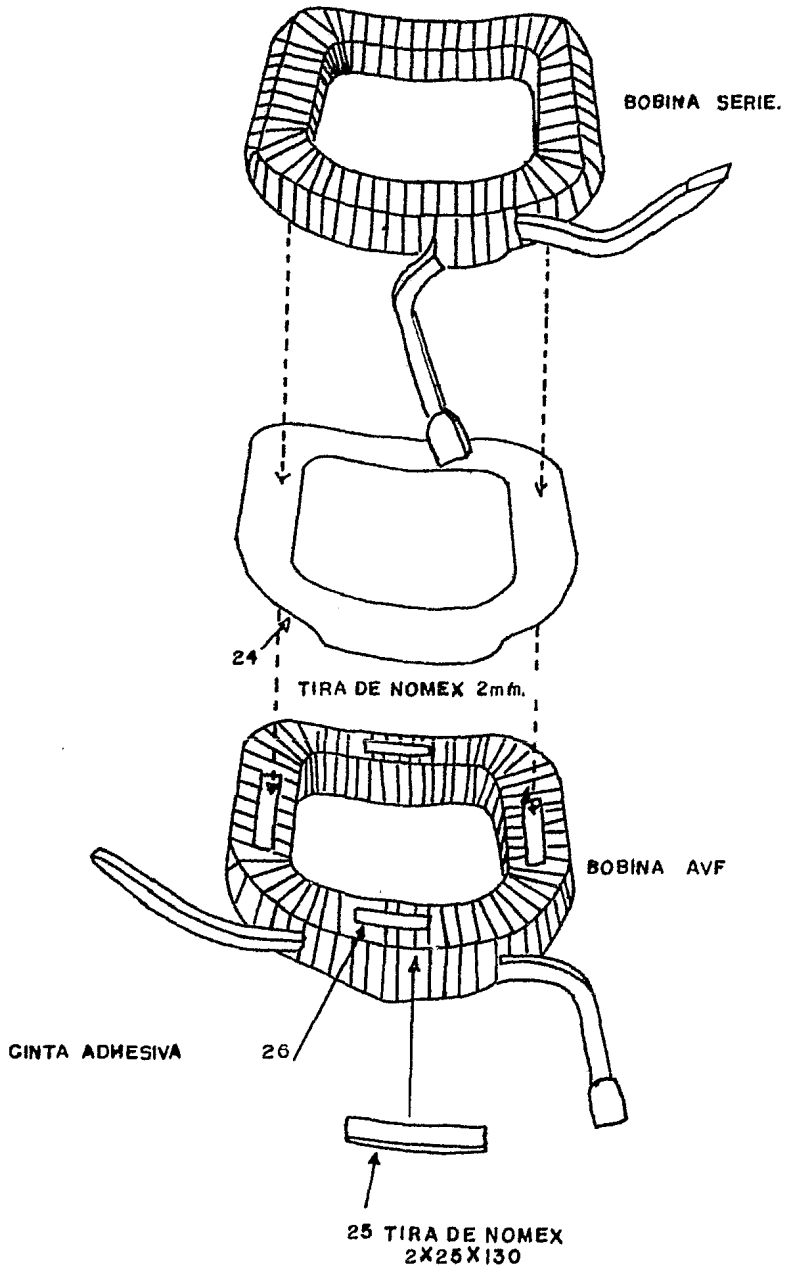


figura 15

- Con tornillos de banco, en ambos extremos, presionar las bobinas y colo-- car una capa de tira Nomex de 2 X 12 X 800 y encima de ésta dos vueltas - de cinta de poliester de 0.05 X 13 X 0.27. (Ver figura 16).

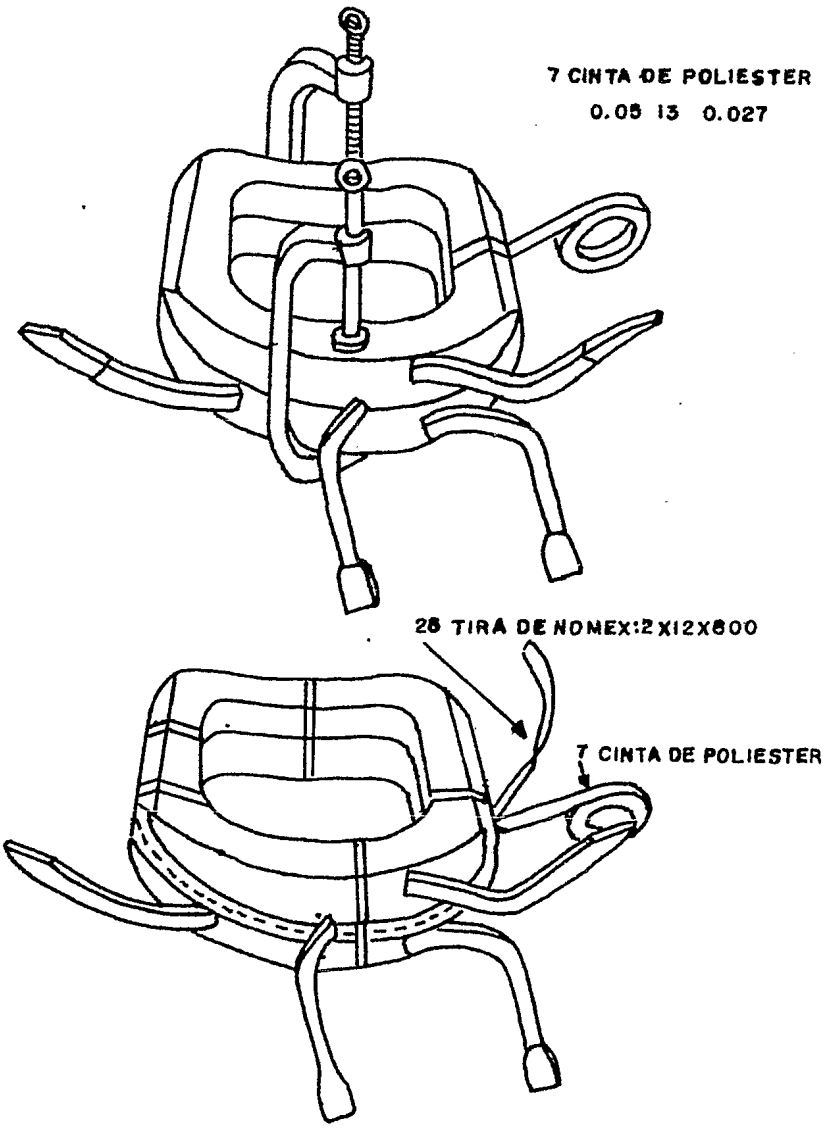


figura 16

- Sujetando en un tornillo de banco a la bobina, dar una vuelta a 1/2 traslape, recortando en las esquinas con cinta de vidrio de 0.18 X 25 X 13.1, en toda la bobina, (Ver figura 17).

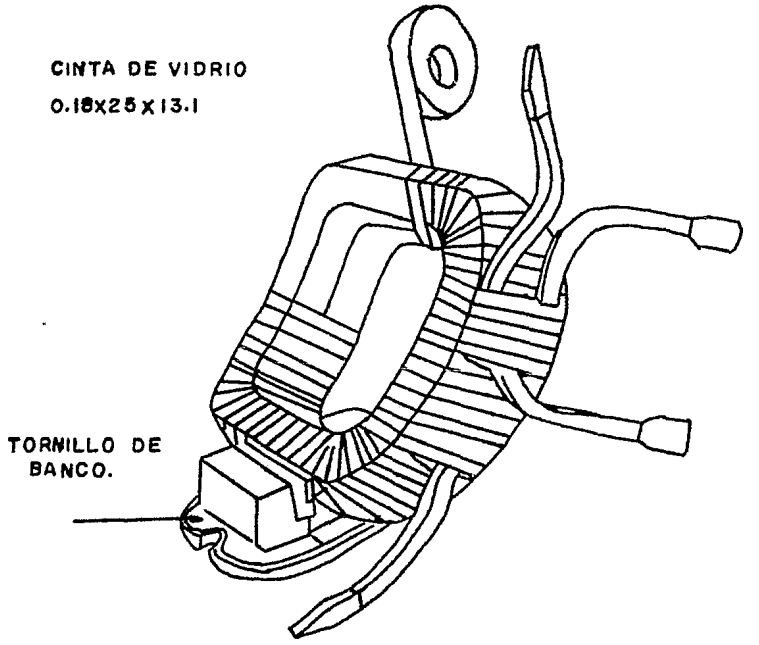


figura 17

Refuerzo del aislamiento.

- Colocar una capa de hoja de Nomex de 0.25 X 21 X 230.
- Intercalar 2 capas de tira de Nomex de 0.125 X 27 X 197, entre la bobina y la hoja de Nomex anterior.

- Se intercala cinta doble adhesiva como se aprecia en la figura 18.

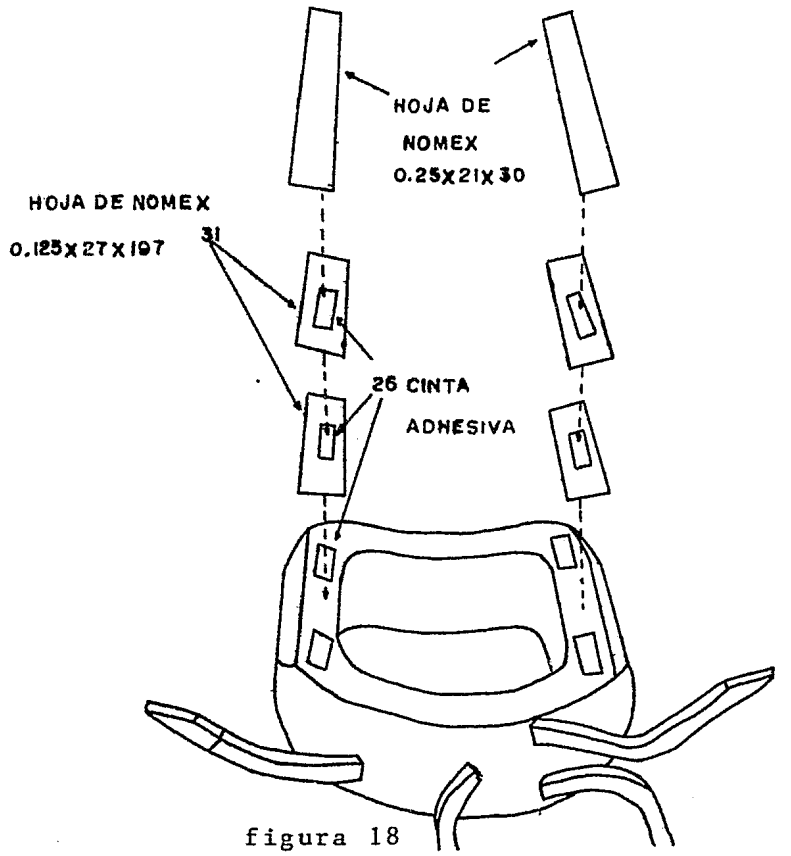


figura 18

- Fijar con dos vueltas de cinta de poliester de 0.05 X 13 X 0.27, el con-- junto del refuerzo de aislamiento. (Ver figura 19).

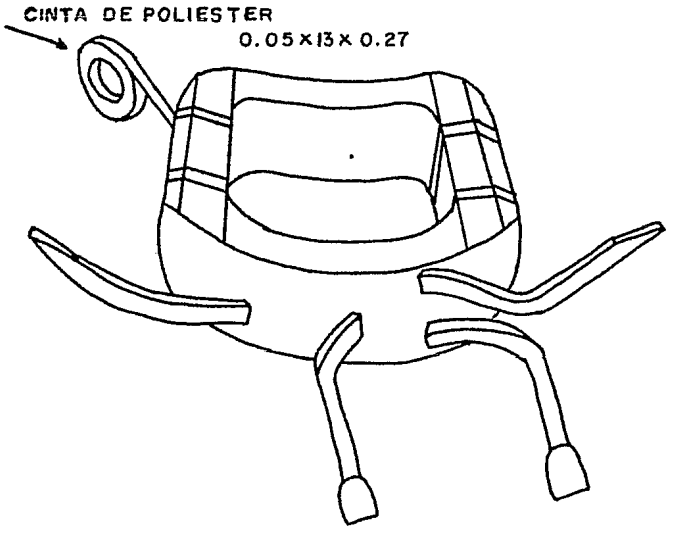


figura 19

- Una vuelta a 1/2 traslape, recortando en las esquinas, con cinta de vidrio de 0.18 X 25 X 13.3, en toda la bobina. (Figura 20).

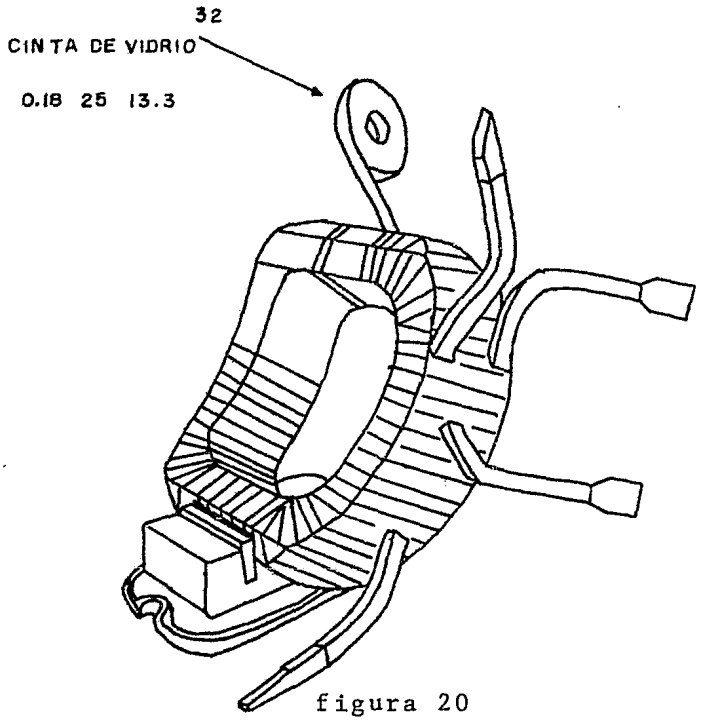


figura 20

- Adherir la placa del número del polo, para identificarlo. (Figura 21).

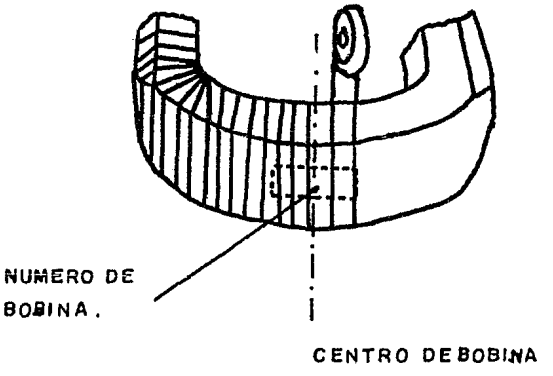


figura 21

- Reforzar la cabeza de bobina, con cinta de vidrio de 0.08 X 13; de acuerdo a la geometría de las terminales. (Figura 22).

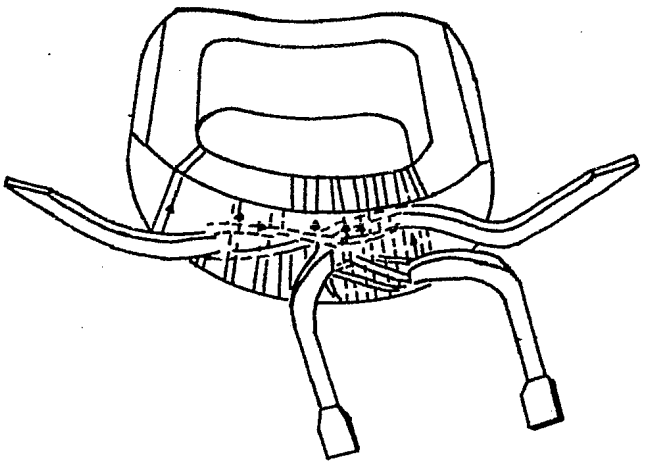


figura 22

D). CONMUTACION.

Objetivo:

Dotar a la bobina de conmutación de un adecuado aislamiento, que le - permita trabajar en condiciones óptimas.

Material y herramienta empleada:

Tornillo de banco (de sujeción), tijeras, bobina de inducción, núcleo, núcleo móvil, amperímetro, juego de cintas y tiras de material ahislantes - de diversas dimensiones:

Cinta de kapton	0.12 E X 13 A X 2.8 m.
Cinta de vidrio	0.1 E X 19 A X 0.64 m.
Cinta de poliester	0.05 E X 13 A X 1.32 m.
Hoja de Nomex	0.125E X 70 A X 150 m.
Tira de Nomex	2 E X 55 A X 120 m.
Tira de Nomex	2 E X 55 A X 105 m.
Cinta de poliester	0.05 E X 13 A X 0.44 m.
Cinta de vidrio	0.1 E X 19 A X 6 m.

Descripción:

Encintado de terminales:

Bobinas abiertas:

- Tres vueltas a 1/2 traslape de cinta kaptón de 0.12 X 13 X 2.8, desde A - hasta B.
- Una vuelta a 1/2 traslape desde B hasta A con cinta kaptón con vidrio de- 0.1 x 19 x 0.64. (Figura 1).

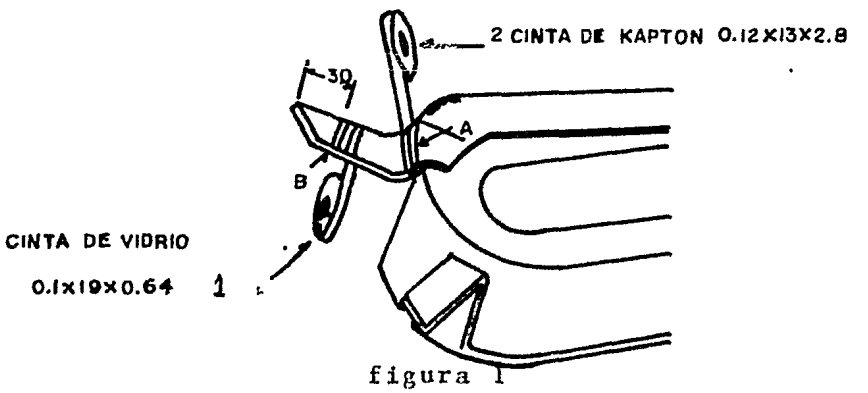


figura 1

Bobinas cruzadas.

- Tres vueltas y medio, desde A hasta B con la cinta Kaptón con vidrio de - 0.12 X 13 X 2.8.
- Una vuelta de 1/2 traslape desde B hasta A con cinta kaptón con vidrio de 0.1 X 19 X 0.64. (Figura 2).

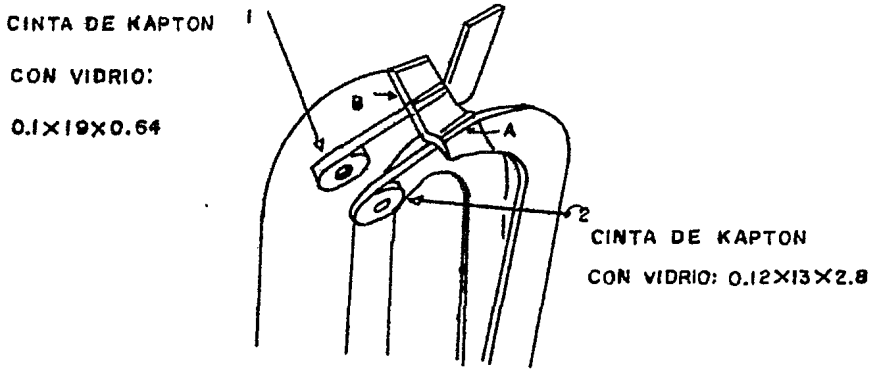


figura 2

Las siguientes ilustraciones son similares a ambas bobinas (cruzadas y abiertas).

- Colocar 2 vueltas en cada extremo de cinta poliester de 0.05 X 13 X 1.32. (Figura 3).

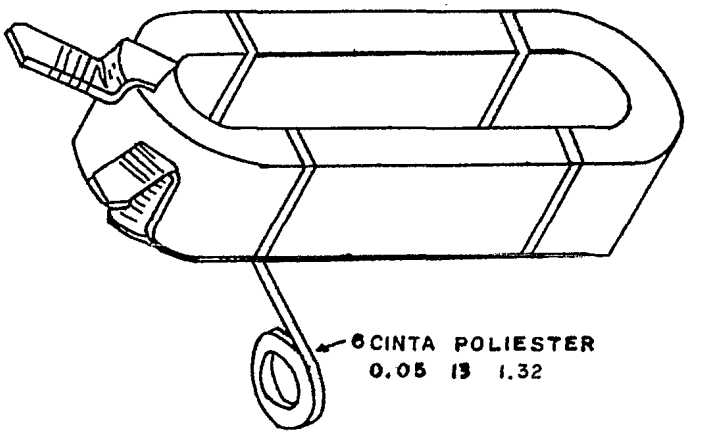


figura 3

- Colocar dos capas de hojas Nomex de 0.125 X 70 X 150. (Figura 4).

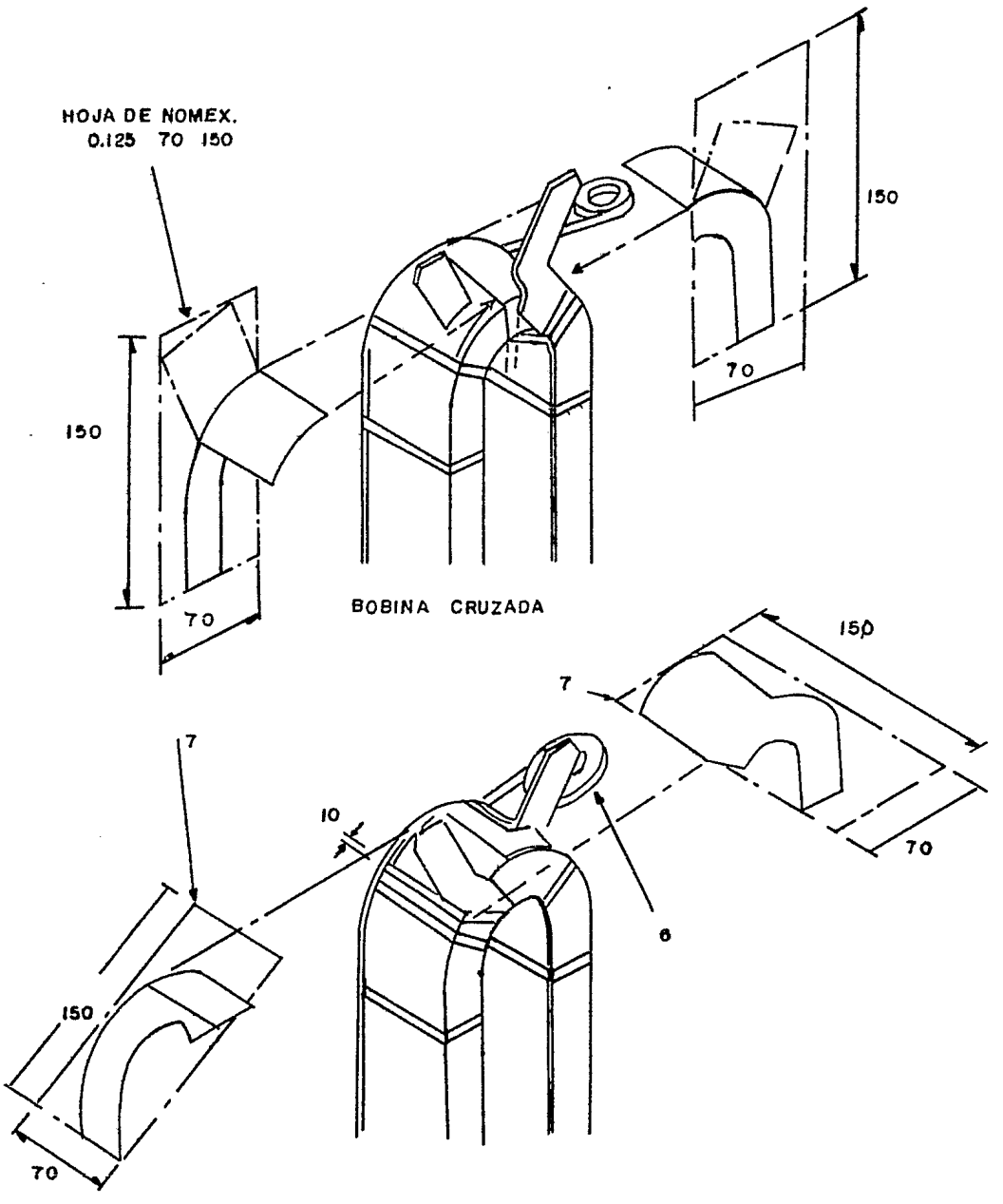


figura 4

- Colocar 1 hoja de tira Nomex de 2 X 55 X 120.
- Colocar 1 hoja de tira Nomex de 2 X 55 X 105.
- Fijar con cinta poliester de 0.05 X 13 X 0.44. (Figura 5 y 6)

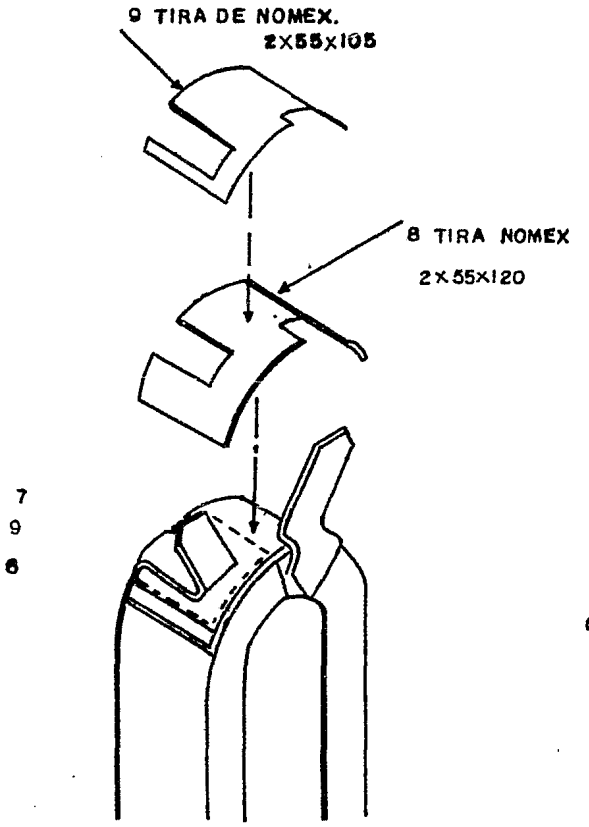


figura 5

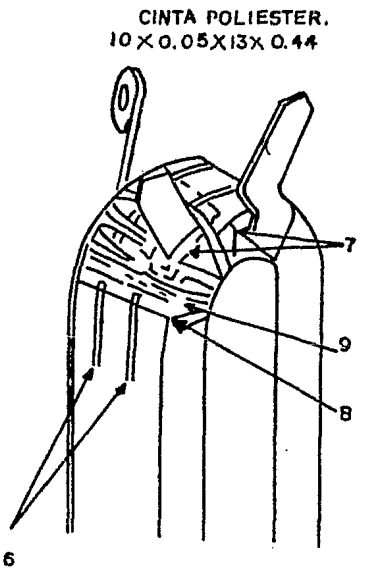


figura 6

- Una vuelta a 1/2 traslape longitudinalmente en toda la bobina con cinta de vidrio de 0.1 X 19 X 6. (Figura 7).

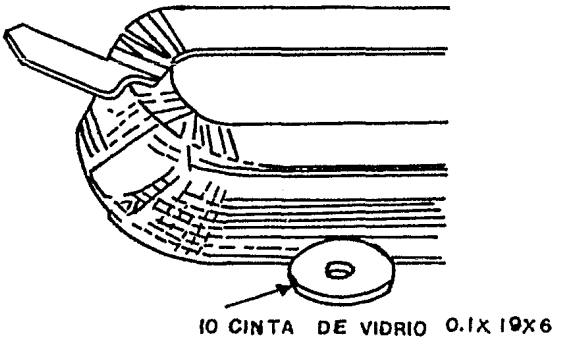


figura 7

8.- ENSAMBLE DE BOBINA PRINCIPAL - POLO PRINCIPAL.

Esta parte del proceso requiere de un cuarto especial para no afectar- la pureza de los aislamientos.

COLOCACION DEL ALGODON DE POLIESTER.

Objetivo:

Proporcionar aislamiento entre el núcleo polar y la bobina princiapl - evitar la rotura del encintado de la bobina al momento del ensamble.

Proporcionar una fijación y sellado entre éstos dos elementos.

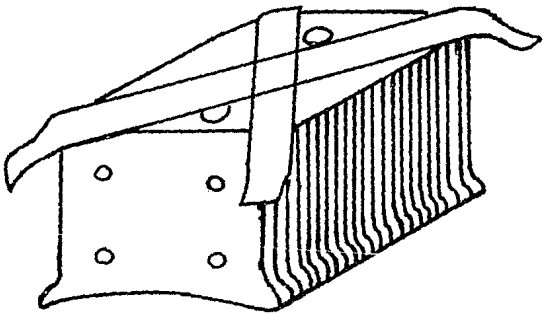
Material y herramienta empleada:

Poliéster.

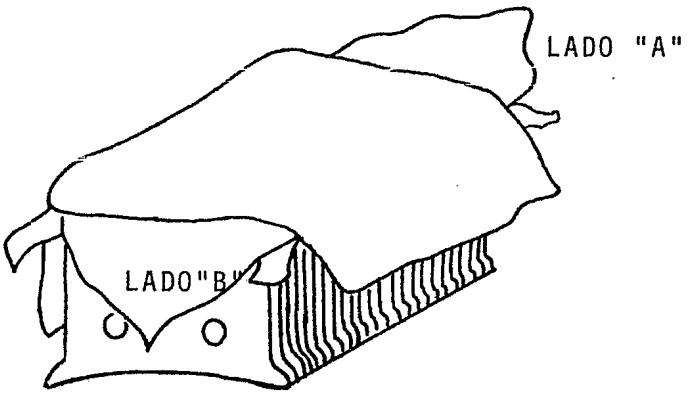
Descripción:

Se trabaja inicialmente con el núcleo polar, al cual se le irán colo-- cando diversas capas de material poliéster, como sigue:

Paso 1. Se colocan dos tiras de poliéster en forma de "equis" tal como se - aprecia en la siguiente figura.



Paso 2. Se coloca una tira en el lado del polo opuesto a las terminales de- la bobina (lado A de la siguiente figura), las cuales tienen forma- rectangular y son de poliester; se introduce una de sus puntas en - el orificio del núcleo polar con la carcasa, dos tiras en el lado - del polo donde quedarán las terminales de la bobina (lado B de la - siguiente figura); introduciéndose también una de las puntas de las tiras en el orificio de sujeción.



Paso 3. Finalmente se coloca una hoja rectangular de material poliéster, la cual cubrirá a todas las tiras anteriormente descritas.

UNION BOBINA PRINCIPAL - NUCLEO PRINCIPAL.

Objetivo:

Ensamble de la bobina con el núcleo para obtener el elemento inductor-del campo principal

Material y herramienta empleada:

Charrasca, martillo mesa de trabajo, cautín eléctrico para corte de sobrante de poliéster.

Descripción:

Cuando se han concluido de colocar todas las capas de material poliéster se procede a meter la bobina (previamente encintada) al núcleo polar auxiliándose con golpes de martillo y golpeándola contra la mesa de trabajo - se logra la introducción total de la bobina, finalmente se corta con el cautín los excedentes del material poliéster, dejandose la cara del núcleo que está en contacto con la carcasa, libre del material poliéster.

VERIFICACIONES:

- Colocación y fijación del poliéster en todas las partes correspondientes.
- Inspección visual general de la buena ejecución de este proceso.

9.- ENSAMBLE DE BOBINA CONMUTACION-POLO DE CONMUTACION.

Como en el caso de la bobina principal, también se efectúa en el mismo cuarto especial para guardar las mismas condiciones para los aislamientos - de la bobina.

COLOCACION DEL ALGODON DE POLIESTER.

Objetivo:

- Proporcionar el aislamiento entre el núcleo polar y la bobina de conmutación.
- Proporcionar la protección adecuada para evitar el rompimiento del - encintado de la bobina.
- Proporcionar la fijación y sellado entre estos elementos.

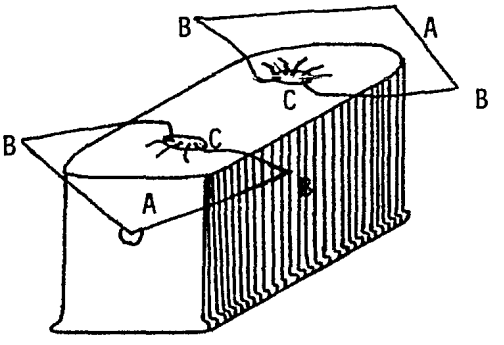
Material y herramienta empleada:

Poliéster.

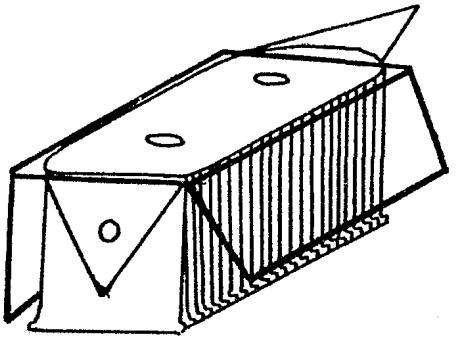
Descripción:

Inicialmente se trabaja con la masa polar de conmutación, a la cual se irán colocando diversas capas de material de poliéster como sigue:

Paso 1. Se colocan dos capas de poliéster de forma cuadrada asentándose sobre la masa polar de conmutación, con las aristas A hacia fuera del polo, las aristas B hacia los lados del polo y las aristas C se introducen en los orificios de sujeción de la masa polar con la carcasa como se ilustra en la siguiente figura, las aristas B tienen que ser estiradas manualmente lo mas posible sin romperlas.



Paso 2. Colocación de una capa rectangular de poliéster de tamaño suficiente para cubrir la masa polar, como se ilustra en la siguiente figura.



UNION BOBINA AUXILIAR - NUCLEO DE CONMUTACION.

Objetivo:

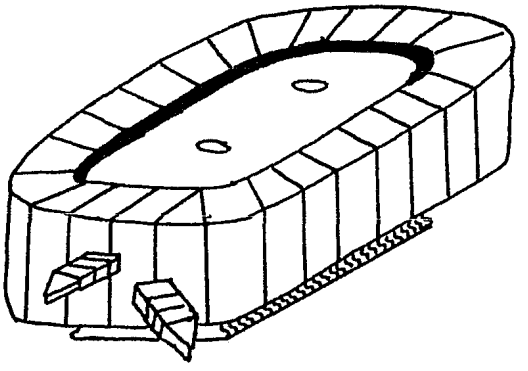
Ensamble de la bobina con el núcleo para obtener el elemento inductor del campo de conmutación.

Material y herramienta empleada:

Charrasca martillo, mesa de trabajo, cautín eléctrico para corte de sobrante de poliéster.

Descripción:

Una vez concluido el proceso de colocación de las capas del poliéster en la masa polar, se procede a introducir la bobina auxiliar (previamente encintada) introducción total de la bobina al núcleo polar, finalmente se corta con el cautín los excedentes del material poliéster, dejandose la cara del núcleo que está en contacto con la carcasa, libre del material de poliéster, como se indica en la siguiente figura.



FIJACION DE PLACAS DE LATON Y DE ACERO.

Objetivo:

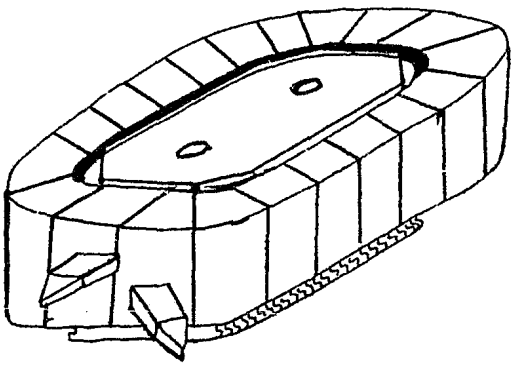
Proporcionar un refuerzo al campo de conmutación.

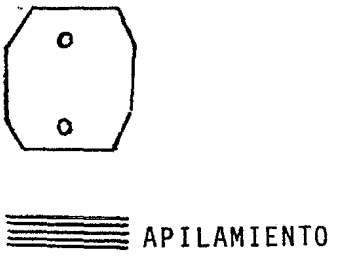
Material y herramienta empleada:

Cinta scotch doble adhesiva, placas de latón y placas de acero.

Descripción:

Una vez concluido el paso anterior, se pega un apilamiento de placas - de latón y de acero, el cual se encuentra cortado, barrenado y punteado de- acuerdo a gage, consta de dos placas de latón y de dos de acero, como se -- muestra en la siguiente figura, en la cara polar que estará en contacto a - la carcasa, la fijación de las placas se realiza por medio de la cinta sco- tch doble adhesiva, colocándose entre las placas y el núcleo polar.





VERIFICACIONES.

- Colocación y fijación del relleno de poliéster en todas las partes corres pondientes.
- Fijación del apilamiento de placas de latón y de acero.
- Inspección visual general.

10.- ENCINTADO DE BARRA DE CONEXION (+) y (-).

Objetivo:

Dotar a las barras de conexión de un adecuado aislamiento que le permita trabajar en condiciones óptimas. Estas sirven para conectar escobillas de igual polaridad.

Material y herramienta empleada:

Juego de cintas y tiras aislantes de diversas dimensiones y de elementos que la forman según la siguiente lista:

Pasta de elastómero	1 E X 15 A (una capa)
Tubo de silicón.	112 mm. - 132 mm.
	A 155 - 112 mm.
	A 175 - 132 mm
Elastómero de poliester	
Cinta de silicón con vidrio	0.25 E X 19 A X 6 m.
Cinta de vidrio	0.1 E X 19 A X 3 m.
Cinta de silicón con vidrio	0.25 E X 19 A X 8 m.
Cinta de kaptón con vidrio	0.12 E X 13 A X1.5 m.
Cinta de silicón con vidrio	0.25 E X 19 A XO.8 m.
Cinta de vidrio	0.1 E X 19 A XO.4 m.
Cinta de silicón con vidrio	0.25 E X 19 A X2.4 m.
Cinta de vidrio	0.1 E X 19 A X1.2 m.
Cinta de silicón.	0.5 E X 25 A XO.18m.
Cinta de silicón con vidrio	0.25 E X 19 A X2.4 m.
Cinta de vidrio	0.1 E X 19 A X1.2 m.
Cinta de vidrio	0.1 E X 19 A X4.1 m.

Descripción:

1.- Colocar en la unión pasta de elastómero de JE X 154, una capa.
2.- Insertar un tubo de silicón en la terminal (ST 110 DG) de 112 y 132 mm.

Aplicarle después aire caliente al tubo de silicón para contraerlo.

(Figura 1).

ENCINTADO DE BARRA DE CONEXION. (+) Y (-).

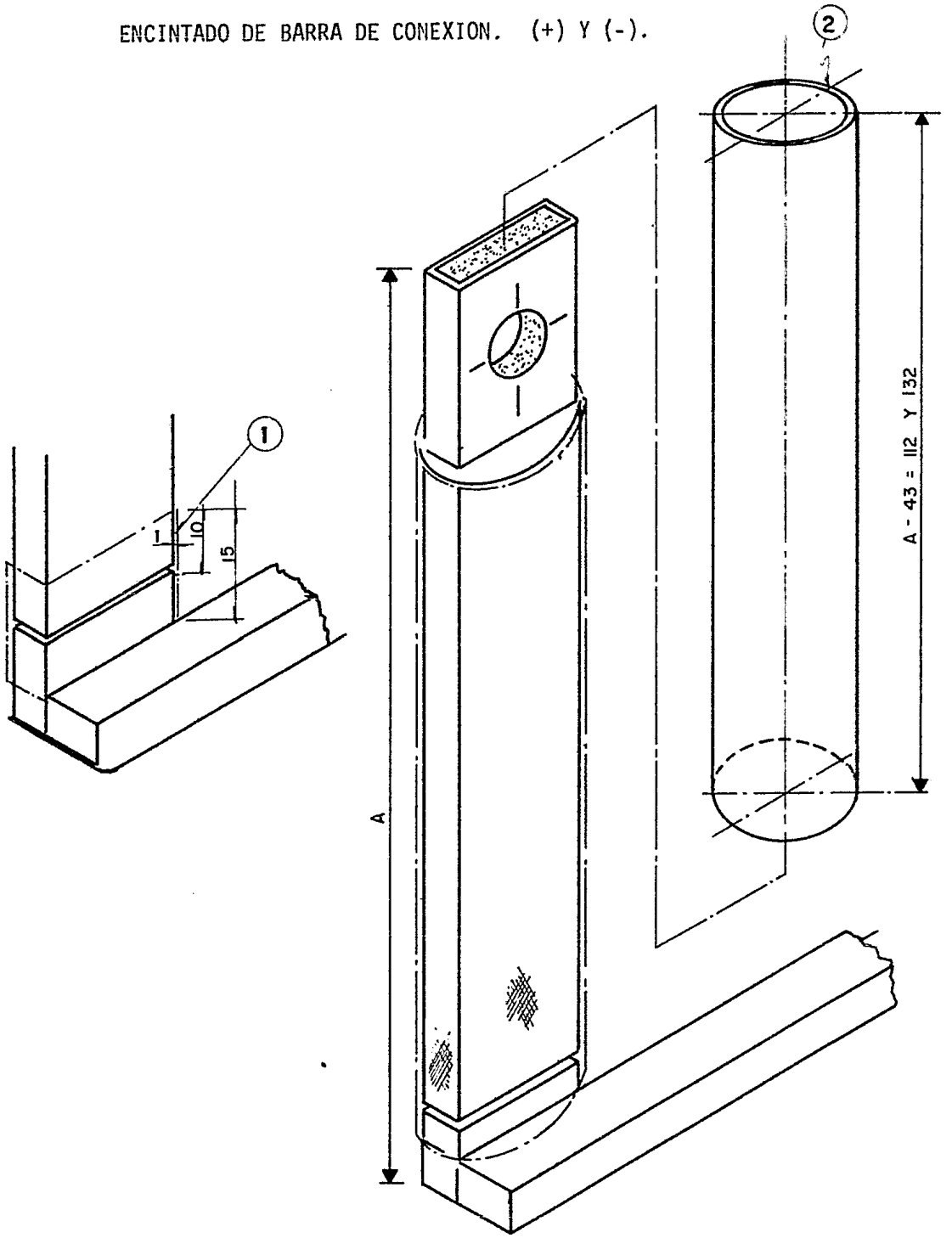


FIGURA 1.

- Colocar en la unión pasta elastómero de 1 E X 20 A, a una capa.
- Recortar el sobrante del tubo de silicón.
- Rellenar un poco el hueco con elastómero de poliester y barnizar desde A- hasta B con barníz de Bonding. (Figura 2).

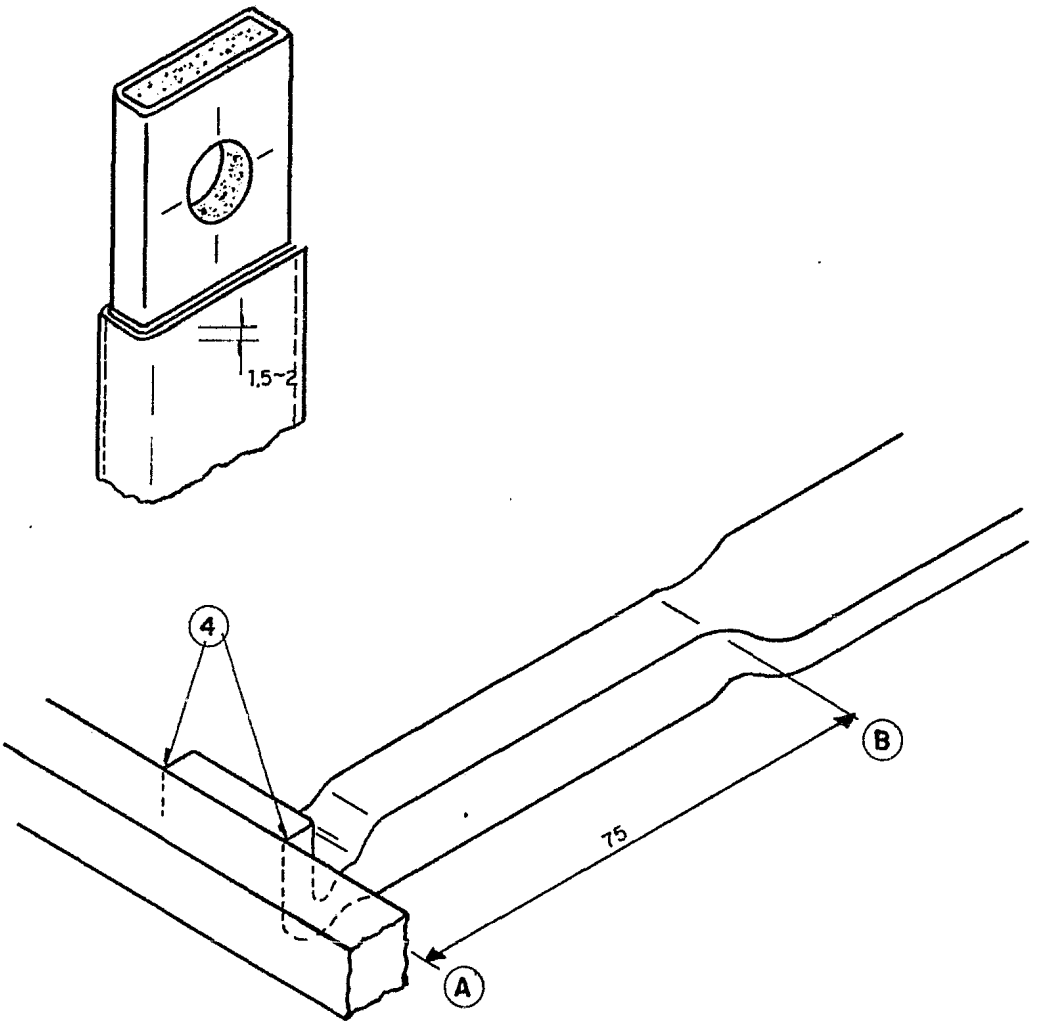


FIGURA 2

BARRA DE CONEXION B-H (-).

- Barnizar la barra de conexión antes de encintar, desde D hasta A.
- Encintar con la cinta de silicón con vidrio toda la barra de conexión. De 0.25 E X 19 A X 6 m. con dos vueltas a medio traslape, desde D hasta A. (Figura 3).

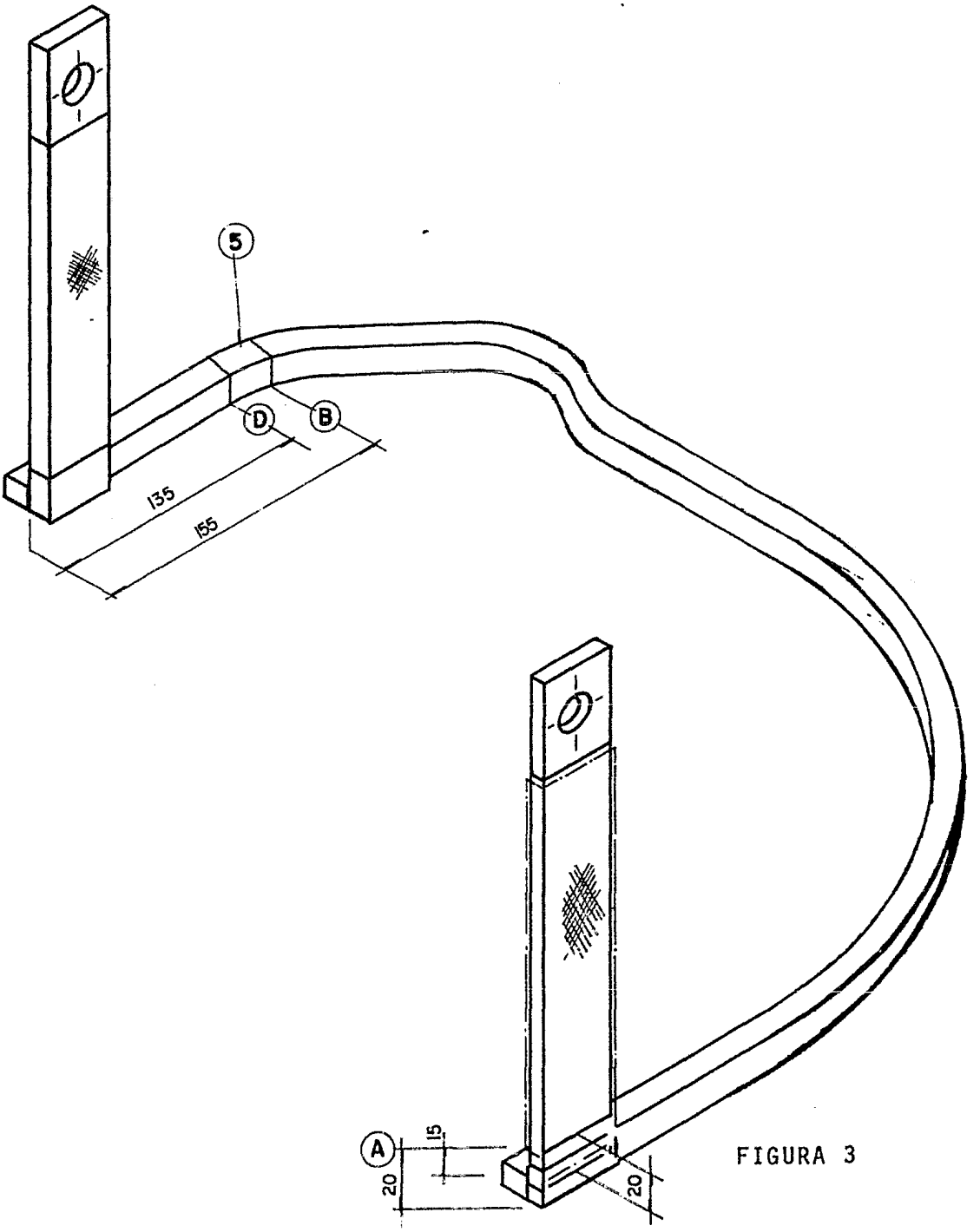


FIGURA 3

BARRA DE CONEXION (+)

- Barnizar barra de conexión antes de encintar desde A hasta B. (Figura 4).

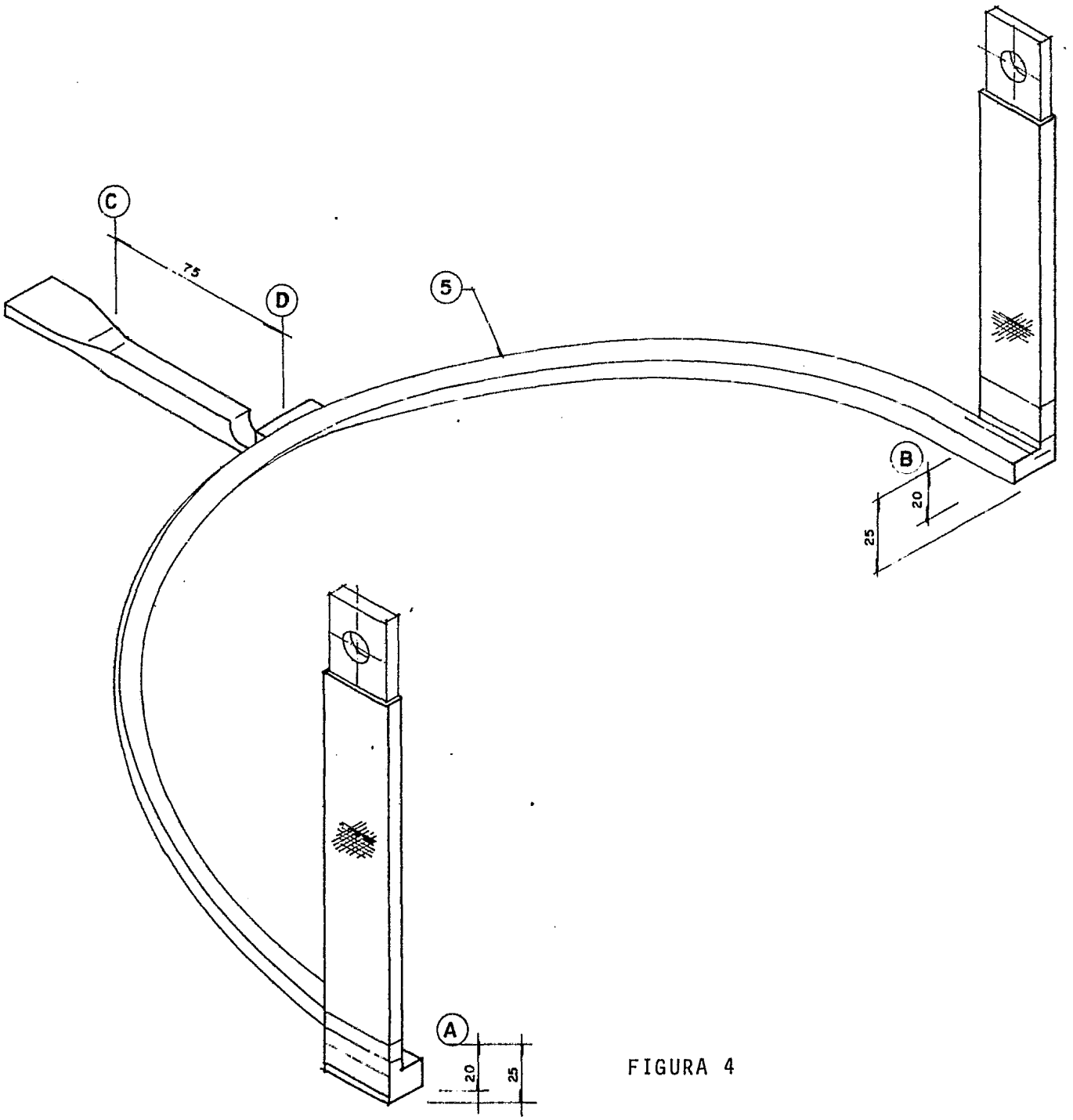


FIGURA 4

- Encintar con la cinta de silicón con vidrio toda la barra de conexión de (0.25 E X 19 A X 8 m.) dos vueltas de medio traslape desde E hasta A. (Figura 5).

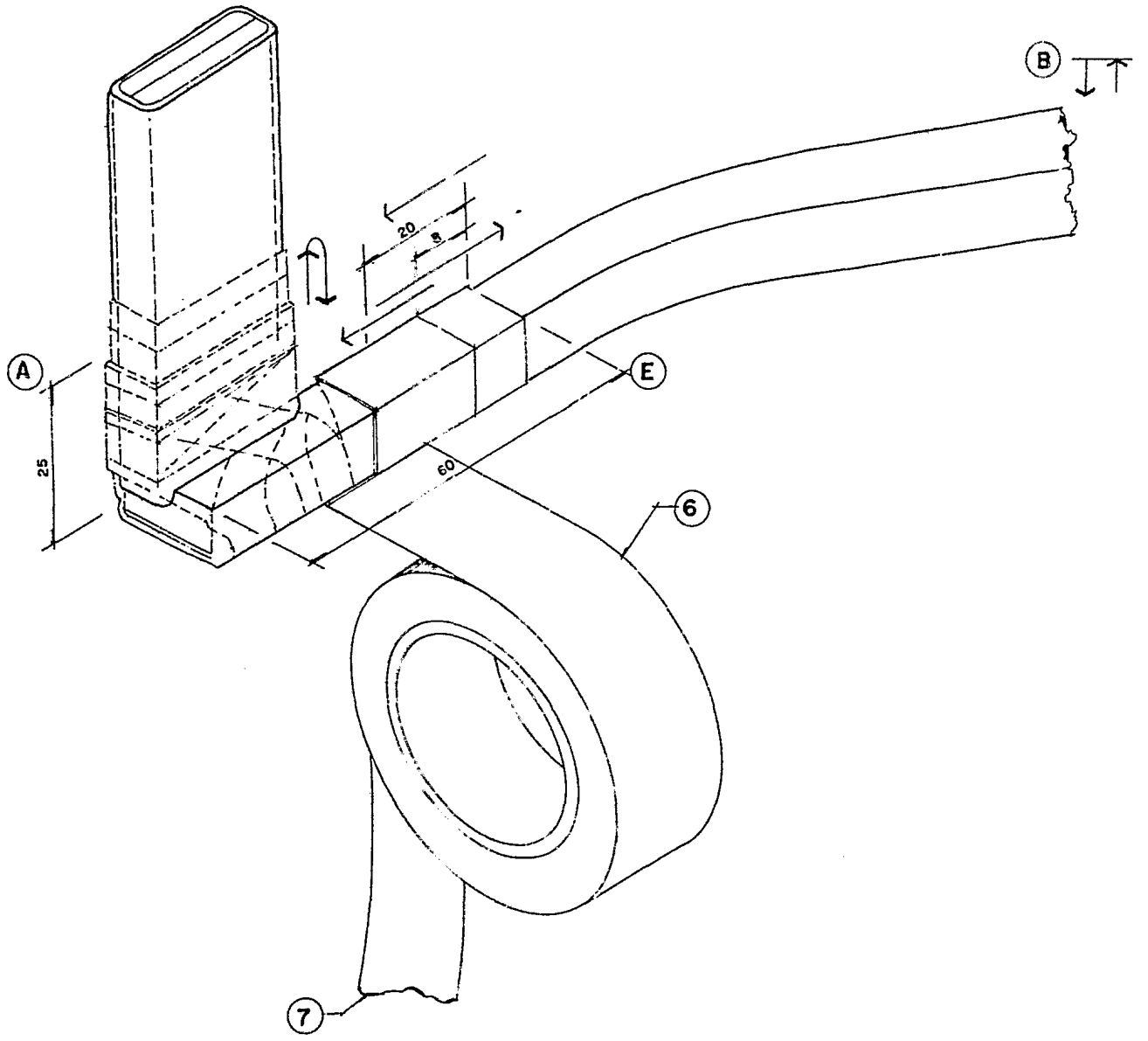


FIGURA 5

- Encintar con la cinta de Kapton con vidrio toda la terminal de 0.12 E X - 13 A X 1.5 m. con tres vueltas de medio traslape desde A hasta C.
- Barnizar desde D hasta E.

(Figura 6).

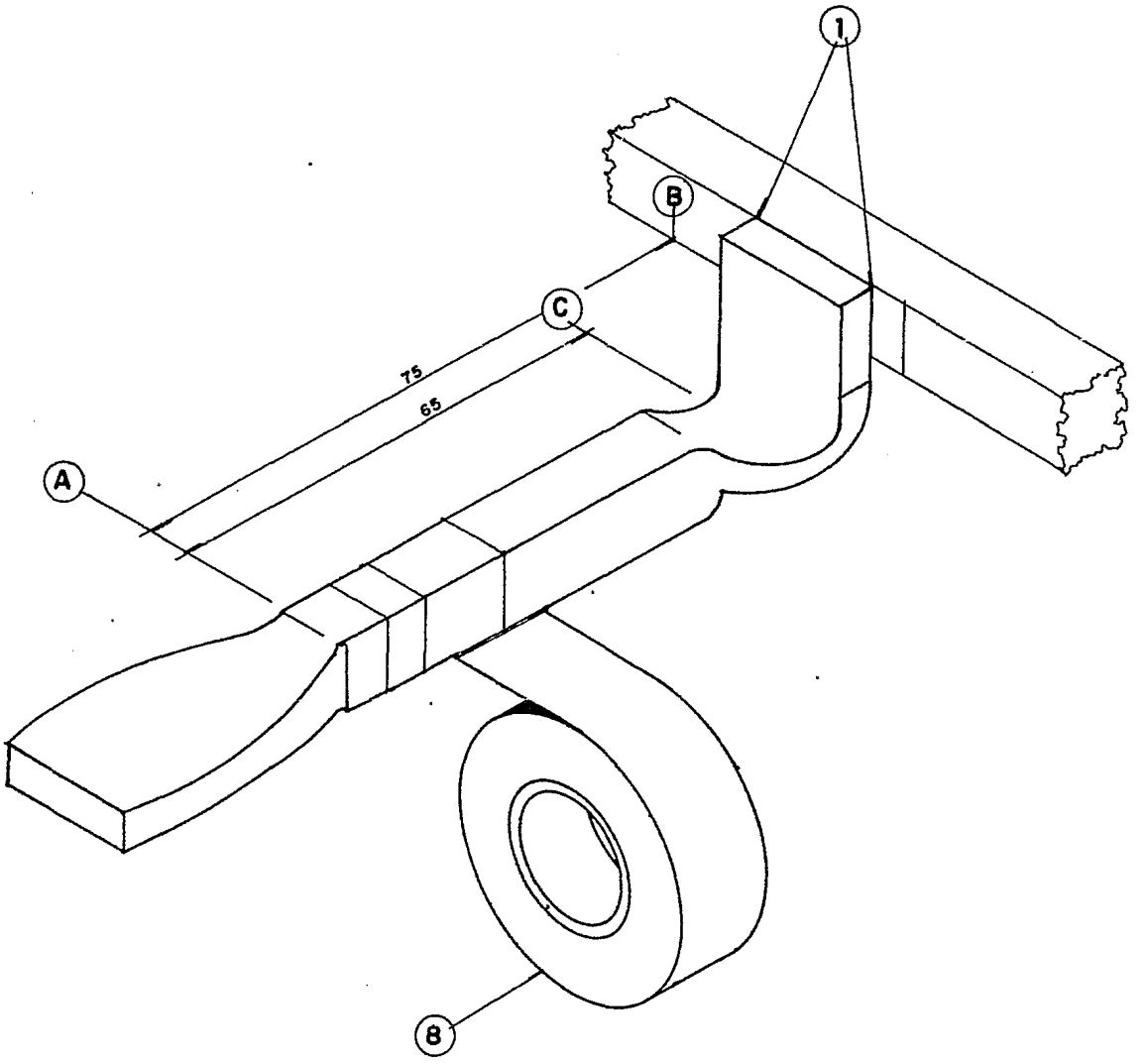


FIGURA 6

- Encintar con la cinta de silicón con vidrio toda la terminal de 0.25 E X 19 A X 0.8 m. con dos vueltas de medio traslape desde D hasta E.
- Encintar con la cinta de vidrio toda la terminal de: 0.1 E X 19 A X 0.4m. una vuelta de medio traslape desde D hasta E. (Figura 7)

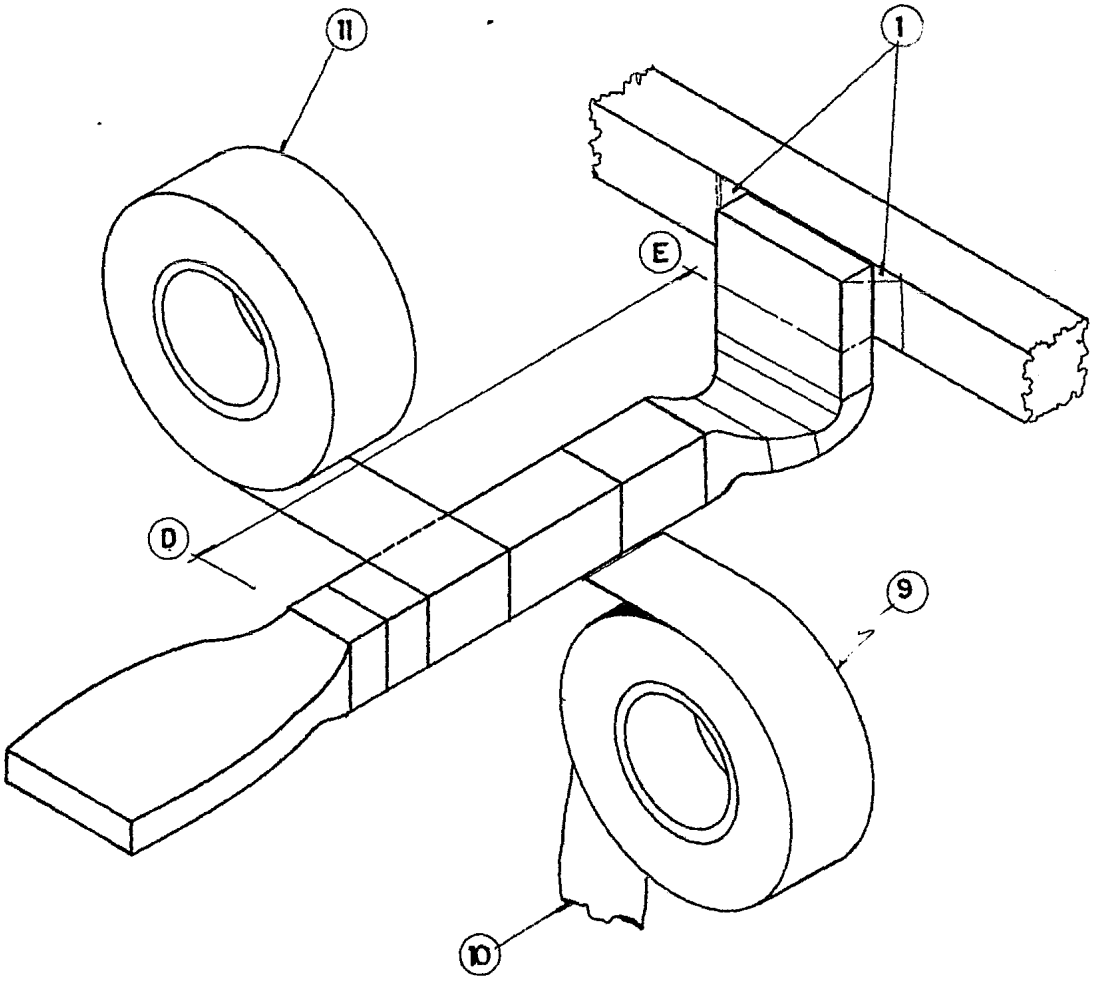


FIGURA 7

- Rellenar un poco el hueco con elastómero de poliester.
- Barnizar desde A hasta C y D.
- Encintar con la cinta de silicón con vidrio de: 0.25 E X 19 A X 2.9 m. -- desde B hasta C y A dos vueltas a medio traslape.
- Encintar con la cinta de vidrio de: 0.1 E X 19 A X 1.2 m. una vuelta desde E hasta C y A. (Figura 8)

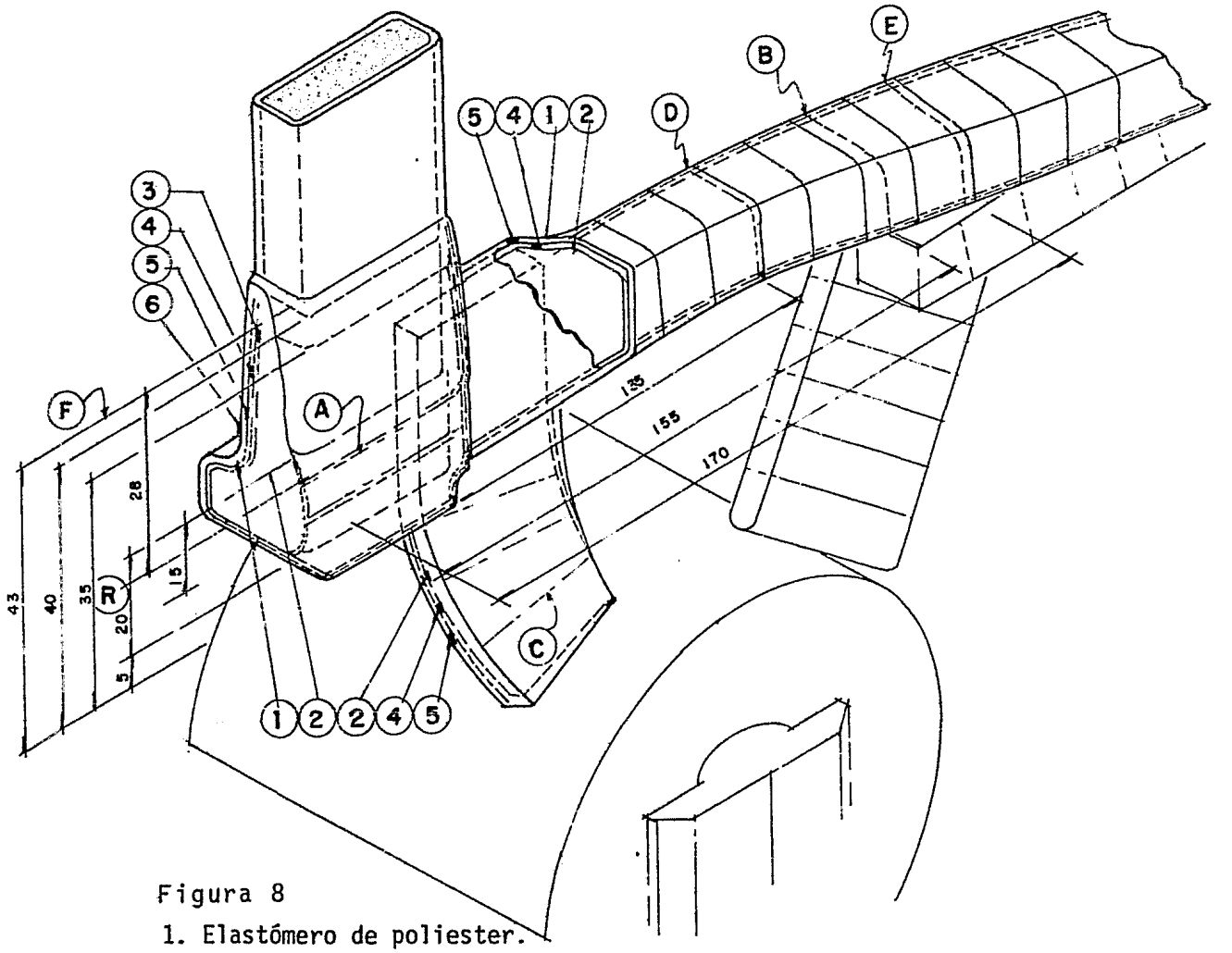


Figura 8

1. Elastómero de poliester.
2. Barníz de Bonding.
3. Tubo de silicón, ST-110DG X 112 mm.
4. Cinta de silicón con vidrio de 0.25E X 19A X 2.9 m.
5. Cinta de vidrio de 0.1E X 19A X 1.2 m.
6. Cinta de silicón de 0.5E X 25A X 0.1m.

- Encintar con la cinta de vidrio toda la barra de conexión de: 0.1E X 19A- X 4.1 m. una vuelta de medio traslape desde A hasta B. (Ver figura 9)

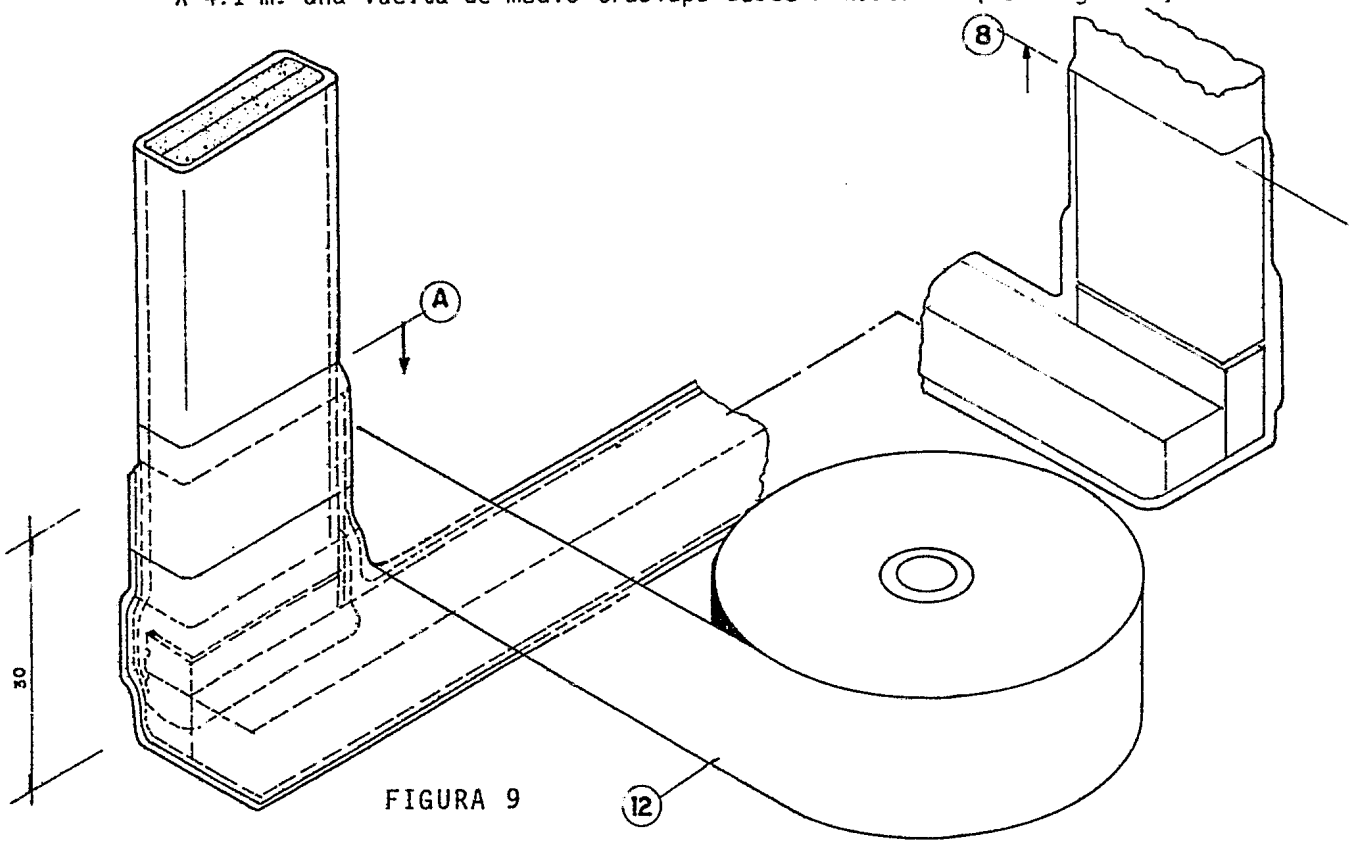


FIGURA 9

- Encintar con la cinta de silicón de: 0.5E X 25A X 0.18 m. una vuelta de - dos tercios de traslape desde C hasta D. (Figura 10)

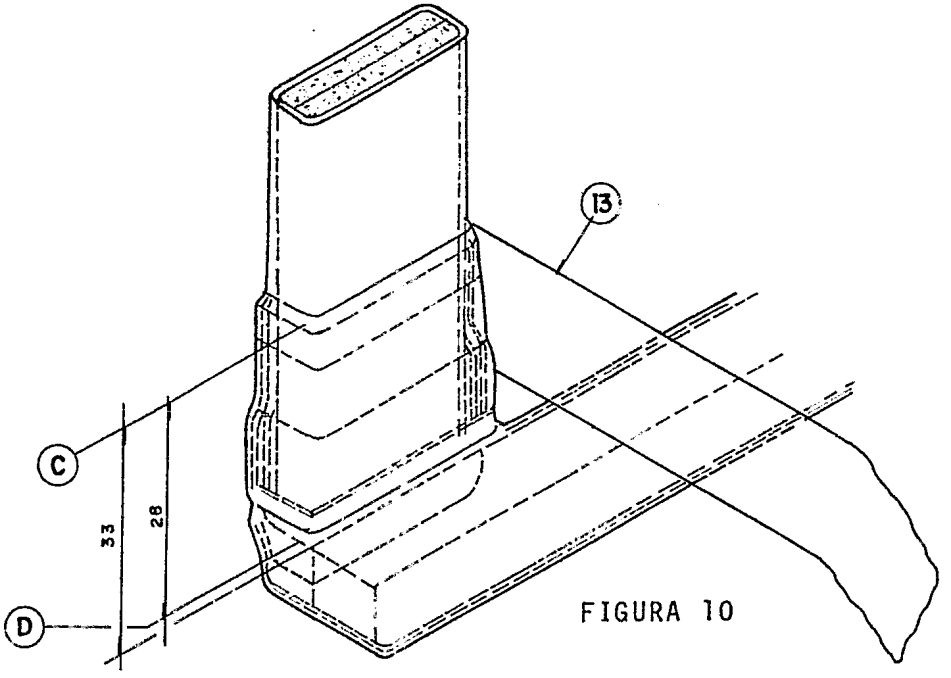


FIGURA 10

11.- ENSAMBLE DE POLOS A LA CARCASA.

Como recordaremos, el proceso de fabricación de la carcasa lo habíamos dejado sin concluir, para describir los procesos de fabricación de los elementos que irán colocados en ésta, para que así, teniéndolos, llegar a este punto en el que podemos continuar el proceso de fabricación.

A). ENSAMBLE DE POLOS PRINCIPALES.

Objetivo:

Colocación definitiva de los polos principales en la estructura de la carcasa.

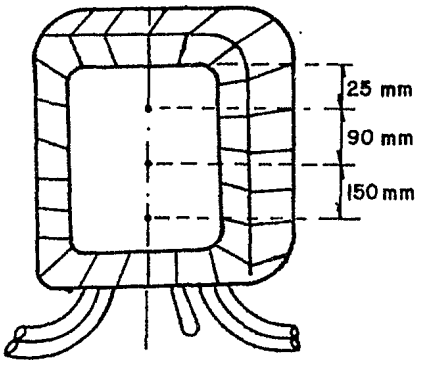
Material y herramienta empleada:

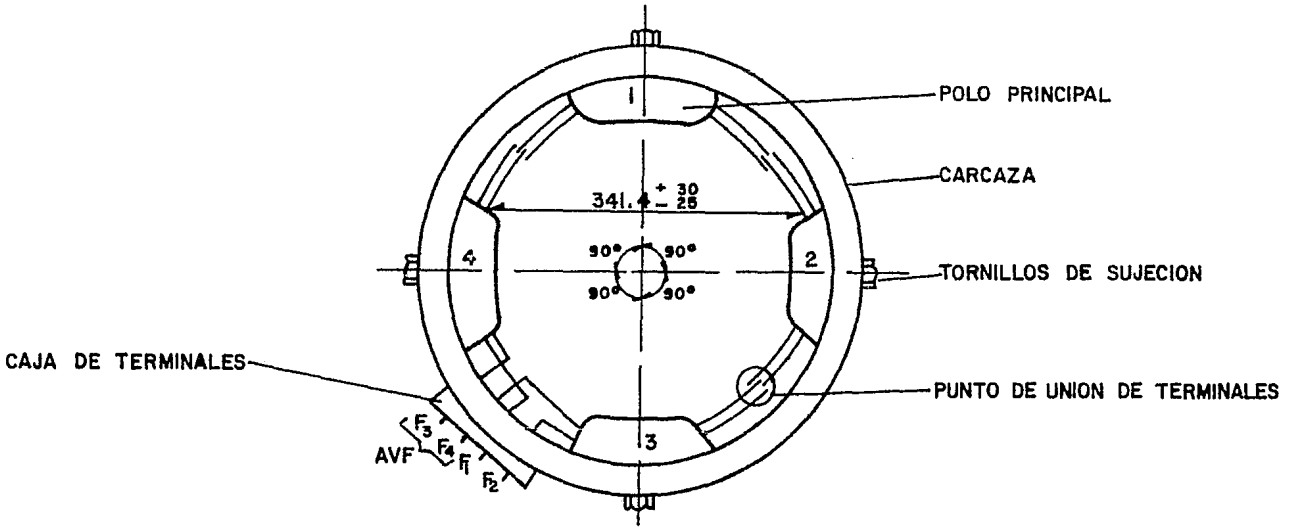
Llaves de apriete (matraca), torquímetro, compás, gatos de ajuste mecánico (de tornillo), micrómetro de interiores, martillo, lámpara de pilas.

Descripción:

Una vez que se concluyó de soldar las terminales de conexión, se les deja enfriar y se procede a colocar las masas polares en el interior de la carcasa, de acuerdo a una numeración dada por la polaridad del polo y a las terminales de las bobinas, ya sea abiertas o cruzadas, debiendo ser para polos principales: los marcados con los números 1 y 3 polos norte que tienen terminales cruzadas y los marcados con 2 y 4 polos sur, con terminales de bobina abierta. Se logra la colocación correcta de los polos, empleando los pequeños gatos de ajuste mecánico (de tornillo), con los que se logra dicha colocación entre los polos adyacentes, que deben de formar un ángulo de 90° entre cada uno de ellos, esta medición (del ángulo), se realiza con un compás (gage) el cual es colocado sobre los tres puntos marcados en la cara polar frontal, y sobre los mismos puntos del polo adyacente, dichos puntos están alineados sobre la ranura central de las caras polares anteriores.

Una vez que se tiene la posición adecuada de los polos, se les da un - par de apriete de 1 100 Kg. cm. a 1 200 Kg. cm, empleando la matraca y el - torquímetro.





VERIFICACIONES.

- El correcto par de apriete de los tornillos de sujeción de los polos a la carcasa, por medio del torquímetro.
- La distancia entre las caras diametralmente opuestas, que debe ser de - - 341.4 mm. $\pm \frac{30}{25}$, el ángulo entre polos adyacentes, mediante tornillo micrométrico de interiores y compás,respectivamente.

Chequeo de la polaridad mediante brújula.

- Rigidez dieléctrica de los aislamientos, (prueba de alto voltaje), aplicando 3900 volts.
- Resistencia de aislamientos, empleado el MEGGER, debe ser mayor de 200 M.

B).- ENSAMBLE DE POLOS DE CONMUTACION.

Objetivo:

Fijación definitiva de los polos de conmutación en la estructura de la carcasa.

Material y herramienta empleada:

Llaves de apriete (matraca), torquímetro compás, gatos de ajuste mecánico (de tornillo), micrómetro de interiores, cuñas, martillo y lámpara de pilas.

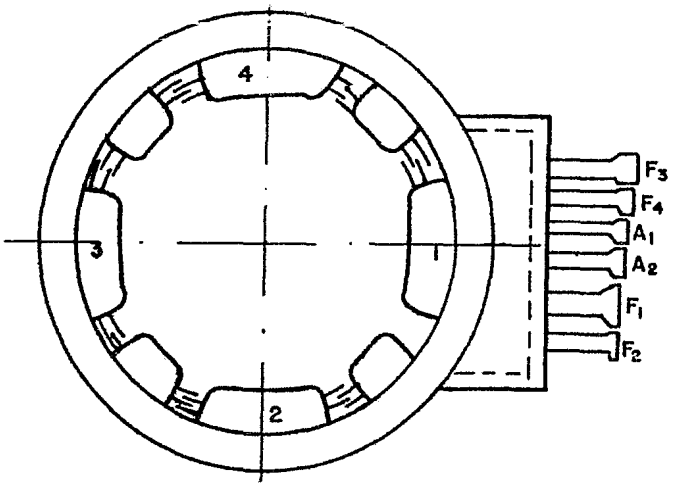
Descripción:

Una vez que se ha enfriado la soldadura de las terminales que van soldadas a las bobinas de estos polos, se hace la colocación de éstos en su lugar respectivo, a manera de presentación, el órden de su colocación es: Las bobinas de los polos marcados con 1 y 3 son abiertas y se trata de un polo norte, las marcadas con 2 y 4 son cruzadas y es un polo sur.

Se emplean los pequeños gatos mecánicos de ajuste y la inserción de cuñas mediante golpes de martillo, para ajustar la posición correcta de los polos, debiendo existir un ángulo de 90° entre los polos de conmutación y uno de 45° entre uno de conmutación y uno principal, midiéndose con el compás apoyado sobre los puntos que tienen marcados para este fin en las ranuras centrales de las caras polares anteriores.

La distancia entre polos diámetralmente opuestos debe de ser de 345 mm $\pm \frac{20}{15}$.

Ya que están colocados, se procede a darles un par de apriete que debe ser de 1100 Kg.cm a 1200 Kg.cm.



VERIFICACIONES.

- El correcto par de apriete de los tornillos de sujeción de los polos a la carcasa, mediante torquímetro.
- Distancia correcta entre los polos diametralmente opuestos, mediante micrómetro de interiores.
- Angulo entre todos los polos, mediante compás.
- Resistencia de los aislamientos, mediante MEGGER, debiendo ser mayor de 200 megaohms.
- Rigidez dieléctrica (prueba de alto voltaje), aplicando 3900 volts durante un minuto.
- Chequeo de polaridad, mediante brújula.

12.- SOLDADO INTERNO DE TERMINALES.

Objetivo:

Cerrar los circuitos de el inducido y de armadura (barras de conexión- + y -).

Material y herramienta empleada:

Equipo de soldadura autógena (tanque de oxígeno y acetileno) encende-- dor de piedra, gafas protectoras, soldadura de plata, asbesto protector y - pinzas de presión.

Descripción:

Se procede a soldar las uniones de las terminales internas de los po-- los, esta operación se realiza en el interior de la carcasa, colocándola so bre la mesa de trabajo.

Se protegen los aislamientos de las terminales con el asbesto, haciéndose la soldadura con sumo cuidado.

Después se aislan las áreas soldadas con cinta de vidrio con Kapton como primera capa y cinta de fibra de vidrio a medio traslape.

Se anudan fuertemente todos los cruces existentes entre todas las terminales en el interior de la carcasa, ésto con la finalidad de evitar golpeteo entre éllas, debido a las vibraciones a las que estará sujeto el motor- cuando esté en servicio.

13.- PRUEBAS DE POLARIDAD Y DIMENSIONALES.

Estas se efectúan ademas de las hechas anteriormente por el operario,- porque ésta es una parte muy importante del proceso, si se detectara algúna falla después del curado de los aislamientos de la carcasa, ésta sería muy- dificil y costosa de corregir.

Material y herramienta empleada:

Fuente de alimentación, brújula, compás, micrómetro de interiores.

Descripción:

La prueba de polaridad se efectúa conectando los campos a la fuente de alimentación, haciendo circular una corriente de 10 A., con un voltaje de 2 a 4 volts.; se acerca la brújula a cada uno de los polos, viéndose su defección y determinar con ésto si se trata efectivamente de un polo norte o sur de acuerdo a como corresponda.

La prueba dimensional consiste en checar las medidas que hay entre las caras polares anteriores de los polos diametralmente opuestos, como se describio en el punto anterior, revisando cuidadosamente las distancias especificadas en planos, también ya mencionadas.

Todas estas medidas se hacen con ayuda de el micrómetro de interiores.

Se verifica la alineación de los polos, tanto principales como de conmutación, empleando el compás en la forma mencionada anteriormente.

14.- CORTE DE TERMINALES EXTERIORES.

Objetivo:

Uniformizar y alinear dimensionalmente a todas las terminales exteriores de los campos.

Material y herramienta empleada:

Calibrador, arco, segueta, escuadra.

Descripción:

El operario colocará todas las terminales exteriores en escuadra, respecto al borde de la caja de conexiones, midiendo desde este punto hasta el borde de las terminales una distancia de 49 mm., donde hace una marca y corta el material excedente de la terminal.

15.- SOLDADO DE TRENZAS.

Objetivo:

Fijación de las trenzas de las terminales exteriores, para permitirles flexibilidad dentro de la caja de conexiones.

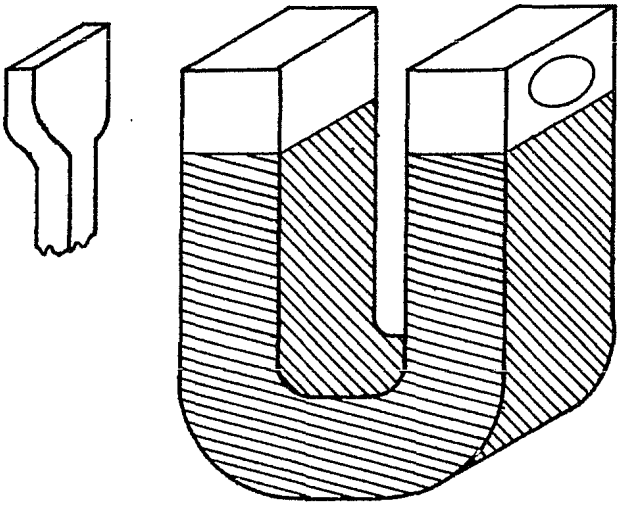
Material y herramienta empleada:

Asbesto protector, equipo de soldadura autógena (tanques de oxígeno y-acetileno), encendedor de piedra, soplete, gafas protectoras, soldadura de-plata.

Descripción:

Se soldarán en cada uno de los extremos de las terminales exteriores - de los campos, una trenza metálica, la cual tiene en su otro extremo una -- placa con un orificio, donde quedarán sujetos el tornillo y turca de la caja de conexiones, resultando así, los bornes A_1, A_2, F_1, F_2, F_3 y F_4.

Esto se realiza de la manera siguiente: se cubre cada uno de los extremos de las terminales, con el asbesto protector, con el objeto de proteger-a los aislamientos de las terminales de las bobinas del calor producido al-momento de aplicar la soldadura, dejando al descubierto sólo el área donde-se unen la terminal y la trenza.



16.- APLICACION DE SILICON EN ORIFICIOS DE TERMINALES.

Objetivo:

- Evitar que con las vibraciones exista movimiento de las terminales - exteriores.
- Evitar el filtrado de agentes nocivos al interior de la carcasa.

Material y herramienta empleada:

Pasta de silicón.

Descripción:

Se rellenan manualmente todos los orificios de salida de las termina-- les exteriores de los campos, con la pasta de silicón, dejándose secar a -- temperatura ambiente para que se endurezca.

17.- PRESECADO.

Objetivo:

Eliminar toda la humedad de los aislamientos para que éstos tengan las condiciones óptimas para su impregnación.

Material y herramienta empleada:

Horno de presecado, carro de transporte.

Descripción:

Se coloca la carcasa sobre el carro, se introduce al horno en el que - se mantiene a 120°C durante 6 horas como mínimo.

18.- IMPREGNADO.

Objetivo:

Hacer posible que el barníz penetre a todos los lugares necesarios.

Material y herramienta empleada:

Tanque de impregnación (impregnating tank, osaka Vacuum Ltd, Japón 440 V con las siguientes características:

Tank Heater, con temperatura de 42 - 46°C.
Tic Hw tanque de agua de calentamiento
Tic 1 Mixing Tank Heater 36 - 42°C
TCI Hw Tank Heater dor Safety 51°C para seguridad
TC2 No1 Pipe Heater 55°C de seguridad
TC4 No2 Pipe Heater 54°C
TC3 No1 Pipe Heater for safety 60°C por seguridad.
TC5 No2 Pipe Heater for safety 60°C por seguridad.
Tanque de Aceite de presión de 0.22 Kg/cm^2.

Barníz aislante 6875-51 (Mitsubushi Insulating Varnish cuya presentación es de un bote de peso neto de 16.6 Kg, de denominación SAI 6875-1, fabricado por Mitsubushi Gas Chemical Company; Ryoden Kasey Co. LTD.

Descripción:

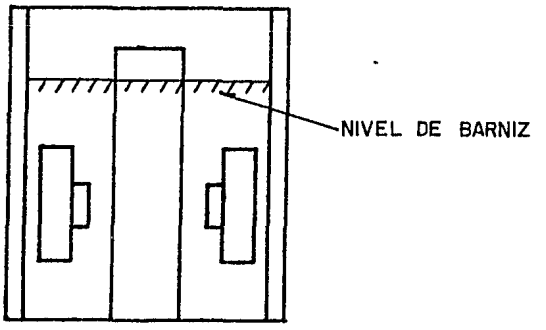
El proceso de impregnación de la carcasa consta de varios pasos a seguir:

- Checar la temperatura de las bobinas e impregnar recién salidas del tanque de presecado, deben de tener entre 80°C a 120°C.

- Calentar el barníz a 45°C por medio de agua caliente.

- Se efectúa un vacío en el tanque de impregnación con una duración mínima de 40 minutos y una presión máxima de 3 mm. de hg.

- Se hace un vacío al momento de agregar al tanque el barníz aislante por un tiempo mínimo de 50 minutos y una presión máxima de 3 mm. de Hg, cuidando de no pasar al nivel de altura del barníz.



- Se aplica una presión al barniz, mediante aire seco a presión de 3 Kg/ - cm^2, durante un período de 50 minutos como mínimo.

La temperatura externa del tanque durante el proceso es de 50° a 60° y con una viscosidad de 270 a 340 seg. Una vez terminado el proceso de im- - pregnación se extrae la carcasa del tanque, se limpia a base de estopa y di solvente (xilol) mediante el cual se quita el exceso de barniz en las caras polares, en los machuelos, en el lado del ventilador, en la caja de conexiones y terminales, en los orificios y el colador. Se efectúa la impregna- - ción con barniz en forma manual de las terminales exteriores y conexiones - de los polos en donde el barniz no llega debido a que quedan localizadas -- arriba del nivel de éste.

VERIFICACIONES:

- Pruebas al barniz (viscosidad, temperatura, etc).
- Chequeo periódico del nivel del barniz.
- Inspección visual.
- Limpieza de la carcasa.

19.- CURADO DINAMICO.

Objetivo:

El barniz debe de sufrir una transformación o endurecimiento.

Material y herramienta empleada:

Horno de curado dinámico giratorio.

Descripción:

Una vez terminado el trabajo de limpieza, se procede a hacer la colocación del aditamento, el cual se fija en los extremos por medio de tornillos con cabeza para llave Allen; hecho ésto se procede a introducir a la carcaza al horno, bajo las siguientes condiciones:

- Una temperatura de 185°C la que se mantendrá por más de 12 Hrs.
- Teniéndose en el horno de 8 a 12 Rpm lo que le da la característica dinámico a este horno de curado.

VERIFICACIONES:

- Inspección visual del barniz.
- Revisión de gráficas de temperatura de curado.
- Control del tiempo y registros de números de carcasas en forma adecuada.

20.- PINTURA.

Objetivo:

Proporciona a la carcasa una protección contra la corrosión oxidación- y darle una protección dieléctrica contra arcos indeseables.

Material y herramienta empleada:

Primer rojo, Uretano, endurecedor, thinner, equípo de pintura, compresor, pulverizadora, manguera, etc.

Descripción:

Después de hacer la limpieza de la carcasa de los posibles residuos de grasa y asbesto, se pinta el interior de ésta, los polos principales y de - conmutación, además de las terminales de conexión exceptuando las partes -- donde se hacen los ajustes de otras piezas, como la cara donde embonarán -- las partes del lado ventilador.

El periodo de secado es de más de 8 horas. La siguiente lista menciona las adecuadas proporciones para el primer:

Primer rojo (APU-536) 58.0%
Endurecedor (RU-100) 9.7 %
Thinner para el uretano 5000 (15-608) 32.3%.

ENSAMBLE DE PORTAESCOBILLAS.

El proceso del ensamble de portaescobillas consiste en la colocación - de los portaescobillas, que en número de 4 van colocados en la estructura - de la carcasa, antes de describir éste, se tratará de describir la fabricación de los portaescobillas y también a la fabricación de los carbones empleados.

21.- FABRICACION Y ENSAMBLE DE PORTAESCOBILLAS.

A). FABRICACION.

Objetivo:

Disponer del mecanismo adecuado y fácil instalación que permita sujetar las escobillas (carbones) en el motor de corriente contínua.

Material y herramienta empleada:

Arena para modelado, espátulas diversas, horno de fundición, tanque de limpieza por chorro de arena, fresadora, taladro vertical, torno de verificación, bronce y polvos de carbón.

Descripción:

Se pueden distinguir básicamente 3 aspectos:

a). Fundición.
b). Maquinado.
c). Ensamble.

a). FUNDICION:

Dentro de la fundición obtenemos:

- Modelado de la portaescobilla en arena.
- Fundición en bronce.
- Vaciado del bronce fundido dentro del molde de arena y colocación de un - poco de polvo de carbón en la entrada del molde para evitar el enfriamiento excesivamente rápido de los extremos.

- Retiro del portaescobillas de su molde de arena.
- Limpieza por medio de chorro de arena del portaescobillas.

b). MAQUINADO.

En lo que respecta al maquinado, tenemos:

- Desbaste por medio de fresa.
- Taladro de los barrenos.
- Rectificado de la superficie que constituirá la base del portaescobillas.
- Rectificado de la superficie y del orificio del soporte de aislamiento.
- Rectificado de la superficie de contacto de la terminal.
- Barrenado para el eje del muelle, trenza, terminal y seguro del muelle.

c). ENSAMBLE.

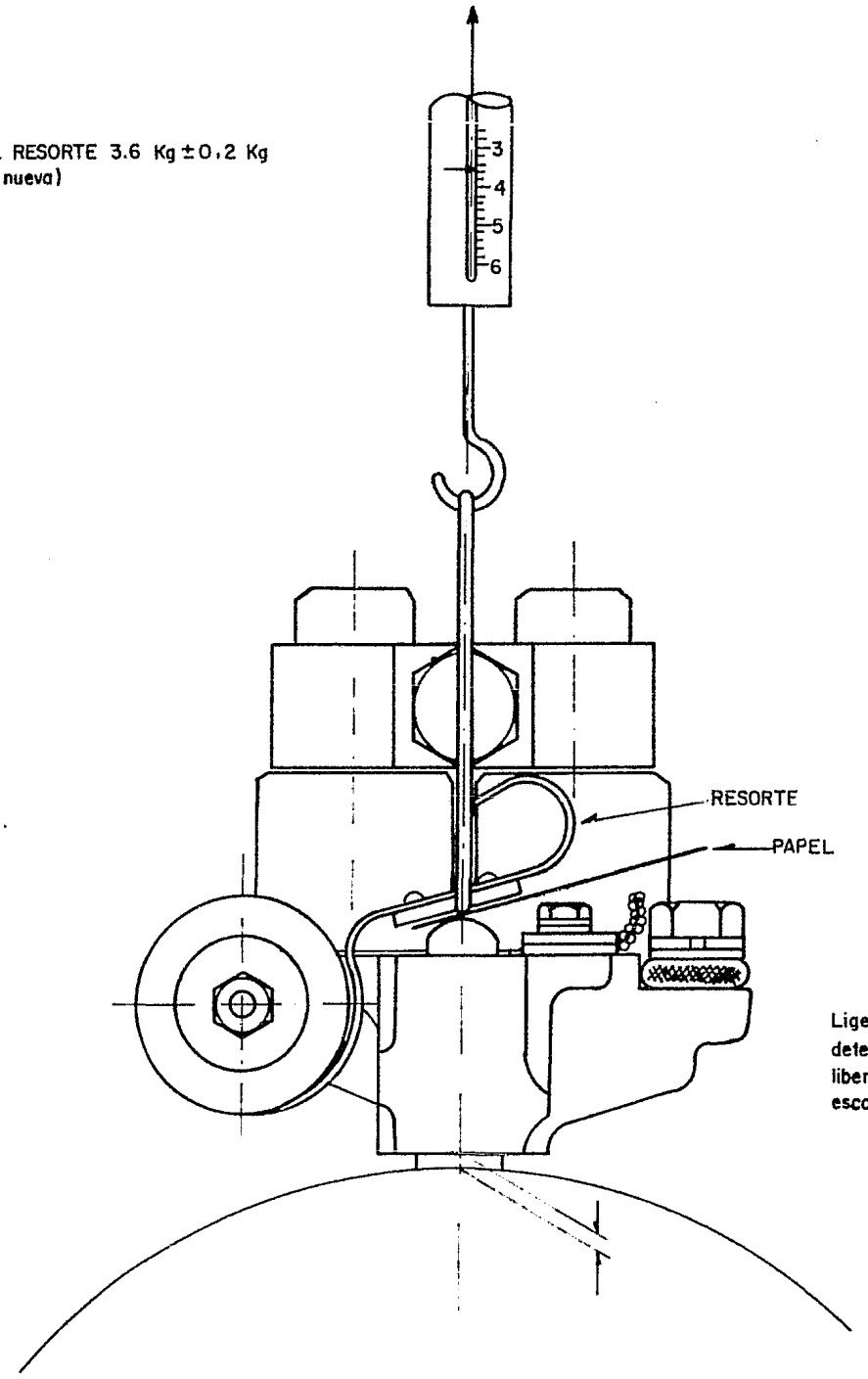
En el ensamble se sigue la secuencia dada:

- Colocación del muelle sobre el portaescobillas.
- Colocación del resorte sobre el portaescobillas.
- Colocación del eje en el portaescobillas.
- Colocación de la terminal en el portaescobillas.
- Colocación de el pasador en el portaescobillas.

VERIFICACIONES:

- Visual del modelado en arena.
- De que la temperatura de fundición sea constante.
- Inspección visual de la fundición al ser vaciada.
- Del fundido después de limpieza con el chorro de arena.
- Por medio de "gage" el paso de los carbones (es al 100% de la producción)
- Visual del acabado de las caras.
- De la presión del resorte, debiendo ser de 3.6 Kg/cm^2. y se hace al 100%- de la producción. (Ver figura siguientes).

FUERZA DEL RESORTE 3.6 Kg ± 0,2 Kg
(con escobilla nueva)



Ligero jalón del papel para detectar cuando el dinamómetro libera de la presion sobre la escobilla.

MEDICION DE LA FUERZA DEL RESORTE

FABRICACION DE CARBONES (Escobillas del M. de T.)

Objetivo:

Obtención de las escobillas de el motor de tracción.

Material y herramienta empleada:

Mezcladora, molino, prensa hidráulica de compactación, horno de cocido máquina de cuchillas de corte, péndulo de rotura, microscopio, transforma-- dor de corriente, lijadora, máquina achaflanadora, pulidora, taladro para - barrenado, remachadora, remaches, resina de plata, polvo de bronce.

Descripción:

En el proceso de fabricación de las escobillas se pueden apreciar los- siguientes aspectos fundamentales:

- Tratamiento de la materia prima.
- Maquinado primario
- Maquinado secundario.

TRATAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA.

Secuencia en el tratamiento de la materia prima:

- Recepción de la materia carbón negro donde se debe de destacar que la buena calidad de la escobilla depende del porcentaje de contenido de aceite- en el carbón, siendo un dato celosamente guardado por el proveedor.
- Determinación de los componentes de la materia prima y debiendose de conocer el porcentaje del carbón, el del alquitrán y la resina funcionan como ligamento o ligadura del carbón dándole la dureza deseada de acuerdo a la variación de sus porcentajes.
- Mezclado de los componentes anteriores.

MAQUINADO PRIMARIO.

- Molido del carbón con la finalidad de que el gramo sea uniforme; esta operación se realiza en una mezcladora y a una temperatura de alrededor de - 60°C.

- El siguiente paso es un moldeado por medio de prensa con una presión de - 875 ton/cm^2, haciendo una compactación del gramo de carbón, hasta lograr- barras de 20 X 10 X 4 cm.
- Se introducen posteriormente las barras de carbón anteriores compactadas- a una temperatura de 1200°C durante un período de 1 mes debiéndose checar y mantener esa temperatura. La capacidad del horno es de 1500 barras aproximadamente.
- Una vez terminado el período de enfriamiento del carbón, se procede a hacer cortes de "probetas" para verificar:
  Dureza, por medio del péndulo de rotura.
  Uniformidad del gramo, con la ayuda de un microscopio.
  Que no exista porosidad en la superficie.
  Que no haya formación de burbujas.
- Posteriormente se hace la grafitación, introduciendo al carbón a un horno durante 5 días con una temperatura de 2500°C, y debido a que esta temperatura es muy elevada y por lo tanto es muy difícil de alcanzar se emplean: Corriente de 10 000 amperes de un transformador y un quemador, es decir,- se complementan los efectos producidos por la corriente (efecto Joule) y- la flama del quemador, el enfriamiento del carbón a la salida de este horno de grafitación debe ser natural y no forzado, es aproximada de 10 días.
- Las verificaciones efectuadas después de la grafitación son:
  Dureza.
  Resistencia al impacto.
  Resistencia a la ruptura (flexión).
  Densidad.
  Determinación de perdidas de corriente.
  Determinación de resistencia (al paso de corriente).

En base a estos dos puntos últimos se hace la clasificación de lotes - de carbones, por tener la misma resistencia y esta clasificación es de suma importancia que influye directamente en el buen funcionamiento del motor.

MAQUINADO SECUNDARIO.

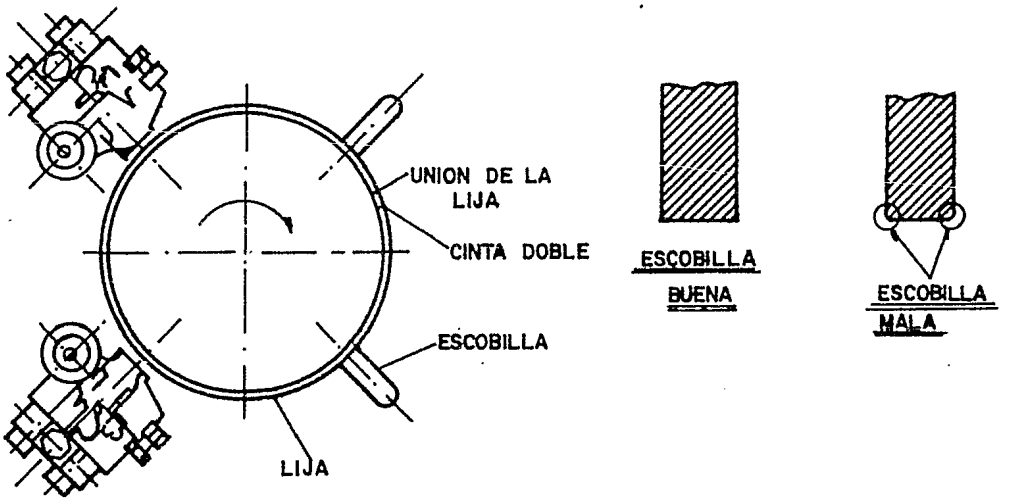
Es el maquinado que se les da a los carbones, para adecuarlo a las necesidades del motor de tracción. Pudiéndose distinguir los siguientes pasos:

- Corte de las barras de acuerdo a las medidas establecidas.
- Lijado en las áreas de corte para quitar rebabas y hacer más suave la superficie.
- Achaflanado en las esquinas laterales y superiores.
- Pulido y rectificado de las caras de los carbones, se pasa por un gage para darle el acabado y medidas especificadas.
- Se hace el barrenado en el cual se colocará la placa de presión del resorte y donde se colocará la trenza de conexión.
- Colocación de la placa de empuje, fijada por medio de un remache.
- Colocación de la trenza de conexión, con esta secuencia.
  a).- Se introduce resina de plata en el orificio, para evitar el calentamiento del carbón y una primera fijación de la trenza de conexión colocándose sobre dicha resina (plata líquida).
  b).- Se rellena el hueco que hay entre la trenza y el barreno por medio de polvo de bronce, hasta que éste quede perfectamente cubierto.
  c).- Se introducen a un horno en el que el sellado definitivo de bronce y con esto aumentar las características de conducción.
- Marcado de la vida útil del carbón, por medio de una raya horizontal, el tiempo de duración del carbón es de un año aproximadamente porque se desgasta a razón de 2.5 mm por 10,000 Km.

VERIFICACIONES:

- Durante el maquinado secundario:
- La fuerza de desprendimiento de la trenza del carbón debiendo ser de - - 4 000 a 5 000 MO/cm. mayor de 60 Kg.
- Coeficiente de resistencia debiendo ser de 4 000 a 5 000 MO/cm.

- Fuerza de ruptura mayor de 1 Kg/cm^2.
- Densidad de carbón de 1.63 a 1.69 gr/cm^3.
- Fuerza de flexión entre 280 250 Kg/cm^2.
- Resistencia al impacto.
- Coeficiente de frucción menor de 0.28, con variación de 0.012 menor.
- Dureza.
- Chequeo mediante gage de las dimensiones 20x45x48 mm.



B. ENSAMBLE PORTAESCOBILLAS.

Concluida la descripción del proceso de fabricación de los portaescobillas y teniendolos en la línea de montaje se procede a su ensamble.

Objetivo:

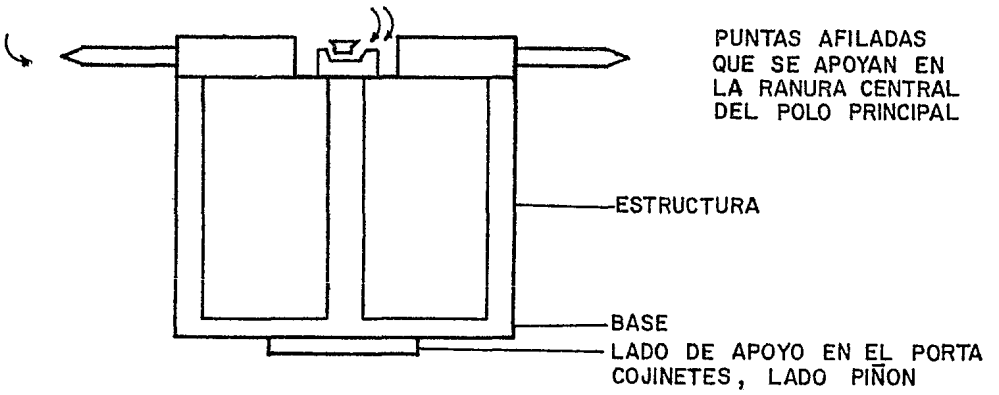
Fijar los soportes mecánicos que alojarán posteriormente a las escobillas.

Material y herramienta empleada:

Gage de colocación de portaescobillas, pasta de asbesto, equípo de soldadura eléctrica, electrodo, soldadura (acero inoxidable), careta protectora, mesa de trabajo.

Descripción:

Se coloca la carcasa sobre la mesa de trabajo con la ayuda de la grua, con el lado ventilador hacia arriba, se introduce el gage de colocación. Observar la siguiente figura:



El cual se ajusta haciendo coincidir las terminales del gage con la ranura central de los polos, se fija perfectamente éste, por tornillos a la tapa lado colector, Se introducen los 4 portaescobillas (2 derechos y 2 izquierdos).

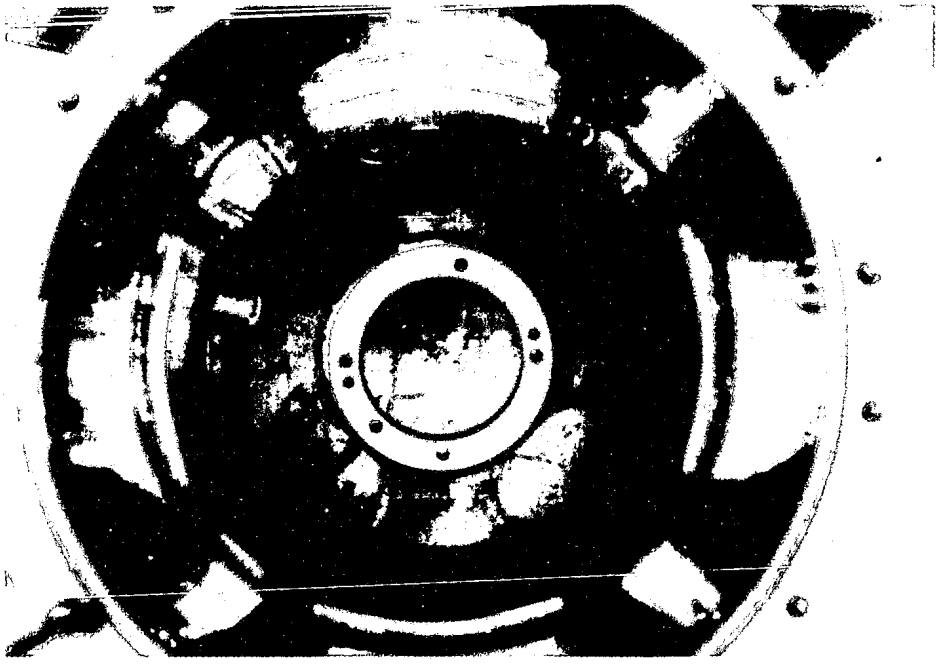
Nota: Existen portaescobillas derechos e izquierdos, debido a la terminal de conexión (+ ó -).

22.- PRUEBAS DIELECTRICAS A LA CARCASA.

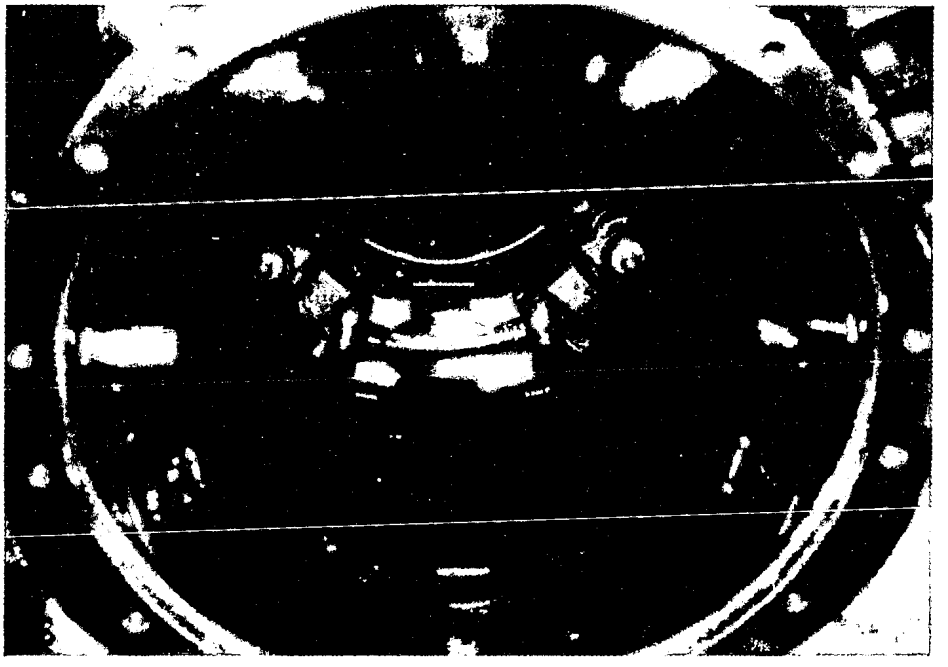
Estas pruebas se hace a la carcasa cuando termina su proceso, constituyen las primeras pruebas. Se llevan a cabo en el 100% de la producción.

Objetivo:

Comprobar el estado en que la carcasa termina su proceso, si existe alguna falla en el embobinado de excitación, tales como bobina en corto una bobina a tierra, algún de aislamiento etc.



PREPARACION PARA LA COLOCACION
DEL PORTAESCOBILLAS.



ENSAMBLE DEL PORTAESCOBILLAS A
LA CARCASA.

Material y herramienta empleada:

Fuente de alto voltaje.
Megger, alambres de conexiones con caimán.

Descripción:

Las pruebas dieléctricas a la carcasa son dos fundamentalmente:

a). Prueba de medición de la resistencia de aislamiento.
b). Prueba de Alto Voltaje.

Nota: Se describirán en el capítulo de pruebas.

II.- ARMADURA.

1.- BOBINA DE ARMADURA.

A). CORTE Y PREFORMADO DE LA BOBINA DE ARMADURA.

Objetivo:

Formación de la bobina principal.

Material y herramienta empleada:

Máquina (Feed cuting nose-bending control box); carrete con solera de cobre (Condumex).

Descripción:

El proceso a describir, se hace automáticamente con ayuda de una máquina programada. El operario introduce en la máquina el carrete el cual gira desenrrollando la tira de cobre, efectúandose el primer prensado que constituirá una terminal, continúa deslizándose la solera y cuando ha recorrido más de la mitad le produce la máquina un doblez, quedando formada la bobina la máquina corta al llegar la segunda acción de prensado. Así hasta terminar el carrete.

Este proceso se efectúa para dos dimensiones de bobina de armadura diferentes; que posteriormente se describe.

VERIFICACIONES:

- El operario debe observar que la máquina funcione correctamente.
- Debe checar que tenga los cortes exactos según las dimensiones de los planos.
- Verificar los dos diferentes tipos de bobinas de armadura.

Datos de dimensiones de los dos tipos de bobinas de armadura:

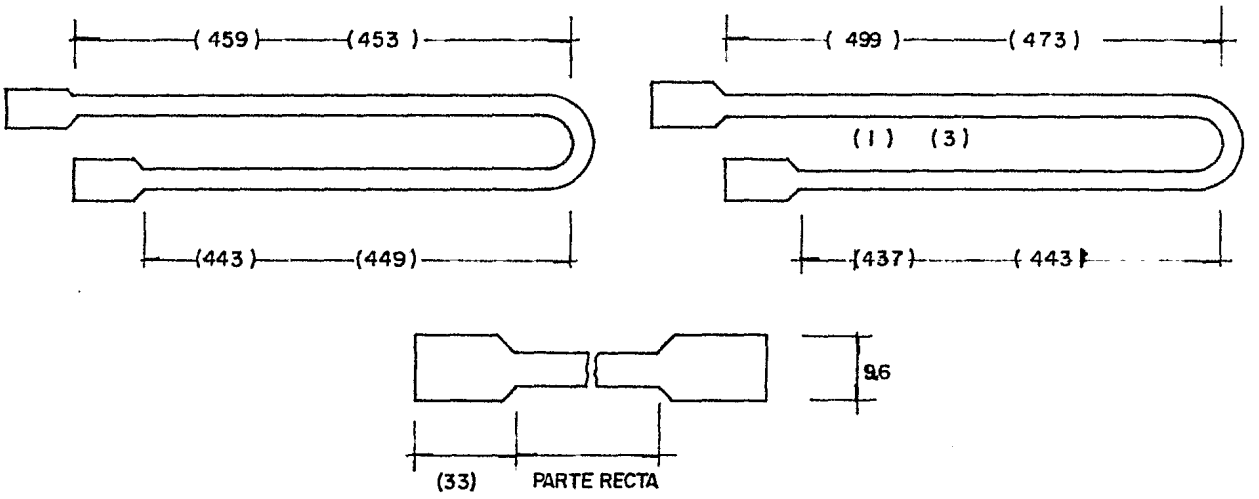
Solera de cobre	2.9 X 6.8 mm.
Ranuras	42
Elementos por bobina	4

Se debe tomar en cuenta que:

1.- La tolerancia será de ± 0.5 mm.

2.- El radio al formarse no debe de tener variaciones ni deformación.

3.- Las superficies deben estar excentas de polvo.



B). RELEVADO DE ESFUERZOS:

Objetivo:

Evitar las tensiones producidas en la formación de la bobina de armadura.

Material y herramienta empleada:

Horno de relevado de esfuerzo.

Descripción:

El operario lleva las bobinas al horno, manteniendolas 2 horas a una temperatura de 430°C.

VERIFICACIONES:

- Que no tenga golpes ni rebabas.
- Si existe óxido, es necesario hacer limpieza.

C). PULIDO Y LIMADO DE LOS ELEMENTOS DE LA BOBINA.

Objetivo:

Quitar la rebaba, emparejar cortes y su limpieza.

Material y herramienta empleada:

Tornillo de sujeción, tina, tela para secar, madera suave, aceite y - brocha, materiales para el pulido: polvo de cromos # 600, # 800, # 1000, -- # 1200, y pasta de cromo.

Descripción:

Se siguen los siguientes pasos:

1.- Colocación y limpieza de la bobina.
   - colocación en el tornillo de sujeción.
   - limpieza perfecta con thinner y secado con tela.

2.- Pulido con el polvo de cromo # 600.
   - Se pone un poco de polvo de cromo en la terminal y un poco de aceite.
   - Con la madera suave se pule a base de giros en la terminal y en las - partes restantes en forma horizontal.
   - El pulido debe quedar como espejo.

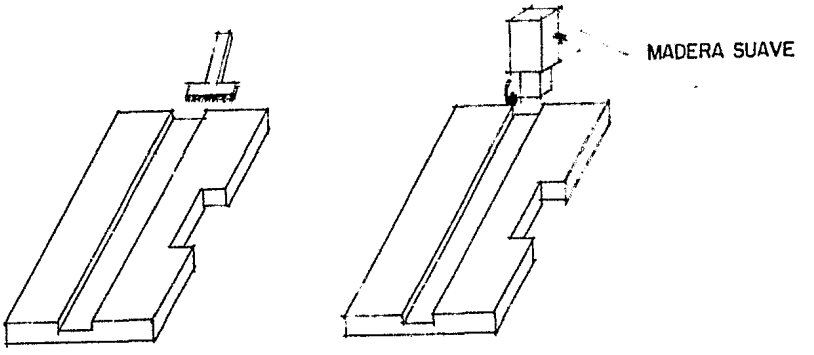
3.- Lavar con thinner.

4.- Repetir la limpieza y pulido con polvo de cromo 3 veces más con material cromo 800, 1000 y 1200.

5.- Pulido de cromo en pasta.
   - Se aplica cromo en pasta en el corte de la terminal.
   - Asegurar que los cortes esten bien derechos para que éste pulido sea- uniforme.

VERIFICACIONES:

- Que el pulido sea el correcto.
- Que su espesor sea el determinado por la tolerancia.



BASE PARA EL PULIDO DE
BOBINA

D). FORMADO A MANO DE LA BOBINA DE ARMADURA.

Objetivo:

Darle la forma definitiva a la bobina de armadura.

Material y herramienta empleada:

Mesa con separadores, aditamentos para formado de bobinas, cuña, plantilla, desarmador plano, pinzas pico de pato y asentador.

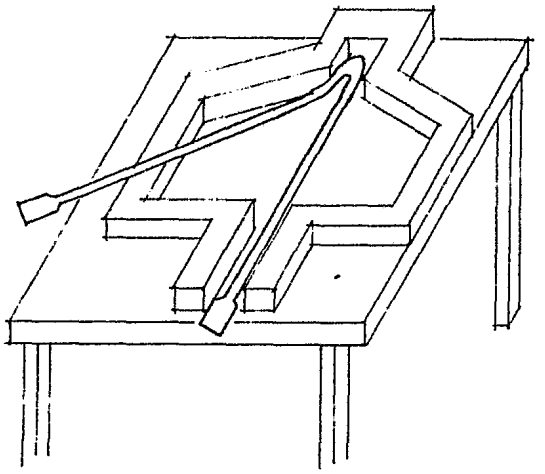
Descripción:

La mesa con separadores se adapta de tal forma, que sirve para formarla bobina, de dimensiones y curvas necesarias especificada en los planos. - Se coloca un espaciador y manualmente el operario va girando la bobina, detal forma que se acople al molde, a cada doblez el operario aprieta, el tornillo del molde con las pinzas, gira la bobina hasta terminar de darle su - forma imbricada.

Después introduce la otra bobina de menor radio de curvatura y elabora el mismo proceso y ambas constituiran una bobina de la armadura, en las terminales introduce unas cuñas de material de cobre y empareja estas para dar la misma altura, retira las cuñas y golpea la bobina en todos los extremos- con el martillo quedando finalmente formada.

VERIFICACIONES:

- Una buena conformación de la bobina.
- Que no este maltratada.
- Inspección visual.



E). AISLAMIENTO DE LA BOBINA.

Objetivo:

Darle el encintado necesario que sirve de aislamiento a la bobina de - armadura.

Material y herramienta empleada:

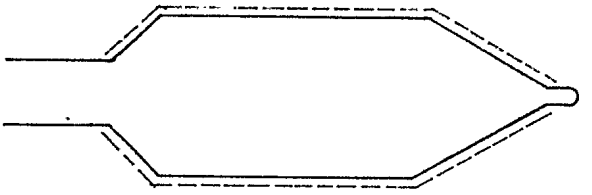
Equípo (encintadora), clips, tijeras, pinzas pico de pato, juego de llaves españolas, desarmador de cruz y juego de cintas aislantes.

Cinta de fibra de vidrio	0.08	E X 13 A X 30 m.
Cinta de fibra de vidrio	0.1	E X 19 A X 30 m.
Hoja de kapton.	3 mil	X 14 A X 65 mm.
Hoja de kapton.	3 mil	X 14 A X 50 mm.
Hoja de kapton.	3 mil	X 93 A X200 mm.
Cinta de kapton.	2 mil	X 10mm X 60 m.
Cinta de kapton.	2 mil	X 12mm X 60 m.
Cinta de kapton.	1 mil	X 15mm X 60 m.
Cinta de kapton.	1 mil	X 19mm X 60 m.

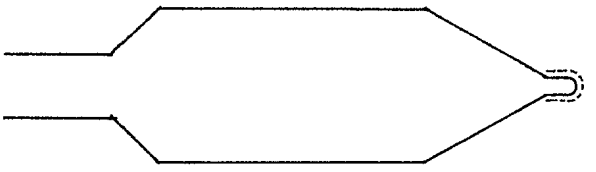
Cinta poliester.	0.05 mm. X 13 mm. X 20 m.
Cinta de kapton.	1 mil X 10 mm. X 30 m.

Descripción:

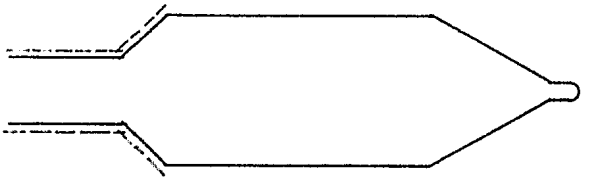
Con la máquina encintadora, arrolla a 1/2 traslape con cinta kapton de-2 mil X 10 mm. una capa; en ambos lados como se muestra en la siguiente figura:



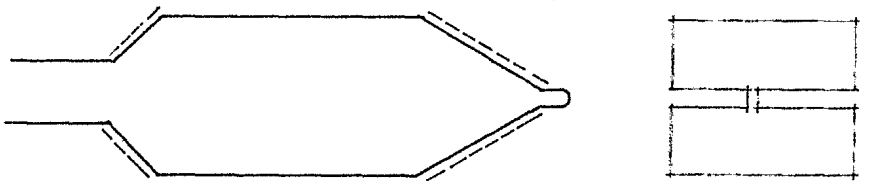
Se encinta a mano la naríz de la bobina con cinta kapton 2 mil X 12 mm a medio traslape, una capa, figura siguiente.



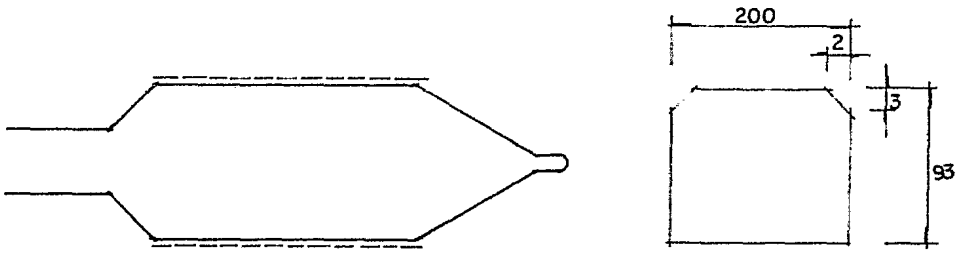
Se encinta el inicio de la bobina dejando las terminales con cinta - Glass band tape de 0.08 X 13 mm, se realiza un corte a la cinta aproximadamente a 60° y continuando en la curva a 1/2 traslape y terminándose con 3/4 de traslape aproximadamente hasta la siguientes curvatura, observar la si-- guiente figura.



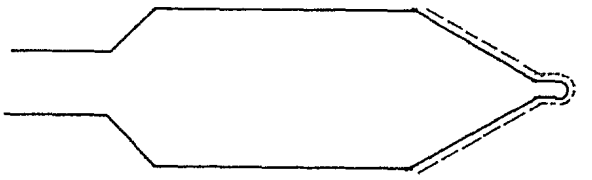
Apretar con cinta Glass band tape a mano metiendo hojas de kapton de-- jando libre la naríz, como se muestra en el dibujo siguiente: colocar una - de 1 de 3 mil X 14 X 65 y 2 de 3 mil X 14 X 50, y se encinta con fibra de - vidrio de 0.08 X 13 en las partes marcadas.



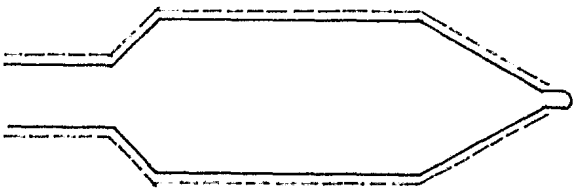
Ensamblar una hoja de kaptoń en la parte superior e inferior, a mano:- 1 de 3 mil X 93 X 200.



Se encinta la naríz a mano con cinta kapton de 1 mil X 19, a 1/2 tras- lape, una capa.



Se coloca una capa con la máquina encintadora a 1/2 traslape con cinta kapton 1 mil X 15 en toda la bobina, excepto en la naríz ya que, ésta se ha- ce a mano.



Encintar la nariz a mano con cinta fibra de vidrio de 0.1 X 0.19 a medio traslape con una capa.

Con la máquina finalmente se da un encintado a medio traslape con fibra de vidrio a toda la bobina excepto la nariz que será a mano.

VERIFICACIONES:

- Que se encuentre el encintado a 1/2 traslape para protección del aislamiento, de ésta forma se evita, posibles separaciones por el cual entre aire y polvo, que puedan causar daños posteriormente.

2.- FORMACION_DE_LA_BOBINA_CRUZADA. (Equipotencial).

Este tipo de bobina (equipotencial), sirve para igualar los potencia-- les en los puntos que ella va a conectar en el devanado de la armadura.

A). CORTE Y PREFORMADO DE LA BOBINA.

Objetivo:

Formación de la bobina equipotencial.

Material y herramienta empleada:

Máquina programada y solera de cobre.

Descripción:

Se coloca el rollo de solera de cobre (Condumex), en los rodillos del- carrete se desenrolla hasta llegar a la máquina programada, la cual le pro- duce a la solera un primer prensado dándole la forma de la terminal, reco-- rriendo después otro tramo, efectuando otro prensado en la solera para fi-- nalmente producirle el corte, continuando hasta terminar el rollo.

VERIFICACIONES:

- Las dimensiones correctas de la solera de cobre basado en los planos.
- Revisar con micrómetro.

B). FORMADO A MANO.

Objetivo:

Formación definitiva de la bobina cruzada.

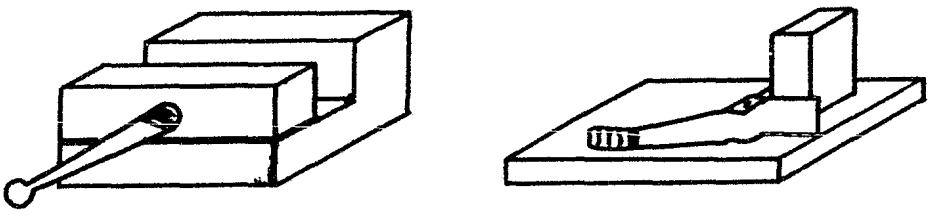
Material y herramienta empleada:

Prensa, máquina para corte, matriz de nariz, matriz de terminal, pren- sa mecánica, llave de perico.

Descripción:

Se introduce la solera de cobre en la máquina prensadora manual, la -- cual le hace el doblez de las terminales según el plano.

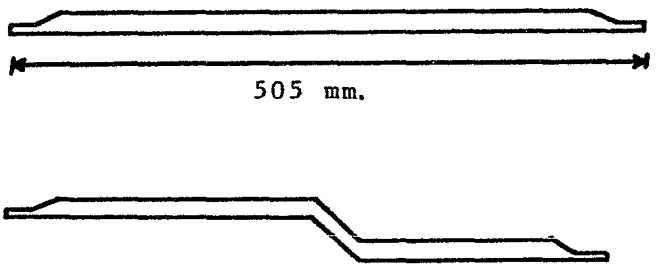
1.- Se debe formar siempre por la parte delgada, el doblez que sirve para - la otra bobina, el ensamble se lleva a cabo en otra máquina y se marca- con tinta para 1 ó 3.



PRENSAS PARA EL FORMADO DE LA BOBINA

2.- Se forma de acuerdo a la herramienta.
3.- El formado de la nariz debe ser exacto.
4.- se tiene que checar por partes de acuerdo a dibujos.

Dimensiones de la bobina = 2.0 X 3.5
Piezas por Armadura = 21



FORMADO DE BOBINA

Dimensiones de las bobinas:

No.	Desarrollo	Nivel de nariz		Nivel de radio	
		Inferior	Superior	Inferior	Superior.
1	505 mm.	244 mm	251 mm	188 mm	202 mm.
3	505 mm.	249 mm	246 mm	193 mm	197 mm.

C). AISLAMIENTO DE LA BOBINA.

Objetivo:

Darle el aislamiento, necesario para proteger a la bobina.

Material y herramienta empleada:

Cinta de Kapton 1 mil X 10, cinta de vidrio de 0.08 X 13 y fibra de vidrio de 0.08 X 13.

Descripción:

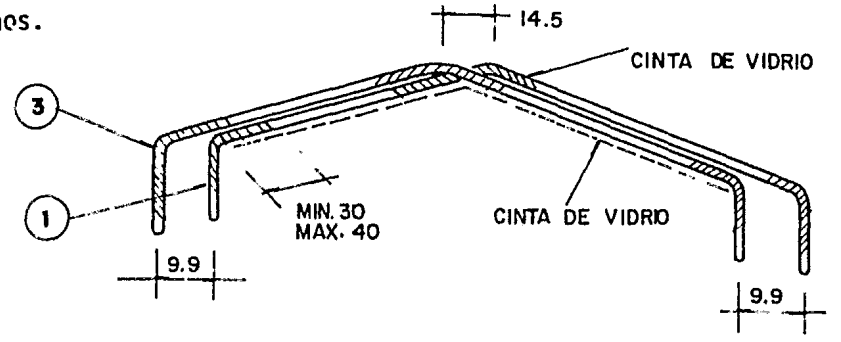
El operario inicialmente encinta con Kapton a medio traslape de 1 mil-X 10 como una primer capa.

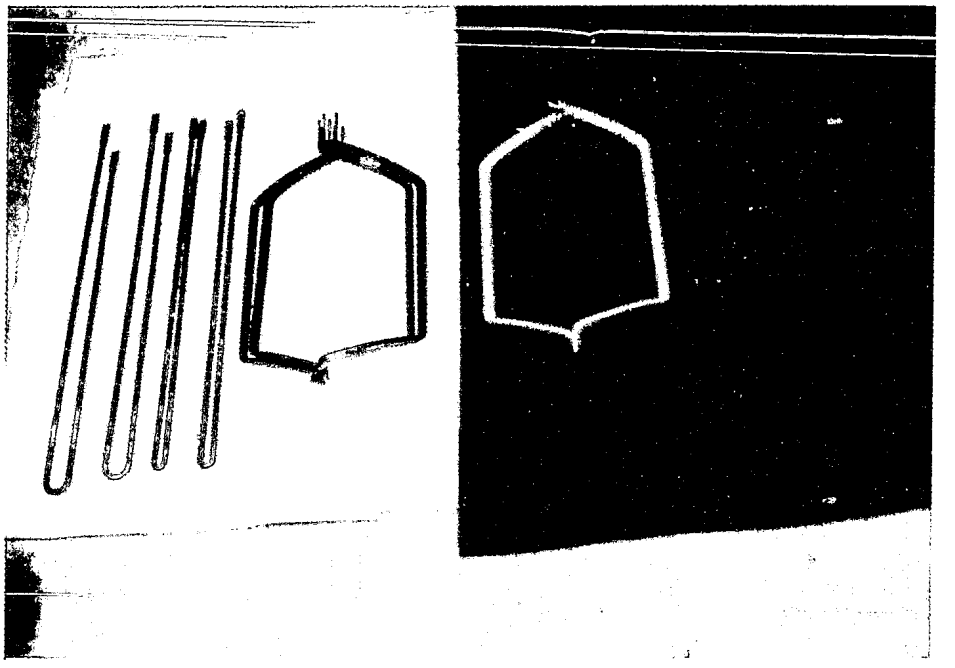
Se encinta posteriormente la nariz ó radio con cinta de vidrio de 0.08 X 13 a medio traslape.

Finalmente se ensamblan las bobinas y se da un encintado final a 1/2 - traslape de fibra de vidrio de 0.08 X 13.

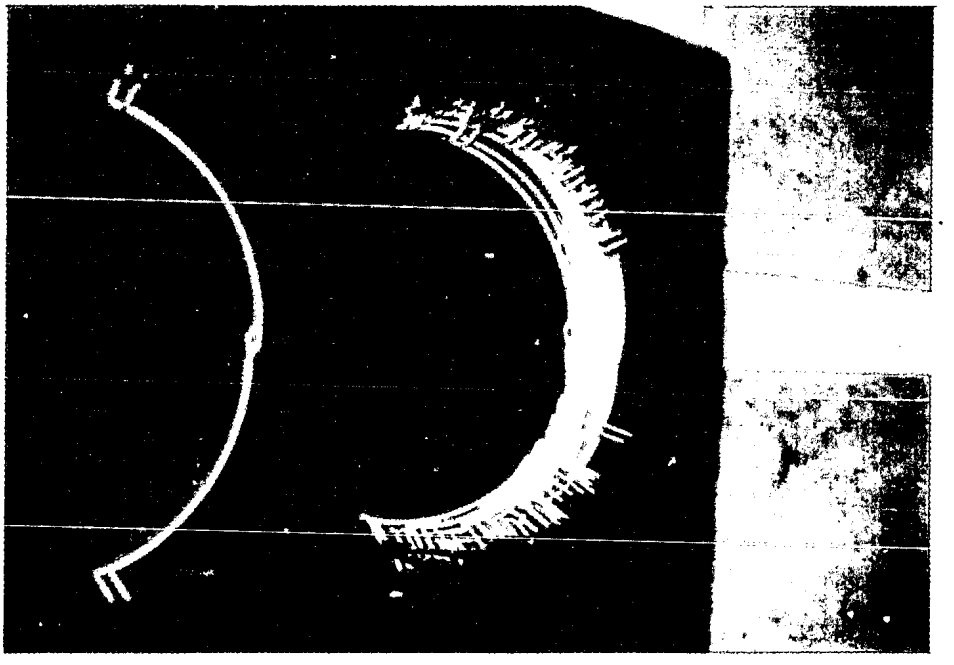
VERIFICACIONES:

- Revisar el encintado que se encuentre a 1/2 traslape.
- Verificación que las terminales queden con el espacio marcado en los planos.





BOBINAS PRINCIPALES



BOBINAS EQUIPOTENCIALES

3.- IMPREGNACION DE BOBINAS ANTES DEL ENSAMBLE.

Objetivo:

Impregnación de las bobinas de armadura y cruzada, para evitar que el aislamiento se troce al introducirlo en el ensamble de la armadura.

Material y herramienta empleada:

Tanque de impregnación.

Descripción:

Se llevan las bobinas a impregnación, en el tanque se debe observar que las terminales de la bobina deben quedar a 50 mm arriba de la superficie del barniz.

Al sacar las bobinas del barniz se debe dejar escurrir durante más de 6 horas y checar la viscosidad.

VERIFICACIONES:

- Verificar que quede bien establecido el barnizado.
- Que las terminales no queden impregnadas de barniz.

4.- FLECHA.

A). MAQUINADO DE LA FLECHA:

Objetivo:

Maquinar la flecha del motor de tracción.

Material y herramienta empleada:

Máquina programada, planos, gage.

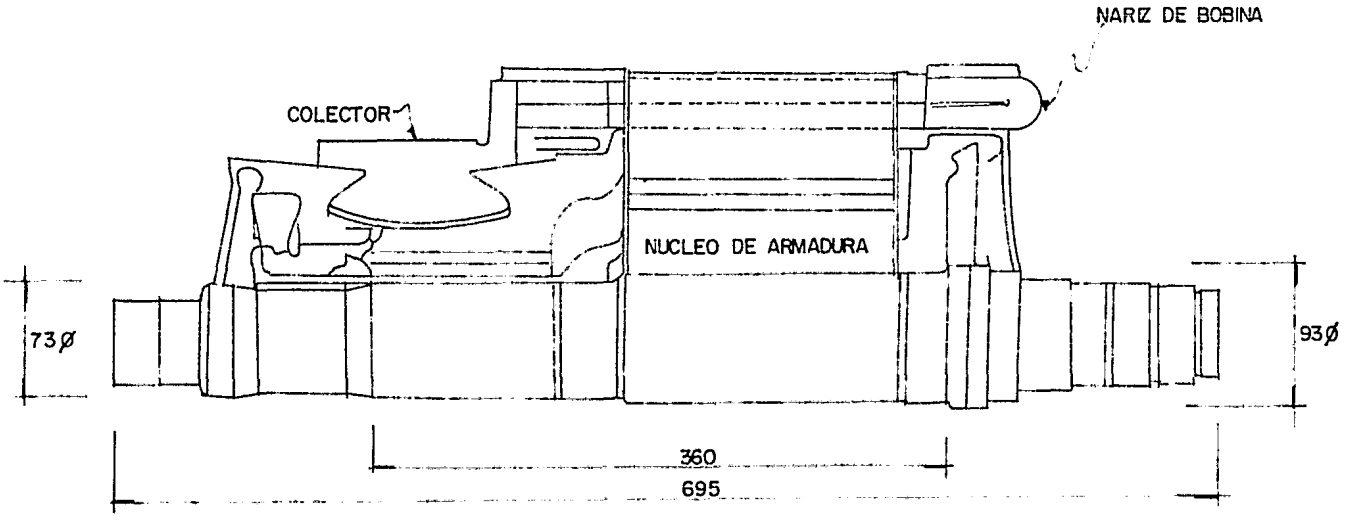
Descripción:

Introducir en la máquina la flecha que es traída de la compañía "Aceros Atlas" (en bruto) y programada la máquina según los cortes especificados en los planos.

Una vez producidos los cortes necesarios y la ranura de la sección correspondiente a la laminación se efectúan las verificaciones.

VERIFICACIONES:

- Chequeo de la conicidad.
- Dimensiones.
- Deflexión.



5.- CONMUTADOR.

A). FORMACION.

Objetivo:

Formación del conmutador.

Material y herramienta empleada:

Dado, prensa, araña, gage, bloque de acero y lima.

Descripción:

1.- Se emplearán 168 placas de cobre, 168 de mica aislante.
2.- Se coloca el dado sobre la prensa manual que servirá para darle la forma circular al conmutador.
3.- Se les da un corte a las placas de cobre y a las micas basados en los planos, por separado.
4.- Se lleva a cabo un enderezado y rebabeado de placas de cobre para el colector, una delga es ranurada mas profunda que la otra con la finalidad del inserto de la bobina equipotencial.
5.- Se forman grupos de placas de cobre y micas para la formación del colector.
6.- Se colocan una placa de cobre con ranurado profundo y una con ranurado-normal separándose estas con la mica aislante.
7.- Se inicia el proceso colocándose el bloque de acero de 500 g. para evitar que caigan las delgas, las primeras 10; es de suma importancia verificar que exista mica aislante, conforme se forma el colector, es necesario que se corrija mediante un martillo "cabe" y una regla. Así hasta completar todo el colector.
8.- Se verifica en el círculo formado por el colector que no existan deformaciones.
9.- El operario con el gage verifica la alineación en forma vertical y circular.
10.- Se coloca al colector un cinturon provisional para evitar que se doforme aplicándole un prensado de 72 000 Kg/cm^2.

11.- El colector es llevado al seasoning durante tres períodos de 6 horas - con una temperatura de 200°C.

ACABADO FINAL.

12.- El operario limpia al colector y lo pasa al área de ensamble definitivo.

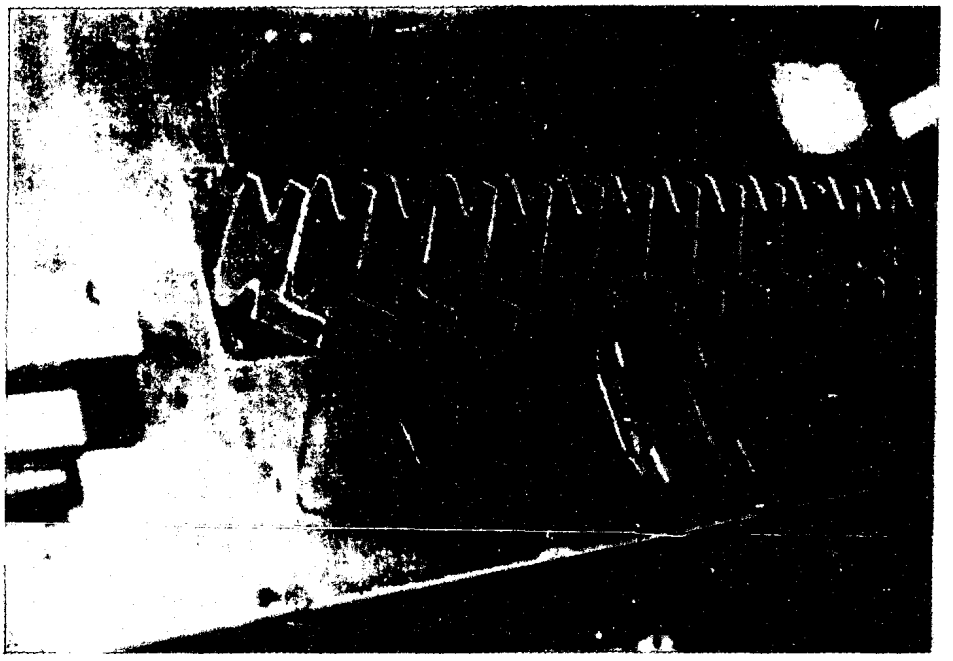
13.- La mica aislante se coloca en el diámetro interior, y en el extremo silicón blanco para que selle la mica y la araña de fijación del colector.

14.- Se coloca la araña como fijación; la mica aislante superior, la trampa de fijación: la tuerca se aprieta dándole un prensado de 60 Ton/cm^2.

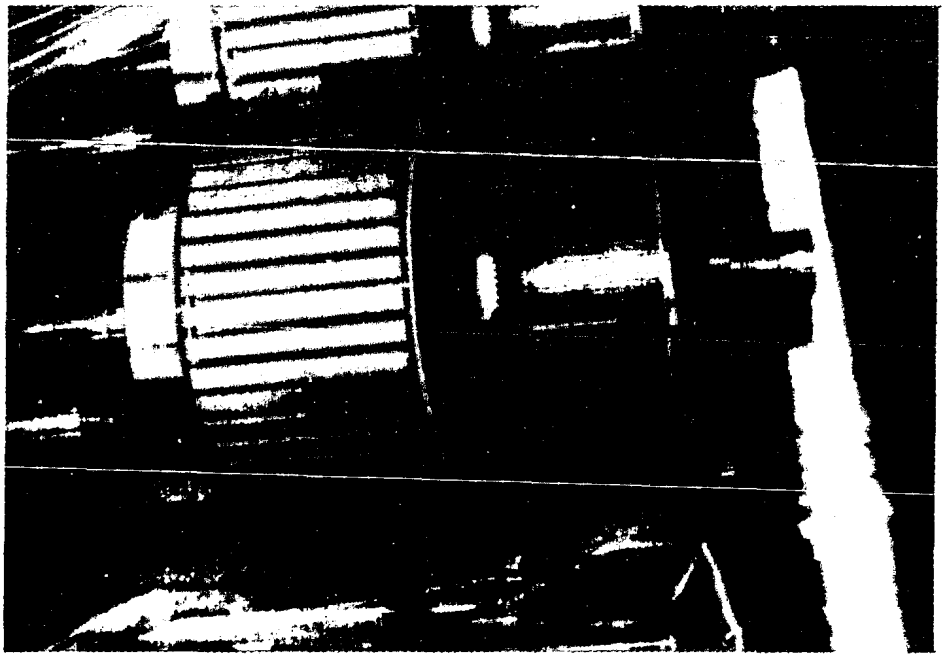
15.- Se lleva al curado donde existirá una temperatura de 200°C, durante 12 horas, con la finalidad de normalizar los aislamientos entre colector- y partes metálicas de la armadura.

VERIFICACIONES:

- De materia prima.
- Visual de la circunferencia.
- Diámetro y altura, empleando micrómetro.
- Gráficas de temperatura.
- Limpieza colector.



CORTE DE DELGAS DE COBRE Y DE ENTREDELGAS



COLECTOR DEL MOTOR DE TRACCION

6.- NUCLEO_DE_ARMADURA.

A). TROQUELADO DE LA LAMINACION DEL NUCLEO.

Objetivo:

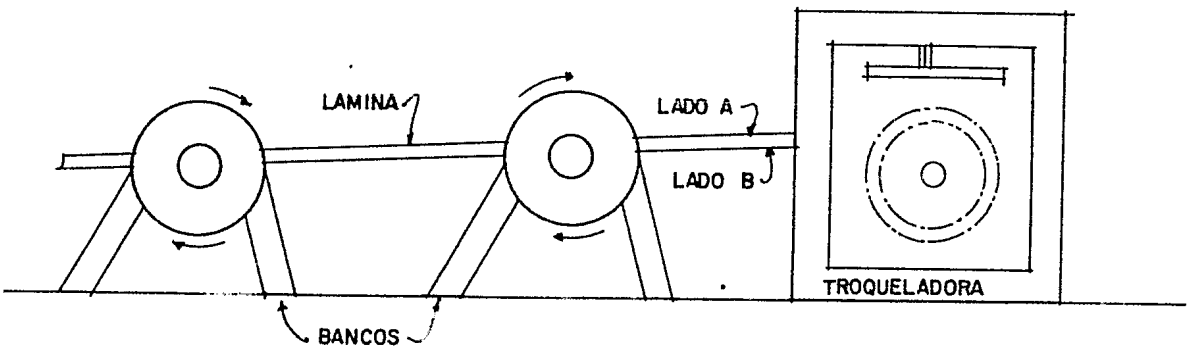
Formación de la laminación que se emplea para el ensamble del núcleo - de armadura.

Material y herramienta empleada:

Troqueladora, banco, clamps, llave de estrías, guía para laminación, - micrômetro, rollo de lámina barnizada por un lado.

Descripción:

Se introduce el rollo de lámina en los bancos, de tal forma que al mover los rodillos se vaya desenvolviendo la lámina y ésta pueda entrar libremente a la troqueladora la cual lleva un molde que corta la lámina y le produce 25 perforaciones con 42 ranuras y una mayor en el centro con una pequeña indicación que sirve de guía.



Se checa que la rebaba quede primero abajo, siendo el medio rollo lado "A".

Se voltea enseguida el otro medio rollo para el lado "B". Finalmente- se coloca en grupos de laminación "A" y la marca con rojo, y el grupo de la lámina "B" con negro.

B). PUNTEADO.

Objetivo:

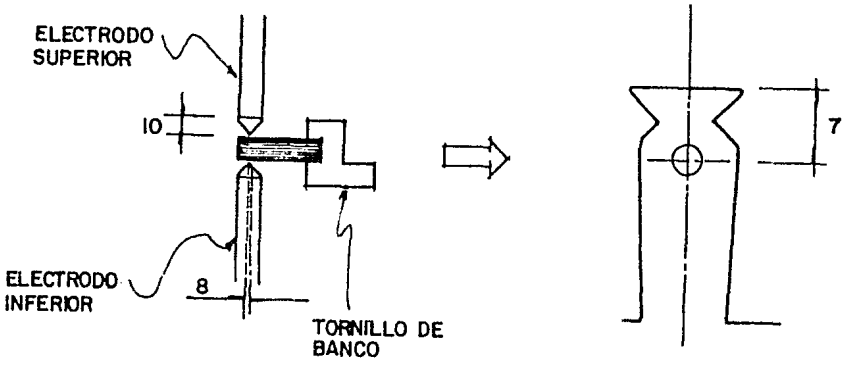
Puntear 4 láminas que servirán de refuerzo en el ensamble de la lamina ción.

Material y herramienta empleada:

Planta soldadora, electrodo, tornillo de banco, lima, banco y punzón.

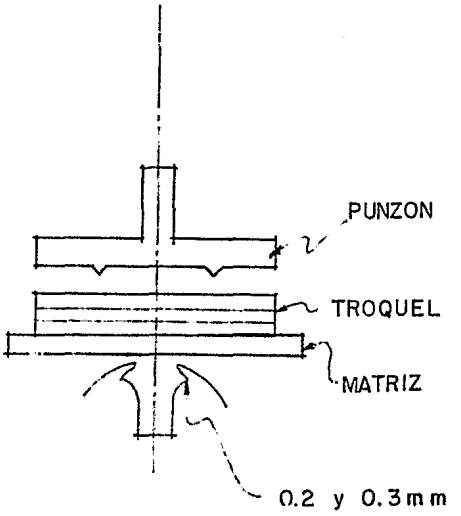
Descripción:

Se colocan 4 láminas de 0.8 mm de espesor en el banco de tornillo y -- con la planta soldadora, con electrodo superior e inferior se procede a pun tear en las ranuras, se debe tomar en cuenta que no se permiten puntos de - soldadura muy marcados por exceso de: presión, corriente y/o de tiempo. La rebaba debe estar hacia abajo, cada diente tiene que estar alineado verti-- cal y horizontalmente así como el electrodo.



PUNTEADO DE LA LAMINACION

El rectificado de las muescas superiores de la ranura se efectúa con - una matriz y el punzón; el centro vertical de la matriz debe coincidir con- la ranura en el centro de la laminación y la rebaba debe estar hacia abajo, el radio de la ranura de la muesca superior es aproximadamente de 0.2 y 0.3 mm.



RECTIFICACION DE MUESCAS
SUPERIORES DE RANURA

Finalmente en el tornillo y con ayuda de la lima se empareja cualquier-rebaba.

VERIFICACIONES:

- El punteado no debe quemar a la laminación.
- Que no tenga rebaba.
- Verificar dimensiones correspondientes.

C). ENSAMBLE Y APILAMIENTO DE LA LAMINACION.

Objetivo:

Formación del núcleo de armadura.

Material y herramienta empleada:

Prensa, barras, reglas, gis, escuadra, bancos, martillo, moldes y troquel.

Descripción:

Se verifica que la flecha se encuentre limpia, sin golpes, sin defle-- xión notoria. Se coloca la flecha en el banco (que tiene rodillos y cojinetes para poderla rodar), se coloca una cuña en la ranura que lleva la fle-- cha con silicón blanco, usado como pegamento, empleando el martillo para --

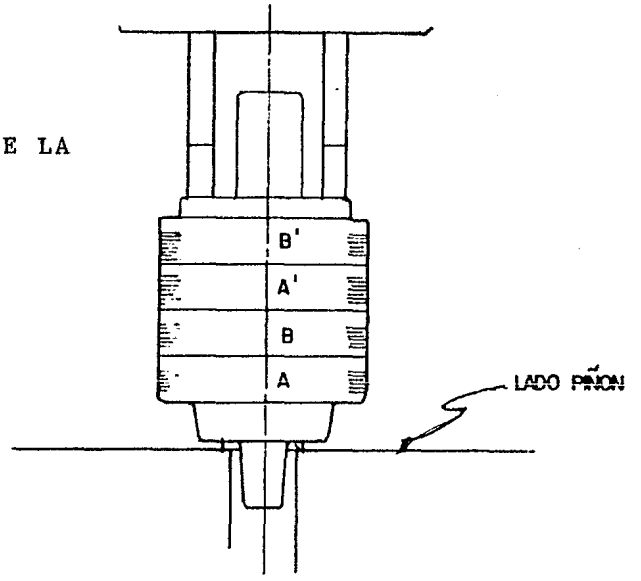
que entre a presión.

Posteriormente se coloca la flecha en la prensa, y se le introduce la- "araña" hasta que atore, por medio de la prensa aplicando una fuerza mínima asentando la araña en el lado ventilador hasta las dimensiones especifica-- das en planos.

Se efectúa el ensamble de la laminación introduciendo las cuatro láminas punteadas con soldadura, mencionada en el proceso de punteado y sirve - para que cuando se haga el apriete no se deforme la laminación. Se formanlos 4 grupos de placas laminadas de la siguiente manera:

Grupo (A) 42 mm rebaba hacia arriba.
" (B) 42 mm rebaba hacia arriba.
" (A')42 mm rebaba hacia abajo.
" (B')42 mm rebaba hacia abajo.

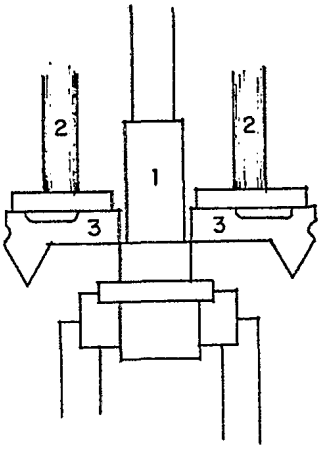
ENSAMBLE DE LA LAMINACION



Se introduce la laminación A y B aplicándole una pequeña presión colocando una barra entre la laminación y la prensa, haciéndola actuar a 110 -- Bars, la alineación se checa en 6 puntos; después se introduce A' y B' midiendo la altura en 4 puntos alrededor de la laminación. Se efectúa otro - prensado semejante al anterior checando la altura con una tolerancia de - -

± 0.5 mm., este chequeo es en 8 puntos equidistantes marcando con gis cada-punto y debe medir 169 mm. Se introducen otras cuatro láminas punteadas, - antes de colocarlas se les comba y lija en su superficie y se introducen en la flecha, se colocan las barras y se da el apriete de 110 bars, debiendo - medir 179 mm. en conjunto.

Finalmente se coloca el espaciador con objeto de aprisionar las lámi-- nas, se utilizan dos espaciadores cónicos, uno sirve de apoyo temporal y -- otro colocado hacia la laminación, quedando éste fijo. Se le aplica al es-paciador fijo lubricante para que resbale en el momento del apriete. Con - la grúa se retira de la prensa y se coloca en el banco para el proceso de - deflexión.



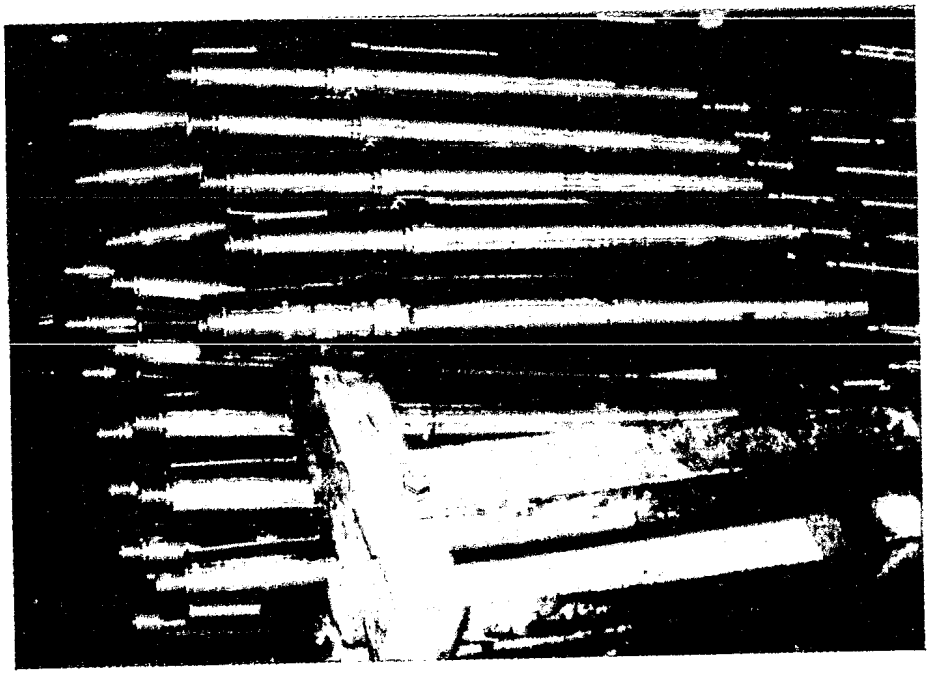
ENSAMBLE DE LA ARAÑA

1 FLECHA
2 PRENSA
3 ARAÑA

VERIFICACIONES:

- Que no exista deformación en la laminación.
- Que las dimensiones del conjunto sean las especificadas.

LAMINACION DE LA ARMADURA



FLECHA MAQUINADA

D). DEFLEXION DE LA FLECHA DE ARMADURA.

Objetivo:

Corregir la deformación de la flecha.

Material y herramienta empleada:

Prensa, banco y medidor de carátula.

Descripción:

Una vez que es colocada la flecha con la laminación, por medio de la - grúa en el banco, con medidor de carátula en los extremos y rodillos se observa la deflexión que no debe ser mayor de 0.04 mm, además se observa si - la flecha tiene una cierta curvatura debido a los diferentes prensados, se- coloca en la prensa y se le da un apriete en un sentido y en otro si es necesario para corregir la deflexión.

VERIFICACIONES:

- - Que la deflexión sea la especificada en planos.
- Que las tolerancias sean las correctas.

E). ENSAMBLE DEL CONMUTADOR EN LA FLECHA.

Objetivo:

Dejar instalado el conmutador en la flecha.

Material y herramienta empleada:

Prensa hidráulica y lima.

Descripción:

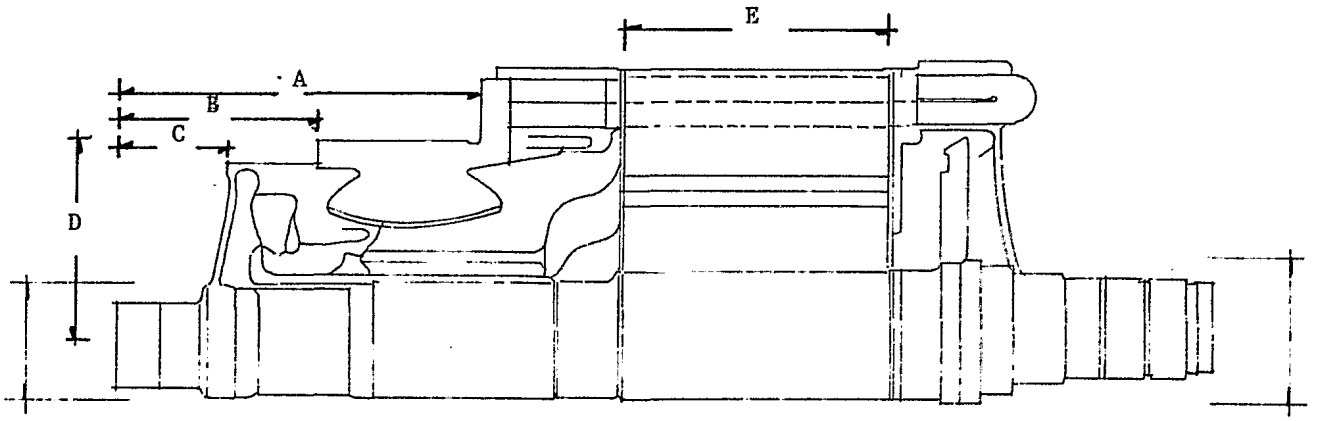
Se aplica pintura blanca, goma de silicón blanco, peinato blanco a la- flecha; introduciendo el espaciador del conmutador y con la lima se evita - la rebaba existente; se coloca el colector de tal forma que coincida la - -

ranura del núcleo de armadura No. 6 con la delga del colector No. 3. Se - da un prensado parcial de 34 a 38 toneladas aproximadamente.

Finalmente se da un prensado de 20 toneladas hasta que atore con el ma quinado de la flecha especificada por los planos.

VERIFICACIONES:

- Checar las medidas especificadas en los siguientes esquemas:



I). Deflexión de flecha menor de 0.04 mm.
II). "A" = 235.5 mm.
III). "B" = 127.5 mm. ± 0.5
IV). "C" = 73.5 mm.
V). "D" = Ø 250 ± 1.5
VI). "E" = 173 ± 0.5

- La conicidad.
- Que coincida la ranura No. 6 con la 3.
- Marcar la delga No. 3 con un punto y la ranura No. 6 con un golpe

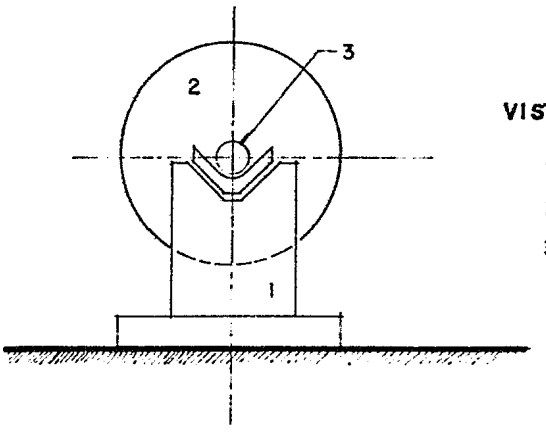
VERIFICACIONES:

1).- Se coloca la armadura sobre los bloques "V" protegiendo antes el asiento con cobre; se debe ajustar los baleros sobre los bloques "V".

2).- La armadura debe estar horizontalmente.

3).- El indicador marcará la deflexión.

4).- Girar a 180° la armadura y marcar la máxima deflexión, esto se corrige por el proceso mecionado anteriormente.



VISTA DE LOS BLOQUES V

1.- BLOQUE V.
2.- ARMADURA
3.- FLECHA

MEDICION DE LA DEFLEXION MAXIMA

F). REBABEADO DE LAMINACION.

Objetivo:

Quitar las impurezas de la laminación así como darle una formación final a los extremos lado piñón y lado conmutador.

Material y herramienta empleada:

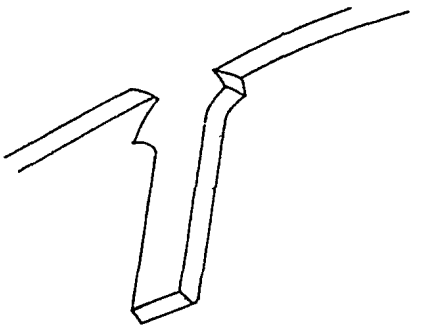
Soporte o banco de trabajo, gage, lima plana, lima triangular, grúa, - lija y compresora o aspiradora.

Descripción:

Se coloca la armadura con la grúa, se checa la alineación de las ranuras con gage; (lima) en el lado piñón se redondean las aristas y en el lado conmutador se rebaja con la lima triangular; finalmente se lija y con la - compresora limpiando todas las impurezas.

VERIFICACIONES:

- No existan rebabas.
- Que tenga los emparejamientos necesarios.



RANURA DE ARMADURA
LADO PIÑON

7.- DEVANADO DE ARMADURA.

Objetivo:

Colocación de las bobinas de armadura.

Material y herramienta empleada:

Soporte (aditamentos para fijar la armadura), pinzas de punta, tijeras, desarmador, pinzas para depilar, martillo "cabe", placa de micarta ó baquelita, espátula ó cuña de 1.5 mm., cincel.

Cintas de aislamiento que se emplearán:

3 piezas de hoja de Kapton	(3 X 100 X 750)
2 " " " " "	(3 X 35 X 830)
3 " " " " "	(3 X 70 X 850)
2 " " " " "	(3 X 67 X 950)
2 " " " " "	(3 X 53 X 950)
3 piezas de E.P.G.	(0.18 X 100 X 750)
2 " " "	(0.18 X 35 X 850)
3 " " "	(0.18 X 70 X 850)
2 " " "	(0.18 X 53 X 950)
2 " " "	(0.18 X 67 X 950)
1 " " "	(0.5 X 100 X 950)
1 " " "	(0.5 X 55 X 830)
1 pieza de fibra de vidrio	(0.8 X 15 X1200)
1 " " " " "	(0.8 X 17 X1200)
1 " " " " "	(0.8 X 42 X1200)
1 " " " " "	(0.8 X 50 X1200)
168 cuñas de cobre	(2.1 X 6 X 30)
84 " " "	(2.2 X 6 X 30)
1 grupo de aislamiento para araña	
2 grapas de	(0.25 X 10 X 30)

A). DEVANADO DE BOBINAS EQUIPOTENCIALES.

Descripción:

Se coloca en la mesa de trabajo el siguiente material:
21 bobinas equipotenciales, marcadas las terminales una con verde y otra -- con negro; 42 bobinas principales, cinta scotch, aislamiento para la araña- con sus respectivas cuñas.

Aislamiento formado por tiras de: Kapton, E.P.G., Kapton, E.P.G., Kapton, E.P.G. (abanico).

Se forman 2 cinturones con diferentes dimensiones constituidos por: - Tiras intercalads de (kapton; E.P.G.; kapton; E.P.G., kapton, E.P.G.). Cinta glass Band tape y cinta fibra de vidrio.

Una vez apilado el aislamiento formado por (Kapton E.P.G., Kapton, E.-P.G., Kapton, E.P.G.), se efectúa una serie de cortes de 35 X 70 mm. (llamado "abanico). Ver figura "a".

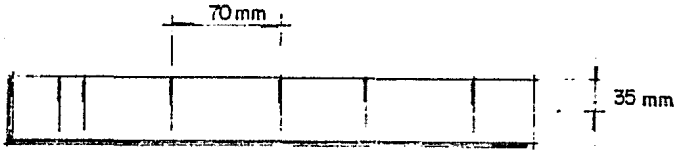


FIGURA "a"

Se revisa en la armadura que no exista ninguna rebaba y que tenga los- chaflanes especificados, se le introduce la lima triangular entre ranura y- ranura debiendo pasar ésta. Ver figura "b".

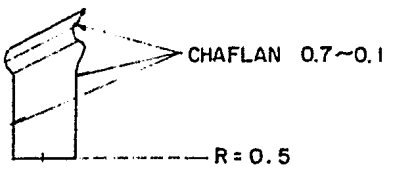


FIGURA "b"

Es importante verificar que la cuña de la flecha coincida con el ali-- neamiento del conmutador; la ranura número 6 coincida con la delga No. 3 -- del conmutador, con tolerancia de 0.04 mm. Ver figura "c".

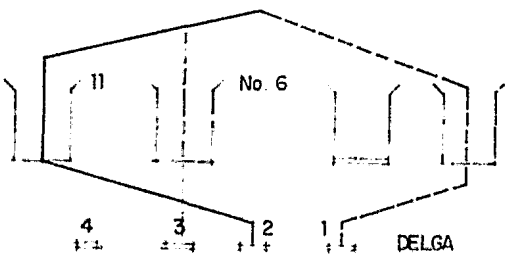


FIGURA "c"

Concluidas estas verificaciones se procede a marcar con crayón rojo -- las delgas del conmutador partiendo de la No. 3 (estas marcas se realizarán sobre la parte posterior de la bandera), y son:

La 6, 8, 90, 86, 88, 2, 4; también se marca la ranura número 11 (la -- cual previamente fue marcada con un pequeño golpe).

Se quita la cinta de silicón que trae pegada el conmutador sobre el espaciador, colocando el lugar de ésta cinta glass band tape de 0.33 X 19 en- 19 mm. de ancho, 2 vueltas aproximadamente, al completar el círculo se corta y con cinta scotch (doble adhesiva) se le pega un pedazo, se levanta la- scotch dejando ésta el pegamento impregnado en la cinta glass band tape y - de esta forma poder sostenerse esta cinta.

Observar la figura "d" y la fotografía "d".

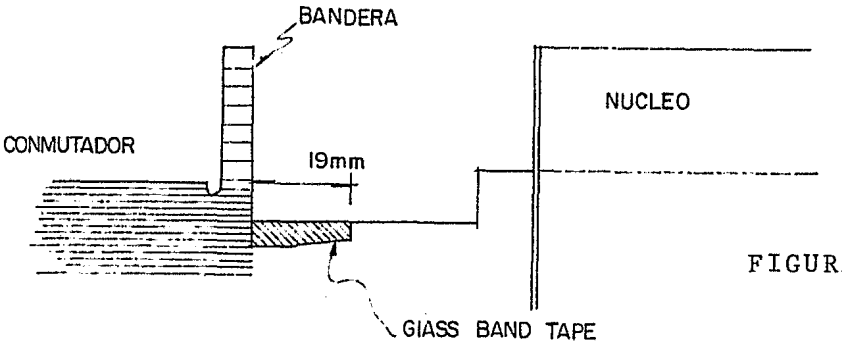


FIGURA "d"

Se procede a colocar el aislamiento (abanico apilado) cortado de 35 X- 70, las dimensiones de las tres tiras de kapton son de 3 X 100 X 750, las 3 de E.P.G. de 0.18 X 100 X 750, cubrirá la altura de las ranuras (42), al - completar el círculo se sostiene éste con cinta fibra de vidrio, dos vueltas y media pegándose con cinta scotch ya mencionado el proceso.

Observar figura "e" y fotografía "e".

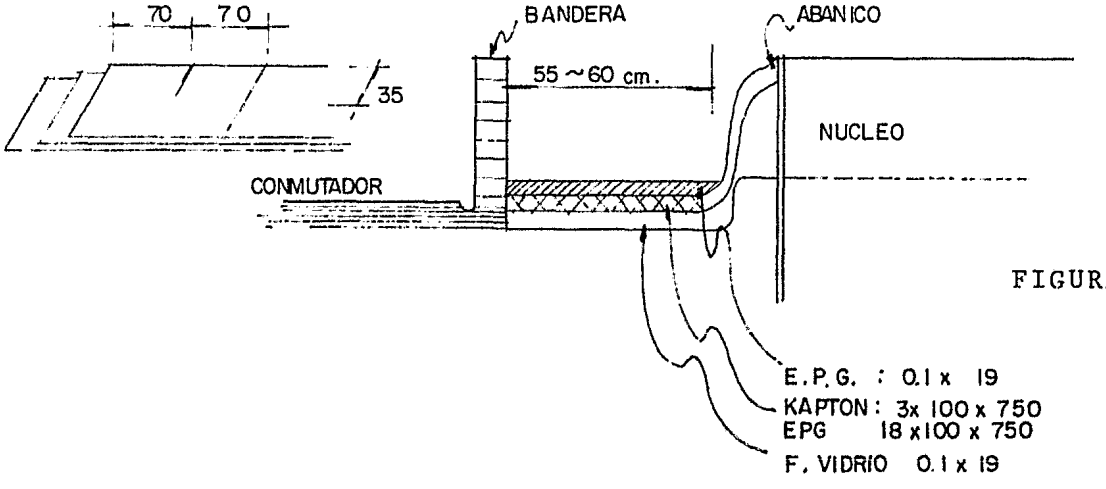
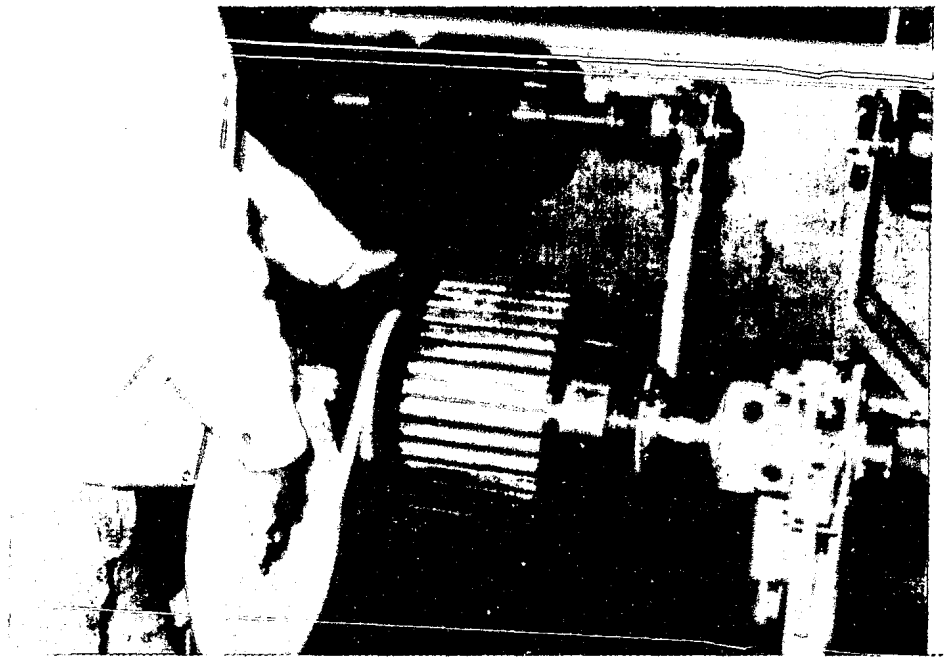
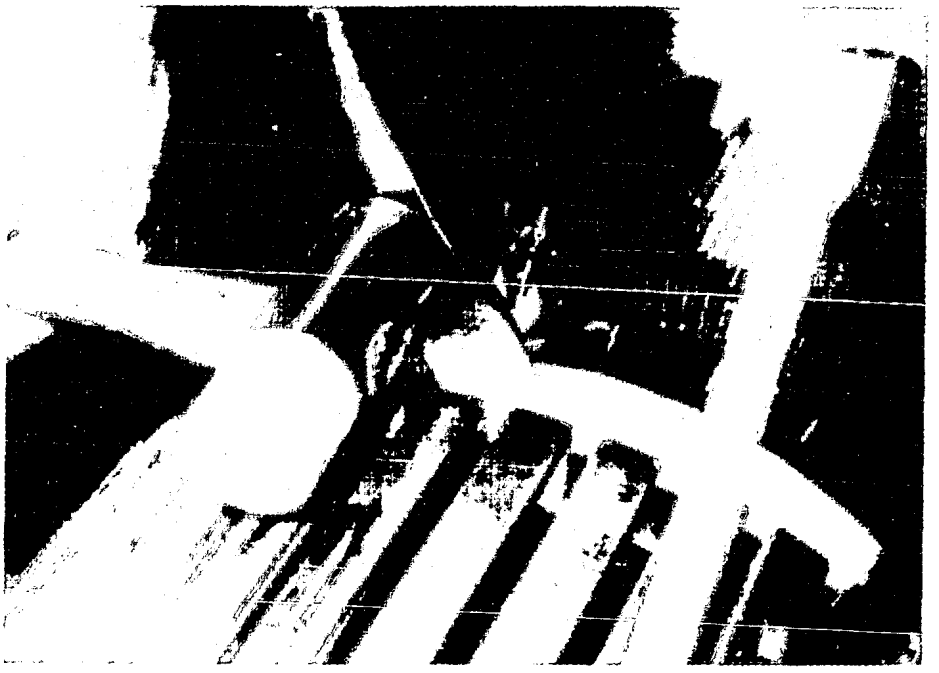


FIGURA "e"



FOTOGRAFIA "D"
INICIO DEL DEVANADO DE BOBINAS
EQUIPOTENCIALES

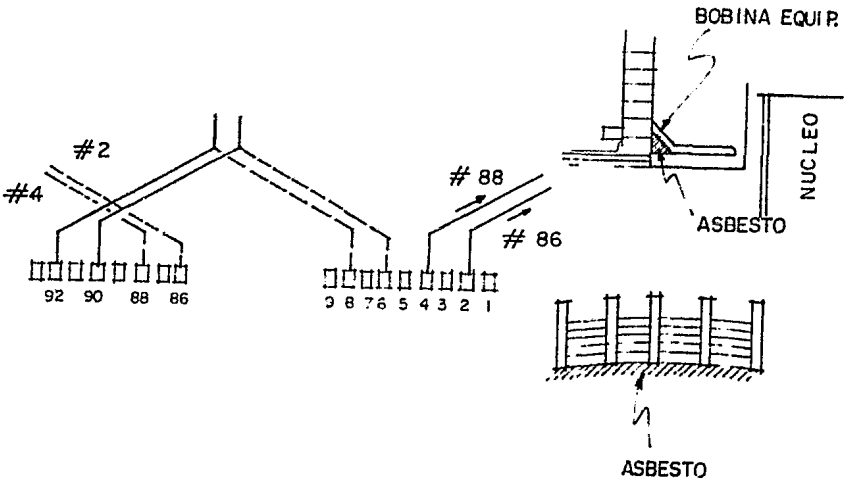


FOTOGRAFIA "E "
COLOCACION DEL AISLAMIENTO (ABANICO)

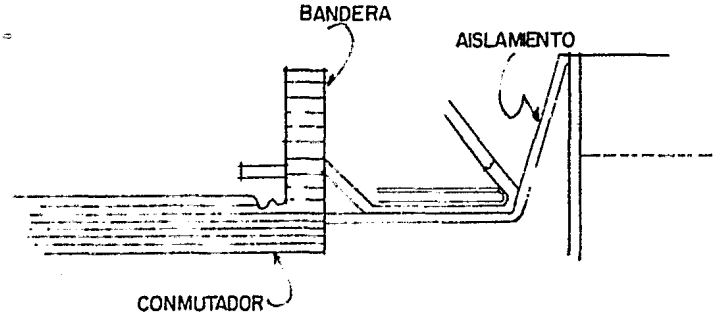
Se introduce asbesto (tiras como hilaza), colocado junto a la bandera- donde descansarán las bobinas equipotenciales, estas tiras están cortadas - para acompletar el círculo.

Se procede a colocar a las 21 bobinas equipotenciales recordando que - sus terminales están marcadas con negro y verde; las barras de la bandera - marcadas con crayón rojo: 6, 8, 88, 86, 4, 2.

Se introduce la primer bobina, descansará sobre el aislamiento y la -- terminal verde en la bandera, hasta completar 21, basados en el esquema "f" y "f'".



ESQUEMA "f"



ESQUEMA "f'"

Se prepara el cinturón apilado, sosteniendo éste con pedazos de poliester (formado por: 2 tiras de kapton de 3 X 35 X 850, 2 de E.P.G. de 0.18 X 35 X 850 intercaladas, al final 1 de E.P.G. de 0.5 X 55 X 830. Este se coloca entre la nariz apretando los primeros 21 extremos de las bobinas equipotenciales; se quitan las terminales verdes de la bandera colocando el lugar de estas las negras en las otras barras, para que el cinturón ahora apriete éstas 21 terminales, se recorre la numeración de delgas y se bajan todas las terminales quedando finalmente un espacio entre cada terminal, con el martillo de plástico y el desarmador.

Nota: Cada terminal debe formar un ángulo de 90° con respecto a la bandera.

Con la tabla ó baquelita se golpean todas las bobinas (terminales), para quedar al mismo nivel. Observar la figura "g" y las fotografías "g", "g''".

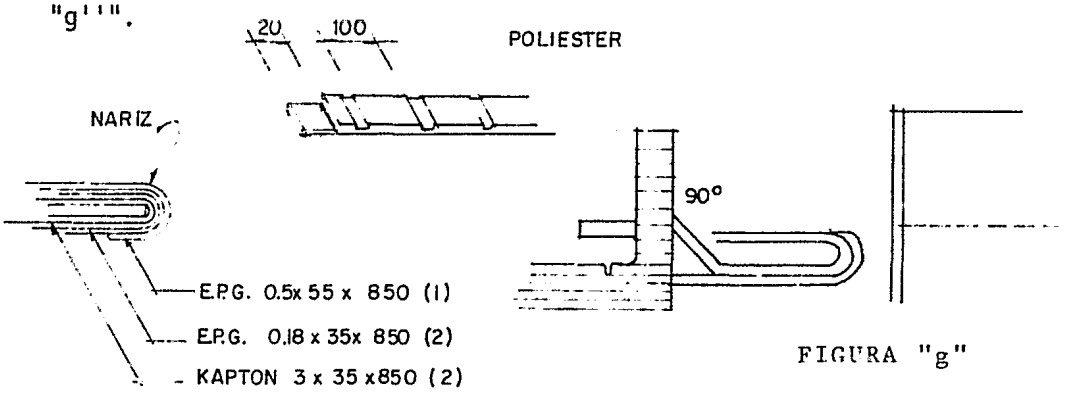
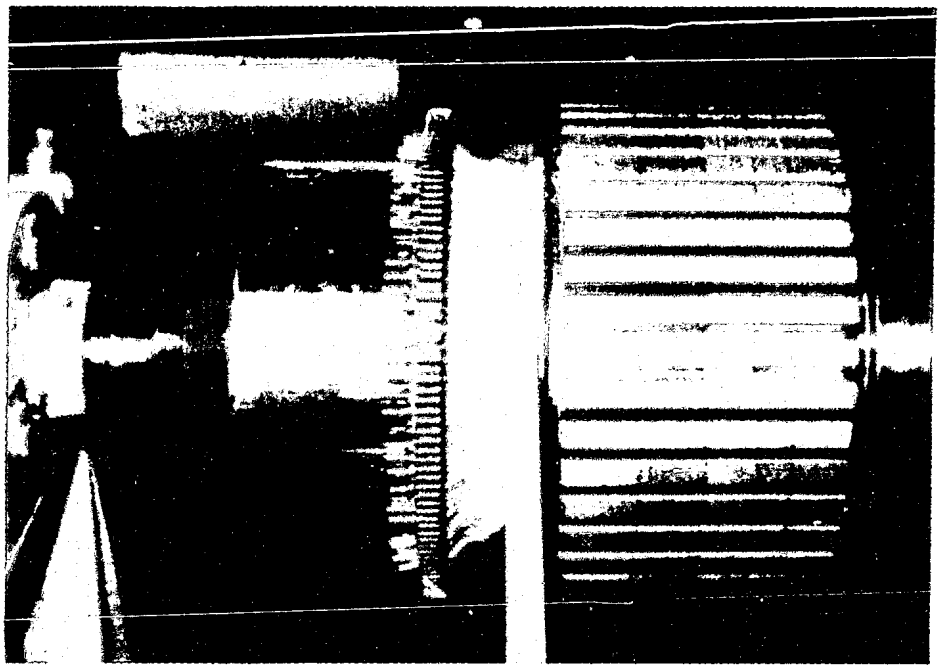


FIGURA "g"

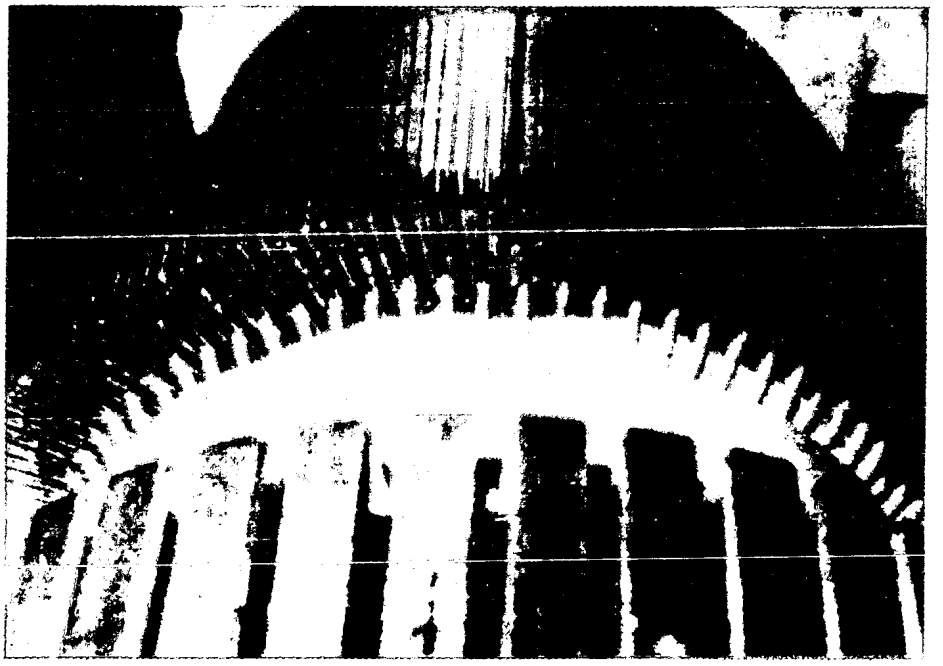
Se retira la armadura del banco, con aditamentos y grúa es llevada a la máquina giratoria en la que se coloca un rodillo, un carrete de cinta -- glass band tape. Es necesario revisar que la máquina tenga grasa, se bajan los aislamientos (abanico), se procede a encintar a 1/2 traslape con la cinta glas band tape de 0.33 X 19 a nivel de la laminación 0.3 mm, con una tensión de 50 Kgr. $\pm$ 5 Kgr.

Se checa con el "gage", el espesor. Observar las fotografías "g'" y "g''".

Se retira la armadura de la máquina con la grúa y se lleva de nuevo al banco en la que se gira para observar la colocación de la cinta glass band-



FOTOGRAFIA "G'"
FIJACION DE BOBINAS EQUIPOTENCIALES



FOTOGRAFIA "G''"

tape, después entre terminal y terminal hay un espacio pegado a la bandera en el cual se coloca asbesto (forma de algodón).

Observar la figura "h", también se les da un pequeño enderezado con -- las pinzas a las terminales.

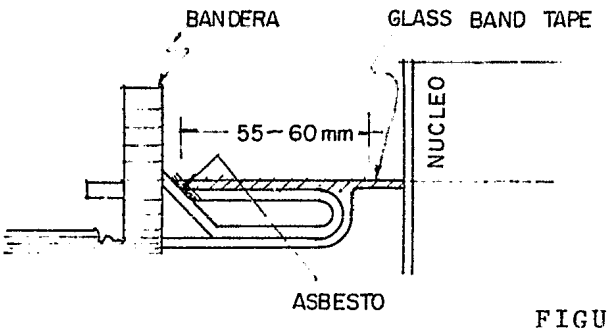
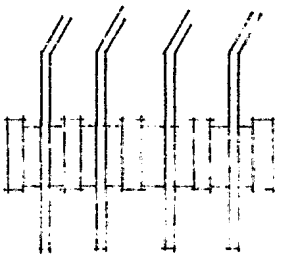


FIGURA "h"



ALINEAMIENTO DE BOBINA

Se prepara el aislamiento formado por: 3 piezas de kapton de 3 x 70 x- 850 y 3 piezas de E.P.G. de 0.18 x 70 x 850 intercaladas, con un corte de - 30 x 30 (en forma de abanico, colocadas sobre la cinta glass band tape; tapará a las partes visuales de las terminales.

B). AISLAMIENTO DEL SOPORTE DE "NARIZ" DE BOBINAS PRINCIPALES (ARAÑA).

Objetivo:

Darle el aislamiento necesario para que descance la nariz de las bobinas principales.

Material y herramienta empleada:

Martillo "cabe", cinta scotch,aislamiento para araña.

Descripción:

Se cortan los tramos de baquelita (aislamiento), en tres partes, estos al irse ensamblando quedarán exactamente uno a la mitad del otro hasta acompletar el círculo.

Se limpia con un trapo la araña de la armadura, después con cinta doble adhesiva (scotch), se le encinta una vuelta completa, se retira la cinta, dejando impregnada de pegamento, se introduce el primer tramo de baquelita con golpes de martillo ya que éste tiene las dimenciones de la araña,- entrando forzado.

Se coloca cinta fibra de vidrio de 0.1 x 19 una vuelta encima del aislamiento, pegando el corte de la cinta fibra de vidrio con scotch doble - - adhesiva.

El siguiente tramo se coloca a la mitad del aislamiento, con el proceso ya mencionado, se coloca el tercer tramo para completar el círculo, al - término se coloca la cinta scotch, se levanta y se dan tres vueltas de cinta de fibra de vidrio, el corte se pega con scotch doble adhesiva.

Observar la figura "i".

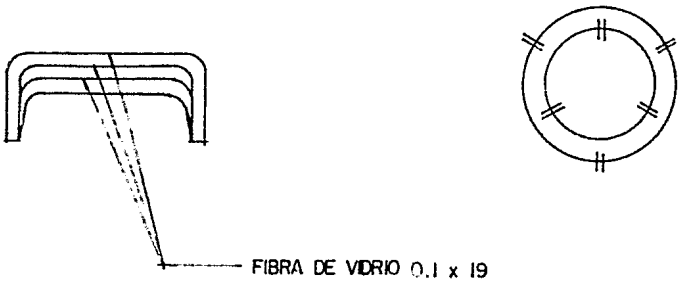


FIGURA "i"

AISLAMIENTO

C). DEVANADO DE LA BOBINA PRINCIPAL.

Objetivo:

Colocación de la bobina principal en la armadura.

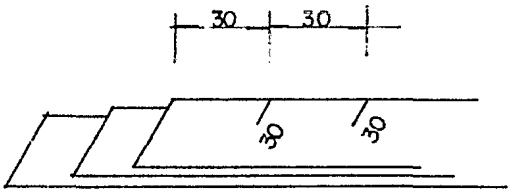
Material y herramienta empleada:

Martillo "cabe", cincel, tabla de micarta ó baquelita, desarmador, hoja de Kapton.

Descripción:

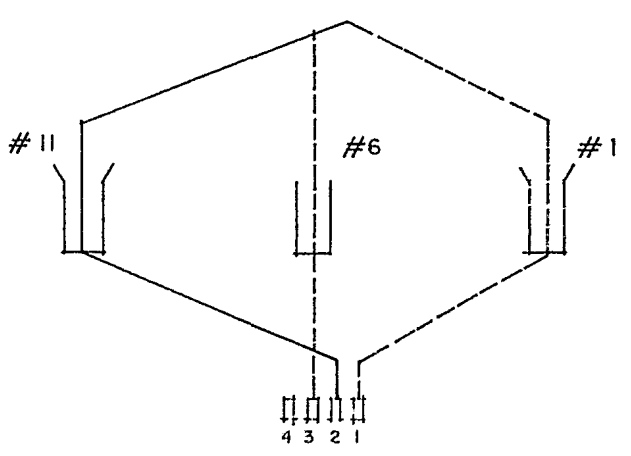
Preparado el abanico se procede a colocarlo sobre la cinta glass bandtape, que cubre las terminales equipotenciales, se sostiene con fibra de vidrio de 0.1 x 19, el corte se pega con un pedazo de cinta scotch, sobre la cinta de fibra de vídrio a la cual se dió 2 vueltas, levantando la cinta -- scotch, quedando impregnada la cinta fibra de vídrio y de esta forma poder sostenerse.

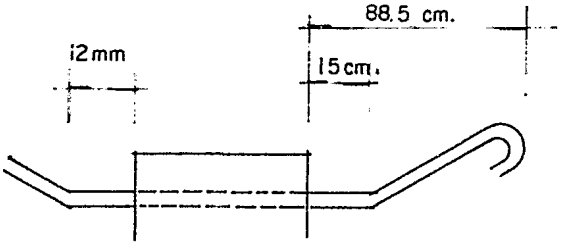
Observar la figura "j".



ABANICO

Se procede a colocar las 42 bobinas principales basados en el siguiente esquema.





* El paso es de la 1 a la 11, 2 a 12 etc., marcadas con rojo.

Se preparan las cuñas de 2.1 x 6 x 30 y 2.2 x 6 x 30 que serán insertadas al momento de bajar las bobinas en la bandera.

Del lado del conmutador se coloca un aislamiento formado por 2 tiras - de kapton de 3 x 67 x 950, 2 de E.P.G. de 0.18 x 67 x 950, intercaladas - - (figura "k"). Se sostiene el aislamiento con cinta fibra de vidrio de - - 0.1 x 19 y pegada con cinta scotch doble adhesiva.

AISLAMIENTO

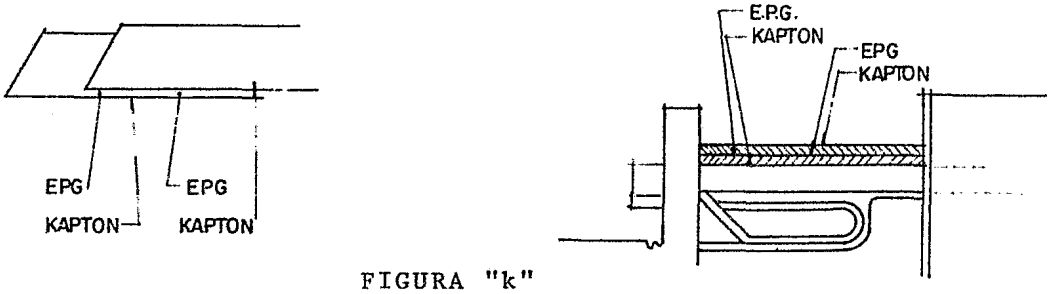
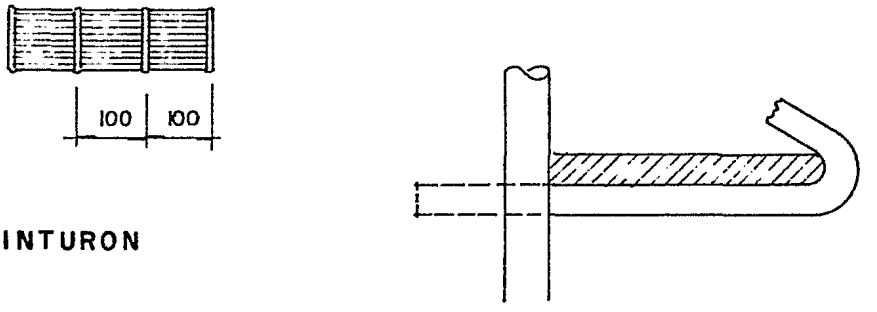


FIGURA "k"

Del lado de la araña, se prepara un cinturón formado por 2 tiras de -- kapton de 3 x 53 x 950, 2 tiras de E.P.G. de 0.18 x 53 x 950 intercaladas - sostenidas con poliester cada 100 mm., figura "l".



CINTURON

FIGURA "l"

Se introducen 21 bobinas con la ayuda de la hoja de kapton,en el momento de introducir la bobina en la ranura, al término de la introducción de - éstas se coloca el cinturón en el espacio formado por la araña y el inicio- del núcleo de armadura, se van bajando del lado de la bandera e introducen-

las cuñas según la altura.

Ver figura "m" y fotografías "m'" y "m''".

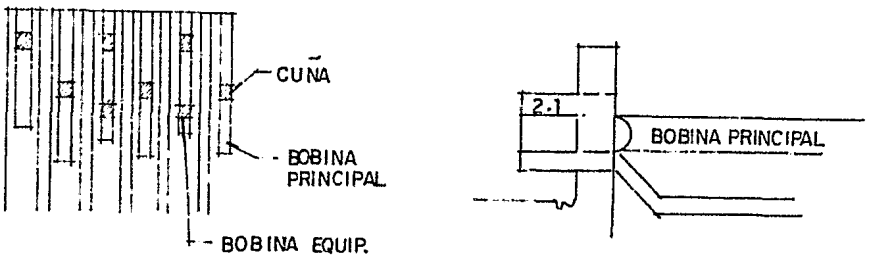


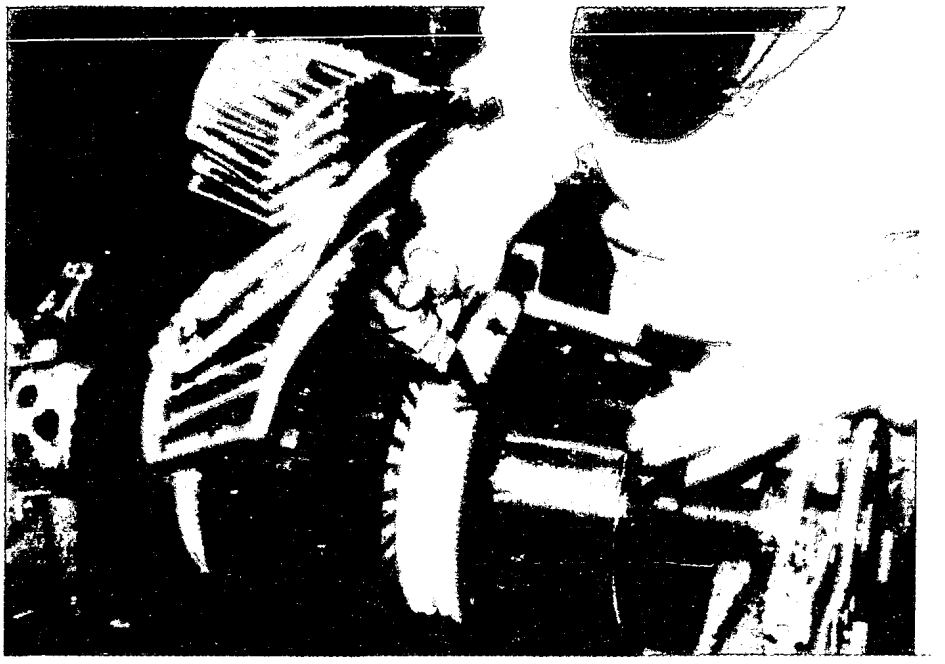
FIGURA "m"

Se bajas las otras 21 bobinas con la ayuda de la hoja de kapton para - que no se dañe el costado de la bobina, el cinturón cierra el círculo del - lado de la nariz. Se procede a bajar las terminales en la bandera, introdu ciendo las cuñas restantes con el cincel y desarmador, con la tabla de mi-- carta ó baquelita se golpean las terminales para que bajen todas.

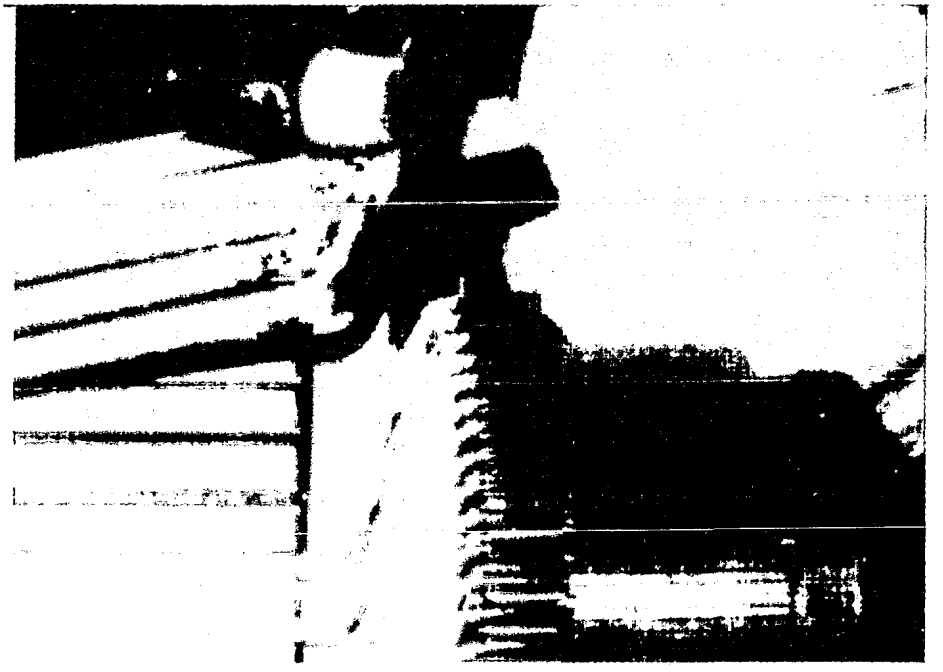
Una vez bajadas todas las bobinas, con el martillo cabe se golpea todo el contorno de éstas. Observar fotografías "n", "n'".

VERIFICACIONES GENERALES.

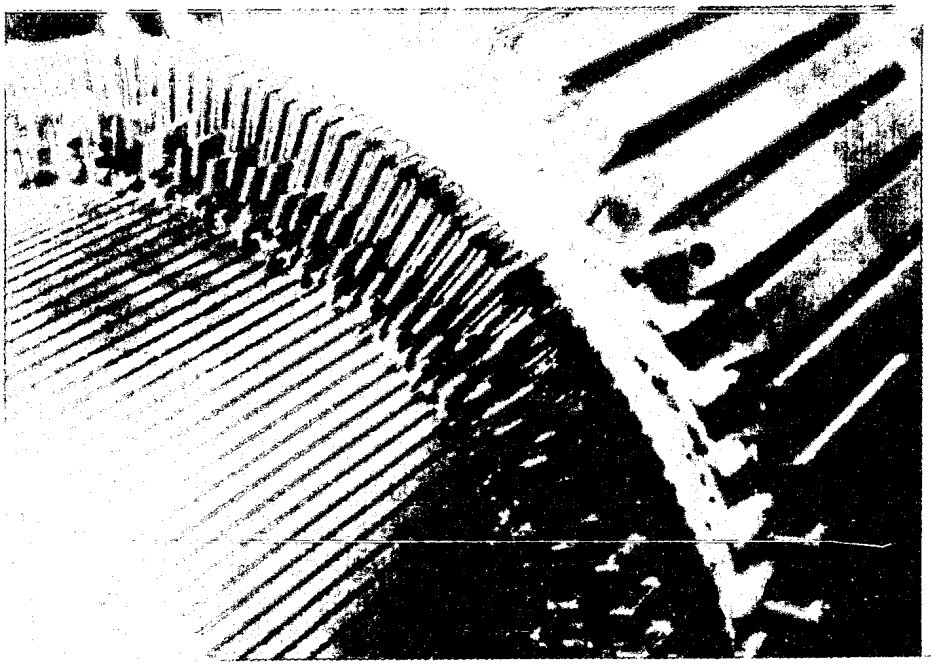
- Que el aislamiento no se haya dañado.
- DISTANCIA de dobleces de las bobinas.
- Colocación del aislamiento de la araña.
- Cabeceo del lado de la nariz no sea mayor de 2 mm.
- Pruebas dieléctricas:
  a). Se sopletea toda la armadura.
  b). Aplicación con la fuente de 4 100 V. en 10 seg.
  c). Prueba de impulso 500 VCA, entre segmentos se observará en el oscilos copio que dos ondas senoidales coincidan una sobre la otra.
  d). Apariencia en: bobinas, terminales, dimensiones de nariz, aislamien-- tos.



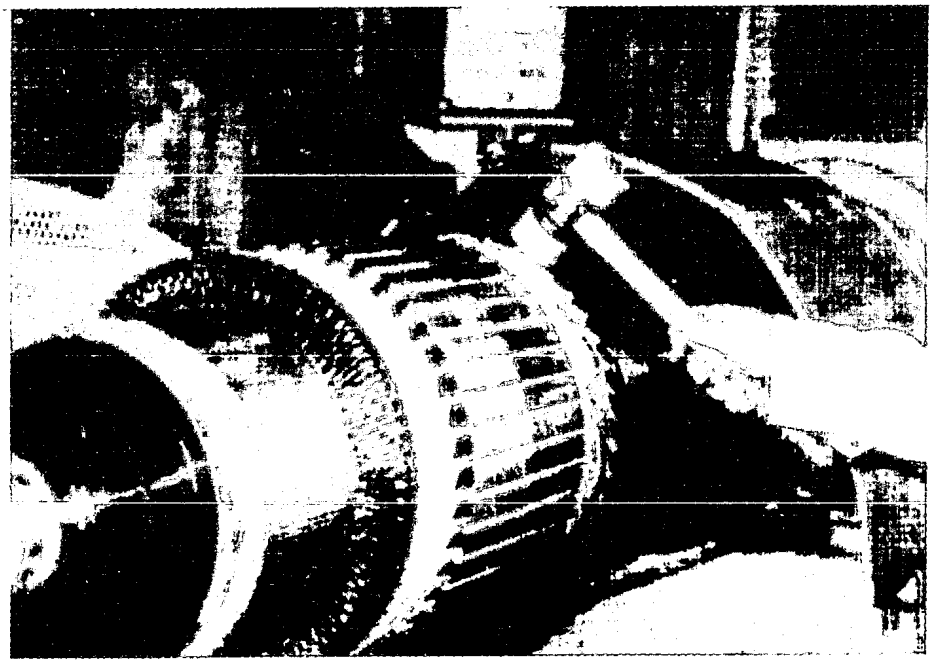
FOTOGRAFIA "M'"
FORMACION DE LÁS BOBINAS EN LA ARMADURA



FOTOGRAFIA "M''"
TERMINACION DE LA FORMACION DE LAS BOBINAS
EN LA ARMADURA



FOTOGRAFIA "N"
COLOCACION DE LAS BOBINAS EN LA
ARMADURA



FOTOGRAFIA "N'"
ASENTAMIENTO DE LAS BOBINAS EN LA ARMADURA

D). CINCHADO TEMPORAL.

Objetivo:

Formar el cinchado que sujetará a las bobinas de la armadura.

Material y herramienta empleada:

Torno cinchador, pinzas, martillo, martillo de plástico, tijeras de -- cartón, tijeras de alambre, cautín eléctrico, soldadura de estaño, pasta, - alambre plano y estañado (Jis C-2505, SWP), de 1.2 mm de Ø.

Tabla de tensiones permisibles.

Calibre de alambre (Ø en mm).	Tensión (Kg).
1.2	80 - 130
1.4	130 - 160
1.6	160 - 180

Descripción:

1º. Con la grúa se coloca la armadura en el torno cinchador cuidando de no- dañar la flecha al centrarla (usar aceite).
2º. Colocar cinta de teflón en los extremos de la armadura (sobre bobinas).
3º. Se coloca cinta de algodón con un gancho en el centro del núcleo.
4º. Se debe amarrar el alambre a la cinta de algodón (gancho).
5º. Se cruzan varias vueltas del alambre sobre la primera.
6º. Se coloca cartón sobre el teflón y se cincha con alambre, traslapándose el cartón angosto (primero lado piñón) a 50 Kg. de tensión y martillándose.
7º. Sobre el cartón ancho en la primer vuelta del alambre se coloca la grapa de acero y después se termina de cinchar a 130 Kg. de tensión aproximadamente 12 ó 13 vueltas.
8º. Se regresa el alambre sobre la grapa y se dobla para después soldar.
9º. Pasando el alambre hacia el lado del conmutador se realizan las mismas- operaciones.
10º. Se sueldan las grapas con cautín eléctrico.
11º. Se corta el alambre sobrante.

Ver figura I.

VERIFICACIONES:

- Que todas las bobinas queden abajo para permitir insertar las cuñas de ranuras.
- Que la superficie de las bobinas (lado nariz y terminales) no se haya roto el aisalmiento.

E). INSERTADO DE CUÑAS EN LAS RANURAS.

Objetivo:

Introducir las cuñas en la armadura para evitar que se salgan las bobinas con el giro.

Material y herramienta empleada:

Soporte para armadura, aditamento para fijar, martillo de plástico, -- martillo, placa de micarta o baquelita, cuchillo, cuña, hoja nomex.

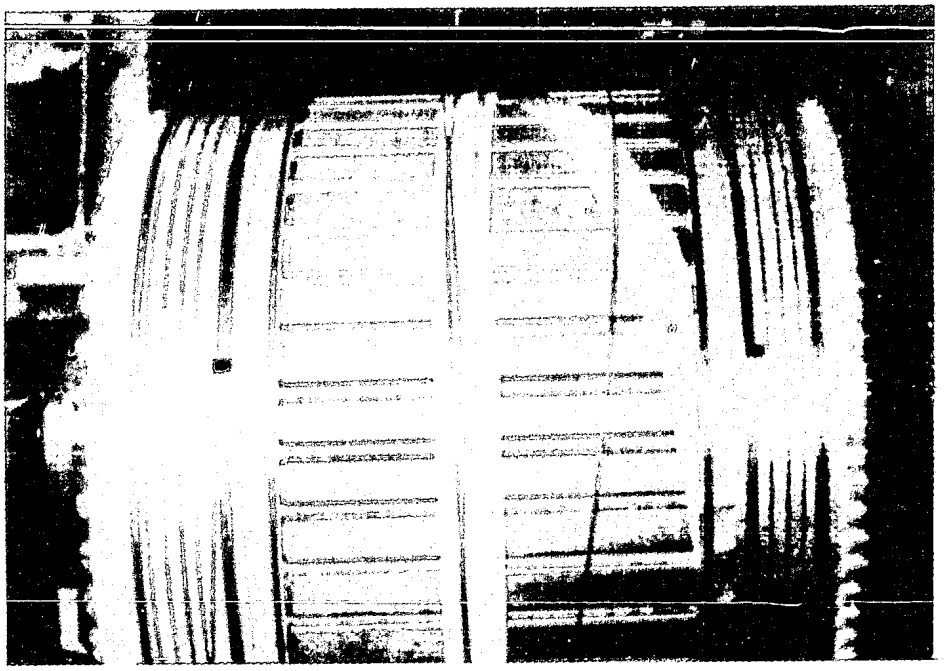
Descripción:

1º. Se introducen las cuñas 30 mm. en la ranura, considerando:
   * Meterlas por el lado piñón.
   * Tener cuidado de no dañar el aislamiento de las bobinas.

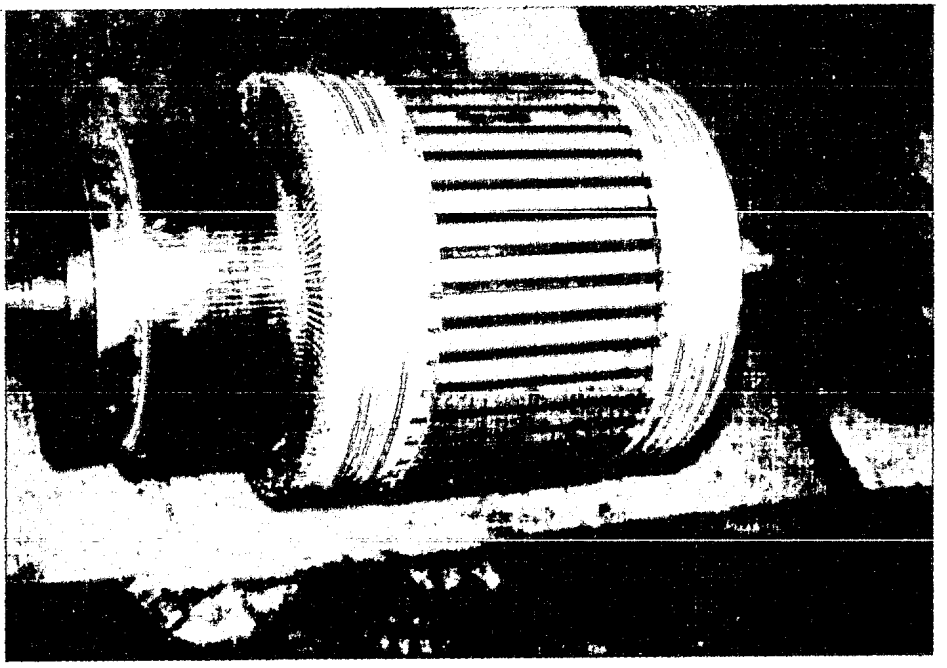
2º. Al continuar introduciendo las cuñas, se coloca una barra de cartón - - prensado entre las cuñas y el aislamiento, golpeando sobre ellas con el martillo de acero, teniendo cuidado de no romper las cuñas, hasta que - queden alineadas con la laminación.

VERIFICACIONES.

- Que no se haya roto el aislamiento.
- Que no se hayan roto las cuñas.
- Alineamiento correcto de las cuñas con el extremo del núcleo.



FOTOGRAFIA "I"
COLOCACION DEL CINCHADO TEMPORAL



FOTOGRAFIA "J"
ARMADURA DESPUES DEL SOLDADO CON "TIG"

F). CORTADO DE PUNTAS DE TERMINALES.

Objetivo:

Dejar a nivel las terminales y efectuar el corte al ras con la cara -- frontal de la bandera para dar paso al soldado con "tig".

Material y herramienta empleada:

Cortadora de terminales, sierra circular, contrapunto para torno, punta shock, llave, perico.

Descripción:

La armadura se coloca en la cortadora giratoria, centrándola, teniendo cuidado de no dañar la flecha; siguiente paso, colocar la sierra giratoria- en la posición correcta la cual:

*Corta a una distancia de la bandera de 0.2 a 0.3 mm (aproximadamente), se gira a 90° en 4 posiciones manualmente, checando el corte de la sierra,- para el cortado se efectúan los siguientes pasos:

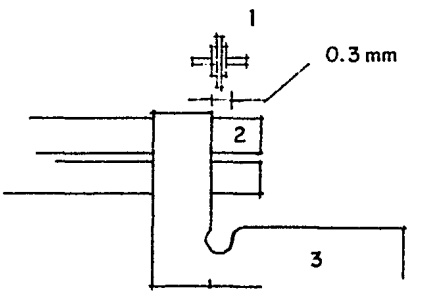
a). Girar la armadura de 25 a 35 R.P.M.

b). Girar la sierra a 500 R.P.M.

c). La graduación de la velocidad de corte depende del estado de la -- sierra.

VERIFICACIONES:

- Las condiciones del corte.
- Quitar la rebaba.
- Chequeo del conmutador, que no se haya dañado.



1 SIERRA GIRATORIA
2 TERMINALES
3 COLECTOR

G). SOLDADO CON "TIG".

Objetivo:

Soldar las conexiones de las bobinas al conmutador, empleando la soldadura denominada "Tungsten Inert Gas", (Tig).

Material y herramienta empleada:

Máquina "Tig Welding for conmutators", (Mel-Ar-300H, Mitusu Bushi), Máquina control Box: Vprim=400 VAC, 50-60 Hz; Control circuit 100 VAC, 50 cm/mm; amp. 180-220, Hot corrent=6.5 amp.
Ajuste de I. de Arco, Turns speed adjust, banco, polín de madera; aditamentos.

Descripción:

Primer paso.- Se coloca la armadura en la máquina Tig, ayudado con un polín de madera se coloca en posición vertical, se preparan y limpian los aditamentos. Al colocar éstos es preciso cuidar que no se dañe la flecha; se debe quitar la cinta de doble adhesión Masking y la de teflón que protegen al colector; limar las terminales; colocar un cinturón de cobre alrededor del conmutador con la finalidad de cerrar el circuito de la máquina.

Segundo paso.- Fijación de la máquina.

a). Se aprieta las mordazas sobre la flecha.

Tercer paso.- Regular el avance de giro.

a). La armadura gira tres delgas y regresa 1, para soldar cada 2 delgas.

Cuarto paso.- Regulación del electrodo.

a). Colocar el electrodo lo más recto posible de acuerdo a la bandera- aproximadamente de 50° a 60°.

b). Colocar el electrodo perpendicular a la bandera debiendo estar la- punta del electrodo de 1.5 a 2 mm.

c). Se inicia a soldar a 1.4 mm de la orilla de la bandera.

d). Para la regulación del avance del electrodo; se toma como referencia el punto de la bandera más alto.

Quinto paso.- Se coloca la punta del electrodo saliendo del porta electrodo en una posición de 90° con la boquilla.

Sexto paso.- Se saca punta al electrodo afilando ambos lados de 2 a - 3 mm.:

a). Se debe cambiar la punta cada 4 armaduras.

b). Afilar el electròdo cada 2 armaduras.

Séptimo paso.- Regulación automática.-Sin gas.
Verificación de los siguientes incisos:

a). El giro.

b). Centro del electròdo sobre la delga.

c). Avance salteado de 2 en 2.

d). Que los controles digitales marquen el centro del electrodo.

e). La velocidad del electrodo 40 a 60 cm/min.

f). Que los ajustes de la corriente de arco esten regulados con los - tiempos, esto se logra con la perilla Hot Courrent No. 1, No. 2, - No. 3.

Octavo paso.- Aprobación de la soldadura.

a). Se debe regular la intensidad de corriente con las perillas Hot -- Courrent. No. 1, No. 2 y No. 3. Si la soldadura ya es correcta, - se pone a funcionar el contador en el tablero.

Noveno paso.- Soldadura Automática.

a). Al funcionar la máquina se debe checar la posición del electròdo,- la intensidad de la corriente, y si es necesario ajustar la posi-- ción del electròdo.

Décimo paso.- Soldadura Manual.

a). Cuando se ha terminado de soldar automáticamente se debe girar la- perilla a la posición manual, para reparar las delgas que esten -- mal soldadas.

NOTA: Verificar los siguientes componentes del proceso.

a). Electrodo de tugnsteno No. 2.4

b). Porta electrodo No. "4".

c). Corriente 200 a 250 amp.
d). Tiempo de calentamiento 1 a 2 Seg. aproximadamente.
e). Velocidad del electrodo 40-60 cm/min.
f). Alimentación del gas 15 a 16 litros/min. (tungsteno).

H). LIMPIEZA DE DELGAS DESPUES DE SOLDADURA "TIG".

Objetivo:
Limpieza del conmutador.

Material y herramienta empleada:

Cepillo cerda de alambre, charrasca, segueta, aspiradora, grúa.

Descripción:

Se debe limpiar con el cepillo para quitar el exceso de soldadura y revisar que no queden rebabas. Con la grúa se retira la armadura de la máquina "Tig" y se efectúan los siguientes pasos:

a). Aflojamiento de las mordazas.
b). Se quita el cinturón metálico del conmutador (tierra).

Posteriormente se limpia la mica que se encuentra entre las delgas soldadas.

a). Cuando haya excedente de soldadura se quita con la charrasca especial.
b). Se quita el excedente de carbón sobre las micas con la segueta.
c). Se deberá tener precaución de no maltratar las micas ni dañar el conmutador en su superficie.
d). Sopletear el polvo creado por la soldadura.

Después se procede a colocar cemento, hecho con la mezcla de barniz y polvo de mica.

a). El barniz empleado es Basa 5 y debemos adelgazarlo con Xilol.
b). Este cemento se coloca entre los huecos de las terminales de las bobinas del conmutador (atrás).

8.- IMPREGNACION Y CURADO.

A).- PREPARACION DEL BARNIZ.

Objetivo:

Preparación del barniz, que servirá para la impregnación de bobinas -- principales cruzadas, carcasa y armadura.

Material y herramienta empleadas.

Cuarto frío, tanque mezclador y horno.

Descripción:

En la preparación del barniz se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

a). El barniz que se emplea debe almacenarse en un cuarto frío.
b). Las latas del barniz deben estar bien tapadas.
c). Una vez preparado el barniz en el tanque mezclador, se deberá conservar con aire seco y agua fría para mantener la temperatura.

Preparación del barniz:
La proporción para preparar el barniz es:

2 latas de uniresin 16.6 Kg.
1 lata de catalizador 20.0 Kg.

El uniresin debe calentarse en horno de 60°C durante 6 horas.

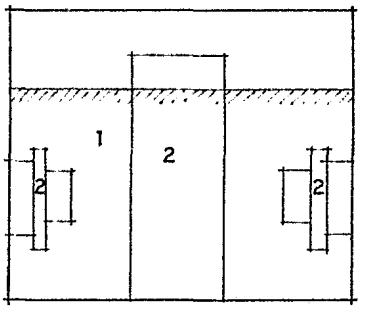
Después se vacían al tanque mezclador las 2 latas de uniresin y 1 de - catalizador. No se debe alterar el orden.

Posteriormente el tanque se calienta a 25°C y se agita. Se hace vacío de aire durante un tiempo mínimo de 30 minutos.

Pasos en la obtención del barniz.

1). El barniz empleado es el clasificado como: 6875-51.
2). Secado en horno 120°C mínimo 6 horas.
3). Calentar agua para el barniz a 45°C en el tanque.
4). Efectuar el vacío de aire, mínimo 40 minutos con una presión 3 mm. Hg.

5). Efectuar una operación de vacío al barniz, mínimo 50 minutos con - una presión máxima de 8 mm Hg.



1 BARNIZ
2 SOPORTES

NOTA:
No rebazar el nivel.

TANQUE DE INPREGNADO

6). El barniz deberá tener una presión de aire seco de 3 Kg/cm^2, durante 50 minutos como mínimo.

NOTA: Debe checarse periódicamente el nival.

7). Guía de control del barniz a } 60°C - 270 segundos (Viscocidad).

8). Límite de uso del barniz a 60°C - 340 segundos (viscocidad.

9). Limpiar perfectamente TODO.

B). IMPREGNADO Y CURADO DE ARMADURA.

Objetivo de Impregnación.

Hacer llegar el barniz aislante a todas las partes del embobinado donde se requiera.

Objetivo de Curado:

Proporcionar las condiciones de temperatura y movimiento adecuadas pa-

ra el curado del barniz aislante.

Material y herramienta empleada:

Horno de presecado, tanque de impregnación (Impregnating Tank "1", - - Mitsubushi Co.), Horno rotatorio, accesorios, grúa.

Descripción:

Se lleva la armadura al horno de presecado, donde se le da un precalentamiento y se elimina la humedad existente en los aislamientos de los devanados, a una temperatura de 120°C durante 6 horas como mínimo, al finalizar dicho período se prepara a la armadura para su impregnación, checándose la- temperatura del núcleo de armadura debiendo estar entre 70° - 100°C; se protege la superficie del conmutador con tela, cinta vinil y polietileno, para que no penetre el barniz.

Con la ayuda de la grúa se lleva al tanque de impregnación, introdu- - ciendose; se efectúa un vacío con una presión máxima de 3 mm de Hg, durante más de 40 minutos.

Se introduce el barniz al tanque con una presión de vacío como máximo- de 3 mm de Hg., durante 50 minutos, posteriormente se elimina el vacío y se deja a la presión atmosférica normal. Cuidando de no rebasar el nivel de - altura del barniz.

Se da una presión al barniz, mediante aire seco, de 3 Kg/cm^2, por un - período de 50 minutos, checándose el nivel del barniz, debiendo estar a más de 20 mm. arriba de la soldadura Tig.

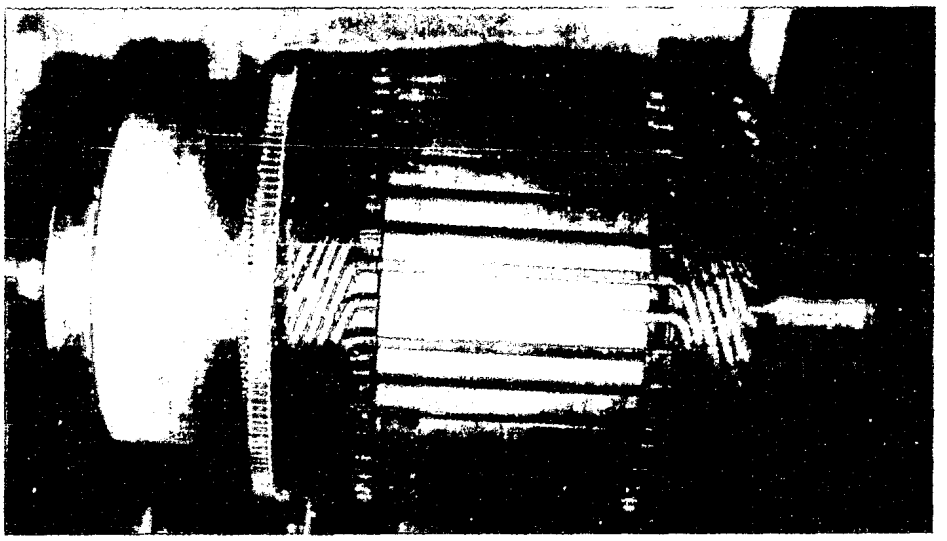
Se regresa el barniz al tanque mezclador (mencionado en el proceso del barniz), al finalizar ésto, se saca la armadura del tanque de impregnación, quitandole la protección del conmutador, debiendose limpiar el exceso de -- barniz en las siguientes partes:

- Flecha.
- Araña.
- Trampa del conmutador (interior).

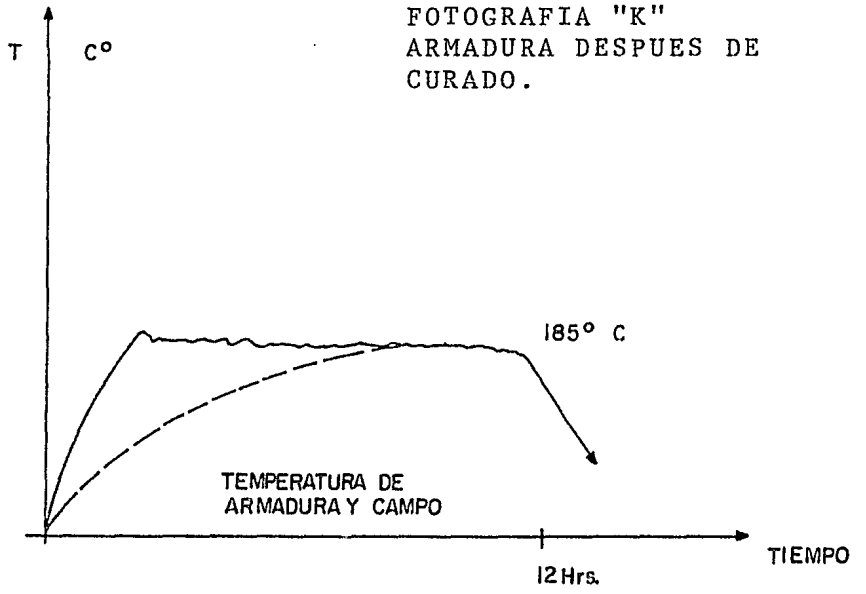
En el exterior se le coloca a la armadura los accesorios necesarios para poderla introducir al horno rotatorio, en el que se hará el curado del -

barniz recién impregnado, las condiciones necesarias son:

- Una velocidad de 8 a 12 RPM.
- Temperatura de 185°C, durante más de 12 horas.
- Registro de tiempo en la gráfica del horno. (Ver siguiente gráfica).



FOTOGRAFIA "K"
ARMADURA DESPUES DE
CURADO.



GRAFICA DEL CURADO DE ARMADURA

9.- RETIRO DEL CINCHADO TEMPORAL.

Objetivo:

Quitar los alambres que constituyen al cinchado temporal.

Material y herramienta empleada:

Charrasca, tijeras de corte y soporte.

Descripción:

Una vez que la armadura regresa del curado, se debe limpiar el núcleo- con la charrasca, no dañando las bobinas, para retirar posteriormente al -- alambre rompiendo y quitando la soldadura de estaño que fija a dicho alam-- bre; se quita el cartón de protección y la cinta de protección colocadas so bre las bobinas.

VERIFICACIONES:

- Que no se hayan dañado las bobinas.
- Que no exista barniz dentro de los orificios de ventilación.

10.- COLOCACION DEL CINCHADO DEFINITIVO.

Objetivo:

Colocación del cinchado definitivo, el cual dará una firme sujeción a- las bobinas de armadura.

Material y herramienta empleada:

Cinta "Glass Band Tape", hoja de Viner, cinta Tep, fleje de acero, hor no de precalentamiento, horno de curado, torno cinchador, anillos guía, mar tillo de acero, tijeras.

Descripción:

Se comenzará dando algunos detalles sobre el control que se debe de -

tener sobre la cinta de Glass Band Tape.

- Debe de ser almacenada a una temperatura de 50°C ó menos.
- La vida del almacenamiento es como máximo de 6 meses.
- La cinta debe de emplearse una semana después de sacarla del almacén.

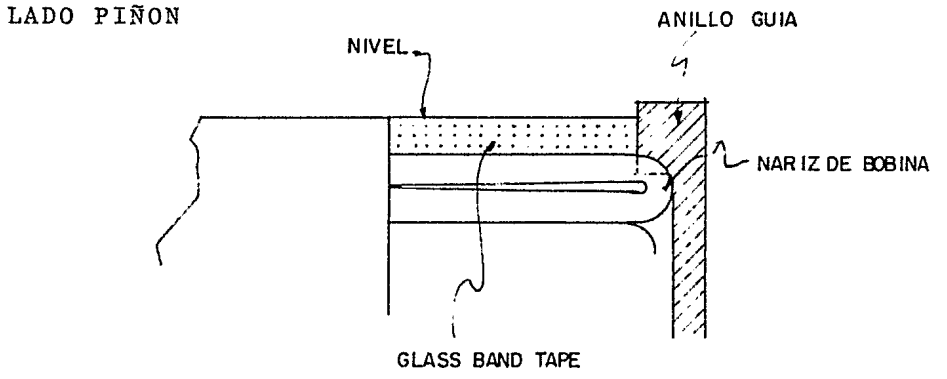
La tensión del Glass Band Tape, es de acuerdo con la siguiente tabla:

Ancho de la cinta (mm.)	Tensión (Kg.)
9.5	65
19.0	130

El proceso se inicia con el precalentamiento del núcleo de armadura, - lo cual se hace en el horno. Se debe de observar que la temperatura superficial alcanzada en el horno por el núcleo debe ser de 80° - 120°C; pero al momento del cinchado éste debe tener una temperatura superficial mínima de- 75°C, si es inferior, se debe de volver a introducir al horno para recalentarlo.

Se monta la armadura en el torno cinchador, colocándole un anillo guía en ambos extremos, el cual consta de dos secciones que forman la circunfe-- rencia, siendo colocados con golpes de martillo de acero y son atornillados en sus extremos.

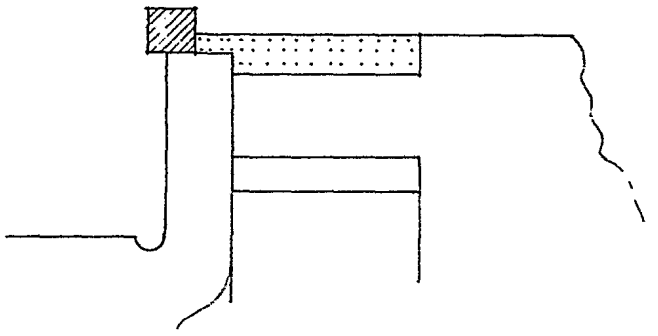
Se inicia el devanado de la cinta de Glass Band Tape en el lado piñón- o ventilador, dando una y media vueltas a medio traslape, transcurridas éstas, se aumenta la tensión gradualmente de 150 a 180 Kg., hasta llegar al - nivel de cinchado específicado.



Con lo que se le da la forma a la superficie de la banda de Glass Band Tape, sujetando la banda con una placa de acero (hoja de acero), sobre un - separador (abanico de hoja de Viner), el que se coloca alrededor del cin-- chado y se devanan otras capas de Glass Band Tape a medio traslape, hasta - tener un nivel adecuado en el que se checa la forma del cinchado y su diáme tro exterior, contandose entonces la cinta.

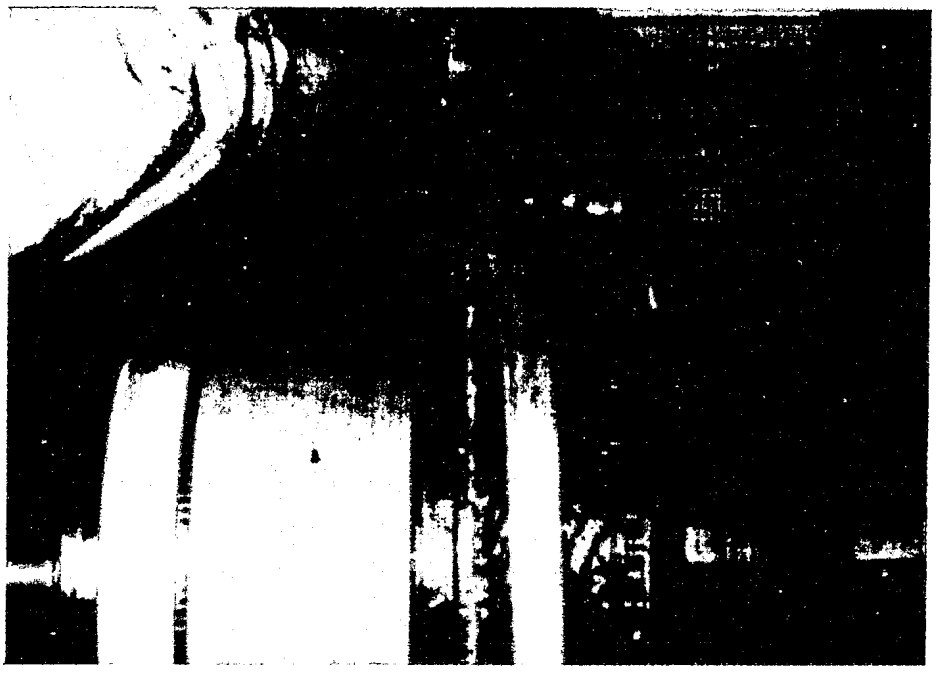
Inmediatamente se inicia el devanado de la cinta en el lado conmutador, donde se repite el proceso anterior, hasta llegar al nivel especificado para éste lado del motor.

LADO CONMUTADOR

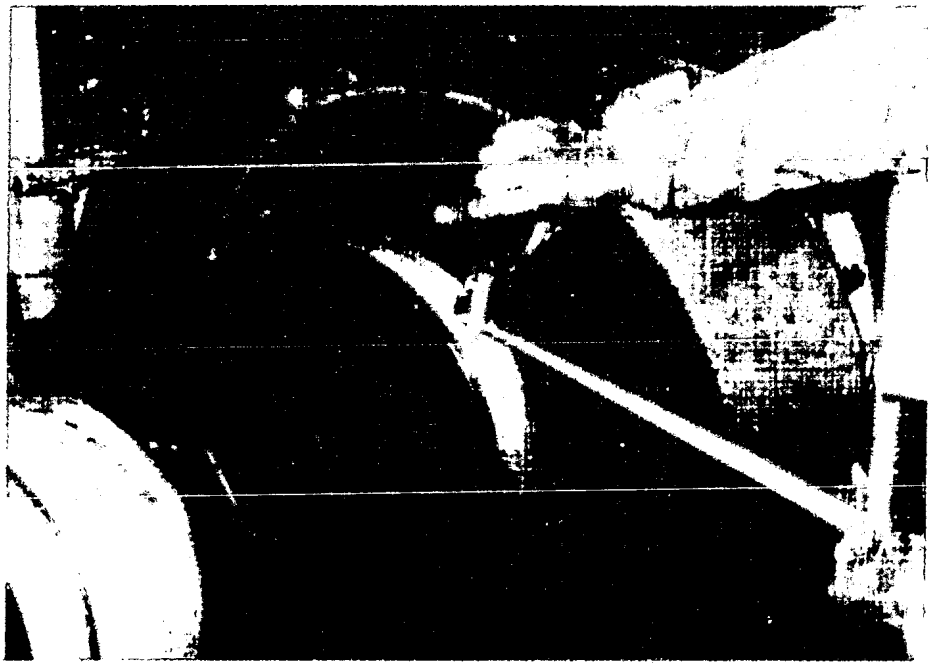


Se retiran los anillos guía y se desmonta del torno cinchador, para -- llevarla al horno de curado, en el que, para bandas de cinchado de clase F y H, se cura la resina de la banda de Glass Band Tape a una temperatura de - 150°C ± 7.5°C, por 12 horas, incluyendo el tiempo para elevar la temperatura a este nivel.

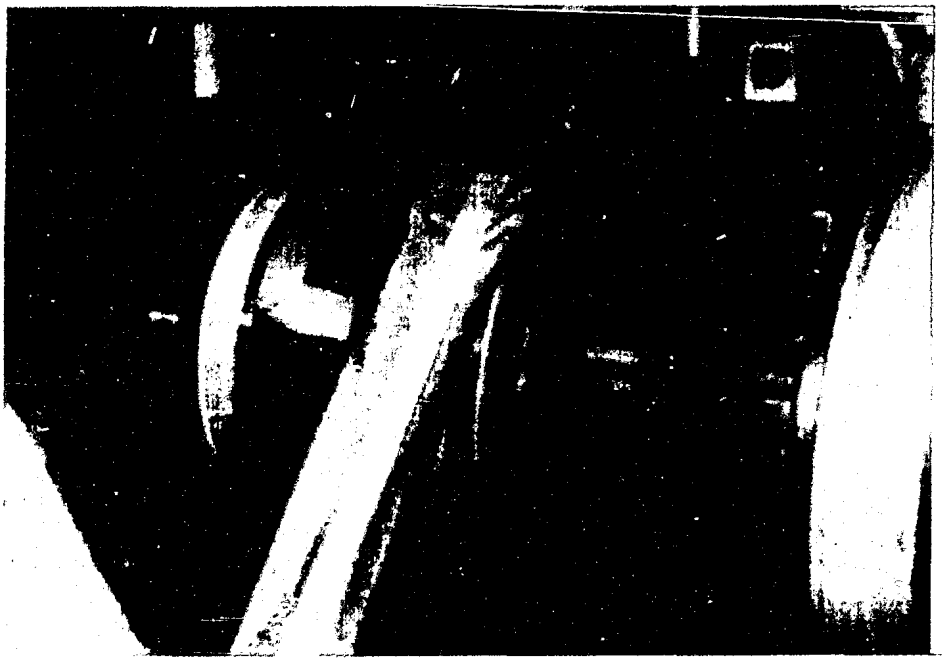
Una vez terminado el curado del cinchado, se quita la hoja de acero, el exceso de barniz transpirado por la banda de Glass Band Tape.
Ver fotografías.



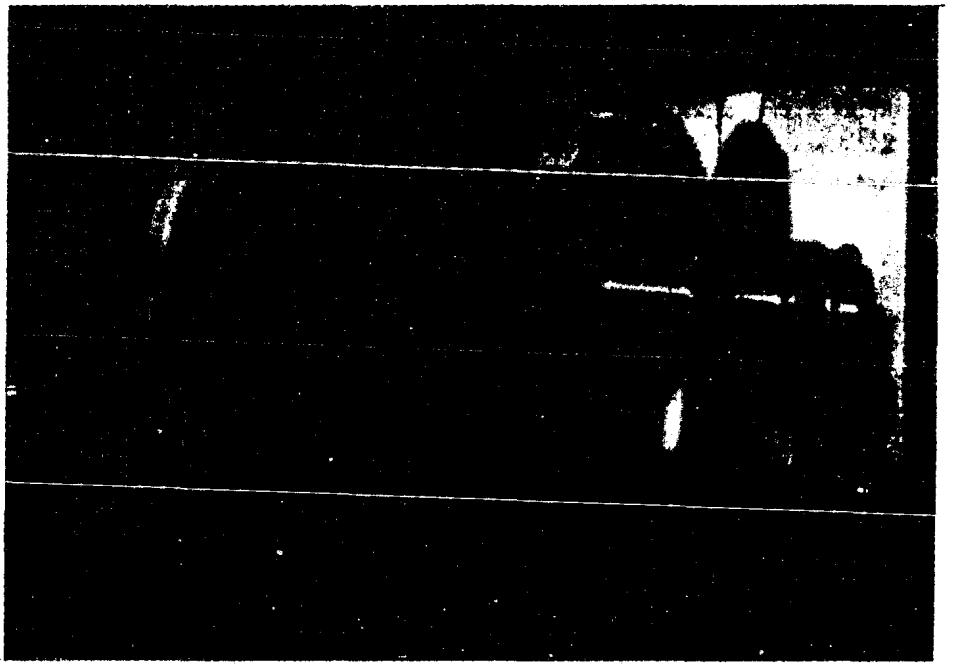
APLICACION DE LA CINTA GLASS BAND TAPE
LADO COLECTOR



CORTE DE LA CINTA GLASS BAND TAPE
LADO PIÑON



FOTOGRAFIA "N"
COLOCACION DEL FLEJE DE ACERO Y CINTA
GLASS BAND TAPE



FOTOGRAFIA " Ñ "
CINCHADO FINAL, DESPUES DE CURADO

11.- PRIMER MAQUINADO DEL CONMUTADOR.

Objetivo:

Efectuar un maquinado parcial en el conmutador.

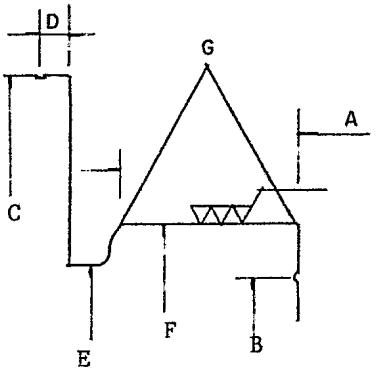
Material y herramienta empleada:

Torno (ROMI-E40), herramientas de corte, lima rectangular y charrasca.

Descripción:

La armadura es colocada en el torno en el que se checa en ambos extremos la deflexión, que deberá de ser menor a 1/100 mm.

Luego se hace el maquinado en el que se debe de quitar con la charrasca el exceso de goma de silicón; se maquina de acuerdo a la siguiente figura.



PRIMERO	A	
2o	B	
3o	C	
4o	D	
5o	E	
6o	F	ø 251.70 ~ 251.80
7o	G	

Debiéndose matar los filos en el extremo del conmutador con la lima -- rectangular, para finalmente sopletear la superficie del conmutador.

VERIFICACIONES:

- Verificar que no queden rebabas en la mica, en extremos y garganta del -- conmutador, superficie principal de éste.

- Estado de herramientas de corte.
- Chequeo dimensional.

12.- PINTURA.

Objetivo:

Proporcionar una capa de pintura que tiene propiedades de protección - antiflash.

Material y herramienta empleada:

Compresor, pistola, horno de secado, pintura roja.

Descripción:

Se cuida que la armadura no esté sucia, si es necesario se precalienta para que el núcleo tenga una temperatura de 40 a 60°C.

Se hace la preparación de la pintura APU-536, con barniz basa 5 con pigmento rojo.

Se debe de proteger las siguientes partes que no serán pintadas: flecha, araña y conmutador.

Inmediatamente se procede a aplicar la pintura con la pistola, el secado de ésta se efectúa en un horno a 135°C, durante más de ocho horas.

VERIFICACIONES:

- Que no se hayan pintado las partes protegidas.
- Que no exista un mal pintado, por ejm. bolas o que se encuentre chorreada.

13.- LIMPIEZA DESPUES DE PINTURA.

Objetivo:

Obtener la limpieza de la armadura.

Material y herramienta empleada:

Charrasca, cepillo de cerdas de alambre, lija, segueta especial con -- mango, aspiradora (manual).

Descripción:

Se coloca la armadura sobre un soporte especial, limpiando la flecha y la araña empleando la charrasca, teniendo cuidado de no dañar la flecha.

Se limpia la cuerda de la flecha, con Xilol y el cepillo de cerdas de- alambre.

Se rectifican los machuelos de la araña.

Se lijan las partes de la flecha donde ajustarán los rodamientos, cuidando de no dañarla; se lija tambien la araña.

Se alisan los segmentos de mica en la superficie del conmutador, em- - pleando la segueta especial con mango, cuidando de no dañar la superficie - del conmutador, ni la soldadura Tig.

Finalmente se le da una sopleteada con la aspiradora.

VERIFICACIONES.

- No deberán quedar manchas de barniz, ni pintura.
- Que no queden micas sin repasar con la segueta especial.

14.- BALANCEO DE ARMADURA.

Objetivo:

Obtener el exacto balanceo de la armadura.

Material y herramienta empleada:

Máquina detectora de desbalanceo (Carls Schenck, Graficadora Libheer - de AC., 3 fases, 440-220 V., 26 A., con valores X, Y) Máquina definidora de ángulos.

Descripción:

Se coloca a la armadura en un banco que está adaptado a la máquina que indicará el desbalanceo, se hace girar a 2100 RPM., debiéndose observar en-ésta máquina qué tan alejados están de cero, en el indicador de carátula de la máquina los valores de X y Y.

El proceso de balancearla consiste en introducir barras de 16.66 gr. - en la parte interna de la araña, atornillándolas con tornillos de cabeza -- allen; éstas se colocan de acuerdo al ángulo de desbalanceo.

La introducción de las barras de balanceo se hace hasta que la máquina nos indique que los valores de X y Y están en "0".

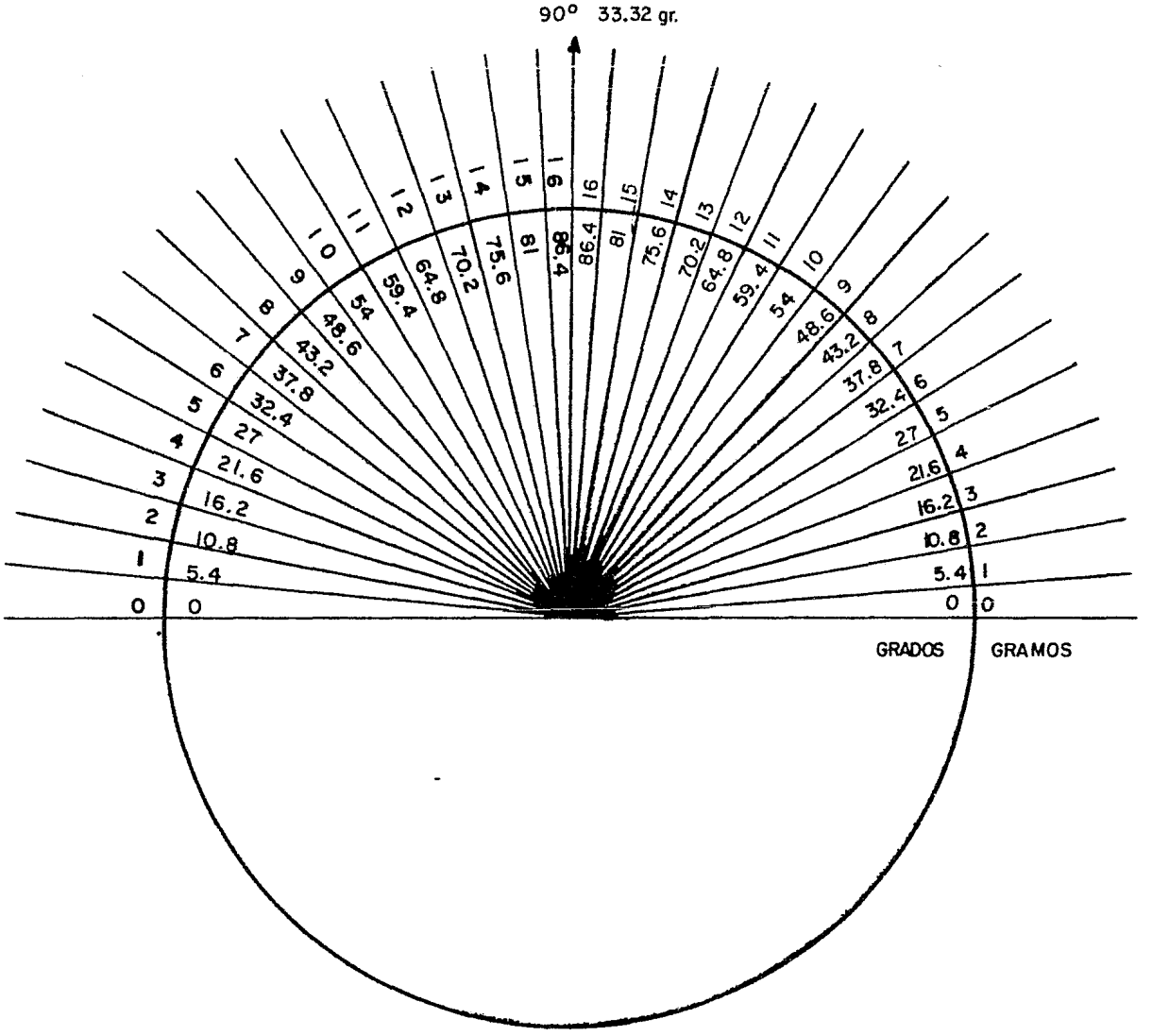
VERIFICACIONES.

- Checar que las barras de balanceo estén bien apretadas.
- Hacerla girar para observar los valores de X y Y que estén en cero.

INSTRUCCIONES A SEGUIR EN EL BALANCEO.

Referir la falta de peso a 90° (esto es de suma importancia) y colo- - car los contrapesos a diferentes ángulos, según la cantidad de desbalanceo, de acuerdo a la siguiente tabla:

Cantidad de desbalanceo (gramos)	Angulo (θ) Un contrapeso a cada lado.
2	5.4
4	10.8
6	16.2
8	21.6
10	27.0
12	32.4
14	37.8
16	43.2
18	48.6
20	54.0



GRAFICA EN EL BALANCEO DE ARMADURA

Cantidad de desbalanceo (gramos)	Angulo (θ) Un contrapeso a cada lado.
22	59.4
24	64.8
26	70.2
28	75.6
30	81.0
32	86.4
33.32	90.0

NOTA: un contrapeso = 16.66 grs.

Para desbalanceos mayores de 33.32 gr. se colocan uno, dos, o más contrapesos a 90°, dependiendo del desbalanceo y se efectúa la siguiente resta:

Cantidad de desbalanceo - contrapesos a 90° = Valor menor de 33.32 gr.

Y éste último valor se balancea de acuerdo con la tabla enunciada ó siguiendo la siguiente gráfica:

15.- SEASONING (SASONADO).

Objetivo:

Asentar las delgas del conmutador, girando a 5000 RPM.

Material y herramienta empleada:

Máquina conmutador Seasoning Device (Mitsubushi, eléctric Co.).

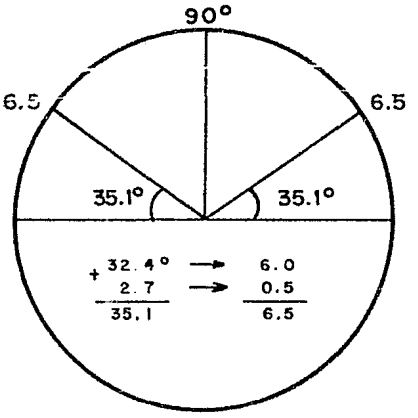
Descripción:

Esta se hará por puntos de acuerdo a una secuencia dada:

1.- Regulación del perno mecánico de la máquina Seasoning.
- Checar el ajuste de sujeción en el balero.
- Checar que tenga grasa limpia.

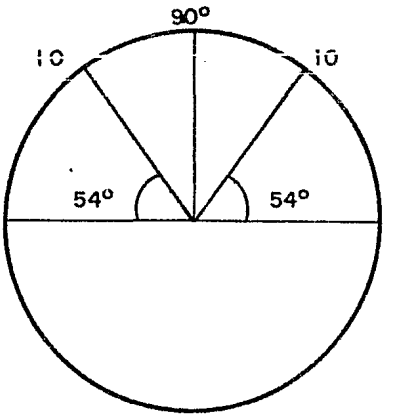
① DESBALANCEO 13 grs.

2 Contrapesos



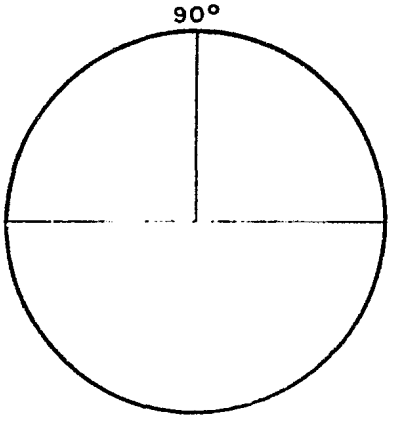
② DESBALANCEO 20grs.

2 Contrapesos



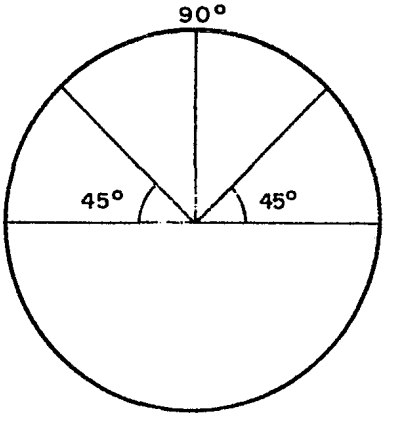
③ DESBALANCEO 16.66grs.

1 Contrapeso



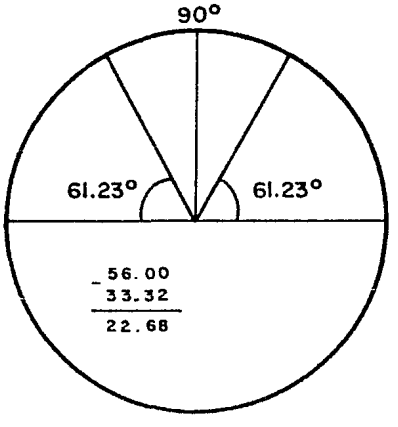
④ DESBALANCEO 16.66 grs.

2 Contrapesos



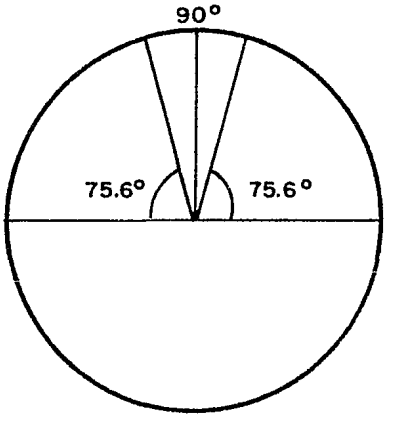
⑤ DESBALANCEO 56 grs.

4 Contrapesos



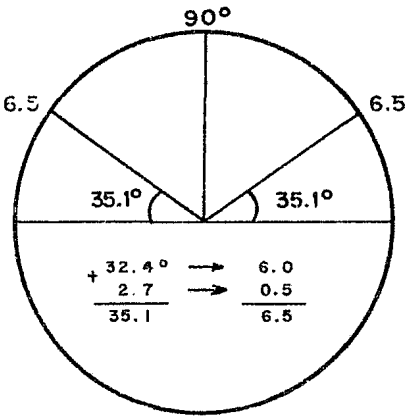
⑥ DESBALANCEO 56grs.

4 Contrapesos



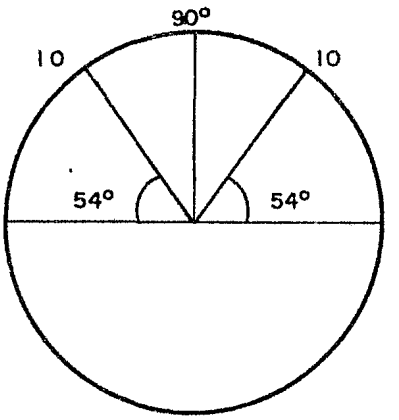
① DESBALANCEO 13 grs.

2 Contrapesos



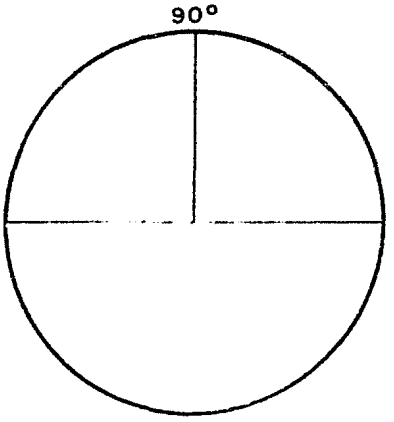
② DESBALANCEO 20grs.

2 Contrapesos



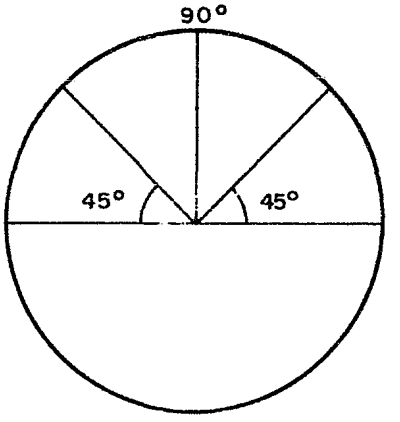
③ DESBALANCEO 16.66grs.

1 Contrapeso



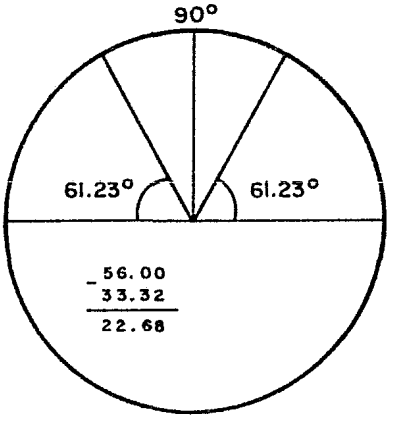
④ DESBALANCEO 16.66 grs.

2 Contrapesos



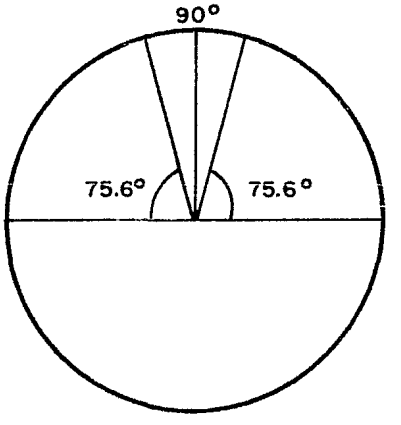
⑤ DESBALANCEO 56grs.

4 Contrapesos



⑥ DESBALANCEO 56grs.

4 Contrapesos



2.- Se hace la colocación del perno mecánico en ambos lados de la armadura- (conmutador y piñón).
   - Colocar el perno sin dañar los ajustes de sujeción en el balero.
   - Asegurar el apriete de los coples laterales; con ésto se trata de evitar golpeteo, debido a la alta velocidad con que girará la armadura.

3.- Se efectúa la colocación de la armadura en la carcasa de la máquina de-seasoning, viendo que:
   - Los carbones se encuentren a la altura necesaria.
   - Se acercan los carbones gradualmente a la superficie del conmutador.
   - Se cierra la carcasa de la máquina de sasonado, asegurándose que gire libremente la armadura.

4.- Se coloca el tacómetro, a una distancia de 3 a 5 mm., el cual irá colocado en el lado piñón, el cual sirve para el registro de las velocidades.

5.- Iniciamos el proceso del sasonado, haciendo girar al motor un período - de media hora, calculando la velocidad de éste, como:

$$V = (\text{max. velocidad}) + (21.6 \times 10^4)$$
$$V = 5081 \text{ RPM.}$$

6.- Ignición de gas por un tiempo de 30 minutos, cerca de la altura del conmutador. Este debe tener una temperatura de 110°C $\pm$ 5°C.

7.- Finalmente se interrumpe la ignición de gas, dejando girar el motor por 15 minutos más, ésto es, para efectuar el asentamiento de las delgas - del conmutador.

VERIFICACIONES:

- Que no exista ninguna deformación en el colector.

NOTA: Una vez concluido el proceso de seasoning, se procede a efectuar la - Toma de Ovalización de la superficie del colector; empleando un registrador.

Tolerancias: 25 a 30 μ de ovalización.
1 μ de delgas altas.

16.- SEGUNDO MAQUINADO DEL CONMUTADOR.

Objetivo:

Maquinar el conmutador después de observar en la gráfica de ovalización que se encontraron delgas altas, nivelándolas.

Material y herramienta empleada:

Torno, diamante, pistola neumática.

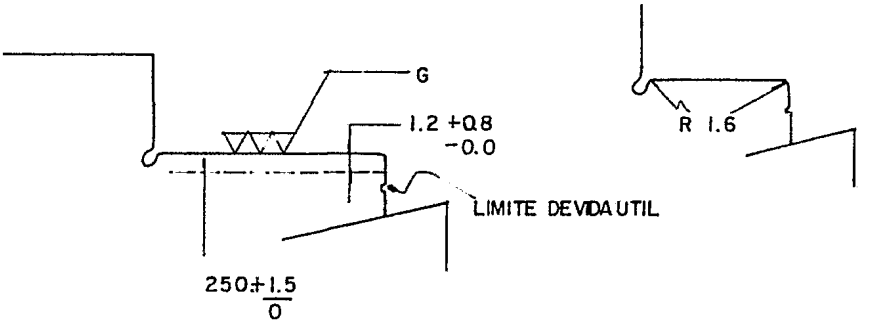
Descripción:

Durante éste maquinado se siguen los siguientes pasos:

1.- Se deben de limpiar los centros de la flecha.
2.- Observar la deflexión de la flecha del lado piñón, en el ajuste de baleros, siendo la máxima deflexión de 4/100 de mm.
3.- Si al dar el apriete a la flecha se encuentra deflexión de ésta, se debe de corregir fijando el lado izquierdo con mordazas del torno y observar que ambos lados estén dentro de la tolerancia de 1/100 de mm.
4.- La herramienta empleada en el torno es una pastilla de diamante, la que se usa una sola vez, y tiene un diámetro de 0.4 mm.
5.- La velocidad del torno que se emplea es de 450 RPM, con una profundidad de corte de 0.15 mm./revolución.
6.- Se emplea además la piedra de grano # 240 para darle una pasada a la superficie del conmutador.

VERIFICACIONES.

- Que las dimensiones sean las especificadas en planos.
- Visual de la superficie del conmutador.



17. ACHAFLANADO DE DELGAS.

Objetivo:

Hacer el chaflán a las delgas del conmutador, especificado en planos.

Material y herramienta empleada:

Máquina achaflanadora, buril, guía para buril, llaves allen, cuchilla-especial cortadora, grúa.

Descripción:

Con la ayuda de la grúa se coloca la armadura en la máquina achaflanadora.

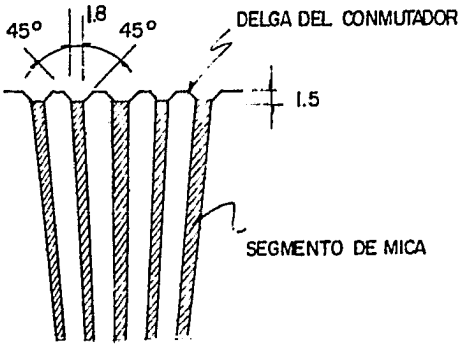
Para revisar que todo esté en orden, se le da un giro a la armadura, - se checa la cortadora de la entre-mica.

Luego se verifica la distancia entre ranuras, que deberá de ser de 1.3 a 1.5 mm. aproximadamente.

Se observa que la guía entre un poco en la ranura. Este punto del proceso es muy importante, debido a que se va a quitar material de la superficie del conmutador y se quita el exceso, se puede hechar a perder éste, se-debe cuidar también que no se dañe la pintura.

VERIFICACIONES.

- Checar que el chaflán tenga las dimensiones de planos.
- Revisión visual de cada una de las delgas.



18.- VENTILADOR.

Este constituye una parte muy importante de la máquina, en lo que a -- ventilación se refiere, ya que el motor es autoventilado; este es procesado inicialmente en Japón, llegando a la planta en embarques, los cuales son revisados y maquinados según lo siguiente:

A). MAQUINADO.

Objetivo:

Darle un acabado fino en las caras laterales del ventilador.

Material y herramienta empleada:

Máquina programada TX-16 (Mitsubushi, electric Co.) y aditamentos de - sujeción.

Descripción:

El ventilador es colocado en la máquina programada, sujetado con los - aditamentos; los desbastes necesarios los realiza el porta estensor, dichos desbastes son en las caras anterior y posterior del ventilador.

B). BALANCEO.

Objetivo:

Hacer el adecuado balanceo del ventilador.

Material y herramienta empleada:.

Taladro vertical, mesa de trabajo nivelada, barras de soporte, eje de- soporte, mandril, balanza.

Descripción:

Se alinean las barras de soporte sobre la mesa, para hacer el balanceo estático.

Se hace la nivelación de todas las partes, con una tolerancia de 0.1 - mm.

Colocar el ventilador en el mandril, procurando:

- Limpiar el aditamento y ajustar el ventilador.
- Asegurarse de que los tornillos de sujeción del ventilador con el -- eje tengan el mismo par de apriete.
- Asegurarse de que la colocación de éstos tornillos sea equidistante.

El balanceo tiene una tolerancia de 2 gr.

Una vez efectuados todos los pasos anteriores se procede al balanceo,- girando el ventilador en el eje y marcando con un plumón negro el punto de- desbalanceo y se coloca en el punto diametralmente opuesto un trozo de plastilina previamente pesada; gira el ventilador nuevamente y observa el efecto producido por el trozo de plastilina adherido, viendo la necesidad de - agregar o quitar plastilina, hasta que ésta compense el desbalanceo, cuando ésto ocurre, quita la plastilina, marcar con el plumón el lugar en que estaba colocada y pesar la cantidad de plastilina en la balanza.

Sabemos que 2 gr. de plastilina corresponden a una área de 1 mm^2 de - desbaste del material del ventilador, en el lado o punto del desbalanceo, - el cual recordando, se encuentra en el punto diametralmente opuesto al que- fué colocada la plastilina de compensación.

Entonces se marca con el plumón el área necesaria de desbaste (la marca debe ser muy exacta), efectuándose en el taladro vertical; después vuelve a repetir todos los pasos anteriores, para ver si el balanceo es el co-- rrecto.

VERIFICACIONES:

- Checar el balanceo del ventilador, una vez hecho el desbaste, girándolo - en ambos sentidos, debiéndose observar la incidencia de un punto del ventilador al detenerse.

C). ENSAMBLE.

Objetivo:

Efectuar la colocación del ventilador en la armadura.

Material y herramienta empleada:

Barras horizontales (paralelas), matraca, pistola neumática para apriete de tornillería, torquímetro, horno de calentamiento.

Descripción:

El ventilador es llevado a un horno, hasta que tenga la temperatura adecuada para su ensamble, la cual oscila entre 60 y 80°C.

Se coloca el ventilador en la parte que le corresponde de la flecha de la armadura, se aprietan sus tornillos centrales con la araña de la armadura, con un par de apriete de 480 Kg-cm.

VERIFICACIONES.

- Que el ventilador no roce o toque las bobinas.
- Que la distancia entre la nariz de las bobinas y el ventilador no sea menor de 3 mm.
- Golpes a los tornillos con martillo para apreciar su apriete, además de revisión con el torquímetro.

19.- INSPECCION FINAL.

A). DE LA ARMADURA.

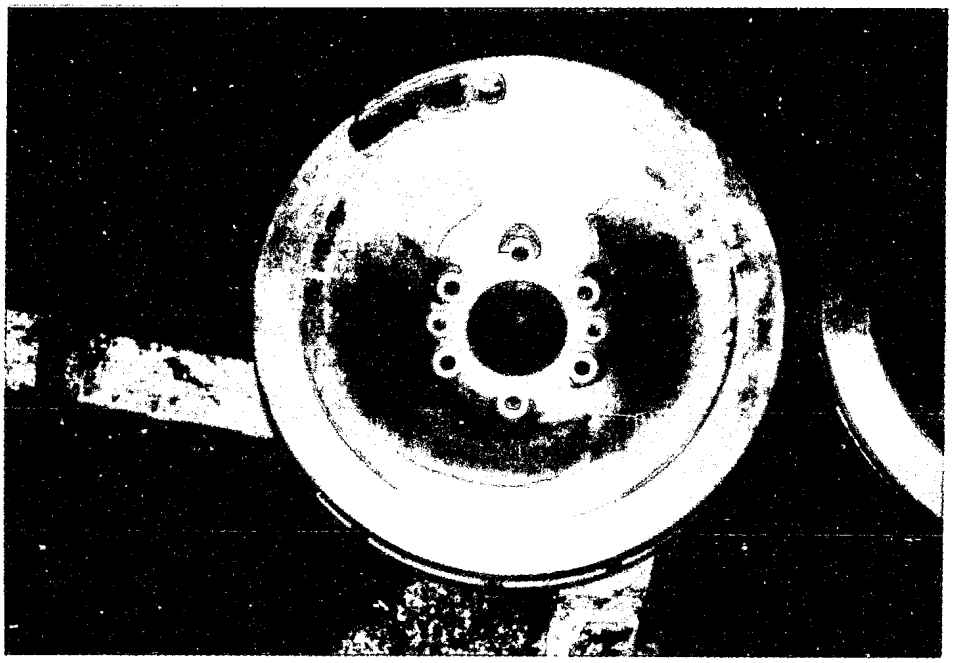
- La armadura no debe de estar sucia.
- El cinchado final no debe de tener grietas ni fracturas.
- Chequeo de contrapesos, su apriete y correcta pintura roja.
- Que la pintura esté bien aplicada, si es necesario detallarla.

B). DEL CONMUTADOR.

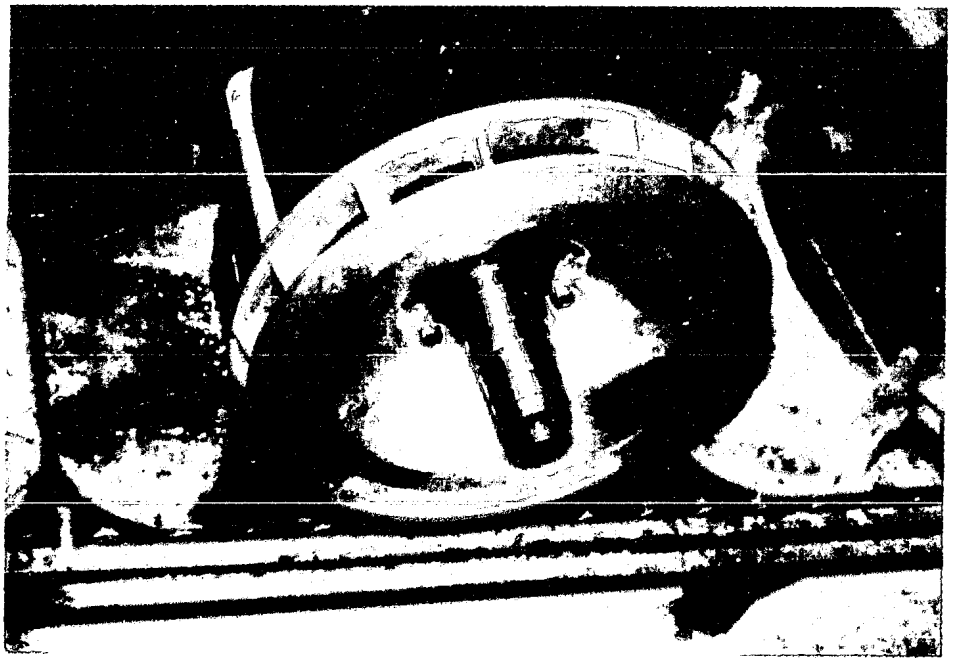
- La profundidad de las micas con respecto a las delgas, debe ser de - 1.2 a 2.0 mm.
- Las delgas deben de tener un chaflán de aproximadamente de 1.5 MM.
- Su superficie esté limpia, es decir no tenga rayones.

C). DE LA FLECHA.

- Que su superficie esté limpia, no presente rayones.
- Que las áreas con cuerda, no estén golpeadas.



VENTILADOR DESPUES DE BALANCEO



VENTILADOR DESPUES DE SU COLOCACION

III.- CAJA DE RODAMIENTOS, RODAMIENTOS Y SU COLOCACION.

A).- CAJA DE RODAMIENTOS O PORTA-COJINETES.

Objetivo:

Maquinado de las cajas que alojarán a los rodamientos tanto en el lado colector como en el lado piñón.

Material y herramienta empleada:

Máquina de control numérico, torno RAM 100, taladro vertical, aceite - soluble en agua, y como materia prima placas de acero al carbón.

Descripción:

Se debe hacer la distinción de que existen dos tipos de cajas de rodamientos: caja de rodamientos del lado ventilador ó piñón (constituida por - toda la tapa del lado ventilador), y caja de rodamientos lado conmutador.

LADO VENTILADOR.

Es fabricado mediante fundición de la pieza en un molde, su maquinado- consiste en dar el acabado adecuado para recibir al rodamiento en su orificio central; necesitandose maquinar unicamente la tapa que cubrirá al rodamiento y el estopero que impedirá la fúga de grasa, estos maquinados son -- efectuados por la máquina de control numérico, dandoles un acabado fino.

Lado ventilador pasa inicialmente al torno RAM-100, efectuándole un -- primer desbastado burdo, después al taladro vertical donde se le harán los- barrenos y el machueleado para los tornillos de sujeción.

Para el lado colector es necesario maquinar toda la caja de rodamien-- tos que consta de dos partes, estas alojarán al rodamiento en su interior,- siendo una posterior y otra anterior (cartuchos), en la tapa de la caja de- rodamientos.

El maquinado en ambos se efectúa en la máquina de control numérico, después en el taladro vertical el barrenado y machueleado.

Es necesario maquinar al estopero y la pista donde girará el rodamiento (tiene forma de anillo).

Pasan las piezas una revisión dimensional del 100% de la producción, para pasar al baño de primer rojo (cartuchos), tapa lado ventilador ó caja de rodamientos y un baño de esmalte negro, igualmente a las cajas de rodamientos del lado del ventilador.

B). RODAMIENTOS.

En el motor tracción se usan dos tipos:

a). Rodamientos del lado colector: es de rodillos (tipo NU-311).

b). Rodamiento del lado ventilador: de bolas (tipo NU-6314).

Son proporcionados por la Compañía NSK (Nipón Seiko K.K); el mantenimiento que se le dará será: Cambio de grasa y el período de éste es de un año como mínimo y 2 como máximo según especificación del proveedor.

C). COLOCACION DE RODAMIENTOS.

Objetivo:

Fijación del rodamiento en su lugar, en ambos lados del motor tracción.

Material y herramienta empleada:

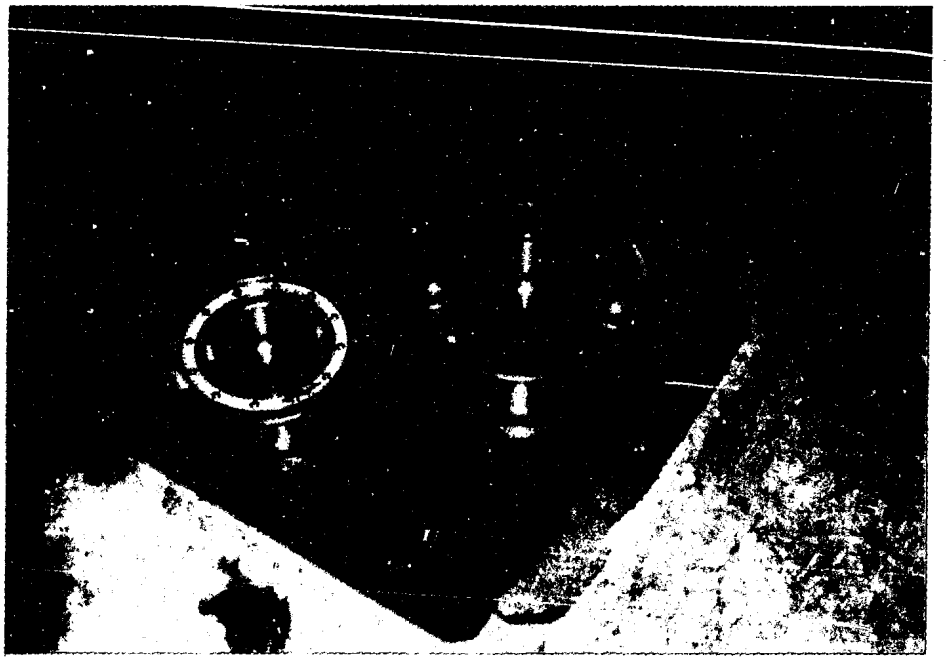
Bomba neumática, Inductión Heater (Calentador por inducción), tanque de calentamiento de aceite, llaves de apriete y torquímetro.

Descripción:

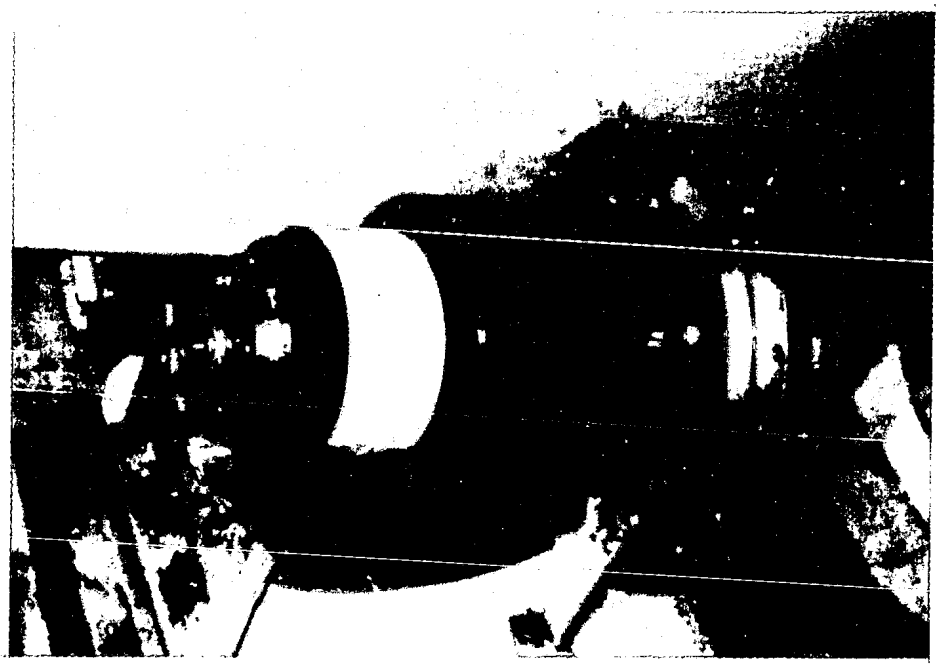
Se hará para cada uno de los dos tipos de rodamientos:

LADO COLECTOR:

1.- Introducción del rodamiento dentro del cartucho.



DIFERENTES TIPOS DE RODAMIENTOS.



MONTAJE FINAL DE RODAMIENTO LADO CONMUTADOR.

2.- Inyección de la grasa al interior del cartucho, haciendo uso de la bomba neumática, la grasa empleada es Shell-Alvania No. 3 y la cantidad inyectada es de 40 gr. aproximadamente.

3.- Se calienta el aceite hasta alcanzar 280°C dentro del tanque, para luego introducir el estopero y la "pista" al rodamiento, con la finalidad de que se expandan éstos y poderlos introducir en la flecha del motor hasta su tope, al enfriarse se contraen quedando firmes.

4.- Posteriormente se introduce el cartucho (conteniendo al rodamiento con grasa), cuya tapa va atornillada a la carcasa, mediante los tornillos de fijación (4 tornillos) a los que se les dará un par de apriete de -- 1200 Kg-cm.

LADO PIÑON O VENTILADOR.

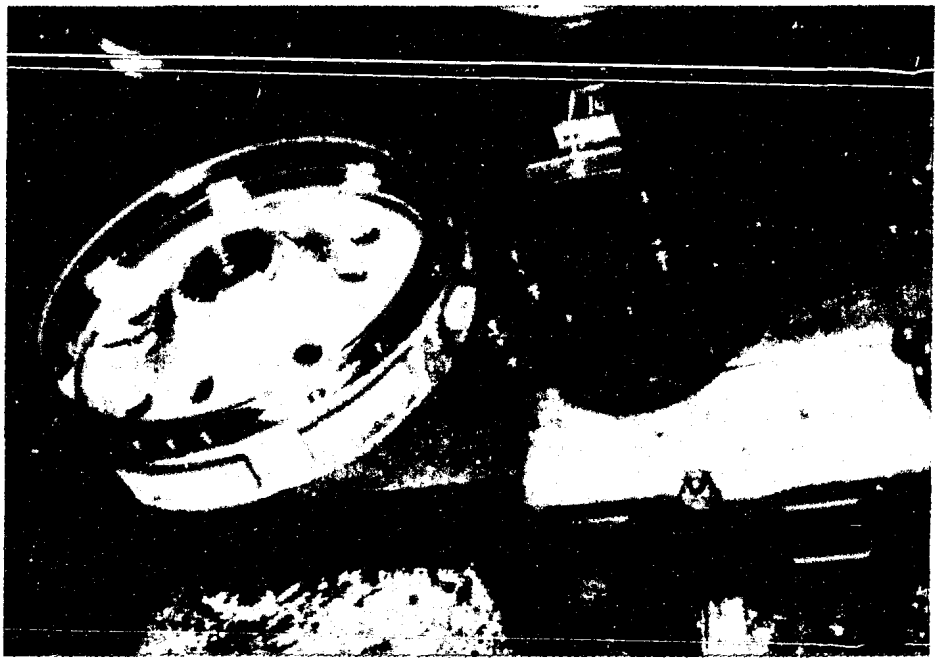
1.- Calentamiento de la caja de rodamiento por medio del Inductor Heater, para aprovechar los fenómenos físicos ya descritos, se calienta a 280°C.

2.- Introducción del rodamiento a su caja mediante presión.

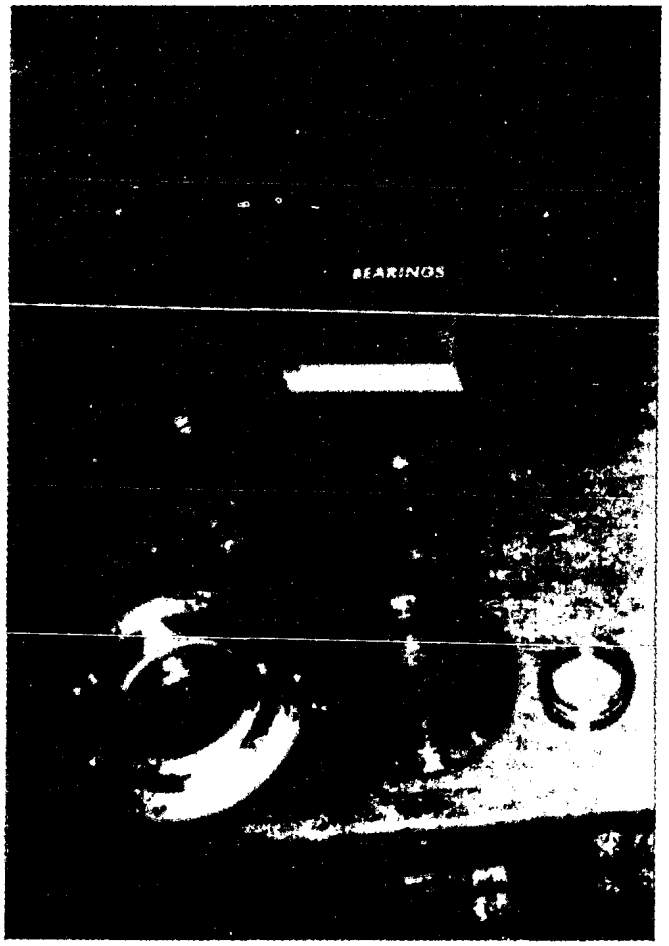
3.- Inyección de la grasa de lubricación del rodamiento, haciendo uso de la bomba neumática; el tipo de grasa es Shell - Alvania No. 3, usándose aproximadamente 145 gr.

4.- Se introduce mediante calentamiento en tanque de aceite el estopero y la pista en la flecha.

5.- Finalmente se coloca la tapa de la caja de rodamiento mediante cuatro tornillos, con el par de apriete de 1200 Kg-cm.



RODAMIENTOS LADO VENTILADOR.



RODAMIENTOS

LADO CONMUTADOR.

IV.- ENSAMBLE FINAL.

1.- ENSAMBLE, CARCASA - ARMADURA.

Objetivo:

Unir los componentes elementales del motor de tracción (armadura y carcasa.)

Material y herramienta empleada:

Grúa ligera (soporta una tonelada), cables de acero y ganchos de sujeción, tornillos de guía M16, llaves de apriete, torquímetro, mesa de trabajo.

Descripción:

La carcasa se coloca sobre la mesa de trabajo con el lado del colector hacía abajo, y la armadura (ya tiene colocado el ventilador la tapa) se - - cuelga de la grúa de una tonelada, mediante los cables de acero y los gan-- chos, con ambas piezas en esta posición se procede a:

1.- Hacer la presentación de la armadura, localizando el centro aproximadamente, auxiliándose de un cople colocado en el lado colector.

2.- Colocación en la carcasa de los tornillos guía, para poder centrar correctamente en su posición a los barrenos de fijación de la tapa del lado ventilador y el extremo de la carcasa.

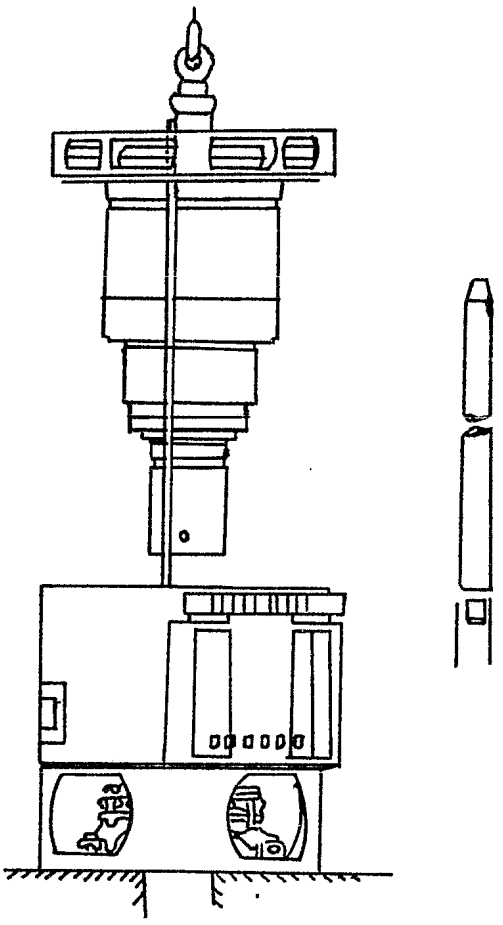
3.- Bajar lentamente la armadura hacia la carcasa, con cuidado de no - causar daño a los campos de exitación debiendo entrar libremente.

4.- Presentación de todos los tornillos de sujeción, sin darles su - - apriete definitivo.

5.- Retirar la grúa y los cables de acero.

6.- Apriete de los tornillos de sujeción M16 con un par de apriete de- 1200 Kg-cm, medido con el torquímetro.

7.- Retiro de los dos tornillos guía que sirvieron para el ensamble.



VERIFICACIONES:

- El par de apriete de los tornillos de sujeción M16.

2.- PRUEBAS E INSPECCION.

En esta parte del trabajo se describe la secuencia de pruebas que se le hacen al motor, se les denomina Pruebas Serie, las cuales están dentro del proceso de fabricación del motor.

La descripción detallada de todo el conjunto de pruebas, será dada en el siguiente capítulo.

Objetivo:

Efectuar las pruebas al 100% de la producción, que por acuerdo entre explotante y constructor, son necesarias realizar.

Material y herramienta empleada:

Conjunto Motor-Generador (Fuente de Alimentación), tableros de control, ampérmetros, vóltmetros, termómetros, fuente de D.C. regulable, cables para conexiones, banco de pruebas, acoplamiento mecánico (cople), herramientas en general.

Descripción:

Las pruebas que se le hacen al motor, se desarrollan en su totalidad en el área de la planta especialmente adaptada para éste fin, a la que se le denomina "Piso de Pruebas"

La secuencia de pruebas es:

1).- Prueba de Medición de Resistencia de Aislamiento: inmediatamente después de efectuado el ensamble de carcasa-armadura, como se describió en páginas anteriores, se hace la primera prueba dieléctrica al motor, que consiste en medir la resistencia de los campos, armadura y el campo AVF. Empleando un MEGGER.

2). Prueba de alto voltaje: consiste en aplicar 3700 volts. durante un minuto, empleando una fuente de C.A. con timer integrado. Se inspecciona -- que no existan arcos ni flashes.

3). Prueba en vacío: Se alambran en serie-paralelo un número de moto-- res (siempre par), a la fuente de C.D. regulable (los motores están alimentados con voltaje reducido), giran tres horas en un sentido y tres en otro. Se inspeccionan vibraciones, asentamiento de escobillas y ruidos extraños.

4). Prueba de resistencia en frío: Se prepara al motor para subirlo al banco de pruebas, se le coloca el cople que une a ambos motores. Se efec-- túa la prueba en la que se toman valores de resistencia de los campos SERIE, AVF y CONMUTACION, además de la del CONMUTADOR.

5). Prueba de incremento de temperatura unihoraria: el motor gira una- hora en condiciones de régimen unihorario (360V., 426A., 295/131A.), a los- 56 minutos se toma la temperatura ambiente, a los 58 se detienen las máquinas y se toman lecturas de resistencia en los lugares ya mencionados, ade-- más de temperatura de la carcasa, del lado piñón o ventilador y lado colector.

6). Prueba de conmutación: Al concluir la prueba anterior, se ponen a - girar las máquinas media hora en sentido contrario al que giraron para la - prueba anterior, la prueba consiste en observar las chispas que pudieran -- llegar a aparecer en la superficie de contacto escobilla-conmutador, gra- - duarlas de acuerdo a una escala,ésto para diferentes valores de corriente y para cada uno de los motores.

7). Prueba de velocidad: Consiste en comparar valores leidos en un tacómetro, para diferentes condiciones, en un sentido y en otro. Observándose que no exista una diferencia entre ambos valores mayor al 3%.

8). Prueba de sobrevelocidad: Consiste en girar a las máquinas a más - de 5000 RPM y verificar la existencia o no de vibraciones fuertes en el motor.

9). Prueba de alto voltaje: Se efectúa una prueba similar a la primera de alto voltaje realizada.

10). Prueba de resistencia de aislamiento: También es semejante a la-hecha al principio, sólo que la máquina está caliente.

11). Otras pruebas.

3.- PINTURA FINAL.

Objetivo:

Dar al motor su apariencia exterior definitiva.

Material y herramienta empleada:

Compresora, pistola, grúa, pintura negra (APU-537), endurecedor (APU--536), thinner (15-608).

Descripción:

Una vez que el motor ha sido aprobado por el piso de pruebas, es enviado a la pintura final, la que se efectúa en el área destinada a ello, sujetándolo de un gancho y aplicando la pintura negra, cuya mezcla es:

Pintura Negra (APU-537)	58.0 %
Endurecedor. (APU-536)	9.7 %
Thinner. (15-608).	32.3 %

Tiempo de secado más de 8 horas.

4.- ENSAMBLE DE ACCESORIOS.

Objetivo:

Instalar todos los accesorios necesarios al motor para concluir su fabricación.

Material y herramienta empleada:

Filtro, rejillas de filtro, tapas de ventanas de inspección, gomas de caja de conexiones, tornillería, herramienta en general.

Descripción:

Después de transcurrido el período de secado de la pintura final, se - pasa el motor al área de ensamble de accesorios, en la que le son colocadas todas las piezas que le faltan como: filtro de aire con sus rejillas, tapas de ventanas de inspección, gomas de la caja de conexiones, la tapa de la caja de conexiones, su placa de datos y número de serie, quedando así concluido el proceso de fabricación del motor de tracción.

5.- EMPAQUE.

Objetivo:

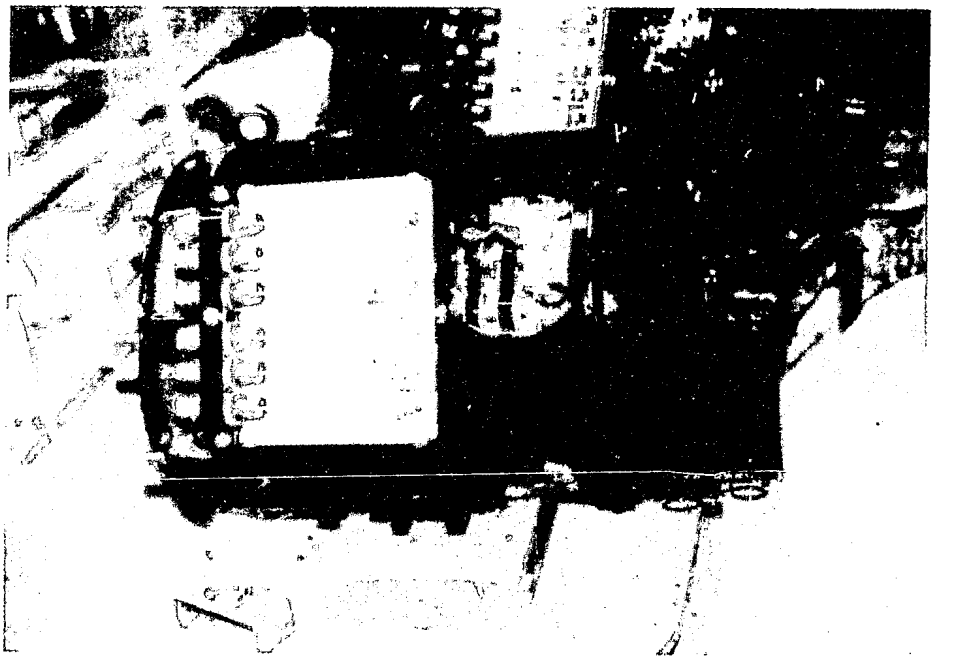
Proporcionar el flete correcto del motor, para su almacenamiento y - - transportación.

Material y herramienta empleada:

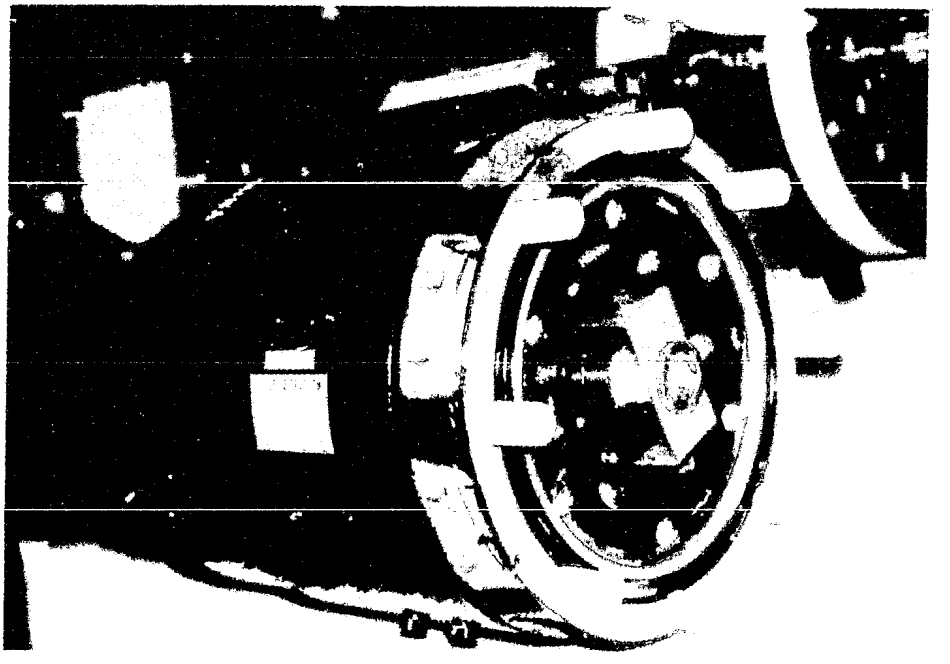
Soporte de madera, plástico, fleje metálico, pinzas, montacargas, grúa.

Descripción:

El motor es colocado por la grúa sobre la base de madera especialmente construida para recibirlo, la cual tiene colocado el plástico protector, - que envolverá al motor, siendo sujetado por dos cintas metálicas de fleje,- las que son apretadas con pinzas especiales.



MONTAJE DE LA CAJA DE CONEXIONES.



ACABADO FINAL DEL MOTOR DE TRACCION.

C A P I T U L O IV.

PRUEBAS DEL MOTOR DE TRACCION.

El presente capítulo pretende desarrollar en forma breve, las pruebas - a las que es sometido el motor de tracción que hemos descrito.

Para comprender, los términos utilizados en las pruebas, es necesario - desarrollar algunos conceptos y definiciones:

- DEFINICIONES -

MOTOR DE TRACCION.-

Es el motor utilizado para accionar los vehículos ferroviarios o carreteros.

PORCENTAJE DE EXCITACION.-

Es la relación del número de amper-vueltas, dentro de los devanados inductores del motor, funcionando a una carga cualquiera, al número máximo de- amper-vueltas que sería posible de obtener en los mismos devanados, por una- misma corriente en el inducido, teniéndose:

A). CAMPO PLENO.

Se tiene campo pleno, cuando la corriente a través de los devanados inductores, es igual a la corriente en el inducido.

B). CAMPO MAXIMO.

Se tiene campo máximo, cuando el motor funciona con el campo más alto - utilizado en servicio.

C). CAMPO REDUCIDO.

Se tiene campo reducido, cuando el motor funciona con un campo, más débil que el campo máximo.

D). CAMPO MINIMO.

Se tiene campo mínimo, cuando el motor funciona con el campo más débil,

admisible en servicio.

En el caso de motores sin puenteo permanente de los inductores, el campo máximo es equivalente al campo pleno,

REGIMEN DE UNA MAQUINA.-

Conjunto de valores simultáneos de cantidades eléctricas y mecánicas, asociadas a su duración, orden de sucesión, y que son atribuidos a las máquinas, por el constructor.

El objeto de un régimen, es el de permitir verificar en banco de pruebas, el funcionamiento de la máquina y además, servir de base para asegurar que élla conviene para un servicio específico y permitir una comparación entre diferentes máquinas.

Existen varios tipos de regímenes:

A). REGIMEN CONTINUO.

Régimen que corresponde a una carga que la máquina pueda soportar en el banco de pruebas, durante un tiempo ilimitado, bajo las condiciones características, sin rebasar los límites de temperatura establecidos.

B). REGIMEN UNIHORARIO.

Régimen que corresponde a una carga que la máquina pueda soportar en el banco de pruebas, durante una hora, bajo condiciones más severas, sin rebasar los límites de calentamientos establecidos.

Este régimen pretende simular en una hora, el comportamiento que tendría la máquina, si ésta funcionase en condiciones de régimen contínuo.

C). REGIMEN INTERMITENTE.

Corresponde a una serie de cíclos idénticos, cada uno comprende los tiempos de funcionamiento a los valores específicos de la carga, tales que, separados o no, por un tiempo de reposo, los calentamientos de la máquina -

después de un número ilimitado de ciclos, no rebase los límites de temperatura establecidos.

D). REGIMEN EQUIVALENTE.

Es un régimen contínuo o de duración limitada, caracterizado por los valores constantes de: tensión, corriente y velocidad, considerado desde el punto de vista de calentamiento, como equivalente al régimen intermitente que la máquina tendrá que soportar en servicio.

E). REGIMEN GARANTIZADO.

Normalmente, este régimen corresponde al régimen contínuo.

TENSION NOMINAL.

Es la tensión especificada en los bornes de la máquina.

TENSION MAXIMA O MINIMA.

Es la tensión máxima o mínima, que la máquina es demandada a soportar en servicio, exceptuando las tensiones transitorias.

CORRIENTE MAXIMA.

Corriente que no debe ser rebasada en servicio; para los motores de tracción, deberá ser claramente indicada sobre sus curvas características.

VELOCIDAD MAXIMA.

Es la más alta velocidad de rotación de un motor de tracción, que es garantizada. Si el motor se destina a equipar un vehículo donde las características son especificadas, la velocidad máxima de rotación del motor corresponde a la velocidad máxima en servicio del vehículo, considerando la relación de reducción del diferencial y el diámetro de las ruedas motrices.

POTENCIA DE UN MOTOR.

Es la potencia mecánica disponible en la flecha, expresada en kilo- - watts (Kw).

POTENCIA NOMINAL.

Es la que los motores de tracción pueden desarrollar en régimen contínuo.

FACTOR DE RIZO.

Es llamado también, tasa de ondulación de corriente suministrada por - una fuente y se expresa por:

$$F.R. = \frac{Imax. - Imin.}{Imax. + Imin.} \times 100$$

CLASIFICACION DE LAS PRUEBAS.

Las pruebas que se efectúan al motor de tracción, se clasifican en tres tipos:

A) Pruebas Serie.
B) Pruebas Tipo.
C) Pruebas de Investigación.

A). PRUEBAS SERIE.

Son pruebas efectuadas al 100% de la producción y los resultados obtenidos, deben ser reportados. Son llamadas tambien Pruebas de Rutina.

B). PRUEBAS TIPO.

Son pruebas de carácter exhaustivo, las cuales, se efectúan únicamente al 1% de la producción. Se les conoce también, como Pruebas de Ingeniería.

C). PRUEBAS DE INVESTIGACION.

Son pruebas especiales, de carácter optativo, las cuales se efectúan - para obtener información complementaria, es decir, su ejecución no es obligatoria, a menos que se especifique por contrato, además, los resultados de estas pruebas, no se oponen a la aceptación del material.

TABLA DE PRUEBAS DEL MOTOR DE TRACCION.

La siguiente tabla, nos indica las diferentes pruebas realizadas al motor de tracción, además especifica a que tipo pertenecen.

	SERIE	TIPO	INVESTIGACION
PRUEBA DIELECTRICA	.	.	
PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO	.	.	
PRUEBA DE MEDICION DE LA RESISTENCIA EN FRIO DE LOS DEVANADOS.	.	.	
PRUEBA PARA OBTENCION DE LA CURVA DE SATURACION. A). SIN CARGA.		.	
B). CON CARGA.			.
PRUEBA DE CALENTAMIENTO	.	.	
PRUEBA DE CONMUTACION	.	.	
PRUEBA DE CARACTERISTICA DE VELOCIDAD	.	.	
PRUEBA DE SOBREVELOCIDAD	.	.	
PRUEBA DE CORTE Y RESTABLECIMIENTO DE LA ALIMENTACION		.	
PRUEBA DE ARRANQUE			.
PRUEBA PARA LA OBTENCION DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS. A). METODO DE HUTCHINSON	.	.	
B). METODO DE PERDIDAS SEPARADAS.			.
PRUEBA DE IMPEDANCIA.			.
PRUEBA DE VIBRACION.		.	.
PRUEBA DE IMPACTO.		.	
PRUEBA DE FLUJO DE AIRE.			.
PRUEBA DE NIVEL DE RUIDO.			.
PRUEBA DE INSPECCION DIMENSIONAL.	.	.	

PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.

El objetivo de esta prueba es el de verificar en forma general, el funcionamiento del motor.

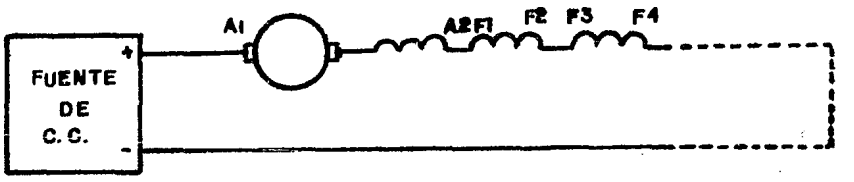
CONDICIONES.-

a). La prueba se efectuará con los motores en vacío.
b). Tensión de alimentación por motor de 60 volts.
c). Corriente circulante en el circuito de:40 ampers.
d). Velocidad de rotación de 200 a 300 RPM.
e). El tiempo de la prueba es de tres horas de funcionamiento en un sentido de giro, y tres horas en el otro.

PROCEDIMIENTO.-

La prueba se efectúa a un sólo motor o a varios colocados en serie, sobre el piso de el área de pruebas; se conectan a una fuente variable de C.-D., cuidando tener las condiciones antes mencionadas, haciéndolos girar en-vacío el tiempo especificado.

DIAGRAMA.-



VERIFICACIONES.-

a). Ruidos extraños.
b). Vibración en las escobillas.
c). Incremento de temperatura en los rodamientos, tomando lecturas cada - - quince minutos.

RESULTADOS.-

a). Al finalizar la prueba, se debe tener brillo en más del 90% del área total de las escobillas, en su cara de contacto.

PRUEBAS DIELECTRICAS.

1.- MEDICION DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

El objetivo de esta prueba es verificar que no exista continuidad entre las partes aisladas de la máquina.

CONDICIONES.

A). Disponer de un megger de 500 volts.

B). Máquina en estado caliente.

PROCEDIMIENTO.

Esta prueba se realiza en dos etapas:

A). En la caja de conexiones todas las terminales de los devanados son conectadas al borne positivo del megger, y la carcasa al borne negativo - - (tierra).

B). En la caja de conexiones, las terminales de A V F (F_3 y F_4) son conectadas al borne positivo del megger, las terminales de los otros devanados junto con la carcasa son conectados al borne negativo del megger (tierra).

DIAGRAMA.

A).

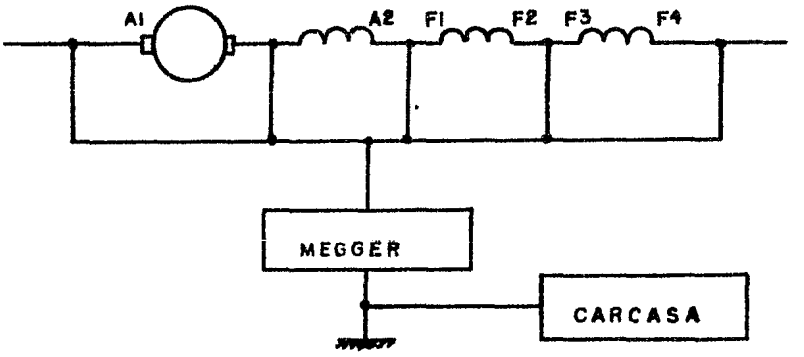
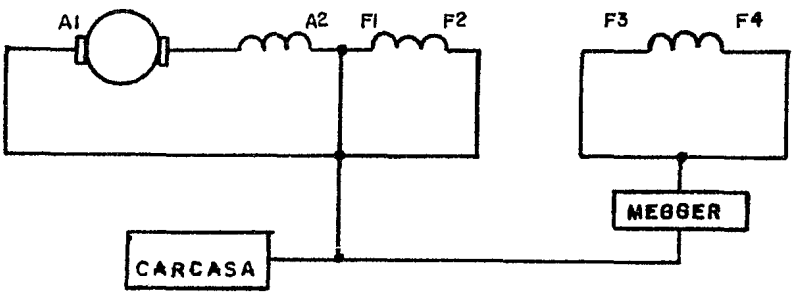


DIAGRAMA B.-



VERIFICACIONES.

La resistencia de aisalamiento para los dos casos sea mayor de los 200 megaohms.

RESULTADO.

Satisfactorio, cumple con la verificación.

2.- PRUEBA DE ALTO VOLTAJE.

El objetivo de esta prueba es el de verificar la rigidèz dieléctrica - de los aislamientos de la máquina.

CONDICIONES.

A). Fuente de 3 700 volts RMS, 60 Hz. (de acuerdo a la norma de C E I, que especifica: $V_p = V_n$ X 2.25 + 2 000 v).

B). Duración un minuto.

C). Máquina en estado caliente.

PROCEDIMIENTO.

Esta prueba se efectúa en dos etapas:

A). En la caja de conexiones, las terminales de los devanados son co-- nectados al borne positivo de la fuente de C. A.y la carcasa al borne negativo.

B). En la caja de conexiones las terminales del AVF son conectadas al- borne positivo de la fuente de C.A y todas las demás terminales de los - - otros devanados, junto con la carcasa son conectadas al borne negativo.

Para ambos casos se procedè a energizar los circuitos con la fuente - a 3 700 v. RMS, 60 Hz durante un minuto para lo cual se dispone de un timer.

DIAGRAMA A.

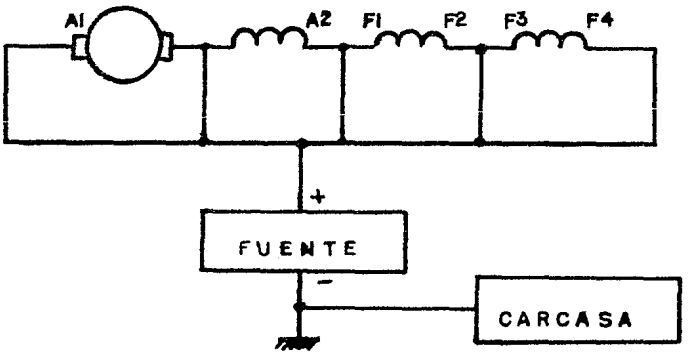
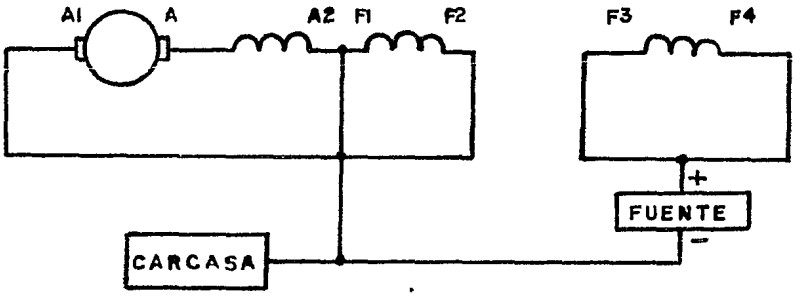


DIAGRAMA B.



VERIFICACIONES.

Que no exista circulación de corriente durante esta prueba.

RESULTADO.

Satisfactorio, cumple con las verificaciones.

NOTA: Después de esta prueba, se le efectúa nuevamente la prueba de resistencia de aislamiento.

MEDICION DE LA RESISTENCIA EN FRIO DE LOS DEVANADOS.

El objetivo de esta prueba es determinar el valor ohmico de resisten-- cia de los devanados.

CONDICIONES.

A). La temperatura de los devanados y medio ambiente no debe diferir - más de 5°C.

B). Si la temperatura ambiente sobrepasa los 40°C, disposiciones especiales de la prueba son definidas entre comprador y constructor.

PROCEDIMIENTO.

A). Para esta prueba se acoplan dos motores (Para facilitar las posteriores pruebas).

B). Medir temperatura ambiente.

C). Se emplea el método de caída de tensión, basado en la ley de Ohm,- aplicando una corriente de 100 amp. y midiendo la caída de tensión con un- vóltmetro en:

- Devanado de armadura.
- Devanado de conmutación.
- Devanado serie.
- Devanado A V F.

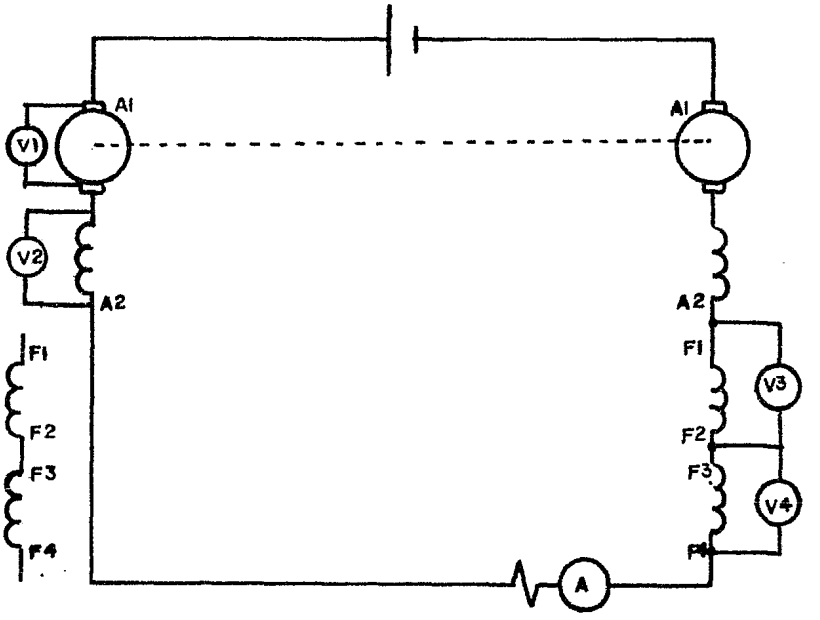
Para el devanado de armadura la medición se efectúa conectando las terminales del vóltmetro, con una separación de 20 delgas, para obtener el valor total de resistencia se multiplica por 2.1 el valor medido.

Para los devanados restantes basta colocar las terminales del vóltmè-- tro en la caja de conexiones tomando las lecturas correspondientes.

Se expresarán los valores obtenidos de resistencia para 115°C mediante la fórmula.

$$R_{115^\circ} = R_{t1} \times (235 + T_{115^\circ}) / (235 + T_1)$$

DIAGRAMA.



VERIFICACIONES.

El valor de la medición de resistencia no debe diferir en ± 3% del valor promedio de los primeros 10 motores (curva declarada).

Intervalo de valores permisibles a 115°C:

	SERIE	A V F	CONMUTACION	ARMADURA
Inferior	0.00572	0.01435	0.0078	0.01126
Superior	0.00593	0.0149	0.00797	0.01125

RESULTADOS.

	SERIE	A V F	CONMUTACION	ARMADURA
19.5°C	0.00419	0.01062	0.00564	0.00846
115°C	0.00576	0.0146	0.00776	0.01163

Satisfactorios se encuentran dentro de los valores permisibles.

PRUEBA DE SATURACION.
CURVA DE MAGNETIZACION.

El objetivo de esta prueba es el de obtener la curva de magnetización-del motor tracción.

CONDICIONES.

A). El motor deberá ser acoplado.
B). Deberá girar a 1950 r.p.m. constantes.
C). Para el caso sin carga: de 0 a 650 A. y de 650 A. a 0 ampers.
D). Para el caso con carga: de 200, 400, 600 ampers de carga y con una co-- rriente de excitación de 0 a 650 ampers.

PROCEDIMIENTO.

Esta prueba se efectúa de dos formas:

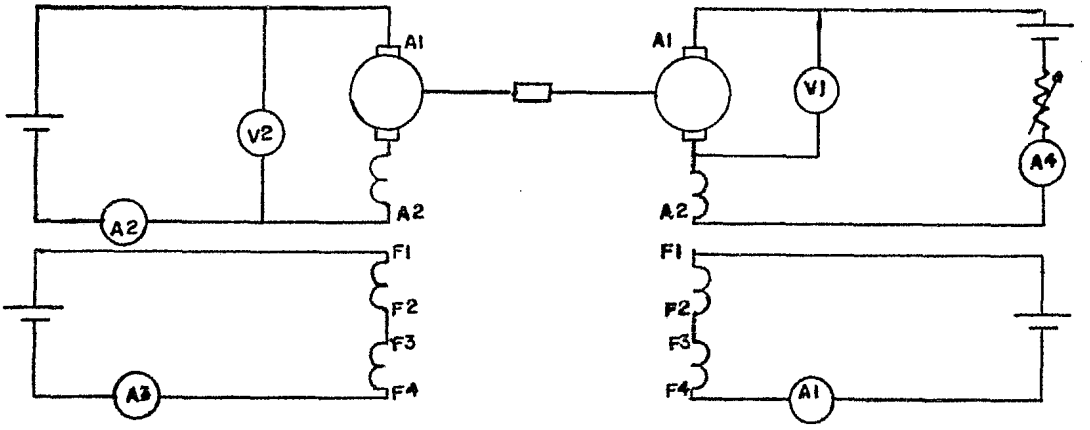
A). Curva de saturación sin carga.
B). Curva de saturación con carga (Siendo esta una prueba de investigación).

CURVA DE SATURACIÓN SIN CARGA.

Para determinar esta curva el generador debe ser puesto en marcha sin-carga y con excitación separada, debiéndose graficar voltaje contra corriente de campo, sosteniendo una velocidad del primotor de 1950 r.p.m. empezando la curva desde 0 volts, anulando el magnetismo remanente.

Las lecturas serán tomadas en los vólmetros y ampérmetros para la ob-- tención de dicha gráfica.

DIAGRAMAS.



Los circuitos anteriores podrán utilizarse en los dos casos.

RESULTADOS.

Para la prueba de saturación sin carga:

CORRIENTE DE CAMPO (AMP).	FZA. CONTRA ELEC. (VOLTS).
50	65
110	148
200	261
300	327
400	364
510	393
655	419
600	411
490	391
400	368
300	333
190	259
150	214
90	133
50	72
0	3.4

Para la prueba de saturación con carga:

Con 200 ampers de carga.

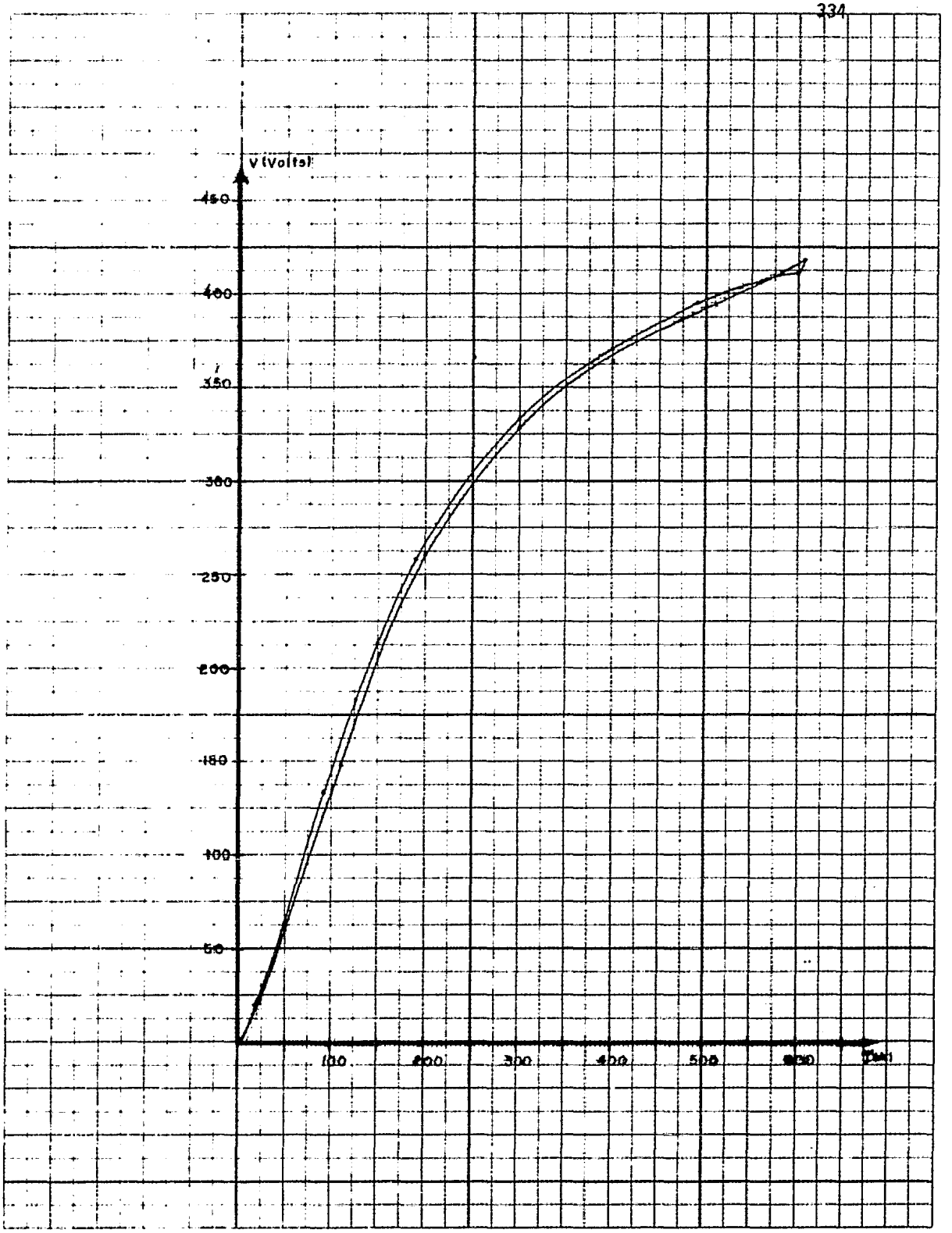
Corriente de campo (amps)	Voltaje de armadura (v).
41	54
106	148
145	196
201	258
305	328
396	360
507	387
600	406
650	414

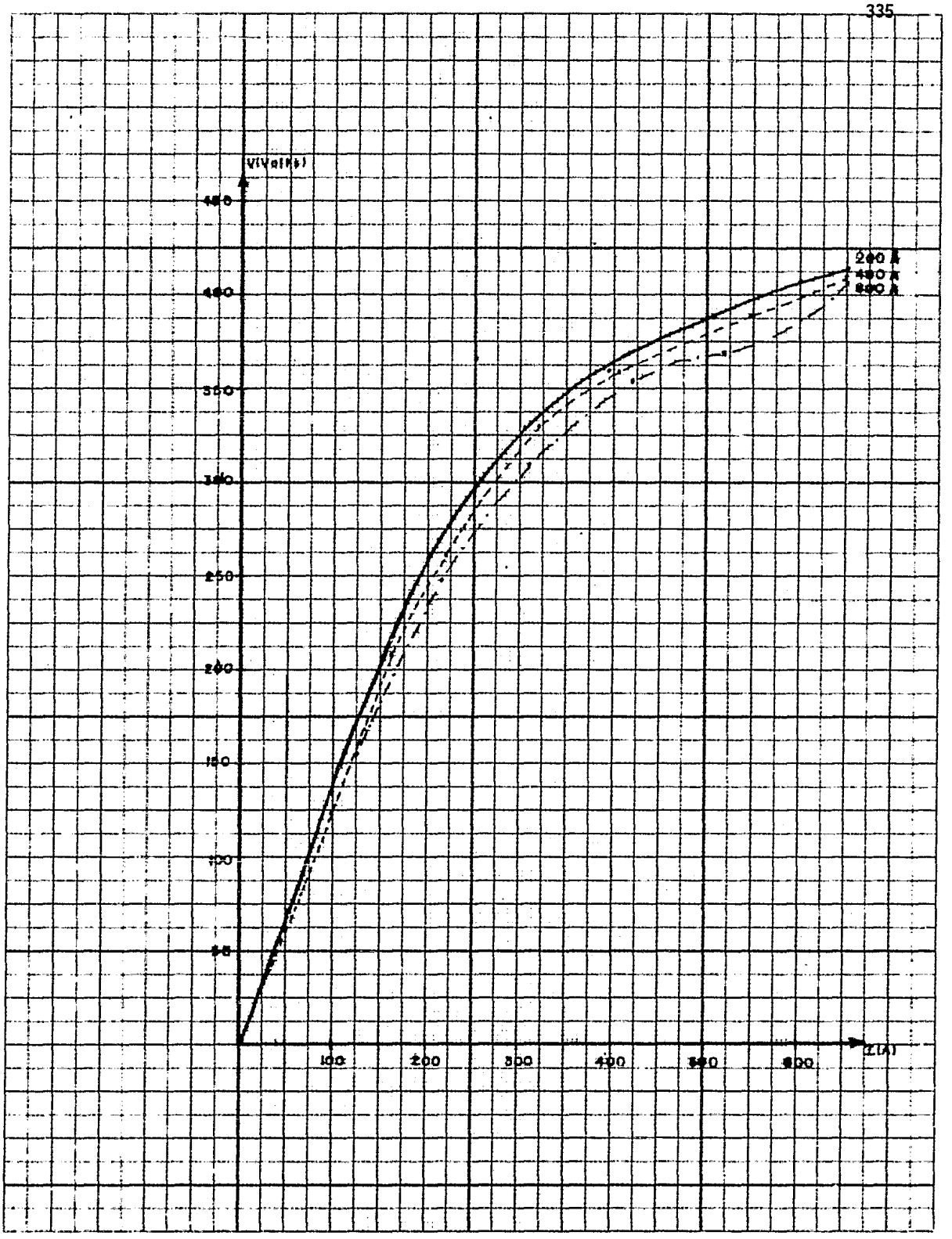
Con 400 ampers de carga.

Corriente de campo (amps)	Voltaje de armadura (v).
98	124
161	209
221	263
320	330
408	359
548	388
650	410

Con 600 ampers de carga.

Corriente de campo (amps).	Voltaje de armadura (v).
128	155
216	246
311	308
439	354
539	381
650	407


V (Volts)
450
400
350
300
250
200
150
100
50
100
300
400
500


V(Volts)
400
350
300
250
200
150
100
50
100
200
300
400
500
600
I(A)
200 A
400 A
600 A

PRUEBA DE CALENTAMIENTO.

El objetivo de esta prueba es el determinar el incremento de temperatura de los devanados del motor de tracción, para comprobar que éstos se encuentren dentro de los límites establecidos.

CONDICIONES.

A). Las condiciones de prueba, son diferentes para:

+) PRUEBA SERIE: Esta se realiza, bajo condiciones de régimen unihorario, es decir, 360 V; 426 A en campo serie; - 295 A en campo AVF.

+) PRUEBA TIPO: Esta se realiza, bajo condiciones de régimen contínuo, es decir, 360V; 395A en campo serie; 274 A en campo AVF.

B). Estos valores, corresponden al 80 y 35% de campo; donde el porcentaje de campo, es calculado por la expresión:

$$\% \text{ de Campo} = \frac{\text{N° de vueltas AVF} \times I_{AVF} + (\text{N° de vuelt. serie})\, I_s}{(\text{N° de vueltas AVF} + \text{SERIE})\, I_{serie}}$$

C). Se deben de tener acoplados en el banco de pruebas, a un motor y - un generador.

PROCEDIMIENTO.

A). Las condiciones anteriores, deben ser alcanzadas, en un tiempo máximo de un minuto. El cronómetro de medición del tiempo de prueba, se pone en marcha, cuando se tiene el 80% de I serie.

B). Para ambos tipos de pruebas, se mide la resistencia en frío de los devanados del motor y del generador, empleando el método de caida de ten- - sión; así como, la temperatura de los rodamientos lado piñón y lado colector, y con termómetro eléctrico la de la superficie del colector, así como la del medio ambiente al momento de éstas condiciones.

C). Para la prueba SERIE:

- Se hace girar a las máquinas durante 59 minutos.
- A los 56 minutos, se toma lectura de la temperatura ambiente.

- A los 59 minutos, se detienen las máquinas, tomándose los valores de resistencia ohmica en estado caliente de éstas, por medio del método de caída de tensión.

  Se mide la caída de tensión en:

  Campo Serie, donde circulan 426 A.

  Campo AVF, donde circulan 295 A.

  Armadura, donde circulan 100 A y se mide cada 20 delgas.

Además, la temperatura de la superficie del colector, empleando un termómetro eléctrico; la de los rodamientos lado piñón y lado colector.

D). Para la prueba TIPO:

- Se hacen girar las máquinas durante cuatro horas y media.
- Se toman lecturas cada 15 minutos, de la resistencia oh mica de los devanados, por medio del método de caída de tensión en:

  Campo Serie, donde circulan 395 A

  Campo AVF, donde circulan 274 A.

  Campo de conmutación, donde circulan 395 A.
- Un minuto antes de que transcurra el tiempo de prueba, se toma lectura de temperatura ambiente.
- Justo al momento de transcurrir el tiempo de prueba, se detienen las máquinas y se repiten las lecturas de caída de tensión en los devanados, y además la que se tiene cada 20 delgas del colector, para conocer así, la resistencia de la armadura.

Además la temperatura de la superficie del colector dos o tres minutos después de parar, empleando el termómetro eléctrico, y la temperatura de los dos rodamientos.

E). Se efectúan las lecturas en ambas máquinas, para la obtención de la curva de enfriamiento de los devanados de armadura:

- Para prueba SERIE: medir durante los dos minutos siguientes a la detención de la armadura, con intervalos de 20s.
- Para la prueba TIPO: medir por cinco minutos, durante el primer minuto, con intervalos de 20s., durante el segundo y tercer minuto, con intervalos de 30s., y en el último minuto, con un intervalo de 60s.

F). Se hacen los cálculos de incremento de temperatura:

- Para ambas pruebas, se emplea la fórmula:

$$\text{INCREMENTO DE TEMPERATURA} = \frac{V_2 - V_1}{V_1}(235 + t_1) - (t_2 - t_1)$$

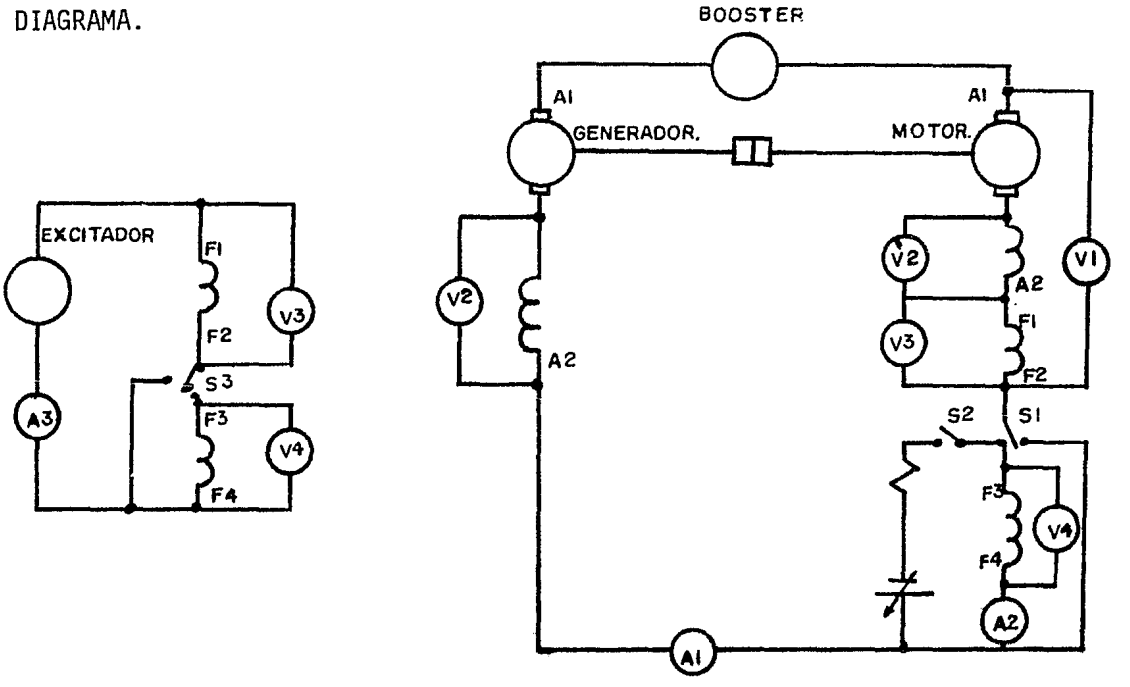
Donde: V_1 = caída de tensión leída, en frío.
V_2 = caída de tensión leída, en caliente.
t_1 = temperatura ambiente, cuando se toma V_1
t_2 = temperatura ambiente, cuando se toma V_2

- Pero como V_1 se obtuvo con una corriente de 100 A, se debe de referir la caída de tensión, para cuando circulen las corrientes específicas de cada uno de los regímenes utilizados, aplicando la ley de ohm, es decir, calcular la caída de tensión que se tendría si circulasen las corrientes indicadas en los devanados, para cada régimen.
- Como la caída de tensión V_2, se obtiene con éstas corrientes, no es necesario hacer ningún cálculo adicional.
- Se hacen los cálculos de los incrementos de temperatura, empleando la fórmula indicada, en: Campos Serie, AVF, conmutación y devanados de armadura.

Para el incremento de temperatura el colector y los rodamientos, emplear:

Incremento de temperatura = $t_2 - t_1$

DIAGRAMA.



VERIFICACIONES.

A). Comprobar que, cada una de las partes de la máquina, no rebase los límites de temperatura establecidos.

RESULTADOS.

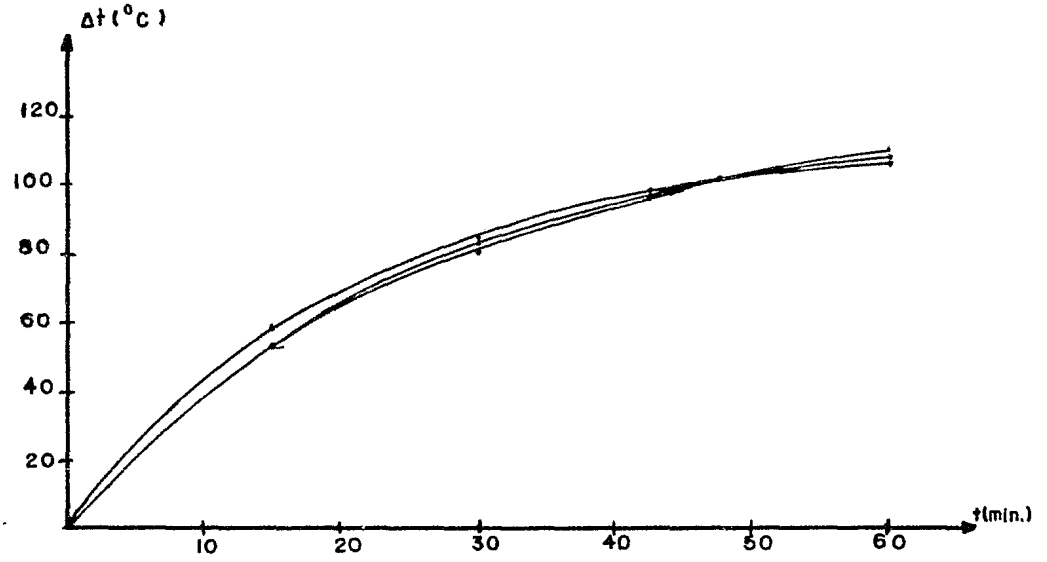
La tabla de datos con resultados son:

Temper. Amb.	Embobinado Serie	Embobinado AVF	Embobinado Polo conm.	Embobinado Armad.	Conmu-tador	Baleros Lado	
						Conmut.	Piñón.
17°C	1.83 v. / 440 a.	3.30 v. / 305 a.	2.46 v. / 440 a.	-	-	-	-

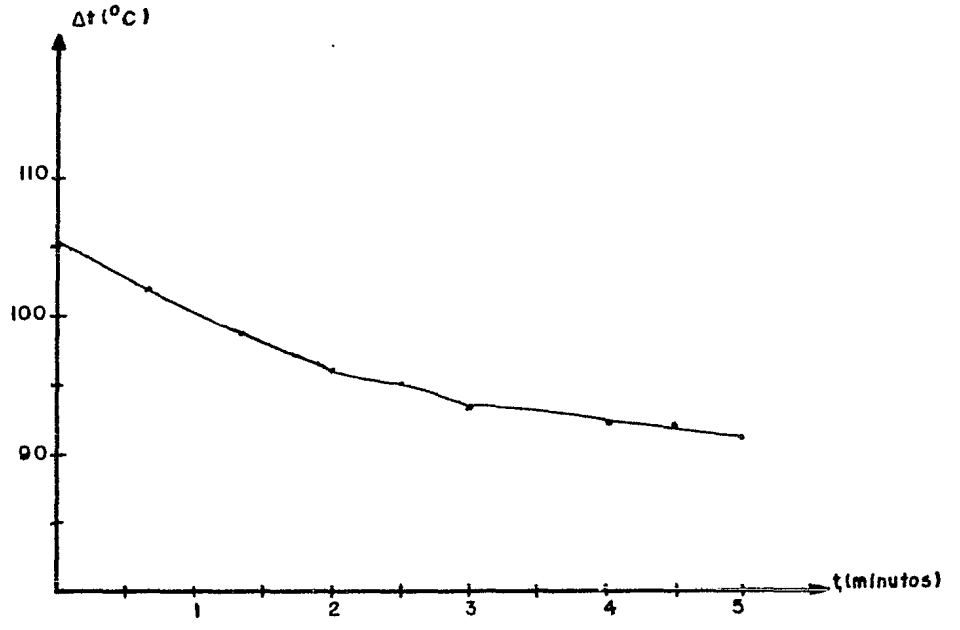
D E S P U E S D E U N A H O R A

17.5°C	2.65 v. / 440 a.	4.75 v. / 305 a.	3.45 v. / 440 a.	-	-	-	-
Rango de Temp.	112.5°c	110°c	101°c	97.5°c	68°c	5°c	11°c
Límite de temp.	180°c	180°c	180°c	160°c	105°c	-	-
Medición	Resist.	Resist.	Resist.	Resist.	T.eléct.	T. Alcohol	

Y la gráfica es:



Y la de enfriamiento, en el conmutador:



Donde podemos concluir que el resultado de esta prueba fué satisfactorio.

PRUEBA DE CONMUTACION.

El objetivo de esta prueba es verificar que no exista chisporroteo más de lo debido en la máquina, ya que existiendo afecta el funcionamiento correcto de la máquina.

CONDICIONES.

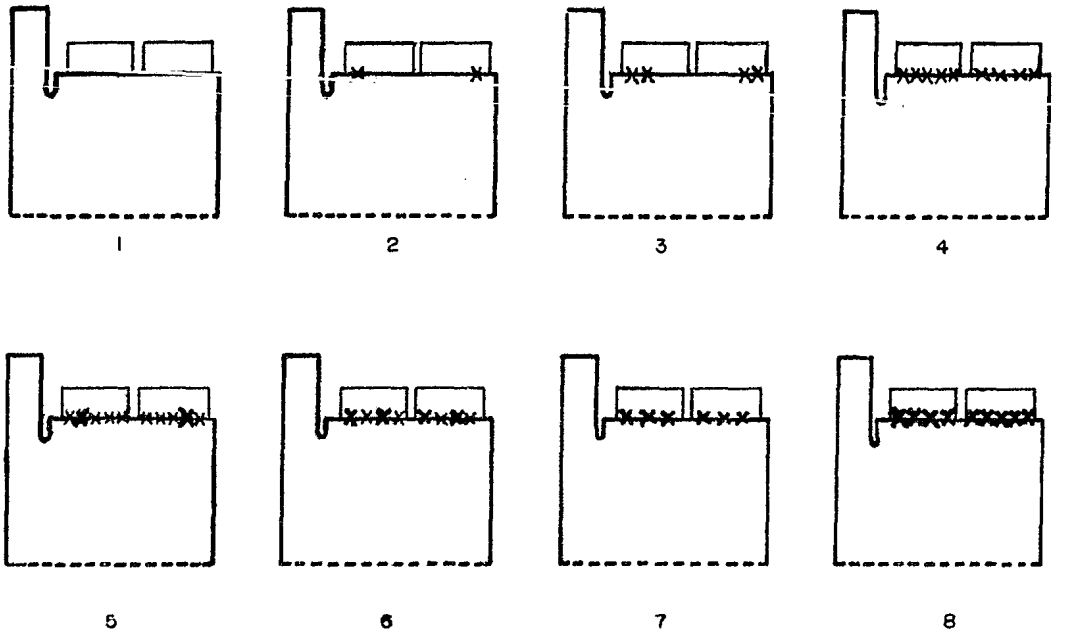
A). Voltaje será 1.2 veces el voltaje nominal.
B). Tiempo 30 segundos.
C). Máquina en estado caliente.
D). Sentido de giro C.W. y C.C.W.
E). Campo 100% y 35%.
F). Corriente con 100% de campo: 650, 500, 395 y 350 amp. con 35% de - campo: 630, 550 y 500 amp.

PROCEDIMIENTO.

Se hace funcionar la máquina en estado caliente con 1.2 veces la tensión nominal y con 100% de campo y con las distintas corrientes marcadas cada punto de exámen se mantiene 30 segundos, verificando el chisporroteo que hay entre el colector y las escobillas, después con 35% de campo y las distintas corrientes marcadas, después de terminar estas pruebas en un sentido se procede a hacerlas en el sentido de giro contrario.

VERIFICACIONES.

En la clasificación que la conmutación por observación de la intensidad y extensión de la zona de chisporroteo serán:



Y como resultado de éstas tenemos que el mínimo para la aceptación de-la conmutación es el número 4.

Además verificar que no exista deterioro mecánico, ni daño permanente-posterior a la prueba.

RESULTADOS.

			C. W.	C. C. W.
450 Volts	650 Amp.	100% Campo	Satisfactorio	Satisfactorio
" "	500 "	" "	"	"
" "	395 "	" "	"	"
" "	350 "	" "	"	"
" "	630 "	35% "	"	"
" "	550 "	" "	"	"
" "	500 "	" "	"	"

Y después de la prueba el motor no mostró deterioro mecánico ni daño - permanente. Satisfactorios.

PRUEBA DE CARACTERISTICA DE VELOCIDAD.

El objetivo de ésta prueba es la de obtener la curva característica de velocidad.

CONDICIONES.

La prueba se efectuará para el 100% y el 80% de campo teniendo una tolerancia del ± 3%, y para el 35% de campo con una tolerancia de ± 4%.

En el caso de prueba tipo se efectúa con:

100% de campo y 360 volts para:
200, 296, 395, 494 y 650 Amp.
80% de campo y 360 volts para:
200, 296, 395, 494 y 650 Amp.
35% de campo y 360 volts para:
365, 395, 494 y 650 Amp.

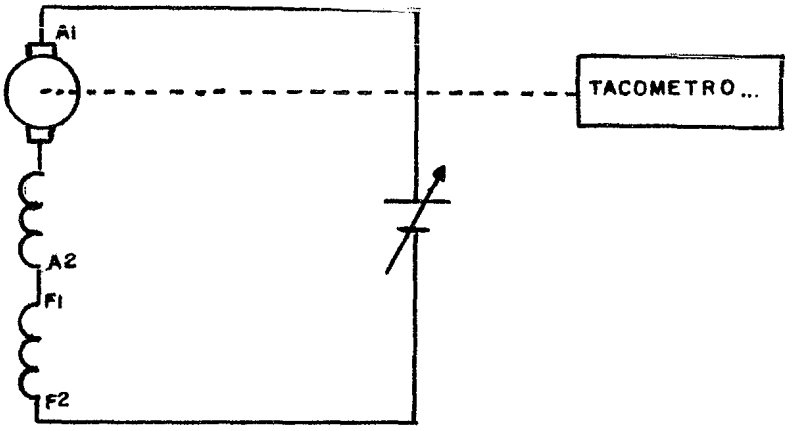
En el caso de prueba serie se efectúa con:

100% de campo y 360 volts para:
200, 250, 341, 426, 467 y 650 Amp.
35% de campo y 360 volts para:
360, 365, 426, 467 y 650 Amp.

PROCEDIMIENTO.

La máquina se le hará girar tanto en sentido del reloj como en contrasentido del reloj, y una vez que hayan alcanzado las condiciones de prueba, deberá tomarse rápidamente la lectura de velocidad.

DIAGRAMA.



VERIFICACIONES.

Se deberá graficar la corriente de carga contra la velocidad. Esta - gráfica corresponde al promedio obtenido de la velocidad en el sentido de - las manecillas del reloj y en contra de las manecillas. El promedio debe - quedar dentro de la curva de tolerancias.

RESULTADOS.

1). 100% de campo, 360 V.

Corriente de carga(A)	200	296	395	494	650
RPM en sen. de reloj.	2646	2116	1880	1746	1609
RPM cont. sent. rel.	2636	2109	1889	1743	1605
Promedio.	2641	2113	1885	1745	1607

2). 80% de campo, 360 V.

Corriente de carga(A)	200	296	395	494	650
RPM sent. de reloj.	3125	2364	2035	1865	1700
RPM cont. sent. rel.	3122	2352	2033	1871	1698
Promedio.	3124	2358	2034	1868	1699
Corriente AVF (A)	139	205	274	343	451

3). 35% de campo, 360 V.

Corriente de carga(A)	365	395	494	650
RPM sent. de rel.	4017	3709	3094	2564
RPM cont. sent. rel.	4000	3729	3097	2570
Promedio.	4009	3719	3096	2567

PRUEBA DE SOBREVELOCIDAD.

El objetivo de esta prueba es el de comprobar que la máquina, pueda soportar las condiciones dinámicas extremas.

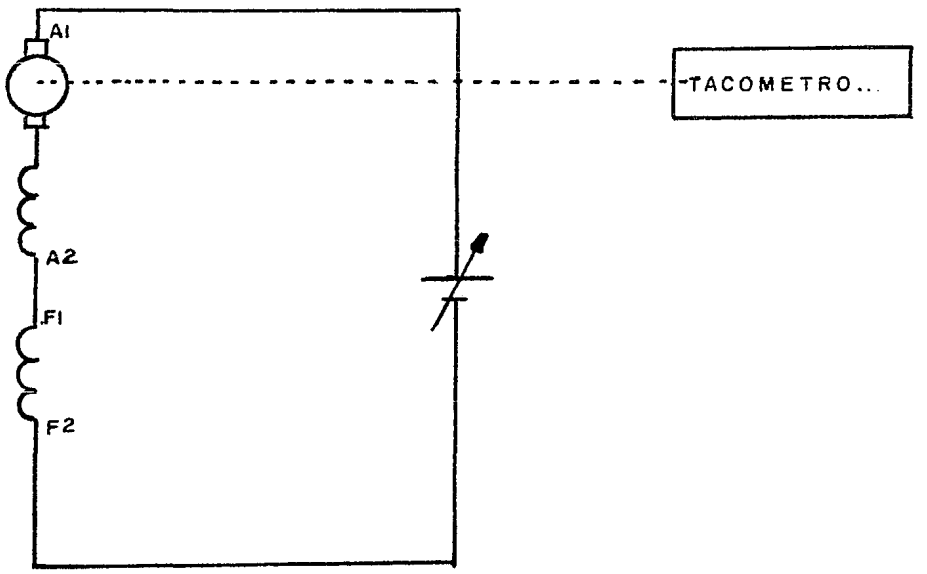
CONDICIONES.

A). El motor estará desacoplado.
B). Girar el motor a 1.25 de R.P.M. máximas.
C). Mantener dicha velocidad, durante 2 minutos.
D). El motor debe estar en estado caliente.

PROCEDIMIENTO.

A). La máquina debe tener libre la flecha.
B). Con campo mínimo, se incrementa la corriente hasta obtener la velocidad de prueba.
C). Estas condiciones se mantienen durante 2 minutos.

DIAGRAMA.



VERIFICACIONES.

A). Se debe observar, durante los 2 minutos que dura la prueba, que no ha-- yan vibraciones, ni ruidos extraños.

B). Cuando se detenga la máquina, se efectúa una inspección visual en ésta, y en especial en la superficie del colector.

C). Después de la prueba, la máquina no debe mostrar ninguna deformación - permanente y deberá soportar las pruebas dieléctricas subsecuentes.

RESULTADO.

Satisfactorio, la máquina cumple con las verificaciones.

PRUEBA DE CORTE Y RESTABLECIMIENTO DE LA ALIMENTACION.

El objetivo de esta prueba es conocer el comportamiento que tendrá el motor al momento de un corte en la tensión de alimentación.

CONDICIONES.

A). 360 V, 395 A y 100% de campo.
B). 360 V, 395 A y 35% de campo.
C). Tiempo de interrupción 0.2 seg.
D). Voltaje en las terminales del motor 396 V al momento del corte.
E). Voltaje en las terminales del motor no menor a 324V durante el transitorio posterior al corte.

PROCEDIMIENTO.

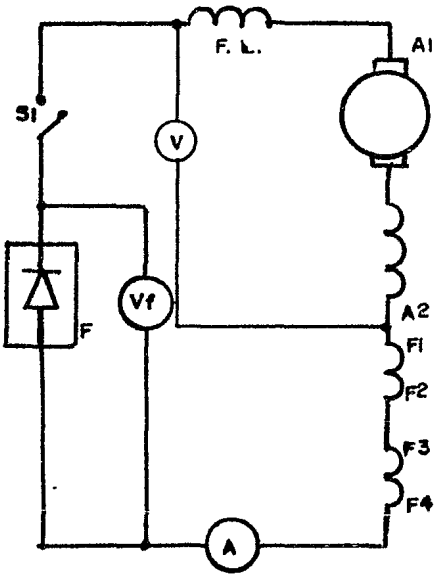
Esta prueba se lleva a cabo durante dos etapas:

A).- Con el motor con el 100% de campo.
- Cortar la tensión y restablecerla al cabo de 0.2 seg.
- Repetir el procedimiento anterior en tres ocasiones en intervalos de pocos minutos.

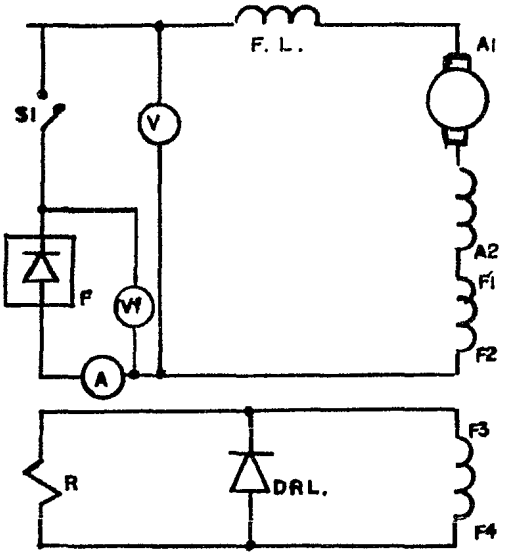
B).- Con el motor con el 35% de campo.
- Cortar y restablecer al cabo de 0.2 seg. la tensión de alimentación a las terminales del motor.
- El procedimiento anterior se repite en tres ocasiones a intervalos de pocos minutos.

DIAGRAMAS.

A). 100% de campo



B). 35% de campo.



Donde:

F = fuente de alimentación (3 Ø, rectificada a onda completa)
Vf = Voltaje a la fuente de alimentación.
V = Voltaje en las terminales del motor.
A = Corriente de carga del motor.
A_{avf} = Corriente del campo AVF.
S_1 = Switch de corte y restablecimiento.
F.L. = Filtro.
DRL = Diodo de rueda libre.
R = Resistencia.

VERIFICACIONES.

A). Se observa el grado de conmutación al momento del corte y restablecimiento de la tensión.

B). Se verifican los oscilogramas obtenidos.

RESULTADOS.

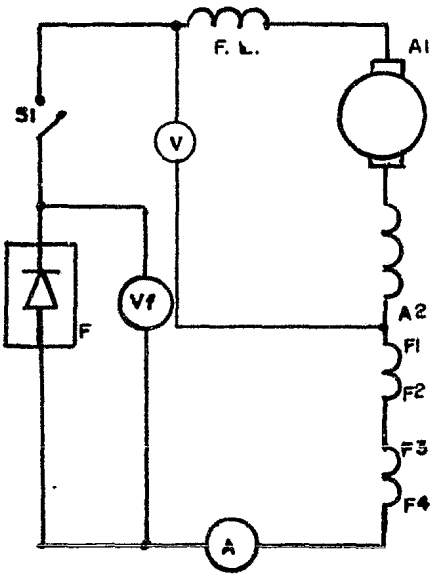
Satisfactorio, de acuerdo a la tabla y gráficas mostradas.

CONDICIONES DE LA PRUEBA Y RESULTADOS.

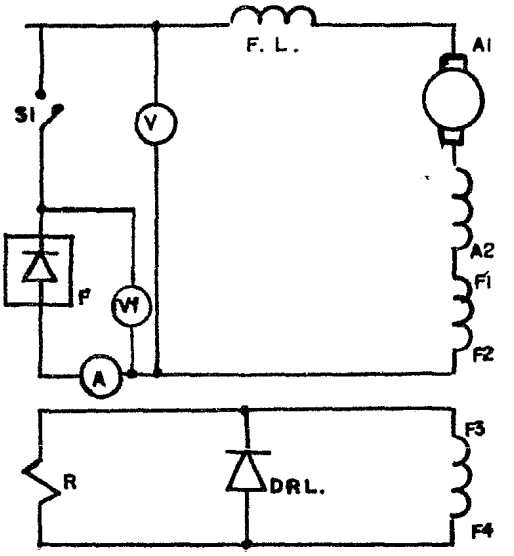
CONDICIONES DE PRUEBA					PERIODO TRANSITORIO		AL MOMENTO DE CERRAR EL SWICHT		AL MOMENTO DE LA RESTAURACION.	
Prueba y oscilograma Numero	Voltaje terminal (V)	Corriente		Porciento de carga (%)	Tiempo (seg)	voltaje terminal (V)	Corriente		Corriente	
		Carga (A)	AVF (A)				de carga (A)	AVF (A)	carga (A)	AVF (A)
uno	396	395	395	100	0.2	-	-	-	513	513
dos	396	395	395	100	0.22	-	-	-	513	513
tres	396	395	395	100	0.25	-	-	-	530	530
cuatro	397	395	-	35	0.24	-	-	269	787	248
cinco	397	395	-	35	0.22	-	-	266	757	227
seis	397	395	-	35	0.22	-	-	248	774	230

DIAGRAMAS.

A). 100% de campo



B). 35% de campo.



Donde:

F = fuente de alimentación (3 Ø, rectificada a onda completa)
Vf = Voltaje a la fuente de alimentación.
V = Voltaje en las terminales del motor.
A = Corriente de carga del motor.
A_{avf}= Corriente del campo AVF.
S_1 = Switch de corte y restablecimiento.
F.L.= Filtro.
DRL= Diodo de rueda libre.
R = Resistencia.

VERIFICACIONES.

A). Se observa el grado de conmutación al momento del corte y restablecimiento de la tensión.

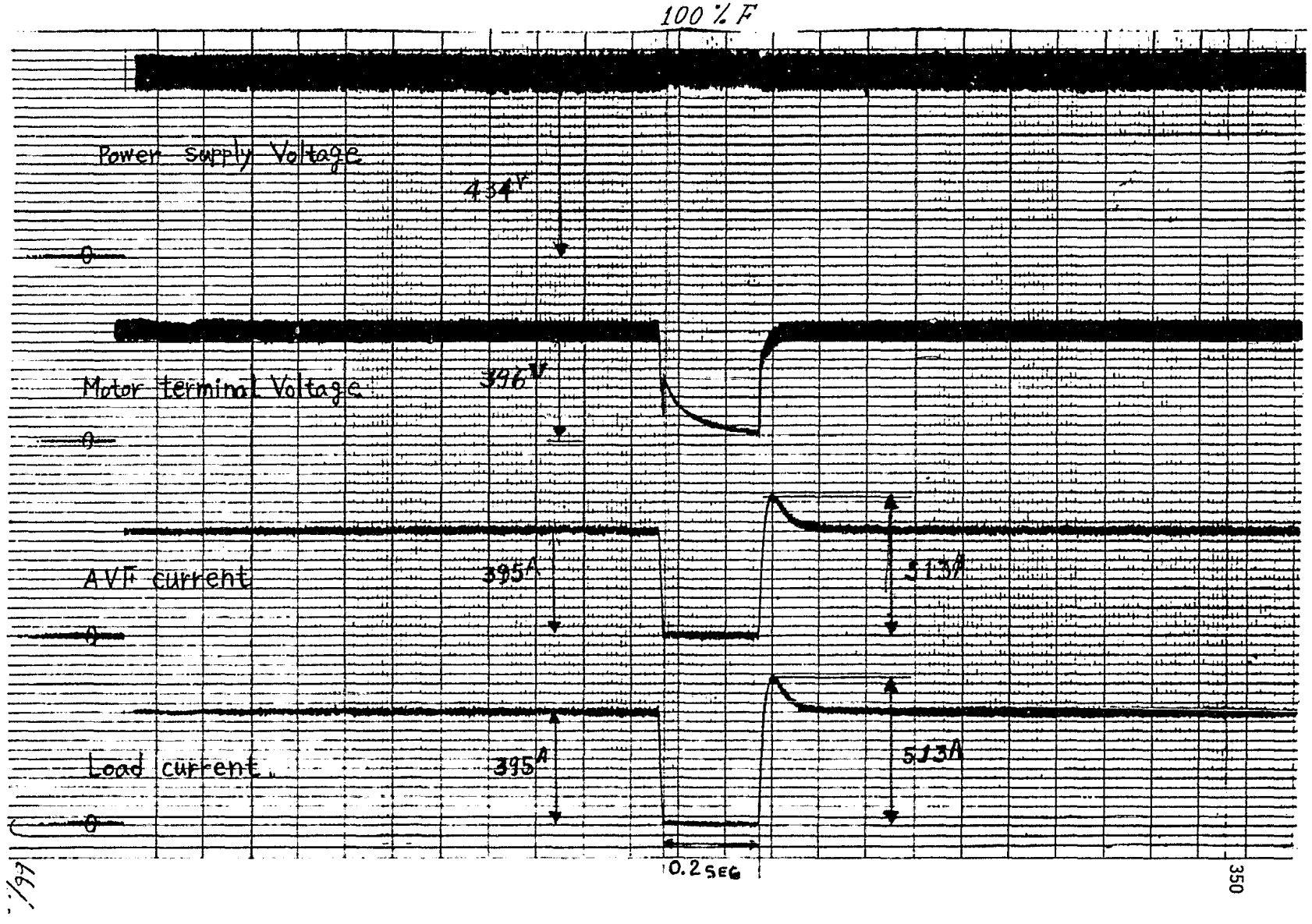
B). Se verifican los oscilogramas obtenidos.

RESULTADOS.

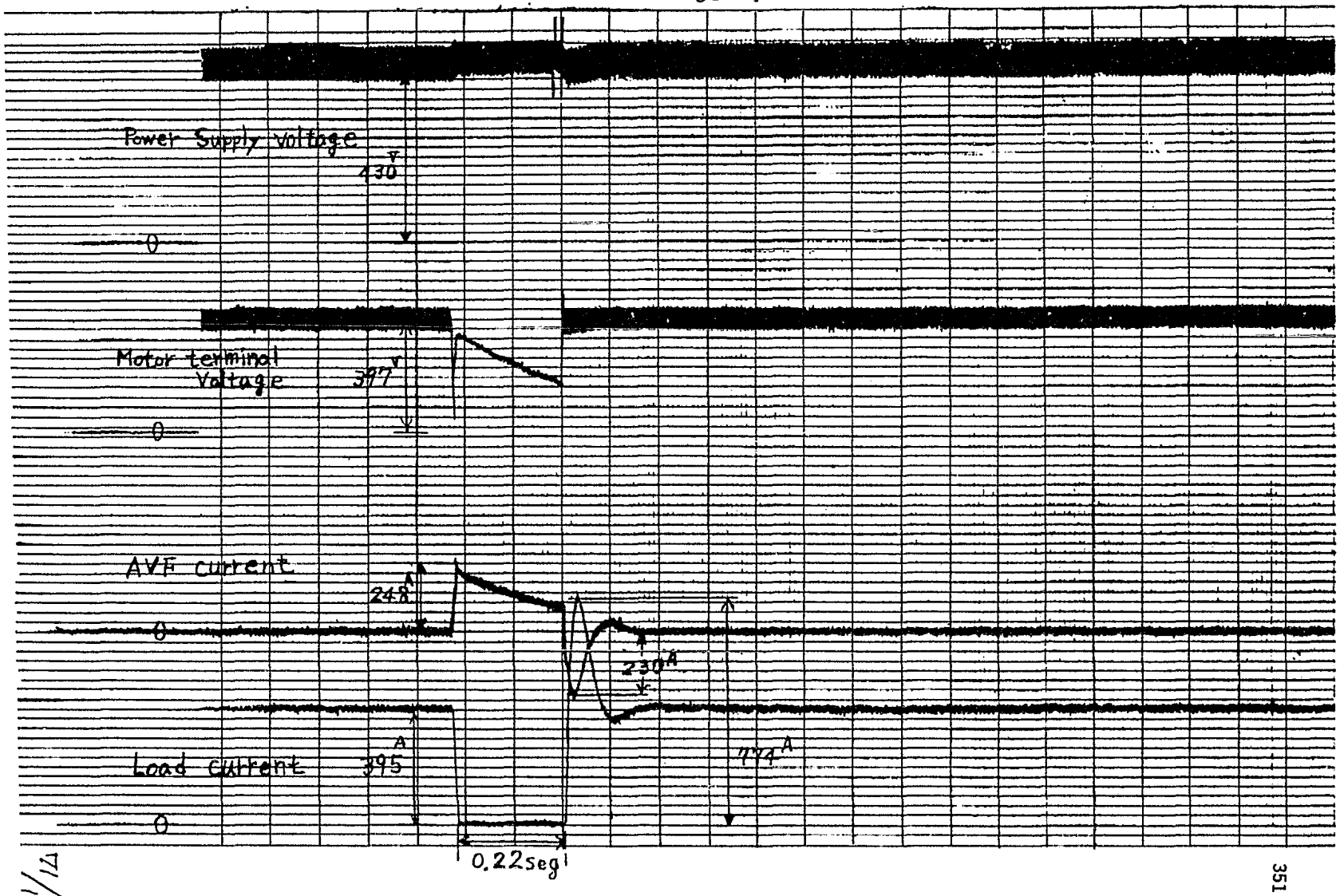
Satisfactorio, de acuerdo a la tabla y gráficas mostradas.

CONDICIONES DE LA PRUEBA Y RESULTADOS.

CONDICIONES DE PRUEBA					PERIODO TRANSITORIO		AL MOMENTO DE CERRAR EL SWICHT		AL MOMENTO DE LA RESTAURACION.	
Prueba y oscilograma Numero	Voltaje terminal (V)	Corriente Carga (A)	Corriente AVF (A)	Porciento de carga (%)	Tiempo (seg)	voltaje terminal (V)	Corriente de carga (A)	Corriente AVF (A)	Corriente carga (A)	Corriente AVF (A)
uno	396	395	395	100	0.2	-	-	-	513	513
dos	396	395	395	100	0.22	-	-	-	513	513
tres	396	395	395	100	0.25	-	-	-	530	530
cuatro	397	395	-	35	0.24	-	-	269	787	248
cinco	397	395	-	35	0.22	-	-	266	757	227
seis	397	395	-	35	0.22	-	-	248	774	230


100 % F
Power supply Voltage
434V
0
Motor terminal Voltage
396V
0
AVF current
395A
513A
0
Load current
395A
513A
0
0.2 SEC
350

35% F


Power Supply voltage
430 V
0
Motor terminal Voltage
397 V
0
AVF current
248 A
0
230 A
Load current
395 A
0
774 A
0.22seg

T1/106

PRUEBA DE ARRANQUE.

El objetivo de esta prueba es el de simular condiciones críticas durante el arranque.

CONDICIONES.

A). La armadura es bloqueada.
B). Se debe tener 1.7 veces la corriente nominal.
C). Tiempo de duración 5 segundos.
D). Máquina en estado caliente.

PROCEDIMIENTO.

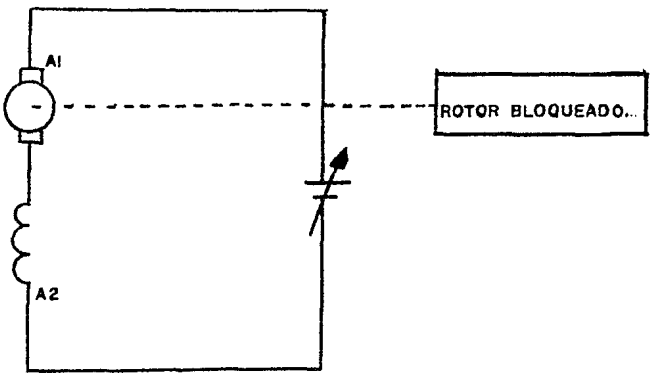
A). El motor con la armadura bloqueada, debe soportar durante 5 segundos la corriente correspondiente a la de servicio contínuo, multiplicada - por 1.7.

B). No es necesario exitar el motor, durante la prueba.

C). Esta prueba se hace 4 veces, con 5 minutos de intervalo entre pruebas sucesivas.

D). La armadura debe ser girada en la misma dirección, un cuarto de paso polar, después de cada prueba. Para evitar daños al colector y devanados.

DIAGRAMA.



VERIFICACIONES.

A). El colector no debe mostrar deformación alguna.
B). Las escobillas no deben mostrar huellas de sobrecorriente.
C). El incremento de temperatura del colector y los devanados de armadura,- deben estar dentro de los límites establecidos.

RESULTADO.

Satisfactorio, cumple con las verificaciones.

PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS.

El objetivo de esta prueba es determinar la curva de eficiencia, el - par en la flecha y la curva de velocidad.

CONDICIONES.

A). Dos motores acoplados.

B). Se efectúa para:

- 360 V 100% de campo, 200 A, 395 A, 395 A, 494 A y 650 A.
- 360 V 80% de campo, 200 A, 296 A, 395 A, 494 A y 650 A.
- 360 V 35% de campo, 365 A, 395 A, 494 A y 650 A.

C). Se efectúa en ambos sentidos de rotación.

D). El valor de la resistencia de armadura del motor y del generador,- es el promedio de las lecturas de antes y después de la prueba. El método para obtenerla es el de caída de tensión.

Estas pruebas son realizadas de dos maneras:

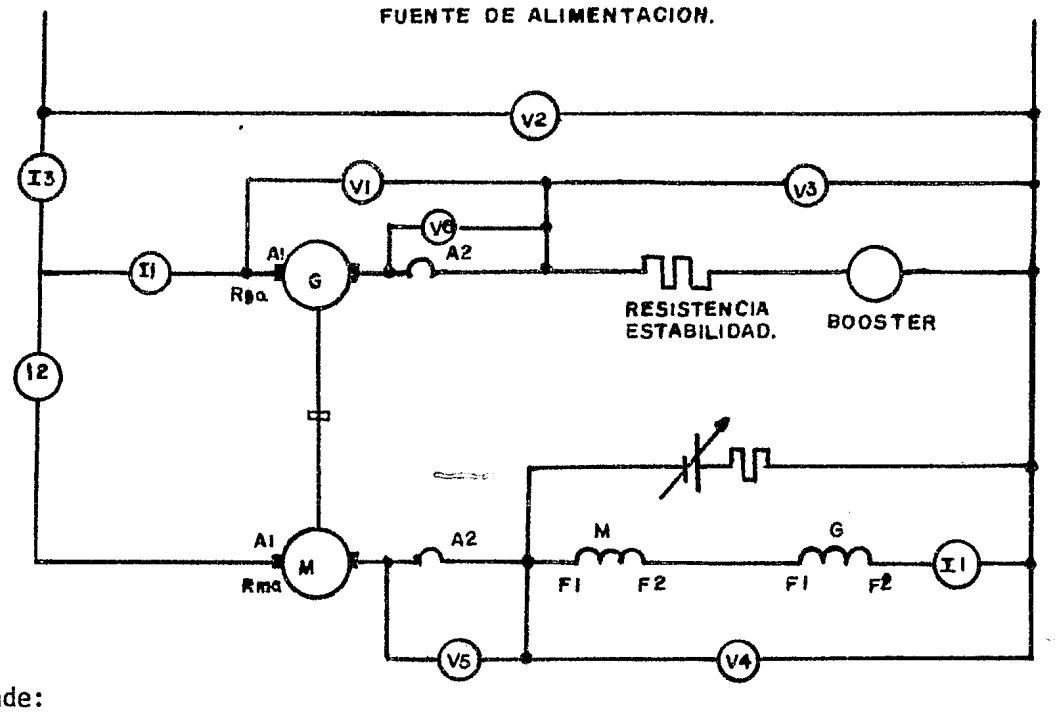
A). Por el método de Hutchinson.

B). Por el método de pérdidas separadas.

A). Método de Hutchinson:

PROCEDIMIENTO.

- Se conecta el equípo según el siguiente diagrama.
- Se toman los valores correspndientes indicados en el circuito.
- Se realizan los cálculos.
- Se grafican los valores correspondientes.



Donde:

R115°C es la resistencia de (armadura, polos de conmutación y del campo serie a 115°C.

R115°C (AVF) resistencia del campo AVF a 115°C.

Rma: Resistencia de la armadura del motor al momento de la prueba.

Rga: Resistencia de la armadura del generador al momento de la prueba.

VERIFICACIONES.

Las pérdidas medidas no deben sobrepasar más del 15% de las pérdidas - especificadas.

RESULTADO.

Satisfactorio, como ejemplo se muestra la siguiente tabla para el 35%- de campo.

CALCULO DE EFICIENCIA POR EL METODO DE
HUTCHINSON PARA EL 35% CAMPO

1.- Voltaje terminal en el motor	V1	V	360	360	360
2.- Corriente de carga del motor	I3	A	365	395	494
3.- Velocidad de rotación		RPM	3963	3761	3220
4.- Fuente alimentadora de voltaje	V2	V	362	365	376
5.- Voltaje del Booster	V3	V	5.35	8.32	18.44
6.- Caída de voltaje	V4	V	5.40	5.74	7.30
7.- Caída de voltaje	V5	V	3.32	3.57	434
8.- Caída de voltaje	V6	V	2.40	264	3.38
9.- Corriente lado generador	I3	A	473	497	586
10.- Corriente de la fuente de alimentación	I4	A	106	101.4	92
11.- Resistencia de armadura lado motor	Rma	Ω	0.01075	0.0108	0.01084
12.- Resistencia de armadura lado generador	Rga	Ω	0.1115	0.0116	0.01168
13.- Resistencia de (armadura+polos de conmt+C.Serie)	R115°	Ω	0.025	0.0251	0.2515
14.- $2ViJJ = 2X\ (J)\ X\ (2)\ X\ 10^{-3}$		Kw	262.2	284.4	355.68
15.- Pot. de alimentación externa V2 I4 (4) (10) (10^{-3})		Kw	38.72	37.0	34.59
16.- Pot. alimentado Booster $V3I3\ (S)X(2)X10^{-3}$		Kw	1.95	3.29	9.11
17.- (2R115-Rga-V6/I3-V4/I1)I12		Kw	2.42	2.85	4.35
18.- $(Rga-V5/12)\ 12^2$		Kw	4.06	4.66	6.55
19.- 2·I3		Kw	0.21	0.20	0.18
20.- V·4·(I2-I1)		Kw	0.58	0.59	0.67
21.- Pérdidas: 15+16+17-18-19-20		Kw	30.4	35.58	41.99
22.- Eficiencia: 14/14+21X100		%	87	88.9	89.4
23.- Par: 975X14/2/(3)		Kg.m	32.3	36.9	53.8

B). Método de las pérdidas separadas.

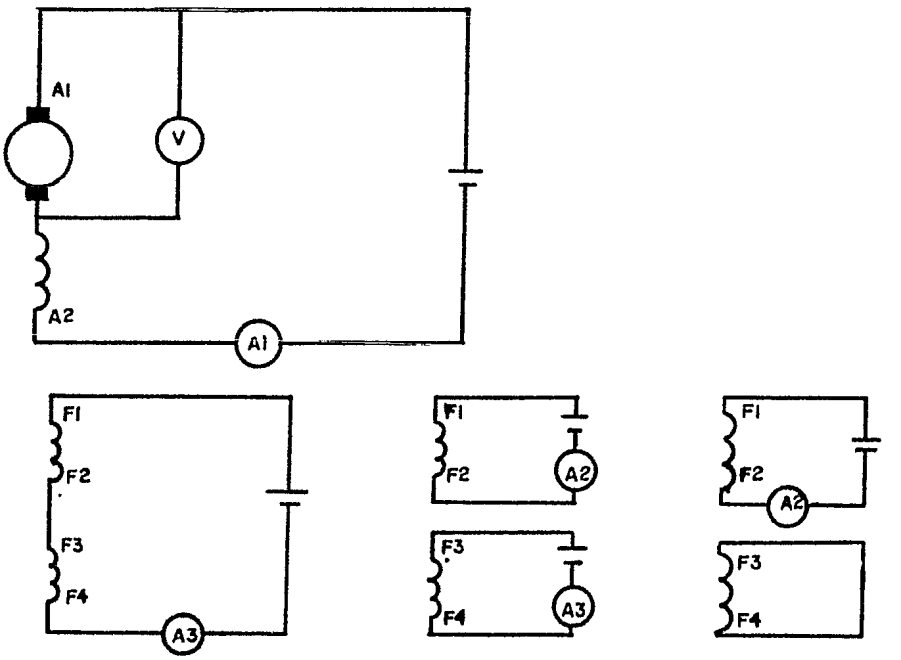
Este método consiste en el cálculo de las pérdidas en forma independiente. Estas pérdidas son:

* Pérdidas independientes de la corriente.
* Pérdidas dependientes de la carga, que comprenden:
  a).- Pérdidas en el devanado serie.
  b).- Pérdidas en el devanado AVF.
  c).- Pérdidas eléctricas por contacto en las escobillas.
  d).- Pérdidas indeterminadas.

PERDIDAS INDEPENDIENTES DE LA CORRIENTE.

Este método para obtener estas pérdidas es acoplar dos máquinas, una funcionando como motor que impulsa a la máquina en prueba, hasta alcanzar la velocidad necesaria. La potencia requerida por la máquina impulsora serán las pérdidas debidas a las fricciones mecánicas y del aire en la máquina de prueba.

DIAGRAMA:



Las pérdidas independientes son igual al producto de:

$V \times A1 - (A1)^2 \times R$ (armadura)

El valor de la resistencia R multiplicada por la corriente es un valor pequeño que se puede despreciar sin alterar el resultado. Entonces:

Independientes = V X A 1

Valores obtenidos en la prueba de acuerdo al circuito anterior para el 100 % de campo.

A	A	RPM	V	A1	P(KW)
Campo Serie	AVF	Velocidad	V. de Armadura	C. de Armadura	Pérdidas.
200	200	2646	360	15.6	5.62
296	296	2116	354	14.5	5.13
395	395	1880	349	16.4	5.72
494	494	1746	347	19.0	6.59
650	650	1609	344	23.2	7.98

- Pérdidas dependientes de la carga.
  a).- Pérdidas en el devanado serie.
  b).- Pérdidas en el devanado AVF.

Estas pérdidas son calculadas por medio del producto de la corriente - al cuadrado y la resistencia corregida a 115°C (obtenida anteriormente). - Entonces:

P. dependientes de la carga = I^2R

Valores obtenidos en la prueba, para el 100% de campo.

Corriente (A)	200	296	395	494	650
Pérdidas devanado Serie (Kw)	1.01	2.20	3.92	6.14	10.63
Pérdidas AVF (Kw).	0.58	1.28	2.28	3.56	6.17

C). Pérdidas eléctricas por contacto en las escobillas.

Estas pérdidas a causa de su naturaleza variable se calculan en forma convencional, suponiendo que la caída de tensión en las escobillas de cada polaridad permanece constante e igual a 2 volts. Entonces:

P. eléctricas por contacto en las escobillas
igual a 2 I; (Kw)

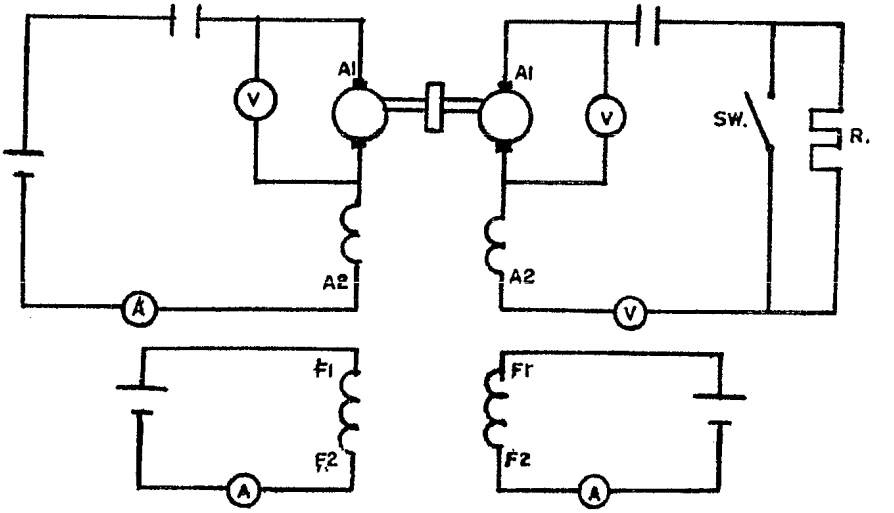
Valores obtenidos en la prueba para el 100% de campo.

Corriente (A)	200	296	395	494	650
Pérdidas en escobillas (Kw)	0.40	0.592	0.79	0.99	1.30

D). Pérdidas indeterminadas.

A este tipo de pérdidas pertenecen las pérdidas en el hierro y en el cobre que surgen en la máquina como resultado de los procesos secundarios de carácter electro magnético.

DIAGRAMA.



Procedimiento de operación.

1.- S1, S3 cerrados y S2 y S4 abierto.
2.- Por medio del control de V1 y A3 ajustar la velocidad de la curva característica.
3.- Tomar lectura de V1 y A1.
4.- Cerrar S2 y S4.
5.- Ajustar la velocidad por el control de V1 y la corriente de corto circuito A2, por medio del control de A4.
6.- Tomar lectura de V1, A1, A4 y V2.
7.- Parar el motor rapidamente.
8.- Medir la resistencia de armadura del motor por medio de un puente - - "Wheasthone".

Las pérdidas indeterminadas se obtienen al sacar la diferencia entre - el valor de potencia de entrada c/c y las pérdidas debidas a la carga. Este valor se multiplica por una constante de acuerdo con el porcentaje de campo, para el:

100% el valor de K es 37.8%
80% el valor de K es 74.8%
35% el valor de K es 71.6%

VALORES OBTENIDOS EN LA PRUEBA PARA EL
100% DE CAMPO.

SENTIDO DE RELOJ COMO DIRECCION DE ROTACION.

1.- Corriente de corto circuito	A2	200	296	395	494	650
2.- Velocidad de rotación	RPM	2646	2116	1880	1746	1609
3.- Corriente de campo M1	A3	4.2	5	5	5.5	6.5
4.- Voltaje de armadura S/C M1	V1	943	877	783	784	806
5.- Corriente de armadura S/C M1	A1	6.44	4.44	4.10	3.7	3.3
6.- Voltaje de armadura C/C M1	V'1	946	887	800	806	853
7.- Corriente de armadura C/C M1	A'1	9.58	9.82	13.4	13.3	18.1
8.- Voltaje de armadura C/C NO	V2	7.35	6.9	8.7	4.9	6.8
9.- Corriente de campo C/C MP	A4	15.3	22.3	27.5	23.3	34.0
10.- Resistencia de armadura M1	R1	5.12	4.84	4.86	4.98	5.23
11.- Resistencia de armadura MP	R2	.0093	.00929	.00936	.00931	.00952
12.- Potencia de entrada S/C M1 (4X5)		6.09	3.89	3.21	2.9	2.66
13.- Potencia de entrada C/C M1 (6X7)		9.06	8.71	10.72	10.72	15.44
14.- Incremento de la Pot. de Entrada M1 13-12		2.97	4.82	7.51	7.82	12.78
15.- Resistencia de corto circuito 8/1 + 1I		0.046	.0326	.031	.0192	.020
16.- Incremento de pérdidas I^2R M1 (7^2-5^2X10)		0.26	0.37	0.79	0.81	1.66
17.- Incremento de pérdidas 12R de MP (1^2X15)		1.84	2.86	4.84	4.69	8.45
18.- Pérdidas en M1 en escobillas (7-5X2*)		0.01	0.01	0.01	0.02	0.03
19.- Pérdidas en MP en la escobilla (1X2*)		0.4	0.59	0.79	0.99	1.3
20.- Sumatoria de pérdidas con carga 16+17+18+19		2.51	3.82	6.43	6.51	11.4
21.- Pérdidas debido al corto circuito 14-20		0.46	0.99	1.08	1.31	1.34
22.- Pérdidas indeterminadas 21 X K		0.17	0.37	0.41	0.5	0.51

* Caída de voltaje igual a 2 Volts.

Donde: MI motor impulsor, S/C sin corto circuito
MP motor prueba, C/C con corto circuito.

VALORES OBTENIDOS EN LA PRUEBA PARA EL

100% DE CAMPO.

SENTIDO DE RELOJ COMO DIRECCION DE ROTACION.

1.- Corriente de corto circuito	A2	200	296	395	494	650
2.- Velocidad de rotación	RPM	2646	2116	1880	1746	1609
3.- Corriente de campo M1	A3	4.2	5	5	5.5	6.5
4.- Voltaje de armadura S/C M1	V1	943	877	783	784	806
5.- Corriente de armadura S/C M1	A1	6.44	4.44	4.10	3.7	3.3
6.- Voltaje de armadura C/C M1	V'1	946	887	800	806	853
7.- Corriente de armadura C/C M1	A'1	9.58	9.82	13.4	13.3	18.1
8.- Voltaje de armadura C/C NO	V2	7.35	6.9	8.7	4.9	6.8
9.- Corriente de campo C/C MP	A4	15.3	22.3	27.5	23.3	34.0
10.- Resistencia de armadura M1	R1	5.12	4.84	4.86	4.98	5.23
11.- Resistencia de armadura MP	R2	.0093	.00929	.00936	.00931	.00952
12.- Potencia de entrada S/C M1 (4X5)		6.09	3.89	3.21	2.9	2.66
13.- Potencia de entrada C/C M1 (6X7)		9.06	8.71	10.72	10.72	15.44
14.- Incremento de la Pot. de Entrada M1 13-12		2.97	4.82	7.51	7.82	12.78
15.- Resistencia de corto circuito 8/1 + 1I		0.046	.0326	.031	.0192	.020
16.- Incremento de pérdidas I^2R M1 (7^2-5^2X10)		0.26	0.37	0.79	0.81	1.66
17.- Incremento de pérdidas 12R de MP (1^2X15)		1.84	2.86	4.84	4.69	8.45
18.- Pérdidas en M1 en escobillas (7-5X2*)		0.01	0.01	0.01	0.02	0.03
19.- Pérdidas en MP en la escobilla (1X2*)		0.4	0.59	0.79	0.99	1.3
20.- Sumatoria de pérdidas con carga 16+17+18+19		2.51	3.82	6.43	6.51	11.4
21.- Pérdidas debido al corto circuito 14-20		0.46	0.99	1.08	1.31	1.34
22.- Pérdidas indeterminadas 21 X K		0.17	0.37	0.41	0.5	0.51

* Caída de voltaje igual a 2 Volts.

Donde: MI motor impulsor, S/C sin corto circuito

MP motor prueba, C/C con corto circuito.

CONCENTRADO DE RESULTADOS PARA 360 V Y 100%
DE CAMPO Y EL SENTIDO DE GIRO MANECILLAS.

Corriente de carga (A)	200	296	395	494	650
Porciento de carga (%)	50.6	75	100	125	164.6
Corriente AVF (A)	200	296	395	494	650
Velocidad de rotación (RPM)	2646	2116	1880	1746	1609

PERDIDAS EN KILOWATS.

Pérdidas indep. de la corriente	5.62	5.13	5.72	6.59	7.98
Pérdidas devanado serie	1.01	2.20	3.92	6.14	10.63
Pérdidas devanado AVF	0.58	1.28	2.28	3.56	6.17
Pérdidas en las escobillas	0.40	0.59	0.79	0.99	1.30
Pérdidas indeterminadas	0.17	0.37	0.41	0.50	0.51
TOTAL DE PERDIDAS	7.78	9.57	13.12	17.78	26.59
Potencia de entrada en Kw	72.00	106.56	142.20	177.84	234.0
Potencia de salida en Kw	64.22	96.99	129.08	160.06	207.4
Eficiencia %	89.19	91.02	90.7	90.0	88.6
Par (KG.M)	23.65	44.6	66.9	89.38	125.6

Donde la eficiencia es:

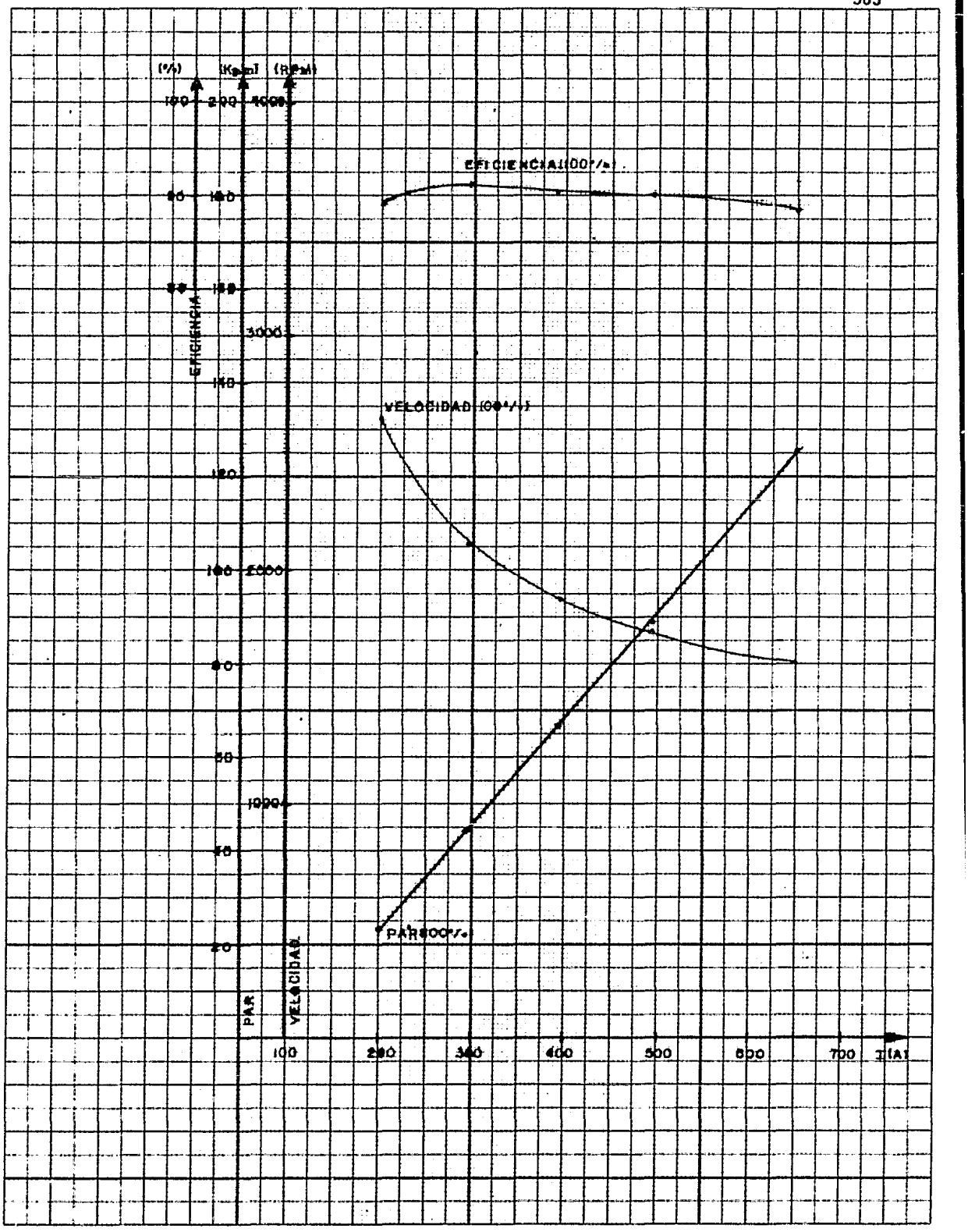
$$(\%)\ \text{eficiencia} = \frac{\text{Pot. Salida}}{\text{Pot. Entrada}} \times 100$$

y el Par es:

$$\frac{\text{Pot Salida (Kw)}}{\text{Velocidad (RAP)}} \times 975 = \text{Par (Kg . m)}$$

RESULTADO.

Satisfactorio, la gráfica siguiente muestra los resultados para todas las condiciones.


(%)
(Kg-m)
(RPM)
100
200
4000
EFICIENCIA(100%)
80
160
60
140
3000
EFICIENCIA
120
VELOCIDAD (100%)
100
2000
80
60
1000
50
40
PAR100%
PAR
VELOCIDAD
100
200
300
400
500
600
700
I(A)

PRUEBA DE IMPEDANCIA.

El objetivo de esta prueba es el determinar la impedancia que presen-- tan todos los devanados de la máquina, para poder conocer el comportamiento del motor de tracción, a un corto circuito.

CONDICIONES.

A). Alimentar con una fuente de C.A. de 60 Hz, a todos los devanados - del motor.

B). Tener al motor en condiciones estáticas.

PROCEDIMIENTO.

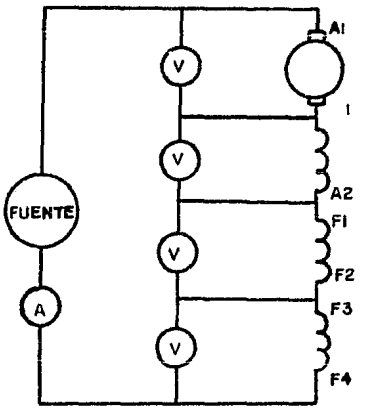
A). Se conectan en Serie con la fuente de C.A. a todos los devanados - de la máquina.

B). Se hace variar la corriente que circulará por éstos en: 50, 75 y 100 A.

C). Se mide, para cada variación de corriente, la caída de tensión en- los devanados.

D). Se calcula la impedancia, dividiendo la caída de tensión medida, - por la corriente circulante.

DIAGRAMA.



VERIFICACIONES.

A). Comprobar que circulen los 50, 75 y 100 A. indicados anteriormente.

RESULTADOS.

PARTES	CORRIENTE (A)	CAIDA DE VOLTAJE (V)	IMPEDANCIA (OHMS)
Devanado de Armadura.	50	7.32	0.15
	75	12.15	0.16
	100	14.45	0.14
Devanado del polo de conmutación.	50	5.35	0.11
	75	7.6	0.10
	100	10.8	0.11
Devanado del campo serie.	50	21.9	0.44
	75	30	0.40
	100	-	-
Devanado de AVF.	50	42.7	0.85
	75	58.4	0.78
	100	-	-

PRUEBA DE VIBRACION.

El objetivo de esta prueba es el de simular las condiciones dinámicas, a las que estará sujeto el motor durante el servicio.

CONDICIONES.

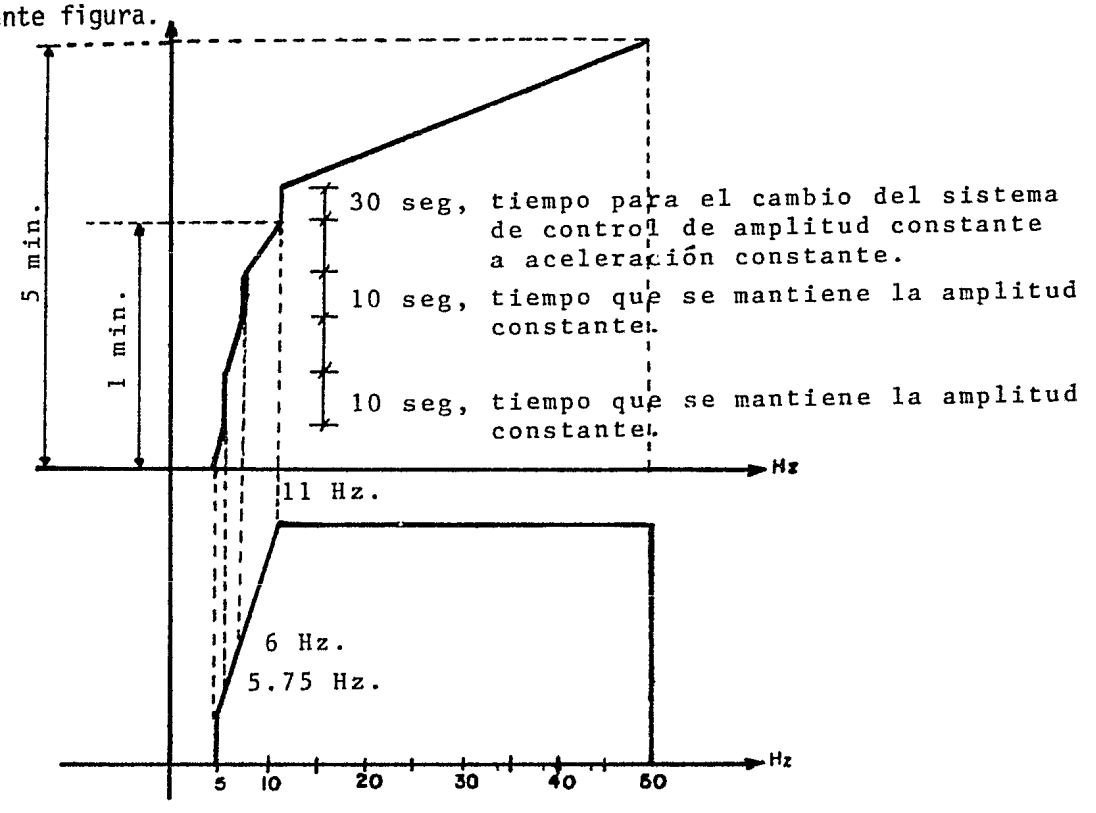
A). Colocar el motor desacoplado y hacerlo girar a 1000 RPM.

B). Disponer de un banco hidráulico de vibraciones.

C). Hacerlo vibrar durante cinco minutos, incrementando la frecuencia de 5 Hz. a 50 Hz., de la siguiente manera.

- Se incrementa de 5 a 5.75 Hz. y se mantiene ésta última frecuencia, durante 10s.
- Se incrementa de 5.75 a 6 Hz. y se mantiene durante 10s.
- Se incrementa de 6 a 11 Hz. y se mantiene esta frecuencia durante 30s.
- Se incrementa de 11 a 50 Hz. en un lapso de 3.5 min.

Los incrementos descritos en el párrafo anterior, se aprecian en la siguiente figura.

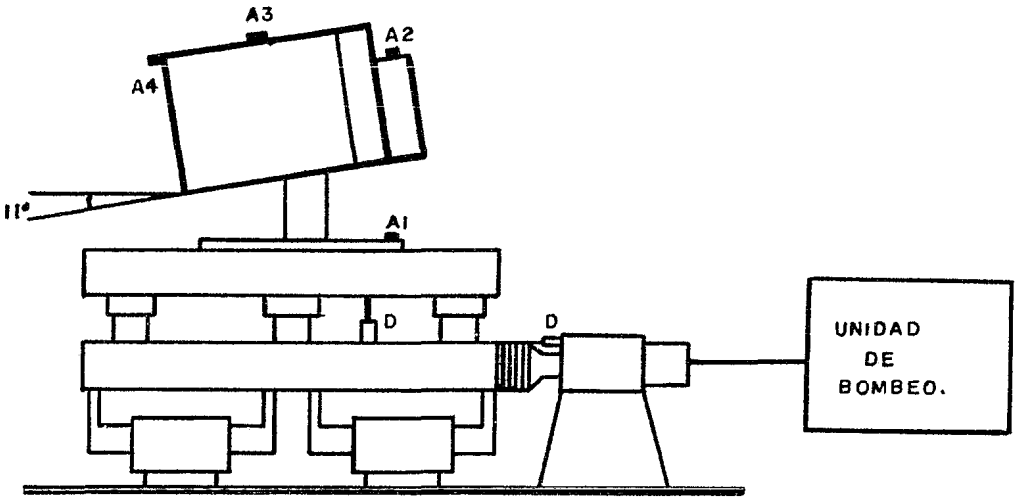


PROCEDIMIENTO.

El motor es vibrado separadamente en tres direcciones, siguiendo la sucuencia de incrementos, descrita las,direcciones son:

A). Dirección vertical.
B). Dirección de la flecha, sobre la horizontal.
C). Dirección en ángulo recto, sobre la horizontal.

DIAGRAMA.



Donde: A1, A2, A3, A4 — Son transductores de aceleración (acelerómetros)

D — Transductor de desplazamiento.

Las características principales de funcionamiento del banco hidráulico de vibraciones, son:

+ Fuerza nominal	10 ton.G
+ Desplazamiento máximo	± 30 mm.
+ Carga máxima.	5 ton.
+ Dirección	Horizontal y vertical
+ Rango de frecuencia	0.1 - 70 Hz.
+ Dimensiones	2 m. X 2 m.
+ Forma de onda.	Senoidal, onda aleatoria.

VERIFICACIONES.

A). Inspección visual del motor, en general.
B). Inspección del motor, durante su funcionamiento en vacío.

RESULTADOS.

Los resultados observados, son satisfactorios.

PRUEBA DE IMPACTO.

El objetivo de esta prueba, es el de garantizar la resistencia de los-materiales que constituyen al motor, así como, su adecuada construcción.

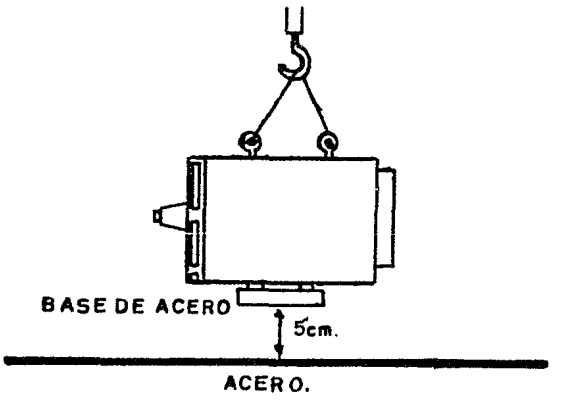
CONDICIONES.

A). El motor debe estar desacoplado y desenergizado.
B). El motor se deja caer, desde una altura de 5 a 6 cm., sobre una -- placa de acero.

PROCEDIMIENTO.

A). El motor se levanta de 5 a 6 cm. del nivel de la placa de acero, - sobre la cual caerá el motor, en caída libre.
B). El número de veces, que es repetida la prueba, es de cuatro.

DIAGRAMA.



VERIFICACIONES.

A). Al concluir las pruebas del motor, se debe hacer una inspección visual y de funcionamiento correcto.
- Con la inspección visual se logra asegurar que no haya fisuras,- ni fracturas en ningúna de sus partes constitutivas.

- Con la de funcionamiento, se asegura que no haya ningún desbalanceo de las partes rotativas.

RESULTADOS.

Los resultados observados, son satisfactorios.

PRUEBA DE FLUJO DE AIRE.

El objetivo de esta prueba, es el de cuantificar el volúmen, presión - estática y dinámica del aire de ventilación del motor de tracción, para garantizar el régimen de enfriamiento de la máquina.

CONDICIONES.

A). Disponer de los ductos de aire apropiados, con los que se efectuará esta prueba.

B). Variar la velocidad del motor de tracción, de 1000 a 4000 RPM.

PROCEDIMIENTO.

A). Se colocan los dos ductos de aire, en las entradas del filtro de - aire del motor de tracción, cabe hacer notar, que éstos tienen un- área seccional diferente, uno respecto al otro.

B). Se hace girar a la máquina a 1000, 2000, 3000 y 4000 RPM, y en cada una de estas velocidades, se hacen las lecturas respectivas de- presión dinámica en nueve puntos diferentes de cada ducto, por medio de un Tubo de Pitot, para así, obtener la presión dinámica promedio Pd_m en mm de alcohol, debiéndose multiplicar por 0.8 para -- convertirlo a mm de Aq.

C). Obtenemos ahora la velocidad del aire de enfriamiento, por medio - de la ecuación:

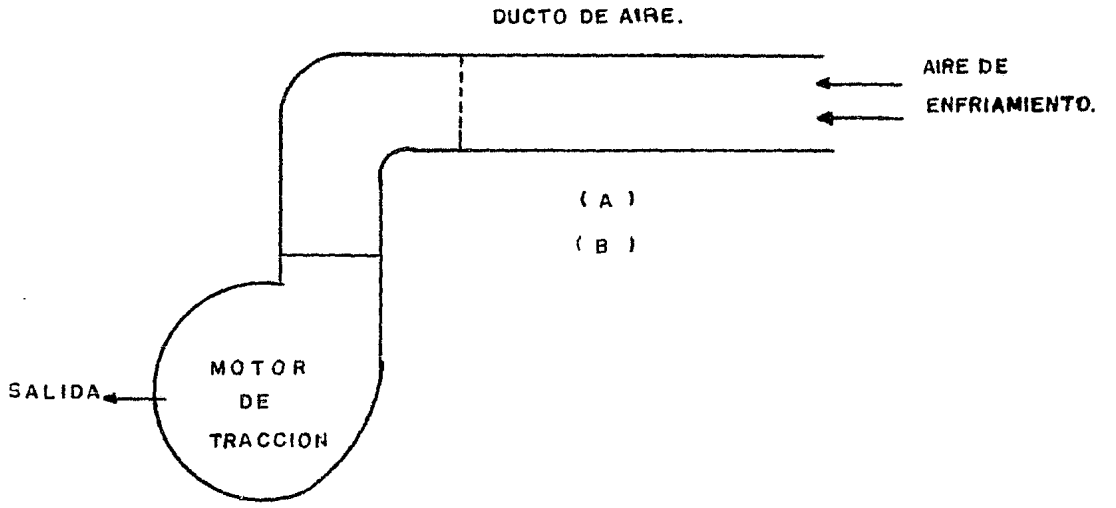
Donde: v = velocidad media del aire de enfriamiento (m/s)
t = temperatura del aire de enfriamiento (°C)
Pdm = presión dinámica promedio (mm de AQ)

D). Si conocemos el área seccional de los ductos de aire podemos calcular el volúmen del aire de enfriamiento (Q), en m^3/min., empleando la fórmula:

$$Q = 60 \times A \times v$$

E). Para la medición de la presión estática, tomamos lecturas directamente del tubo de Pitot, en tres puntos de ambos ductos, sacamos - el promedio de estas lecturas y se convierten a mm de Aq., multi-- plicando por 0.8.

DIAGRAMA.

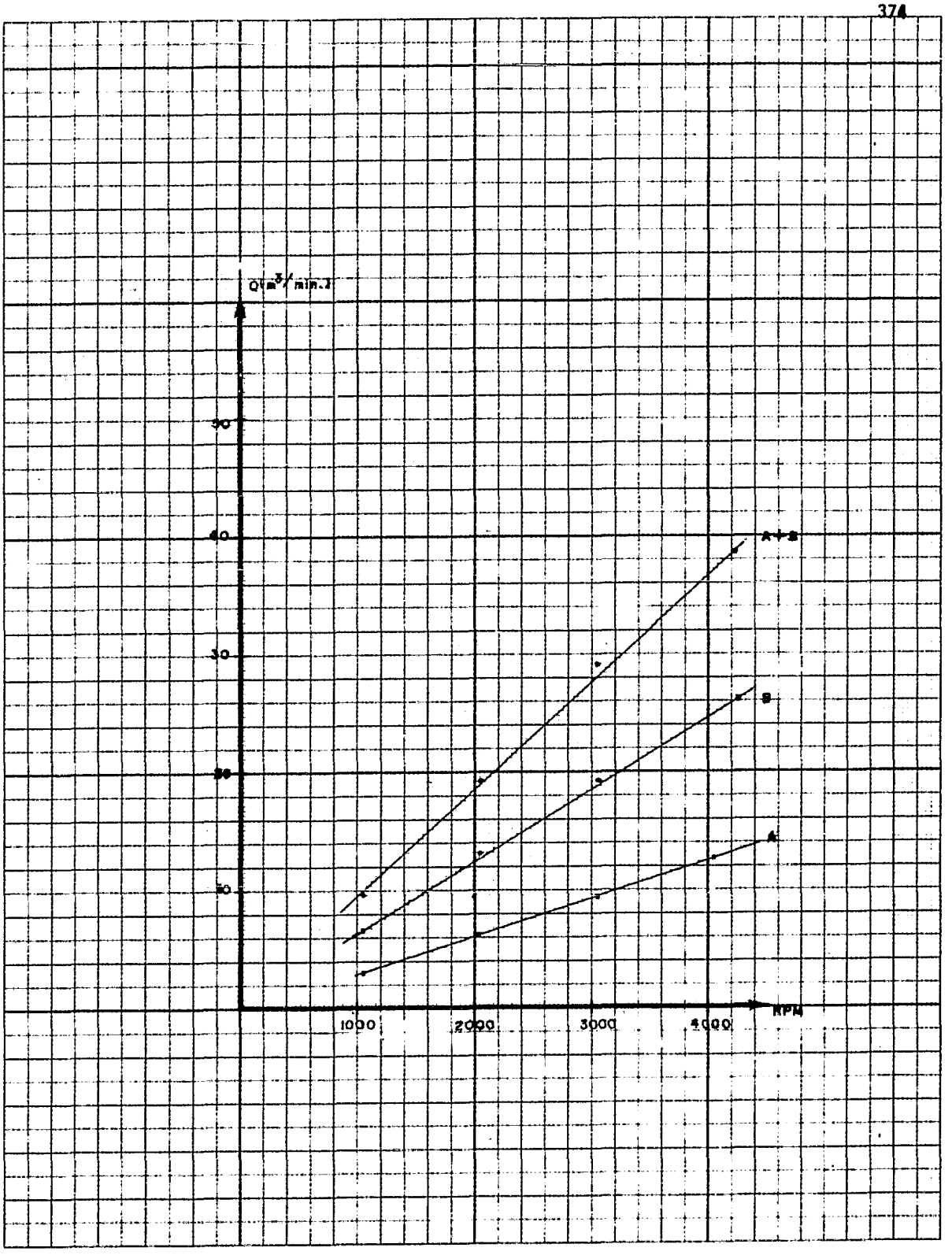


VERIFICACIONES.

A). Se debe comprobar que no existan fugas de aire en los ductos y en- las uniones de éstos con el filtro de aire del motor de tracción.

TABLA DE RESULTADOS.

VELOCIDAD DE ROTACION.:		1000	1000	2000	2000	3000	3000	4000	4000
TIPO DE DUCTO DE AIRE.:		A	B	A	B	A	B	A	B
RAZON...		1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10
mm. de ALCOHOL.	MEDICION 1	1.5	2.5	5.5	12.5	13.5	23.5	18.5	49
	MEDICION 2	1.5	2.5	5.5	11.5	13.0	26.5	24.0	48
	MEDICION 3	1.5	3:0	6.0	12.0	14.5	26.0	22.0	50
	MEDICION 4	1.5	3.0	5.5	11.5	13.0	23.0	25.5	43
	MEDICION 5	1.5	3.0	6.0	12.0	15.0	24.5	25.0	45
	MEDICION 6	1.5	3.0	5.5	11.5	14.0	26.5	25.0	43
	MEDICION 7	1.0	2.5	5.5	11.0	13.5	21.5	22.0	47
	MEDICION 8	1.5	2.5	6.0	10.0	13.5	24.0	25.0	40
	MEDICION 9	1.5	2.5	6.0	9.5	13.5	24.5	23.0	38
	TOTAL.:	13	24.5	51.5	101.5	123.5	220	210	403
	PROMEDIO.:	1.44	2.722	5.722	11.28	13.72	24.4	23.33	44.78
PROM. PRESION DINAMIC. (mm. de Agua.)		0.115	0.217	0.457	0.902	1.097	1.955	1.866	3.582
VELOCIDAD DEL AIRE. : (m/seg.)		1.382	1.898	2.752	3.863	4.261	5.687	5.556	7.697
SECCION DEL DUCTO.: (m^2)		0.038	0.056	0.038	0.056	0.038	0.056	0.038	0.056
VOLUM. AIRE VENTILACION (m^3/min.)		3.18	6.42	6.32	13.07	9.79	19.24	12.77	26.05
	2	2.5	3.5	8.5	17.5	19.0	43.5	36.0	69
	5	2.5	4.0	8.5	17.0	20.0	42.5	35.0	71
	8	2.5	4.0	8.5	17.5	19.5	43.0	37.0	68
PROMEDIO:		21.5	3.833	8.5	17.33	19.5	3.44	36.0	69.33
PROM. PRESION ESTATICA: (mm. de Agua)		0.2	0.306	0.68	1.387	1.56	3.44	2.88	5.55
TEMPERATURA DEL AIRE.: (°C)		24	24	24	24	24	24	24	24


Q(m³/min.)
50
40
30
20
10
A+B
B
A
1000
2000
3000
4000
RPM

ANEXO.

Al funcionar un ventilador, desarrolla una presión total, la cual está compuesta de: presión dinámica y presión estática: en determinadas condiciones de funcionamiento, una de éstas puede ser cero, pero nunca las dos a la vez.

La presión dinámica crea y mantiene la velocidad del aire, la presión-estática es la presión compresiva y existente en el seno del fluido y sirve para vencer los rozamientos y otras resistencias ofrecidas al paso del aire.

Las presiones estática, dinámica y total están relacionadas entre sí.

Los ventiladores, crean presiones más elevadas que la presión atmosférica, en el conducto unido a su orificio de salida, y generalmente más pequeñas, en los conductos conectados a su orificio de aspiración.

Dichas presiones, se pueden medir con la ayuda de un Tubo de Pitot, colocado en el interior del ducto de aire de ventilación, el cual combina en un solo instrumento, los orificios correspondientes a las presiones total y estática.

Si se asume entonces, que el aire de ventilación es un fluido ideal - con flujo estable se puede aplicar:

Donde: Ps = presión estática.
Ho = altura del nivel promedio.
= Densidad del aire de ventilación.
v = velocidad.

Al insertar el extremo del tubo en el ducto de aire, podemos medir la - presión estática (Ps) y la presión total (Po).

$$Po = Ps + P_d$$

Donde: $\rho = \frac{1.319 \times 10^{-3}}{1 + 0.00367\ t.}$

Entonces, podemos emplear la siguiente ecuación:

$$v = (1+0.00367\ t)\ 15.2\ Pdm$$

Donde: v = velocidad media del aire (m/s)
t = temperatura del aire (°C)
Pdm = presión dinámica media (mm de Agua)

Y conocer el volúmen del aire, con:

$$Q = 60\ X\ A\ X\ v$$

Donde: Q = volúmen del aire (m^3/minuto)
A = área seccional del ducto (m^2)
v = velocidad media del aire (m/s).

La presión estática (Ps), se mide también con el Tubo de Pitot, en mm. de Alcohol, y se transforma a mm de Agua multiplicando la lectura efectua-- da, por 0.8.

PRUEBA DE NIVEL DE RUIDO.

El objetivo de esta prueba es el de cuantificar el nivel de ruido que- es producido por el motor de tracción. Este es un factor muy importante a- considerar debido a la problemática ambiental que ocasiona un alto nivel de ruido producido.

CONDICIONES.

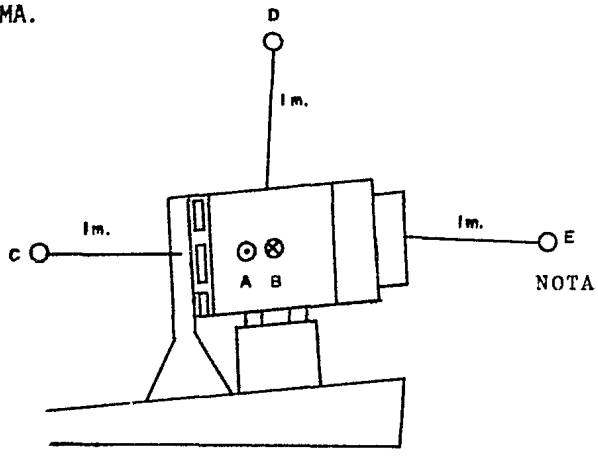
A). Colocar los decibelímetros a las distancias indicadas.
B). Hacer girar el motor a 2000, 3000 y 4000 RPM.

PROCEDIMIENTO.

Se hace girar el motor a las velocidades indicadas, y en cada una de - éstas, se debe registrar las lecturas de los decibelímetros en dos escalas- y se obtiene el promedio de las mediciones, en ambas escalas.

Además, se debe registrar con otro decibelímetro, el nivel de ruido - del medio ambiente.

DIAGRAMA.



NOTA: La distancia de la superficie del motor a los puntos A y B es la misma que a los puntos C,D y E.

VERIFICACIONES.

A). Se debe comprobar que no se rebasen los límites máximos permitidos.

RESULTADOS.

VELOCIDAD DE ROTACION (RPM) / PUNTO DE MEDICION.	2000	3000	4000	RUIDO AMBIENTE
A	85.5 dB	97.5 dB	107 dB	38 dB
B	86.0 "	97.5 "	106.5 "	38 "
C	87.0 "	96.3 "	104.5 "	38 "
D	85.3 "	97.2 "	105.5 "	38 "
E	83.5 "	94 "	103 "	38 "
Promedio.	85.5 "	96.5 "	105.3 "	38 "
A	88.0 "	98.2 "	107 "	54 "
B	88.0 "	98.3 "	106.5 "	54 "
C	90.0 "	97.4 "	104.5 "	54 "
D	87.5 "	97.4 "	105.5 "	54 "
E	87.5 "	95 "	104.3 "	54 "
Promedio.	88.2 "	97.3 "	105.6 "	54 "

PRUEBA DE INSPECCION DIMENSIONAL.

Esta prueba es realizada para la verificación de las medidas y cons- - trucción reales a las de diseño.

Por lo que las partes a inspeccionar son:

Ensamblado de armadura
Ensamblado de campo
Ensamblado de motor
Dimensiones y medidas del motor

Conjuntado las medidas de diseño con las reales las podemos simplifi-- car en la siguiente tabla:

1.- ENSAMBLADO DE ARMADURA	PRESCRIPCION	RESULTADO
Espacio entre flecha y centro	0.055 - 0.078 mm	0.060 mm
Dimensiones de la flecha	HA60153	Satisfactorio
Posición conmutador y centro de ranura.	HA60078	Satisfactorio
Diámetro del conmutador	250 $\pm$ 1.5 mm	+ 1.4 mm
Diámetro del centro	330 $\pm$ 1.0 mm	- 0.1 mm

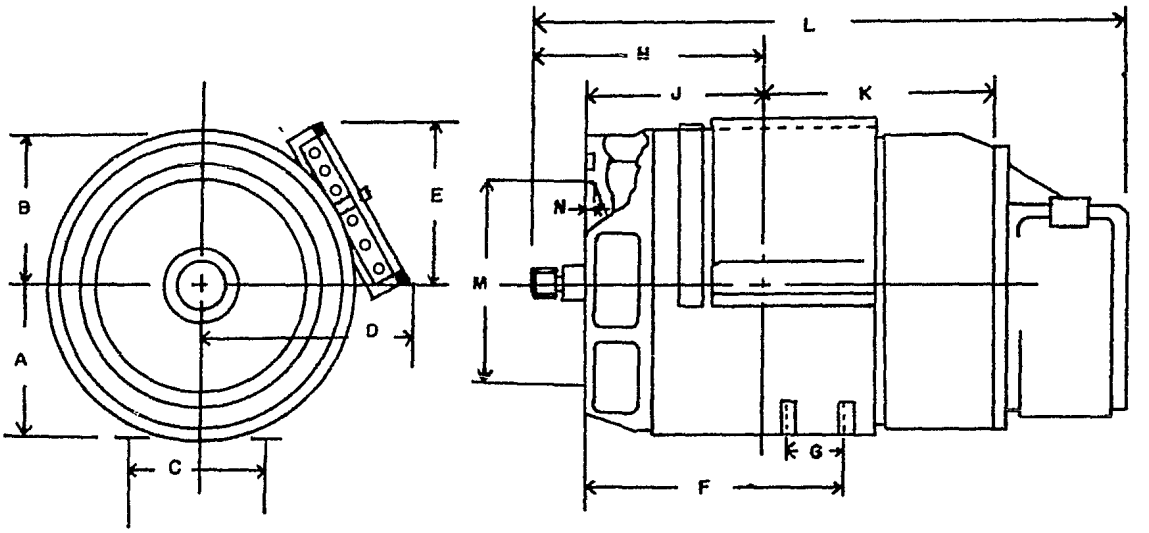
2.- ENSAMBLADO DE CAMPO

A). Distancia entre polos.		Polo N	Polo S
Polo principal - lado conmutador.	341.4 $\pm \frac{0.3}{0.25}$ mm	+ 0.02 mm	+0.12 mm
- Lado piñon		- 0.12 mm	+0.08 mm
Polo conmutador- lado conmutador.	345 $\pm \frac{0.20}{0.15}$ mm	+ 0.10 mm	+0.09 mm
- lado piñon		- 0.06 mm	-0.02 mm
B). Polo	HA64100	Satisfactorio	
C). Escobilla mango	HJ22324	Satisfactorio	
Distancia entre mango y conmutador	3 - 0.8 mm	Satisfactorio	
Escobillas	TD430 - 2	Satisfactorio	

3.- ENSAMBLADO DEL MOTOR	PRESCRIPCION	RESULTADO
Exentricidad	Máx. 0.015 mm	0.005 mm
Grasa	Shell-Alvania No. 3	Satisfactorio

Partes	Dimensiones mm.	Valor real mm.
A	275 + 0.5	+ 0.3
B	280	+ 1.3
C	280 ± 0.5	+ 0.1
D	380 max.	- 8.1
E	310 max	- 3.3
F	382.5 ± 0.5	+ 0.05
G	87.5	+ 0.2
J	250	+ 0.2
K	373	- 0.2
L	895	- 0.5
M	$394^{+0.057}_{-0.0}$	+ 0.04
N	14	+ 0.1
Peso	Aprox. 690 Kg.	691 Kg.

Y la figura es:



LIBROS CONSULTADOS.

- Machines Electriques.
  M. Kostenko Et L. Piotrovski.
  Tome 1: Machines á courant continu-transformatóurs
  Traduction: francaise, Editions Mir 1979.

- Traction Electrique Et Thermo-Electrique.
  Par: Marcel Tessier.
  Editions scientifiques Riber, 1978.

- Les Techniques de L'Electrification Ferroviaire.
  Par: F. Nouvion
  Ecole supérieure D'electricité
  Université de Paris - Société Francaise des électriciens 1969.

- The Direct Current Traction Motor.
  His design and characteristics
  By: D.A. Lightband and D.A. Bicknell.
  Londonbusiness Books limited.
  1970 First Publisited.

- Regles Applicables Aux Machines Electriques.
  Tournantes des vehicules ferroviaires et routiers
  Code Union internationale des chemins de fer code uic 619
  Tomo VI traction
  1º édition, 1-11-71.

- Diseño de Aparatos Eléctricos.
  Autor Joan H.Kuhlmann.
  Séptima impresión Agosto 1980.

- Principios de máquinas de corriente continua.
  Alexander S Langsdorf.
  Sexta Edición.