



PRUEBAS Y ESTUDIOS EFECTUADOS A MOTORES
ELECTRICOS TIPO SERIE UNIVERSAL A FIN DE
PERFECCIONAR SU FABRICACION

TESIS PROFESIONAL

FRANCISCO A. SALINAS MARTINEZ

México, D. F.

1967

A MIS PADRES.

Al Ing. Valentín R. Salinas V.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO

1100

FACULTAD DE INGENIERIA
Dirección
Núm. 73-
Exp. Núm. 73/214.2/1.-

Al Pasante señor Francisco A SALINAS MARTINEZ
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa,
me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado
por esta Dirección propuso el señor profesor Ingeniero Guillermo
López Portillo, para que lo desarrolle como tesis en su examen pro-
fesional de Ingeniero MECANICO ELECTRICISTA.

PRUEBAS Y ESTUDIOS EFECTUADOS A MOTORES ELECTRICOS
TIPO SERIE UNIVERSAL A FIN DE PERFECCIONAR SU
FABRICACION

"Deberá incluir los

siguientes puntos:

1. Introducción.
2. Descripción general del motor.- Sus partes mecánicas. Sus partes eléctricas. Características de funcionamiento.
3. Pruebas iniciales.-Pruebas de vida a motores nacionales. Pruebas de vida a motores norteamericanos de alta calidad. Resultados de la comparación entre ambos como guía de corrección.
4. Las gráficas de funcionamiento.- Normas mexicanas y extranjeras respecto de aspiradoras domésticas. Obtención de las curvas de succión y eficiencia contra gasto de aire en base a las normas. Comparación de ellas contra las de un motor similar norteamericano.
5. Las fallas del motor.- Características de los defectos. Su control. Su corrección.
6. Determinación de los valores promedio de operación.- Datos de medición. Curvas de frecuencia para cada valor. Determinación de los valores.
7. Pruebas magnéticas. El puente de Epstein. Su teoría. Curvas obtenidas.
8. El motor de doble velocidad. Consideraciones iniciales de diseño. Pruebas de perfeccionamiento. Pruebas de vida."

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar examen profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Muy atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F. 4 de Oebre. de 1967

EL DIRECTOR

Ing. Manuel Paulín Ortiz

MPO'MMO'eag.

CONTENIDO

Prólogo

Introducción

- CAP. I.- Descripción del motor y la turbina.
- CAP. II.- Pruebas iniciales.
- CAP. III.- Las gráficas de funcionamiento.
- CAP. IV.- Las fallas del motor.
- CAP. V.- Determinación de valores promedio de operación de los motores.
- CAP. VI.- Pruebas magnéticas.
- CAPT. VII.- El motor de doble velocidad.

PROLOGO

Cuando la humanidad emprendió la ruta de la Historia, a partir de nociones elementales cimentó la Ciencia. Los ahora elevados conocimientos, fueron consecuencia la mayoría de las veces, de las necesidades imperiosas, surgidas en la difícil lucha del hombre contra el medio. De ellas, como fuentes del desarrollo nació la civilización actual, pues como ahora, hace muchos siglos estremecieron fuertemente al hombre, que sólo entonces hizo florecer la Astronomía bajo los severos cielos de Caldea y Asiria.

El conocimiento, primero como privilegio de la casta sacerdotal, fué extendiéndose gradualmente y acabó refugiándose en la madre de la cultura, Grecia, en donde surgen verdaderos titanes: Sócrates luchando contra los sofistas y entregando la vida en aras de su genio; Platón, señalando al hombre como director de su destino y Aristóteles, efectuando una revisión de los métodos del pensamiento, cimentando así la Lógica.

Pero después el hombre se hunde en su egoísmo y más que nunca hasta entonces, acalla la voz del conocimiento con la sangre de las guerras, y el pueblo romano se lanza sobre el griego en su vacía desesperación por la riqueza y el poder, y en medio de esta lucha y otras más, se pierden para siempre joyas inapreciables como las bibliotecas de Pérgamo y Alejandría. Queda a pesar de todo, algo del conocimiento de Grecia, - al que por muchos siglos la humanidad de entonces se aferra con desesperación, matando a los que intentan mejorarlo, como consecuencia de aquella época caótica.

Sin embargo, madura poco a poco el hombre y al pasar el tiempo es convencido de su error, pero muchos siglos se habían perdido ya. Hasta hace poco empezó a preocuparse por la Ciencia de manera más positiva, haciendo propicio el surgimiento de los hombres notables que conocemos, - aunque no en su totalidad.

En la época feudal, el sistema de producción de satisfactores que tenía como base a los artesanos, era deficiente dada su falta de unidad. La revolución industrial en Inglaterra, origina su aglutinamiento y surge entonces la clase obrera y la necesidad de un perfeccionamiento en la producción, a veces en base a los conocimientos teóricos, otras en contra de ellos, es este momento el que viene a plantear el definitivo -

avance de la Ingeniería Mecánica y poco después de la Eléctrica.

"La técnica no es en modo alguno, pensamos nosotros, aplicación práctica de la ciencia. Por el contrario, se desarrolla contra la ciencia. El eminente matemático y astrónomo Simón Newcomb demuestra - que lo más pesado que el aire no puede volar. Dos reparadores de bicicletas probarán que estaba equivocado. Rutherford y Millikan demuestran que jamás se podrán explotar las reservas de energía del núcleo -- atómico. Y estalla la bomba de Hiroshima". (Pauwels y Bergier.)

Tanta influencia ha llegado a adquirir la Ingeniería al presente, que la tergiversación de sus metas verdaderas, nos ha conducido al momento crítico que estamos viviendo. En la Ingeniería se apoya gran parte del futuro de todo.

Terminemos con algunas palabras de los autores antes citados: (Al ingeniero) "Le atrae una aspiración mágica. Quiere ver detrás del muro, ir a Marte, capturar el rayo, fabricar oro. No busca lucro ni gloria. Busca sorprender al universo en flagrante delito de ocultación."

INTRODUCCION

En esta tesis se describen las pruebas, mediciones, cálculos y en base a ellos, las mejoras llevadas a cabo en el Laboratorio de Ingeniería de la compañía Koblenz Eléctrica, S. A., a un motor eléctrico de tipo serie universal que se emplea para dar movimiento a un ventilador centrífugo, que al estar girando provoca en su entrada de aire una presión negativa. Esta succión se utiliza para hacer funcionar aspiradoras domésticas.

Puesto que el motor empleado tiene una conexión serie, nunca debe hacerse trabajar sin la carga del ventilador, dado el peligro de dañar el motor, al hacerlo girar a la elevada velocidad angular con — que estos motores funcionan cuando se les hace operar en vacío. Es — por eso que en la práctica se acostumbra denominar como "motor", al — conjunto "motor - ventilador" y en este trabajo seguiremos esta conven — ción, especificando cuando se requiera, el momento en que se trate del motor solo, sin ventilador.

También se acostumbra referirse al "ventilador centrífugo", — con la palabra "Turbina" y aquí la usaremos en éste sentido.

De la misma manera, hablar del grupo motor-turbina, deberá — entenderse como aludir al grupo motor-ventilador y en este caso, si se hace la distinción entre el motor propiamente dicho y el ventilador o — turbina.

El motor va montado en posición vertical y con la turbina — hacia arriba, dentro de una caja de metal dividida en dos cámaras, la — superior y más grande es en la que existe una presión negativa y en la que se alojan una bolsa colectora de polvo y dos filtros para evitar — el paso de polvo hasta el motor. Esta zona, llamada "cámara de vacío", — tiene una perforación a la que se conecta la manguera común en estos — casos.

La otra cámara, denominada de "aire caliente", recibe el ai — re limpio que ha salido de la turbina y ha pasado a través del motor — enfriándolo y lo arroja a la atmósfera, mediante otra perforación a la que puede también ser conectada la manguera cuando la aspiradora quie —

ra usarse como soplador.

Alguna experiencia se tenía al empezar a fabricar el motor; - el método de fabricación se había determinado, pero aún no se había pues to a prueba con la línea de ensamble en pleno funcionamiento y por ello su conocimiento no era completo. Algo más se sabía de las fallas de - las partes, tanto eléctricas como mecánicas y un poco menos de sus orígenes.

Se habían efectuado pruebas de tipo funcional con motores similares al que se comenzaba a fabricar y algunos de los construidos en la planta, para determinar los materiales más adecuados y tener además los conocimientos básicos de su forma de operar, de sus defectos y así poder construir la línea de armado en la mejor forma.

También se tenían anotaciones de ensayos a muestras de láminas magnéticas, de las que se obtuvieron sus curvas de imanación (Curvas - B-H). Se habían hecho mediciones poniendo en el motor Koblenz, partes de los de otras fábricas con el fin de notar diferencias. Habían sido probados varios materiales, como se dijo antes, etc.

Tales experimentos constituían una muy buena base para continuar con otros y de este modo mejorar la fabricación, logrando el principal fin: un motor de calidad.

Para poder establecer hasta que punto el motor era bueno o malo y saber que tanto podría exigirse de él, se hacía necesaria una comparación contra algún motor similar de alta calidad y así, después de estudiar varios, se eligió el motor fabricado por la compañía Lamb - Electric, que es una división de la Ametek, Inc. de Kent, Ohio., fábrica que en los Estados Unidos de Norteamérica manufactura algunos de los motores de más alta calidad con gran producción y exporta sus productos a varios países del mundo.

Se escribió a dicha compañía solicitando datos técnicos, que en forma de catálogos envió y con los que se pudo continuar el trabajo de modo satisfactorio.

Al darse la orden de comenzar la fabricación, ésta fué inicia

da con 10 motores que se someterían a pruebas muy severas, pues servirían para dar suficiente seguridad al producir en gran escala.

Los 10 motores fueron exhaustivamente examinados en cuanto a su armado, después fueron medidos a su voltaje nominal de 120 volts., -- determinando los valores de corriente y potencia real consumidas, así -- como la presión de vacío que alcanzaban y la velocidad en rpm, sin montarlos dentro de cubiertas para aspiradora; posteriormente se sometieron cinco a una prueba de vida de la que se llevaban anotaciones diarias.

El hecho de que antes de comenzar a fabricar el motor de Koblenz Eléctrica, se construyeran aspiradoras haciendo uso de motores fabricados en México por otra compañía y además de motores norteamericanos, permitió que al estar terminados los 10 primeros motores, se conocieran con bastante seguridad los defectos más normales en ellos.

Se destacaban por su mayor frecuencia, las fallas por ruido o destrucción de los baleros del motor, la de los porta escobillas de plástico fundidos, la de armaduras y/o bobinados del estator (llamados -- campos) quemados, la de funcionamiento del motor con chispa de conmutación muy alta, tanto que destruía los conmutadores y las escobillas de carbón; la presencia de fuertes vibraciones en el motor al funcionar, -- desprendimiento de polvo del carbón de las escobillas y otras menos -- importantes. Estos defectos habían sido observados en los motores que la fábrica compraba y habían sido anotados cuidadosamente en un control de descomposturas, en que se registraban semanalmente, los daños que -- presentaban todos aquellos motores llegados al departamento de servicio de la compañía. Verdaderamente útil este control, señalaba con enorme fidelidad todo aquello que debía corregirse en orden de importancia.

La corrección de las deficiencias enumeradas y de las otras -- menores, podía lograrse solamente conociendo el origen u orígenes de -- ellas con absoluta certeza, esto implicó la necesidad de desarmar gran cantidad de motores afectados y en buen estado, a fin de compararlos y provocando defectos intencionales en motores buenos, observar las fallas que presentaban al hacerlos trabajar; Obligó también a estudiar catálogos, libros y alguna literatura que describiera aquellas partes que con

tinuamente aparecían dañadas, etc. Una vez determinado el origen se proponía una solución que se trasladaba a la práctica de inmediato y se comprobaban las conclusiones de los estudios y observaciones sometiendo a varios motores a condiciones severas de funcionamiento que día a día y a veces hora a hora se anotaban en cuadros resumen debidamente diseñados.

Eran pues las pruebas, las que en último término y en forma definitiva, aseguraban el éxito o el fracaso en el vencimiento de los problemas. Las pruebas eran el arma principal de las soluciones,

En los capítulos correspondientes se describe la manera en que la experimentación fué aplicada a cada caso, para resolver las deficiencias que aparecían en el grupo motor - turbina.

Fué necesario encontrar los valores promedio entre los que funcionaban los motores, una vez que la línea de ensamble se hizo trabajar. Para ello se tomaban diariamente algunos motores de ella al .. azar, se les practicaban lecturas y éstas se anotaban. Así y después de muchos días, se tuvo una cantidad suficiente de datos, para poder trazar curvas de frecuencias muy usadas en estadística y a través de ellas se concluyeron los valores promedio buscados.

Es imprescindible para un fabricante el trabajar en base a normas y en Koblenz fueron consultadas las normas mexicanas, norteamericanas y argentinas para aspiradoras domésticas, a fin de hacer que el motor estuviera dentro de ellas. En dichas normas se dan, entre .. otras cosas, fórmulas prácticas para calcular los principales parámetros de los motores para aspiradoras, métodos para el trazo de varias curvas que dan idea de la calidad de su funcionamiento, empleando aparatos cuyas dimensiones se especifican en las mismas normas. Siguién dolas, fueron encontradas las del motor Koblenz que se hallarán en el Capítulo III.

Cuando el control de fallas acusaba un porcentaje bajo de defectos sobre la producción total y que existía poca frecuencia en la

aparición de alguna, el motor funcionaba bastante satisfactoriamente, sin embargo no se olvidaron las pruebas, se ordenó que se efectuaran pruebas de vida permanentes, a motores escogidos al azar en la línea de producción, para poder notar nuevos defectos o bien localizar en la forma más breve los que volvieron a surgir. Esto último es debido a que cuando casi no existen problemas al fabricar cualquier cosa, a veces la sustitución de una persona que domina su trabajo por una nueva, o tras la descompostura de una máquina no descubierta a tiempo o bien los vicios en que llegan a caer las personas que efectúan el trabajo manual, hace que reaparezcan problemas que se daban por resueltos.

Con el fin de ofrecer una aspiradora más completa y moderna, fué necesario diseñar, construir y mejorar, un motor de dos velocidades. La baja velocidad sería usada al hacer la limpieza por succión de artículos delicados tales como telas finas y delgadas y la velocidad más alta, para el servicio pesado normal al limpiar pisos, paredes, alfombras, etc.

Se encontraron dos sistemas, con los que puede lograrse tal objeto, se diseñó un motor que cumpliera con las características deseadas y se construyó. Pero en general, es siempre necesario hacer muchos ensayos antes de obtener un resultado definitivo y aquí sucedió lo mismo. Tras bastantes pruebas, pudo al fin hallarse un punto óptimo que aun se está perfeccionando.

Es esta, de manera general, la forma en que se efectuaron los ensayos de perfeccionamiento que del laboratorio se introducían a la línea de ensamble de motores, y es de lo que tratan los capítulos siguientes, con más detalles.

CAPITULO I.

Descripción del motor y la turbina.

Se han esbozado ya en la introducción algunas de las características del conjunto motor - ventilador. Se ha dicho ya, por ejemplo, que el motor es de tipo universal, que tiene conectados en serie la armadura y los bobinados de campo y que la turbina es un ventilador centrífugo que provoca una succión. Pero aunque el motor es bastante sencillo, es necesario profundizar en su estructura y estudiarlo con mayor detenimiento, a fin de comprender los capítulos de adelante.

Es bien sabido que los motores de tipo universal son ampliamente usados, en aparatos pequeños, que requieren alta velocidad, con un buen par de arranque y potencias abajo de $3/4$ H.P. Tienen la ventaja de que pueden ser usados tanto en corriente directa como alterna.

Los motores de tipo universal tienen la característica de que su relación de potencia de salida respecto a su peso, es mucho más alta que en los motores ordinarios. Además su par de arranque es de 3 a 4 veces el par a carga normal.

Estos motores deben construirse con campos débiles para reducir las dificultades en la conmutación y el núcleo del estator debe ser laminado. Las escobillas de carbón deben tener alta resistencia para limitar la corriente circulante debida al efecto de transformador que aparece en las bobinas que cortocircuitan. En algunos casos se usan devanados de compensación, que en los motores de poca potencia no son necesarios, dado que la corriente de armadura es tan pequeña que elimina los problemas de conmutación.

Aludimos también antes, que estos motores como todos los de conexión serie, tienden a aumentar grandemente su velocidad al perder la carga. Sin embargo en los motores pequeños la fricción y las pérdidas en los devanados son suficientes para hacer que esta velocidad de carga nula tenga un límite seguro y no se destruya el motor al alcanzarla. Puede aún así montarse en el motor un gobernador centrífugo de velocidad, que limita la corriente haciendo uso de resistencias.

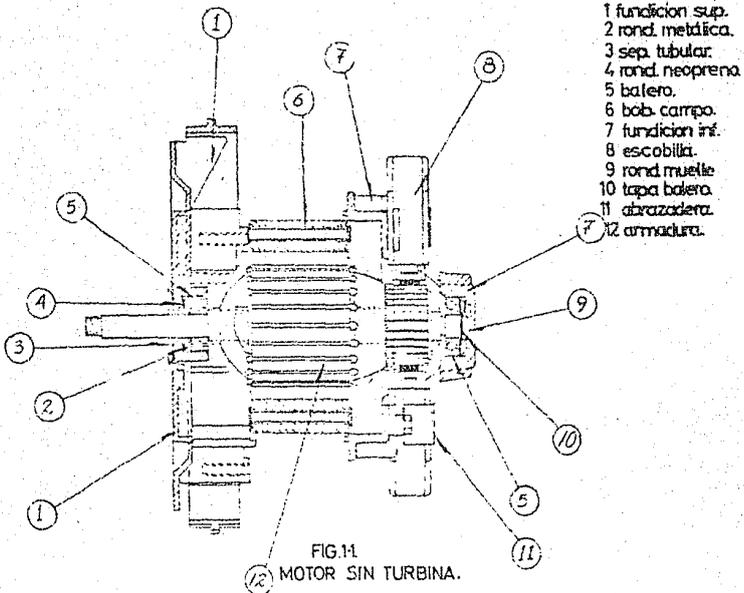
En particular, el motor Koblenz tiene 2 polos y es de una so-

la velocidad. El rotor está montado sobre baleros y está formado por una flecha de acero "cold rolled" que, mediante unas estrias practicadas en su superficie retiene el paquete de laminación de acero al silicio. En la misma flecha y también montados a presión, se ensamblan el conmutador y los baleros. (Ver fig. 1-2)

Todas aquellas áreas que pueden ser tocadas por el embobinado de esta pieza, se encuentran aisladas con fibra roja y papel nuto flex, sobre los cuales se depositan los conductores de cobre del bobinado de armadura que quedan, de este modo, bien aislados de las partes conductoras que no deben transportar corriente. Una vez hecho el bobinado sobre la laminación, las ranuras se cierran con cuñas de fibra roja para evitar que los bobinados se salgan de su posición por fuerza centrífuga, al hacer girar el motor a las altas velocidades a las que funciona. Las conexiones del devanado a las delgas del conmutador se fijan mediante soldadura de puntos y además con un amarre de cáñamo resistente practicado junto al conmutador. Este conjunto es, después de construido, barnizado e introducido a un horno eléctrico que provoca la polimerización del barniz, quedando todos los componentes del rotor firmemente unidos entre sí.

Los baleros de la armadura, se alojan dentro de 2 tapas de aluminio fundidas a presión y maquinadas. Estas 2 tapas se denominan superior e inferior respectivamente, en relación a la posición que guardan una respecto a la otra, en la postura normal de trabajo del motor, es decir, con la turbina hacia arriba. Más adelante será necesario aplicar esta misma convención a otras partes del conjunto motor - ventilador.

Volviendo nuevamente a las tapas fundidas, cada una tiene torneado un hueco cilíndrico (llamado caja) dentro del que, aparte del balero y su arandela metálica de cierre, se introduce una rondana muelle en la tapa inferior fundida, (Pieza 9 Fig. 1-1), sobre cuyo objeto hablaremos en el capítulo IV; y en la "caja" de la tapa superior fundida se coloca una rondana de neopreno, de la que igualmente hablaremos después. (Pieza 4, Fig. 1 - 1).



Entre las dos fundiciones y sirviendo de apoyo a las mismas se encuentra la laminación de acero al silicio del estator, sobre la que van devanadas las bobinas de campo. Este paquete de lámina se hace rígido, empleando 4 remaches de aluminio, y están también aislados con papel nuto flex los bobinados, de las partes conductoras de la laminación. Los dos extremos de cada bobina van, uno de ellos a la terminal de una escobilla, el otro a un cable de conexión desde el que se alimenta el motor y sale para ello al exterior del mismo, por la tapa inferior fundida. Este ensamble es también terminado sólidamente, con un baño de barniz polimerizado en horno.

El armado de los pro-ensambles anteriores, queda retenido mediante dos tornillos laterales al motor, que pasan desde la fundición inferior y penetran en barrenos con cuerda maquinados en la tapa superior fundida.

Las escobillas están formadas de una cubierta exterior de nylon, dentro de la cual se introduce a presión una pieza de latón extruida; a su vez dentro de ésta corre el carbón, cuyo cable de conexión atravesando un resorte, va soldado a una pequeña pieza denominada "ca-

"puchón", que se sujeta a la pieza extruida. El resorte apoya uno de sus extremos en el "capuchón" y el otro en la pastilla de carbón. Así, esta pieza puede salir hasta un límite determinado por la longitud del cable de conexión y puede penetrar totalmente en la pieza de latón, pero en todo momento el resorte actúa sobre ella, obligándola a salir del interior de la escobilla y haciendo que montada en el motor, tenga contacto permanente con el conmutador.

El montaje de las escobillas en su posición, sobre la tapa inferior fundida, se efectúa mediante abrazaderas de lámina atornilladas a la misma en dos puntos. La escobilla ensamblada queda así fijada en su posición que debe ser permanente, pues debe poderse mantener el ajuste que con el tiempo toma la escobilla sobre el conmutador. (Pieza 11 de la Fig. 1 - 1). Esta forma de montaje de la escobilla la hace intercambiable con su cubierta aislante. El ensamble de la turbina al motor, se hace a través de la fundición superior, a la que se cubre en su cara inferior, siempre en relación a la posición de trabajo del motor con la turbina hacia arriba, con una tapa de lámina embutida y troquelada llamada "tapa inferior de turbina".

La armadura al ser montada, hace pasar la parte más larga de su flecha por una perforación de 1/2 pulgada, localizada al centro de la tapa superior fundida, y a su vez introducidos y fijos respecto a la flecha mediante una arandela y una tuerca en su extremo superior, se ensamblan en el orden siguiente y desde abajo hacia arriba las siguientes partes todas móviles: Un separador llamado "separador tubular" que se apoya en la pista central del balero superior; un rodete o impulsor de 6 álabes (Ya que la turbina es de 2 pasos hay 2 rodetes) - otro separador, denominado "separador cóncavo" y un segundo rodete de aluminio como el anterior. Entre los dos impulsores, totalmente separado de ellos se ensambla a presión sobre la fundición superior se encuentra el difusor (Pieza 7 Fig. 1 - 2), que tiene también aletas y sirve para conducir el aire que sale del primer rodete y alimentarlo por el centro del segundo, que lo descarga sobre las partes del motor - propiamente dicho, a través de los huecos de la fundición superior.

También separada de toda parte móvil, encontramos introduci

da a presión sobre la base del difusor, la tapa superior de turbina, por cuya perforación central penetra el aire a todo el conjunto descrito.

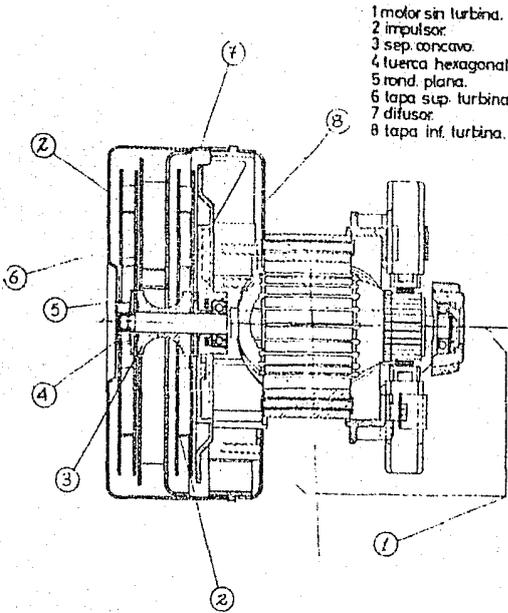


FIG.1-2.
MOTOR CON TURBINA.

En cuanto a las partes eléctricas, comencemos por la conexión del circuito total que es como sigue:

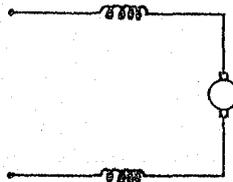
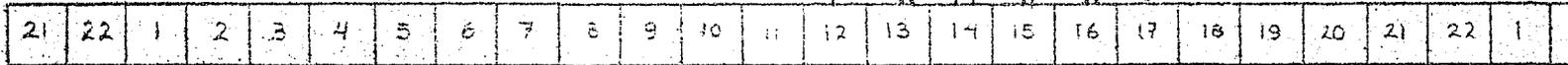
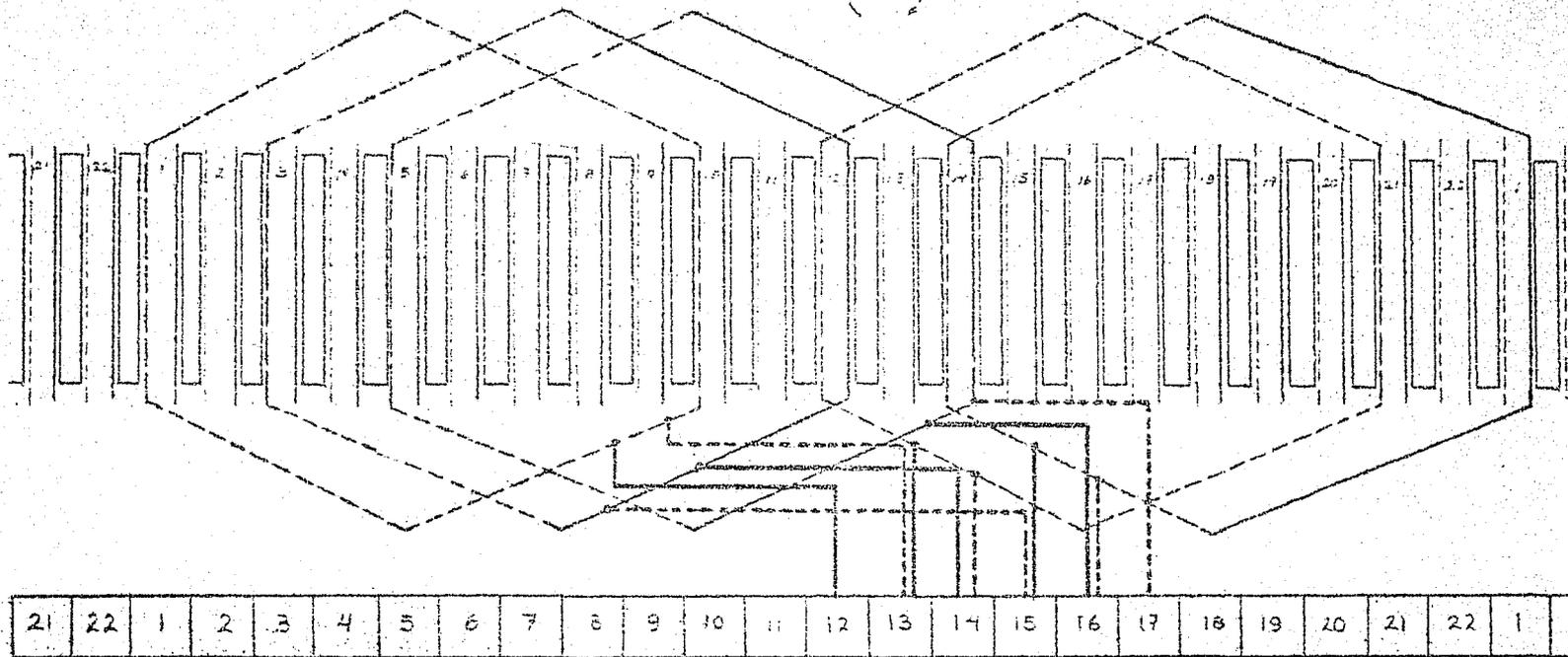


FIG.1-3.
conexión del motor.

El embobinado del estator consta de dos arrollamientos cada uno con 95 vueltas de alambre de cobre doble formanel del número 20; cada bobina se dispone sobre una de las dos piezas polares. Estos bobinados se aplican directamente sobre la laminación previamente aislada, -- por una máquina bobinadora semiautomática. En la armadura se emplea --



SENTIDO DE DEVANADO DE BOBINAS.



GIRO ARMADURA.

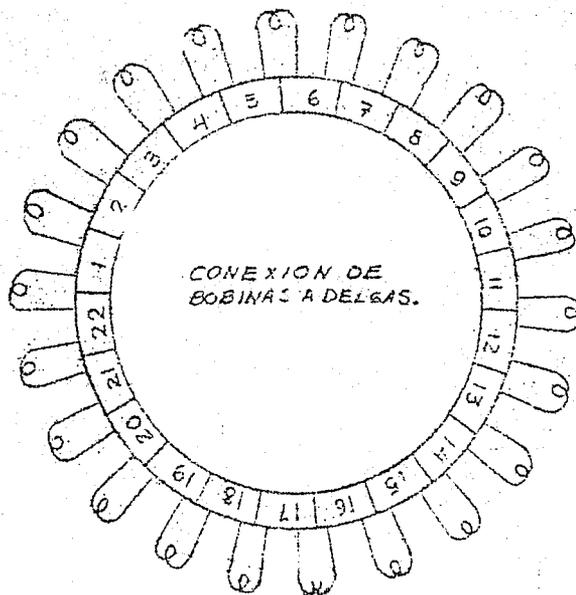


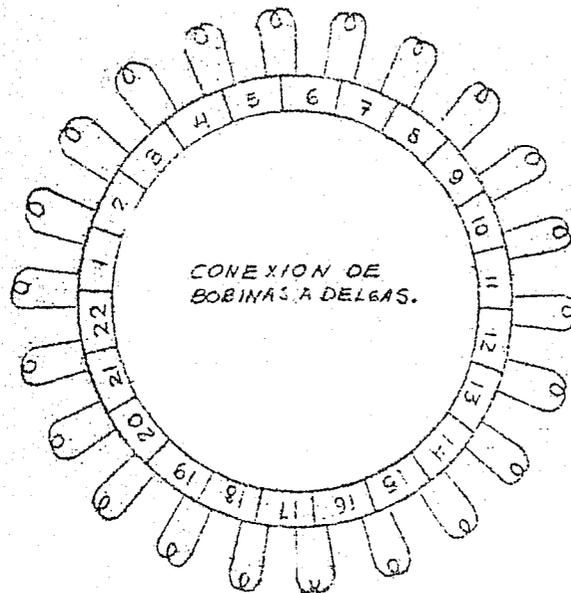
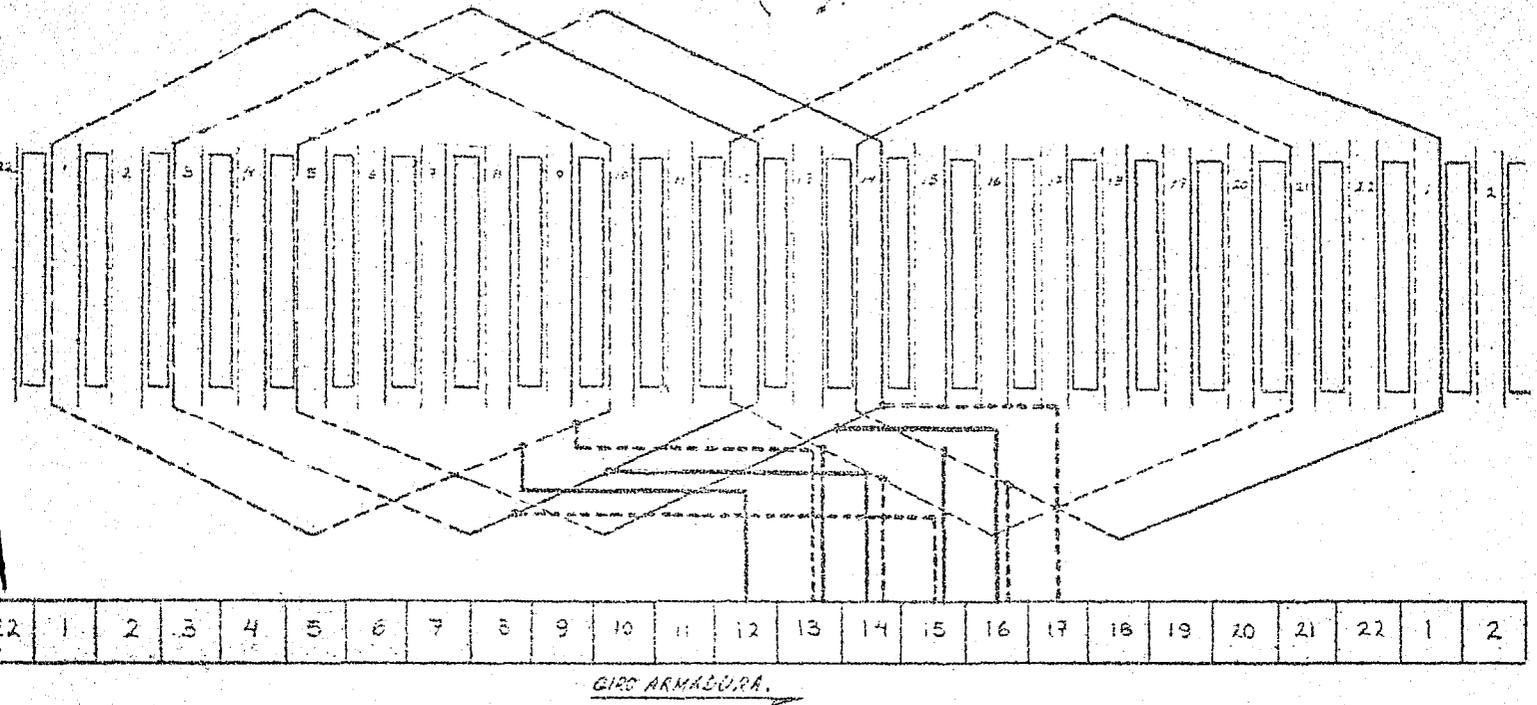
TABLA DEL DEVANADO KOBL

1	-	10
12	-	21
3	-	12
14	-	7
5	-	14
16	-	3
7	-	16
18	-	8
9	-	18
20	-	4
11	-	20
22	-	9
13	-	22
2	-	11
15	-	2
4	-	13
17	-	4
6	-	15
19	-	6
8	-	7
21	-	5
10	-	19

* EN CONEXIONES A DELGAS, LAS LINEAS CONTINUAS (—) REPRESENTAN PRINCIPIO DE BOBINAS; LAS LINEAS PUNTEADAS (---), FINAL

FIG.14.
BOBINADO DE ARMADURA.

SENTIDO DE DEVANADO DE BOBINAS.



1	-	10
12	-	21
3	-	12
14	-	7
5	-	14
16	-	3
7	-	16
18	-	5
9	-	18
20	-	7
11	-	20
22	-	9
13	-	22
2	-	11
15	-	2
4	-	15
17	-	4
6	-	17
19	-	6
8	-	19
21	-	8
10	-	21

* EN CONEXIONES A DELGAS, LAS LINEAS CONTINUAS (—) REPRESENTAN PRINCIPIO DE BOBINA; LAS LINEAS PUNTEADAS (---), FINALES.

FIG.14.
BOBINADO DE ARMADURA.

también alambre de cobre con un aislamiento más resistente como lo es el doble termanel nylon y la sección del alambre correspondiente al número 24 awg.

El bobinado de la armadura es imbricado de 13 $\frac{\text{Vtas.}}{\text{bob.}}$, abarcando cada bobina 10 ranuras, incluyendo las que alojan los dos lados de bobina. No es posible hablar en este tipo de bobinados, de pasos anterior y posterior como en los embobinados clásicos, dada la disposición especial de las bobinas en las ranuras, debido a la manera de ejecutar el arrollamiento para hacer rápida su elaboración. Por la razón anterior en la tabla del bobinado que se encuentra en la figura No. 1 - 4, los números indican ranuras y no números de lados de bobina como es costumbre usar. En dicha tabla deberá entenderse, si ya se ha anotado un número y el mismo se repite más abajo, que éste segundo lado de bobina que penetra en la misma ranura que el primero, quedará encima de éste ocupando no el fondo, sino la parte superior de ella como es lógico.

Resumiendo, es posible deducir de todo lo anterior, que el motor eléctrico mueve al grupo de dos rodetes encerrados dentro de una cubierta por cuya entrada penetra aire, que los impulsores descargan en las partes del motor con el fin de enfriarlas, para después expulsarlo nuevamente a la atmósfera.

El conjunto motor - impulsor es usado en una aspiradora tipo doméstico, de la cual los impulsores son la parte principal. Este conjunto está diseñado para emplearse en ambientes secos y para manejar siempre aire limpio, por lo que la aspiradora debe proveerse, además de la bolsa colectora de polvo, de filtros que retengan las partículas más finas que logren pasar a través de ella y puedan penetrar en el motor. Las dimensiones generales exteriores pueden ser llamadas en la figura No. 1 - 5.

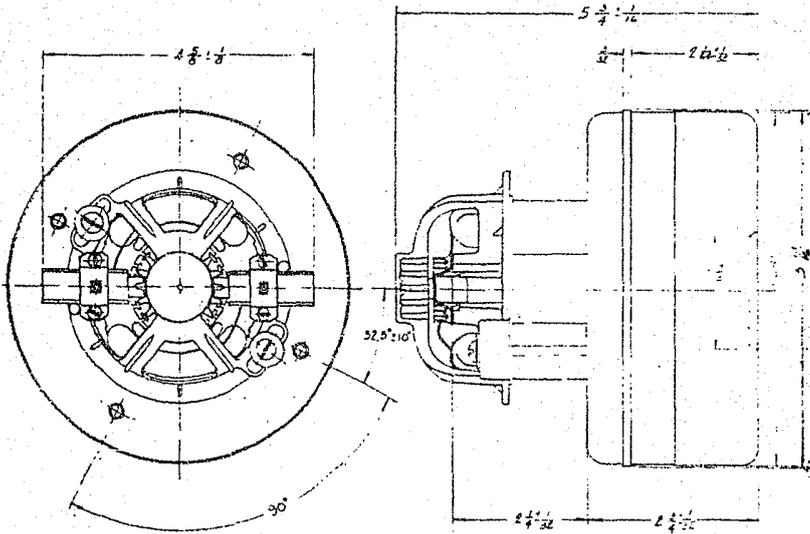


FIG.15.
DIMENSIONES GRALES. DE
MOTOR Y TURBINA.

Daremos en seguida algunas características del conjunto, - empezando por las temperaturas de las distintas partes. Estas temperaturas de funcionamiento son muy variables, de acuerdo al gasto de - aire que se permita penetrar a los impulsores. Con el motor dentro - de la cubierta metálica, con perforación de descarga abierta y perforación de succión de 30 mm. de diámetro, las temperaturas de las partes listadas en seguida, no deben exceder los valores que se anotan a la derecha:

PARTE	TEMP. °C
Bobinados de alambre impregnados con barniz	70
Conmutador	100
Laminación y otras partes cercanas a los bobinados	66
Partes metálicas externas	60
Partes metálicas porta--escobillas	100

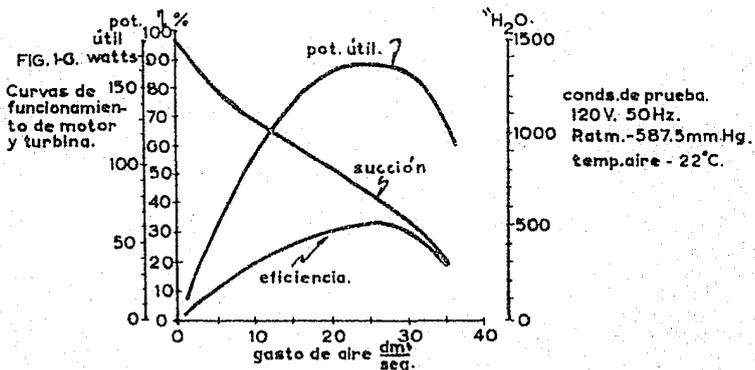
Otras especificaciones del conjunto motor . impulsor son -

las listadas abajo:

Voltaje nominal de operación	120 volts.
Frecuencias de operación	25 a 60 Hz
Potencias nominal 120 V. 50 Hz	700 Watts.
Corriente nominal 120 V. 50 Hz	5.8 Amps
Velocidad 120 V. 50 Hz	18000 rpm.
Presión de vacío a cero gasto de aire, 120 V. 50 Hz y 2200 msnm.	1500 mm. H ₂ O
Rendimiento máximo	32 %
Vida del juego inicial de escobillas.	800 Hz. (aprox.)
Resistencia de aislamiento	más de 2 MΩ.
Corriente de fuga	500 μA.

Además el motor soporta como una prueba durante 10 segundos, la aplicación de 1500 Volts. C.A. 50 Hz entre sus puntas terminales y la laminación del campo, como lo especifica la norma nacional para aspiradores domésticos, de acuerdo a la cual los datos anteriores fueron determinados.

También en base a la misma norma, se encontraron las curvas del motor, en que se trazan las formas de variación de la presión de vacío, la eficiencia y la potencia útil, todas con respecto al --gasto de aire, representado en el eje de las abscisas de la figura -- 1 - 6.



CAPITULO II.

Pruebas Iniciales.

Se hacía necesario antes que nada, conocer el motor con el mayor detalle posible. No se podía actuar, como es lógico, antes de haber llevado a cabo pruebas que proporcionaran los puntos a atacar en el motor que se empezaba a producir. De aquí que se llevaran al laboratorio los primeros cinco motores construidos y se les sometiera a pruebas de revisión constante.

No hubo razón alguna para elegir en especial cinco motores, el número se determinó al azar y en verdad, debieron probarse más, para obtener resultados más seguros y mejor definidos. Afortunadamente, la prueba no mintió y los datos que se sustrajeron de ella, fueron ciertos en todo y pudieron usarse como buenos resultados.

Puesto que era el primer análisis de este tipo practicado al motor, la experiencia en cuanto a la manera de anotar los resultados de las observaciones era mínima y esto se reflejó y se nota, en los resúmenes que siguen, relacionados con las revisiones que se practicaban a los motores Koblenz.

No pasó lo mismo al analizar y anotar los resultados de la prueba similar, pero más completa, a que se sometieron 4 motores Lamb, cuyas conclusiones, bastante resumidas y claras, se describieron en cuadros y en esta forma se encuentran en este capítulo.

A continuación se listarán las anotaciones de lo observado a lo largo de la prueba en los motores Koblenz y Lamb, motor por motor, lo mismo que al final se encontrarán las conclusiones obtenidas de la comparación entre los resultados de ellas.

Prueba de motores Koblenz.

Teniendo los 5 motores en el laboratorio, se les hicieron medidas previas a la prueba de vida consistentes en anotar su forma de trabajar y algunos valores medidos con aparatos. Estos valores fueron, a 50 H_z siempre: el voltaje de prueba, el amperaje, las revoluciones por minuto y la potencia consumida, haciendo funcionar el grupo motor - turbina libre de toda cubierta en dos condiciones: con la entrada de aire libre y con la misma totalmente obstruida. Después de lograr las notas antedichas, los motores se montaron en cubiertas para aspiradora y se dejaban trabajar durante periodos muy largos (de 20 hs. y más) al final de las cuales, el motor se extraía de la caja cobertora y se revisaba, escribiendo las nuevas observaciones y mediciones y volviendo después a montar el motor en su caja metálica a dejarle funcionar otro lapso antes de volverlo a sacar.

Debido a que adjuntos a estos ensayos se tenían muchas otras actividades, los periodos de revisión no fueron iguales. En la misma situación de alteración se tuvo la idea inicial de que dichos lapsos los trabajara el motor en forma continua, cosa que no pudo lograrse puesto que en los lugares en que los motores podían conectarse a las líneas de energía eléctrica, se requería, o bien espacio para trabajar, o silencio relativo. Estas dos razones, causaron muchas veces que en las horas de trabajo de la fábrica se tuvieran detenidas las pruebas hasta la hora de salida, ocasionando además la necesidad de un control diario de tiempo bastante exacto, que se efectuaba en forma escrita. Pasemos ahora a las anotaciones de los ensayos a los 5 motores Koblenz, que fueron marcados respectivamente como K-1, K-2, K-3, K-4 y K-5.

Motor K - 1

Revisión 1.

0 hs. de trabajo.

Entrada de aire descubierta:

117 Volts, 6 Amp. 17200 rpm. 560 Watts.

Entrada de aire obstruida:

117 Volts. 3.8 Amp. 280 Watts.

Nota— El valor de la velocidad angular no fué posible medirlo, puesto que con la entrada de aire obstruida, se eliminaba el único medio de acceso al extremo de la flecha para poder emplear el tacómetro y no se disponía de un estroboscópico.

Funcionamiento del motor:

Sin ruido en los rodamientos, buena chispa.

- o -

Revisión 2.

21 hs. de trabajo.

Entrada de aire descubierta:

117 Volts. 5.8 Amp. 17000 rpm. 520 Watts.

Entrada de aire obstruida:

117 Volts. 3.6 Amp. 280 Watts.

Funcionamiento del motor:

Los carbones pintaron bien, poca expulsión de polvo de carbón, chispa normal.

- o -

Revisión 3.

92 hs. de trabajo.

Entrada de aire descubierta:

117 Volts. 5.7 Amp. 17000 rpm. 540 Watts.

Entrada de aire obstruida:

117 Volts. 3.6 Amp. 300 Watts.

Funcionamiento del motor:

Poco polvo de carbón desprendido, y chillido por rozamiento de una escobilla con el conmutador.

- o -

Revisión 4.

151.5 hs. de trabajo:

Entrada de aire descubierto:

117 Volts. 5.6 Amp. 17000 rpm. 520 Watts.

Entrada de aire obstruida:

117 Volts. 3.6 Amp. 300 Watts.

Funcionamiento del motor:

Poco polvo de carbón, muy buena chispa, conmutador bien pintado, se ha hecho debil el chillido de escobilla.

r o r

Revisión 5.

197 hs. de trabajo.

Entrada de aire descubierta:

117 Volts. 5.65 Amp. 16900 rpm. 530 Watts.

Entrada de aire obstruida:

117 Volts. 3.61 Amp. 310 Watts.

Funcionamiento del motor:

Chispa muy buena, ligero ruido de un balero, casi no vibra. El motor desprendió más polvo de carbón que las veces anteriores se limpiará la salida de aire caliente para apreciar la cantidad desprendida aproximadamente.

Al siguiente día de esta limpieza se notó fuerte lanzamiento de polvo de carbón, que después de redujo.

Revisión 6.

462 hs. de trabajo.

La chispa se mantenía muy buena, la vibración era muy leve, hubo pocas señales de carbón en las partes que se limpiaron para apre-

ciarlo, conmutador bien pintado.

Notas— En este punto se notó que no era necesario ni útil hacer todas las mediciones anteriores de ahí que se comprobarán sólo a veces, los de voltaje, corriente y rpm. con perforación de absorción abierta.

- o -

Revisión 7.

700.25 hs. de trabajo.

117 Volts. 5.7 Amp. 17200 rpm.

Funcionamiento del motor:

Ruido notable en un balero, leve vibración, chispa normal, carbones de 9 mm. de longitud.

v o v

Revisión 8.

894.75 hs. de trabajo.

Los carbones se desgastaron dañando el conmutador con alta chispa y con el cable de conexión de ellos que rozó las del gas, originando fuerte desgaste en ellas con deformación.

A fin de ver si esta había sido única falla, se retornó el conmutador y se volvió a ranurar para bajar la altura de las micas. Se le pusieron carbones nuevos y el motor funcionó bien demandando a 120 Volts. 6 Amp. 17,100 rpm., En estas condiciones, se montó en aspiradora el motor y se continuó su prueba, habiendo notado que vibraba poco.

- o -

Revisión 9.

983.75 hs. de trabajo.

El motor trabajó con un ruido muy fuerte en el balero inferior, que al desarmar el motor presentaba huellas de sobrecalentamiento.

to con su grasa carbonizada y los retenes de bolas con coloración azulosa indicadora de funcionamiento a alta temperatura. En el balero superior la grasa estaba seca pero no carbonizada y distribuida en forma de anillo en la tapa del rodamiento.

Se cambió el balero defectuoso reduciéndose el ruido, que aun persiste, dado que balero superior ha trabajado mucho. Sin embargo el motor funciona aceptablemente teniendo a 120 V., 6 Amp. y -- 17200 rpm.

* O *

Revisión 10.

1012 hs. de trabajo.

Poco ruido de baleros, casi no hay vibración, chispa excelente, poco humo, conmutador bien pintado.

La prueba se suspendió aquí.

Motor K - 2

Revisión 1.

0 hs. de trabajo.

Entrada de aire descubierta:

117 Volts. 5.6 Amp. 17200 rpm. 520 Watts.

Entrada de aire obstruida:

117 Volts. 3.55 Amp. 290 Watts.

Funcionamiento del motor:

Normal, sin ruides y chispa correcta.

- o -

Revisión 2.

69 hs. de trabajo.

Entrada de aire descubierta:

117 Volts. 5.6 Amp. 17200 rpm. 590 Watts.

Entrada de aire obstruida:

117 Volts. 3.6 Amp. 270 Watts.

Funcionamiento del motor:

Las escobillas pintaron muy bien, la chispa era buena, se notó un leve ruido de balero, el conmutador estaba muy cerca de la fundición inferior.

- o -

Revisión 3.

334 hs. de trabajo.

Desprendimiento de polvo de carbón depositado en el conmutador y la fundición inferior, continúa un leve ruido en los baleros.

- o -

Revisión 4.

770.5 hrs. de trabajo.

117 Volts. 5.5 Amp. 17300 rpm.

Chispa normal, los carbones miden 1.1 cm. cada uno.

- o -

Revisión 5.

859.5 hs. de trabajo.

A 117 V. 5.8 Amp.

Los baleros estaban mal y sonaban mucho, sobre todo el inferior que tenía la grasa sucia y seca originando un giro difícil, - es decir, con trabamiento.

Se cambiaron los baleros y casi no había chispa pero sí cercanía entre conmutador y tapa inferior fundida.

- o -

Revisión 6.

888 hs. de trabajo.

Poco polvo de carbón desprendido, buena chispa, poca vibración, leve ruido en los baleros.

La prueba fué aquí suspendida.

Motor K - 3

Revisión 1.

0 hs. de trabajo.

Entrada de aire descubierta:

117 Volts. 5.9 Amp. 17400 rpm. 540 Watts.

Entrada de aire obstruida:

117 Volts. 3.7 Amp. 320 Watts.

Funcionamiento del motor:

Bueno en cuanto a ruidos y chispa.

v o r

Revisión 2.

70 hs. de funcionamiento.

Entrada de aire descubierta:

117 Volts. 6. Amp. 17250 rpm. 630 Watts.

Entrada de aire obstruida:

117 Volts. 3.9 Amps. 420 Watts.

Funcionamiento del motor:

Los carbones pintaron bien el conmutador pero hay un ruido fuerte en los baleros. El conmutador está cerca de la fundición inferior, chispa poco alta, poco polvo de carbón expulsado, poca vibración.

- o -

Revisión 3.

208.5 hs. de trabajo.

El motor funcionaba con chispa muy alta en un carbón.

La falla intentó corregirse eliminando las causas una a una.

Un exámen visual en el motor señalaba varios delgas dañadas, había polvo de carbón en la tapa inferior fundida, fuerte ruido de balero y alta chispa.

Pasando nuevamente a la corrección de la falla se hizo lo siguiente:

- 1.- Se balanceó el rotor, sin ganancia.
- 2.- Se cambió la turbina completa sin que variara la falla.
- 3.- Se cambió la escobilla que chisprroteaba, pero la chispa se presentó en los dos carbones y no ya en uno solo y era todavía fuerte.
- 4.- Se torneó, ranuró y limpió el conmutador, sin variación de la última condición.
- 5.- Se descubrieron dos errores en los aislamientos: uno en una barra de balanceo, el otro entre espiras de una bobina. Se llevó a cabo la corrección de dlos y un cambio de baleros. Al montar nuevamente el motor y hacerle funcionar, la armadura se quemó por un corto en ella.
- 6.- Al desembobinar se encontró quemado el barniz de una bobina, sin poder precisar el punto de falla y por tanto - la razón de ésto.

Motor K - 4

Revisión 1.

o hs. de trabajo.

Mediciones con entrada de aire descubierta:

117 Volts. 5.9 Amp. 16900 rpm. 640 Watts.

Funcionamiento del motor:

Poca vibración, chispa poco alta en un carbón.

- c -

Revisión 2.

67.5 hs. de Trabajo.

Entrada de aire descubierta:

117 Volts. 6 Amp. 16900 rpm. 640 Watts.

Entrada de aire obstruida:

117 Volts. 4 Amp. 420 Watts.

Funcionamiento del motor:

Conmutador bien pintado, buena chispa, leve vibración, poco polvo de carbón en conmutador y fundición.

- o -

Revisión 3 .

332 hs. de trabajo.

Poco polvo de carbón en la tapa inferior fundida, chispa -- buena, fuerte vibración, muy ligero ruido de balero.

- o -

Revisión 4.

506.75 hs. de Trabajo.

Se oyó un fuerte ruido como de rozamiento intermitente en -- el motor.

Al desarmar se apreciaron dañados los dos baleros, pero sobre todo agrandada la caja del superior. Por ello se cambió la turbina y se limpiaron los baleros con petroleo reengrasándolos. Así, el motor funcionó con poca vibración y se redujo al ruido de los rodamientos dañados.

La grasa que se removió estaba sucia y fuera de los rodamientos.

- o -

Revisión 5 .

760.5 hs. de trabajo.

El motor no funcionaba a pesar de tener 120 Volts., entre sus terminales. La falla se debió a un desgaste total de una escobilla que con su alambre de conexión desgastó el conmutador, ayudado por la alta chispa que aparece cuando un carbón no hace buen contacto. Esto provoca desgaste tanto a escobillas como a conmutador hasta que en esta parte del circuito hay ruptura en la conducción por alta resistencia.

Al cambiar las escobillas, reparando el conmutador, el motor giraba a bajo voltaje, deteniendo el giro de su rotor en un punto. A 117 Volts. el consumo era de 8 Amperes; dos hechos que señalaban un corto circuito en la armadura. Se dejó funcionar en estas condiciones y poco tiempo después un chispazo en el bobinado de armadura lo destruyó, pudiendo apreciarse una bobina quemada con el barniz ennegrecido. El desembobinado volvió a no permitir obtener datos pues no se apreciaba la falla exactamente.

Motor K - 5

Revisión 1.

o hs. de Trabajo.

Condiciones satisfactorias.

Con perforación de entrada de aire abierto, se leyeron:

117 Volts. 5.8 Amp. 16 800 rpm. 630 Watts.

- o -

Revisión 2.

44 hs. de Trabajo-

Entrada de aire descubierta:

117 Volts. 5.8 Amps. 16 800 rpm. 630 Watts.

Entrada de aire obstruida:

117 Volts. 3.8 Amps. 410 Watts.

Funcionamiento del motor:

Delgas bien pintadas, poco polvo de carbón desprendido, vibración muy ligera, cercanía entre conmutador y tapa inferior-fundida, chispa aceptable poco alta en una escobilla.

- o -

Revisión 3.

309 hs. de trabajo.

El motor a 117 Volts. consumía 5.3 Amperes y tenía buena-chispa con alta vibración y ruido fuerte en un balero, conmutador -- bien pintado, con polvo de carbón en la fundición inferior.

Al desarmar el motor se notó que el balero superior había agrandado la caja de la tapa fundida y al golpear contra sus paredes provocaba un ruido fuerte. Se cambiaron tanto este balero como la - turbina completa y después de armado el motor se observó una vibra-- ción normal y lógicamente no había ruido. Las lecturas coincidieron con las anteriores.

Montado en una caja para aspiradora se continuó su prueba.

- o -

Revisión 4.

745.5 hs. de trabajo.

A 117 Volts. 5.3 Amp. 17000 rpm.

Se apreciaban dos rayones en el conmutador, indicando que ya se habían consumido los carbones que fueron cambiados. Así, el motor - trabajó con chispa anormal y vibración poco fuerte.

Para eliminar la chispa se cambiaron uno por uno de los baleros, se cambió la turbina, y ésta no se eliminaba. Se pensó entonces - en la posibilidad de excentricidad en el conmutador que se retornó y - en efecto, la chispa se volvió normal y pudo continuarse probando este motor.

- o -

Revisión 5.

834.75 hs. de trabajo.

Tiene a 117 Volts. 5.3 Amp. 17100 rpm. vibra bastante con ~~vv~~ chispa normal.

-o-

Revisión 6.

863 hs. de trabajo.

En las condiciones anteriores del motor se suspendió la prue ba.

Prueba de Motores Lamb.

Sujetos exactamente a las mismas situaciones para llevar a cabo el exámen de funcionamiento a lo largo de su vida que los motores Koblenz tuvieron, 4 motores Lamb marcados como L - 1 al L - 4, se probaron obteniendo los resultados resumidos en las tablas a continuación.

Es necesario explicar las denominaciones de los renglones de los cuadros y es entonces a lo que pasaremos.

En el renglón de más arriba se anotan las horas efectivas de trabajo de cada motor. En los dos renglones siguientes hacia abajo se anotan el color que presentaba el cobre del conmutador y la forma en que lo habíar pintado las escobillas. En los renglones marcados "polvo carbón" y "polvo cordón" se anota la cantidad de polvo de carbón que estaba adherida a la fundición inferior y al cable de conexión respectivamente. El cable o cordón de conexión sale de la aspiradora a un lado de la perforación de escape de aire caliente, es debido a ello que si hay polvo de carbón en exceso, este se deposita alrededor del tramo de cable cercano a esta perforación de salida de gases calientes, transformándose en una indicación del funcionamiento en las escobillas.

Los renglones de "vibración" y "chispa" se explican en el nombre, pero se podrá notar que en vez de valores se emplean adjetivos relativos al estado de ellas, dado que no hay manera de medir la chispa (si la vibración, pero no se disponía del aparato). Es verdad que tales calificativos requieren del tener experiencia para saber qué condición es normal y a partir de ella usar los términos: mala, leve, algo, fuerte, notable, etc., que además haciendo intervenir la apreciación subjetiva del que efectúa la revisión, son bastante imprecisos.

Con la forma de montaje de los baleros dentro de cajas, se tuvo la dificultad de que los baleros giraban dentro de sus cajas agrandándolas y dañándose. Esta falla fué notada y analizada y por eso se anotó su presencia en la línea dedicada al "giro del balero inferior", que era el único que podía verse con el motor trabajando.

En los 6 renglones siguientes se anotan los valores con que el motor a 120 Volts., trabajaba al aire en cuanto a rpm, y amperaje. Después el motor se montaba en una taza de prueba con una perforación

de 0.58". Puesto que con ella se alteraba el gasto de aire, a la turbina, el motor trabajaba en otro amperaje. Además, estando conectada la taza a un manómetro de tipo diferencial, se podía medir así la succión provocada por el motor con la perforación de 0.58" y con la entrada obstruida, determinando para esta condición el amperaje que entraba al motor.

Era necesario, puesto que se había notado una falla en los baleros, vigilar su forma de operar. A ellos se dedican los siguientes 11 renglones que señalan respectivamente lo siguiente:

- 1.- Estado de los baleros inferior y superior.
- 2.- Los diámetros de cada uno.
- 3.- El aspecto de la grasa con que se lubricaban.
- 4.- Los diámetros máximos y mínimos de las cajas de cada balero y su conicidad.

Por otra parte, ya que la chispa y gasto de escobillas debía ser comparado, se midieron el diámetro del conmutador y las longitudes de los carbones para poder calcular su gastos promedio en pulgadas entre hora así como el gasto del conmutador en las mismas unidades.

Pasemos ahora a los resultados.

Conclusiones de las Pruebas.

- 1.- El montaje y lubricación que se daba a los baleros era altamente defectuoso. Se hacía necesario leer catálogos especializados para poder reducir el ruido por rodamientos malos y el problema de resequedad de la grasa y su expulsión fuera de los rodamientos.
- 2.- Se hacía notar que debían corregirse las tolerancias en los diámetros de las cajas de los baleros, por los giros de ellos cuando el motor funcionaba. Además si el diámetro era menor podrían provocarse presiones sobre la pista exterior que dañarían el rodamiento.
- 3.- Se encontraron algunas fallas que aparecen en este tipo de motor, que se tratarán en otro capítulo.
- 4.- La vibración de un motor está altamente relacionada con su vida. Aun siendo leve ésta en un principio, aumenta con el tiempo destruyendo alguna parte del motor. Por ello el correcto balanceamiento de rotores e impulsores es importante.
De no existir vibración inicial, que a lo largo de 300 a 500 horas hace fallar los baleros o sus cajas agrandándolas, éstos llegan a durar de 750 a 900 horas de trabajo efectivo.
- 5.- La carrera incorrecta de los carbones destruyó con los cables de conexión los conmutadores. Por ello se limitó la carrera de modo que al terminarse el carbón no rozara el cable con el conmutador y éste pudiera recuperarse retornándolo.
- 6.- Se notó mucha cercanía entre conmutador y fundición. La causa era que faltaban 10 milésimas de pulgada en la penetración del conmutador en la flecha.
- 7.- El gasto de carbones de motores Koblenz es bastante bueno en comparación con el de los Lamb.
- 8.- Los valores a que funcionó este motor fueron a 117 Volts., 5.5 Amp., 17000 rpm. y 560 Watts.

CAPITULO III.

Las Gráficas de funcionamiento.

Además de la comparación de la prueba anterior, se imponía en forma imprescindible la comparación del objeto común de los motores que se estudiaban, es decir, su succión y también la de otros valores importantes como los de watts. de entrada así como conocer la eficiencia del motor que se estaba produciendo.

Fué necesario para ello acudir a las norma nacional para aspiradoras electrodomésticas. Se consultaron también las norteamericanas y argentinas, notándose que coincidían todas en lo respectivo al cálculo de tales gráficas.

Vamos entonces a pasar en seguida a lo que, en las normas nacionales, se refiere a la obtención de las curvas para una aspiradora, pero que es aplicable al motor solo.

2.2.2.1.4.1.- Cálculo de la potencia absorbida

$$P_a = \frac{P_1 + P_2}{2} \quad (3-1)$$

donde:

P_a = Potencia absorbida en Watts.

P_1 = Potencia absorbida sin obturar la entrada de aire del motor y después de 3 minutos de su arranque, Watts.

P_2 = Potencia absorbida obturando la entrada de aire de la aspiradora, después de 3 minutos de obturación, Watts.

2.2.2.1.4.3.- Cálculo del caudal de aire absorbido

$$Q = \frac{0.6 \pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2 \times 9.81 h}{d}} 10^{-3} \quad (3-2)$$

En la cual:

Q = Gasto de aire absorbido en $\frac{dm^3}{seg.}$

d = Diámetro variable del orificio de la caja de pruebas en mm.

h = Depresión o vacío indicado por el manómetro de la caja en mm. de H_2O .

= Densidad del aire en $\frac{kg.}{m^3}$

2.2.2.1.4.3.1.- Cálculo de la densidad del aire.

$$\rho = 1.293 \frac{1}{1 - 0.0056 t} \frac{H}{760} \quad (3-3)$$

En que:

ρ = densidad del aire en $\frac{\text{kg.}}{\text{m}^3}$

t = Temperatura del aire aspirado en $^{\circ}\text{C}$.

H = Presión atmosférica en mm. de mercurio.

2.2.2.1.4.4.- Cálculo de la potencia útil.

$$P_u = 9.81 \times 10^{-3} Q_h \quad (3-4)$$

P_u = Potencia útil en Watts.

Q = Caudal de aire máximo en $\frac{\text{dm.}^3}{\text{seg.}}$

h = Depresión o vacío en mm. de H_2O .

2.2.2.1.4.5.- Cálculo del rendimiento.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} 100 \quad (3-5)$$

en la que:

η = rendimiento en %

P_u = Potencia útil en Watts.

P_a = Potencia absorbida en Watts.

2.2.2.1.4.5.1.- Trazo de la curva del rendimiento de la aspiradora.

Tomando como ordenada el rendimiento en % y como abscisas al gasto de aire en $\frac{\text{dm}^3}{\text{seg.}}$ se trazan en un sistema de ejes coordinados los valores de prueba obtenidos.

2.2.2.1.4.5.2.- El rendimiento máximo será el valor correspondiente a la ordenada máxima de la curva trazada.

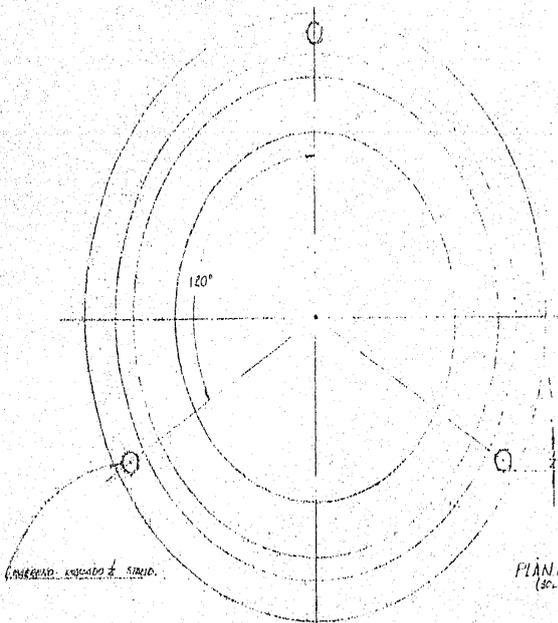
2.2.2.1.4.5.3.- Con el valor del rendimiento máximo se obtiene la potencia útil correspondiente al mismo por medio de la ecuación expresada en 2.2.2.1.4.4. en la cual:

Q = caudal correspondiente al rendimiento máximo

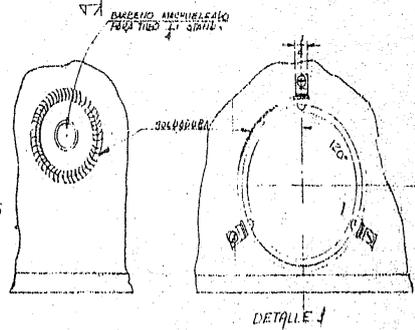
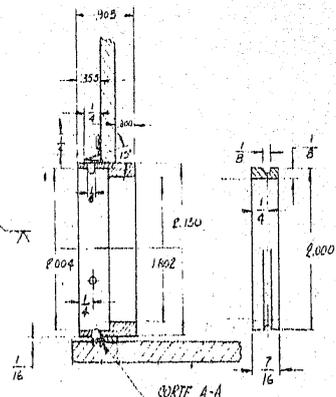
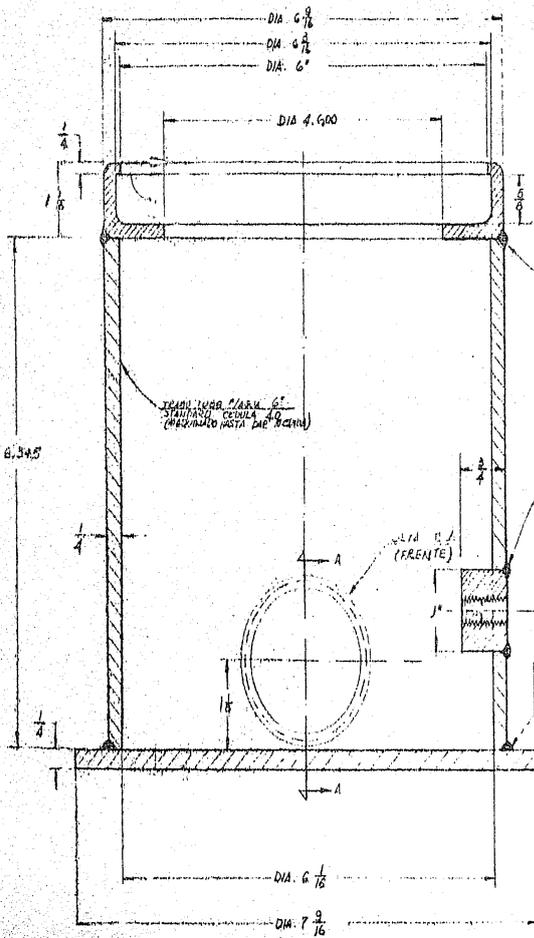
Para calcular el caudal de aire se montó el motor en la cámara de vacío de la figura (3-1) y se puso en funcionamiento a 120 - Volts. 50 H_2 . Se permitió un período de calentamiento de 3 minutos, - al final de los cuales se registraron los watts. de consumo para cada placa perforada a través de la cual el motor succionaba el aire (estas placas se aludirán explicándolas adelante.) Continuemos con las normas:

3.2.4.3.- Deberán usarse cuando menos 14 placas agujereadas, con los -

FIG. 31.
TAZA PARA PRUEBAS
DE
SUCCION DE MOTORES.



PLANTA
(30.0 P/SUCCION DE BARRILES)



diámetros de orificios especificados en seguida y se tomará una lectura de watts. de consumo y rpm. para cada placa

Los orificios de las placas deberán ser cilíndricos, a ángulo recto con las caras de las mismas, taladrados de manera que se conserven vivos sus cantos y su variación en diámetro, con respecto al especificado no será mayor a $\pm 1\%$ en diámetros hasta de 13 mm. y de 0.0013 mm. en diámetros de más de 13 mm.

Nota- Para hacer esta prueba a una aspiradora completa, la manguera de esta se conecta al aparato de la figura (3-2) siguiendo los pasos indicados en las normas.

Diámetros especificados para las placas:

51 mm.	32 mm.	23 mm.	13 mm.	3 mm.
44 mm.	29 mm.	19 mm.	9.5 mm.	Placa sin agujero.
38 mm.	25 mm.	16 mm.	6.0 mm.	

3.2.7.- Potencia absorbida.

Se registrarán los valores de watts consumidos por el motor en 2 condiciones: con la entrada de aire descubierta y con la misma obstruida, dejando en cada caso antes de hacer la lectura, funcionar la aspiradora 3 minutos.

3.2.7.3.- Con la ecuación del inciso 2.2.2.1.4.1. y los datos anteriores se calcula la potencia absorbida.

3.2.8. Potencia útil.

La potencia útil a rendimiento máximo se calcula con la ecuación del inciso 2.2.2.1.4.4. usando el valor máximo de caudal y su depresión correspondiente de la prueba 3.2.4.

Haciendo aplicación de todo lo antes escrito, se anotarán ahora los cuadros, de valores que fueron obtenidos junto con los cálculos resultantes que permitieron el trazo de las gráficas de funcionamiento. Los valores anotados son los de un motor unicamente, pero fueron probados varios y sus curvas - promedio, que son las que se dan en la figura correspondiente.

Condiciones de medida:

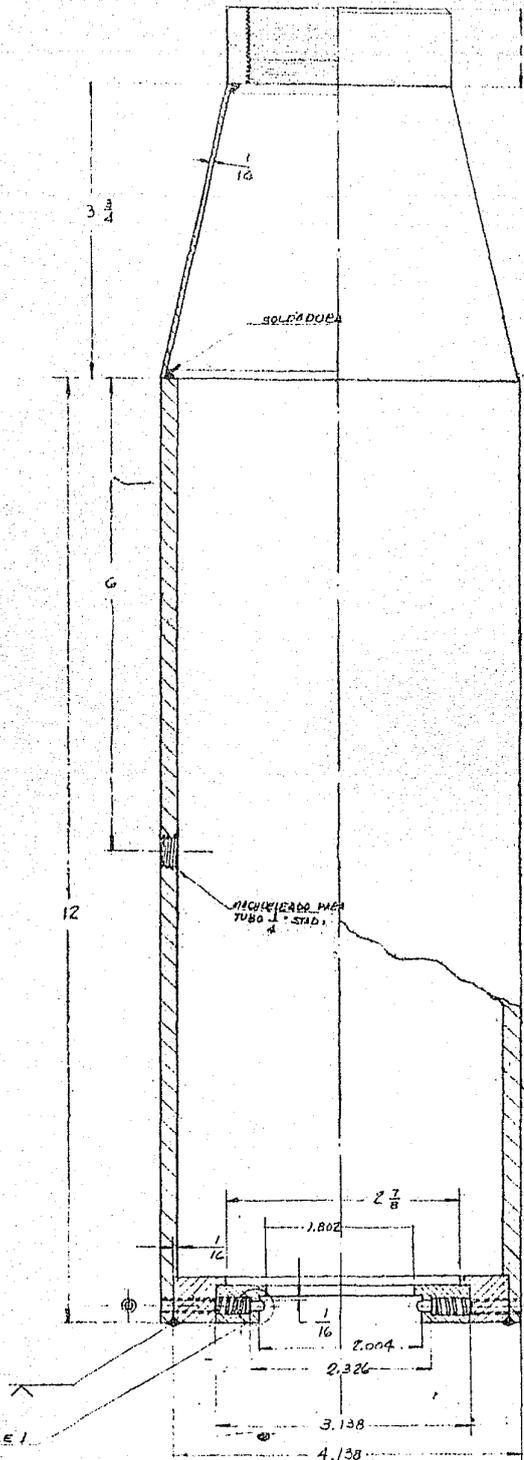
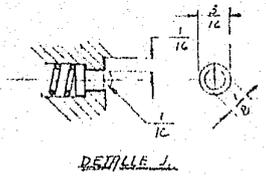


FIG.3-2.
 TUBO PARA PRUEBAS
 DE
 SUCCION DE ASPIRADORAS.



REAR TUBO 1/2" ACIA 4" STANDARD
 CEDULA 40. (MAQUINADO EXTERIOR)

PRISIONERO ALLEN 3/16

DETALLE 1

Presión atmosférica = 587.502 mm. Hg.

Temp. del aire = 22.1 °C.

Voltaje = 120 Volts.

Frecuencia = 50 Hz

d mm.	h mm. H ₂ O	Q dm ³ /seg.	P_u watts.	η %	Pot. entr. Watts.
44	55.9	28.4	15.55	3.08	630
38	172.5	37.3	63.10	12.52	
32	325	36.2	115.5	22.80	
29	421.5	33.9	140.2	27.80	
25	571	29.3	164.0	32.50	
22	690	24.9	169.0	33.50	
19	810	20.2	160.0	31.70	
16	944	15.45	143.5	28.40	
13	1065	10.82	113.0	22.40	
9.5	1180	6.08	70.1	13.90	
6	1260	2.52	31.2	6.18	
3	1327	0.712	9.3	1.839	
0	1380	0	0	0	

Pot. Perf. descubierta = 620 Watts. Pot Absorbida = 505 Watts.

Pot. Perf. obstruida = 390 Watts.

Las abreviaturas en el cuadro significan:

d.- diámetro de la perforación de la placa en mm.

Pa.- Potencia absorbida en Watts.

h.- Presión de vacío en mm. de agua

Q.- Gasto de aire en $\frac{dm^3}{seg.}$

Pu.- Potencia útil en Watts.

η .- eficiencia en %.

Pot. entr.- Potencia de entrada con cada orificio en Watts.

Con los valores de Q, h, η y Pu fué posible trazar las curvas de funcionamiento que se encontrarán en seguida:

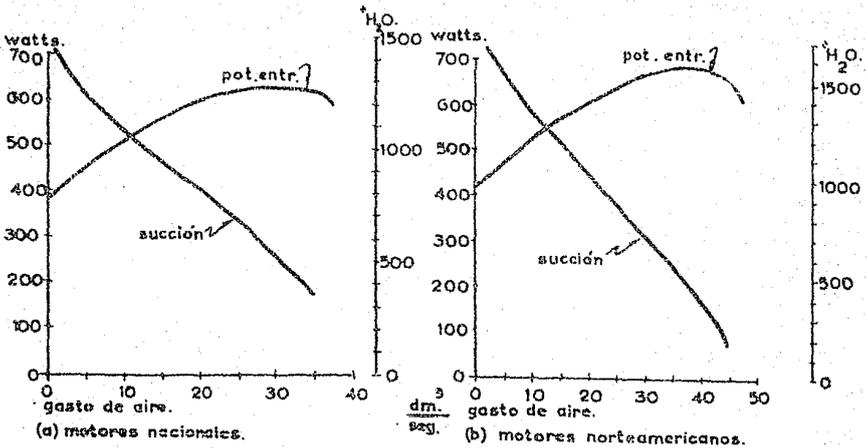


FIG. 3-3 Gráficas de funcionamiento.

Las gráficas proporcionados por la Lamb. eléctrica para su motor son las de la figura (3-3.b) La comparación entre ambas permitió obtener las conclusiones que ahora listaremos!

- 1.- El motor Koblenz consume menor cantidad de Watts.
- 2.- El motor Lamb. provoca una succión más alta que el Koblenz.

Para mejorar el primer punto debía provocarse una modificación a los bobinados para aumentar el Wattaje y la velocidad de rotación.

Mediciones anteriores, (Capítulo II) habían mostrado que el motor Lamb. era más rápido que el Koblenz y se pensó en la posibilidad de una mala construcción en la turbina Koblenz que pudiera originar junto con la primera causa, la menor succión. Debido a esto, se montó una turbina nuestra, en un motor Lamb. con el resultado de que la presión de vacío medida no difería en gran cantidad con la Lamb aunque, era un poco menor. El origen de éste hecho, se comprobó, era que el material con el que se hacían los impulsores Koblenz, era más pesado que el norteamericano y además se apreció que dos aletas impulsoras del rodete ventilador no quedaban al montarse con la forma correcta. Los dos hechos fueron remediados y la turbina Koblenz funcionó como la norteamericana, a veces un poco más alta que ésta y otras ligeramente abajo de ella, en cuanto a succión provocada se refiere.

CAPITULO IV.

Las fallas del motor.

Ya en la introducción se hizo mención de que cuando se inició la fabricación del motor, por haber ya trabajado con algunos similares, se tenía una idea de varios defectos que se presentaban en él, sin embargo aún se profundizó en otros que no eran conocidos, pero que revestían enorme importancia como se apreció después.

En este capítulo se describirán todas esas fallas y lo que por medio de pruebas llegó a saberse de las mismas.

Inicialmente la fuente de información sobre las descomposiciones, la constituía un "control de fallas". Es éste un cuadro, que semana a semana se llenaba con las observaciones y medidas practicadas a los motores que llegaban a reparación en la fábrica, y que con mucha claridad indica los puntos débiles del ensamble. El cuadro podrá apreciarse y comprenderse en la fig. 4-1.

FIG. 4-1.
CUADRO PARA CONTROL DE FALLAS.

DEFECTOS.	mayo					junio					julio				
	4	10	16	22	28	2	7	13	19	25	1	6	12	18	24
A Armad. en corto.															
B conm. mal pintado.															
C funds. rotas.															
D maltr. por cliente.															
E portaeacs. fundido.															
F ruido de baleros.															
G sobre calentamiento.															
H vibración.															
I humeo.															
J chispa alta.															
K campos quemados.															
L desconex. a delgas.															
M reparación tall. no ad.															
N desg. tot. carbones.															
O desc. bob. a escoba.															
P TOTAL MOTORES.															

Después de algunos meses de observación se concluyen como principales dos fallas:

- 1.- Defectos en los rodamientos de bolas.
- 2.- Armaduras dañadas.

Pero adjuntas a éstas, se presentaban otras que eran las -

restantes en la primera columna del cuadro de la fig. 4-1. Comenzaremos a describir estas fallas menores y después entraremos en más detalles de las tres principales.

Es necesario aclarar que el diseño de los cuadros de control de la fig. 4-1. se hizo después de notar y conocer todas las .. descomposturas de los motores, lo cual se logró en la fase anterior a la fabricación, o sea al trabajar con los motores que se compraban a otras compañías.

Las fallas de conmutador mal pintado, servían únicamente, para comprobar la corrección del funcionamiento del motor en cierta forma, pues daba idea de si el cobre de las delgas y los carbones - empleados operaban bien, cuando sobre el conmutador, después de 4 hs. de funcionamiento del aparato, se veía con claridad una franja negra mate provocada por los carbones.

La calidad de las fundiciones empleadas se probaba cuando el motor volvía para reparación, viendo si alguna de las dos o ambas se encontraban rotas o no, de ahí que uno de los renglones del cuadro se denomine "Fundiciones rotas".

Algunos ensambles motor-turbina, se recibían dañados porque los clientes hacían mal uso de la aspiradora, por ejemplo, la empleaban para recoger líquidos, la usaban sin filtros o bien con la bolsa-receptora totalmente obstruida con basura. También esto se anotaba - en el renglón "maltrato por cliente".

Dada la temperatura que resisten los porta-escobillas con el motor en funcionamiento y debido a una mala elección en el material del porta-escobilla, se tuvo el problema de que éstos se fundían, dañándose el motor, de entonces es la línea nombrada "porta-escobillas-fundido". Un cambio en el material de fabricación resolvió de modo - definitivo la dificultad.

Cuando la bolsa receptora de polvo o los filtros están muy sucios, el motor eleva su velocidad y maneja menor cantidad de aire - sobrecalentándose. Tal efecto puede producirse también con cualquier obstrucción al aire de entrada, prolongada por algún tiempo mayor de 5 minutos. Los motores que sufrían estas condiciones modificaban el color normal del cobre de sus conmutadores, por un dorado rojizo, o el color del cobre con manchas verdes y azules. Además como inicialmente

el fijamiento de las conexiones de las bobinas de armadura a las delgas se hacía con soldadura de estaño, al hacerse presente un sobrecalentamiento, la soldadura era centrifugada desde el conmutador e incrustada en las partes del motor cercanas a él, estos problemas se anotaban en "sobrecalentamiento".

Cuando no se llevaba a cabo un buen balanceamiento de la armadura o los impulsores del ventilador, al operar el motor a sus 18000-rpm. normales, se percibía con el tacto una vibración en el motor que originaba la falla prematura de los baleros, punto que estudiaremos adelante.

Con la palabra "humeo" del renglón I, se hacía referencia incorrectamente, al desprendimiento anormal de polvillo de los carbones, lo que provocaba corta duración de los mismos y manchaba a veces los pisos o las alfombras, aunque no de modo irremediable. La presencia de este hecho condujo a efectuar pruebas de varios tipos de carbones solicitados a diferentes compañías, a fin de elegir dos o tres tipos más adecuados al motor Koblenz y se concluyó así que el SA-50 de la Unión Carbide era el mejor para este motor especial. Unión Carbide informó que este material opera bien en motores, cuando se le somete a una densidad de corriente máxima de $90 \frac{\text{Ampres}}{\text{pulg.}^2}$. Puesto que la escobilla Koblenz tiene una área de 0.54 cm². y soporta como máximo 6.2 amperes, la densidad de corriente por escobilla es de:

$$J = \frac{6.2}{0.54} = 11.3 \frac{\text{Amp.}}{\text{cm}^2} = 72.6 \frac{\text{Amp.}}{\text{Pulg.}^2}$$

Lo cuál comprueba el correcto uso de este carbón y resolvió la presencia del defecto.

La prueba anterior se efectuó en una época en que utilizaban un conmutador fabricado en Alemania, pero más adelante se cerró la frontera a este producto y fué necesario comprobar si con el conmutador mexicano el motor operaba igual que antes.

Después de armar y hacer funcionar unos 15 motores con conmutadores mexicanos y carbones SA-50 y otros tipos solicitados igual que antes a varios fabricantes, se concluyó que el conmutador mexicano se desgastaba ligeramente más rápido que el alemán y que podían usarse carbones SA-50 con ellos, así como otras tres muestras de Morganite del Caribe,, sin que hubiera dificultades con el desgaste de las escobillas o la expulsión de polvo de carbón.

Los renglones de "chispa alta" y "desconexiones a delgas" están muy relacionados y al detallar la falla última los trataremos. Asimismo el renglón referente a "campos quemados" está muy ligado con el de "armadura en corto" que veremos después.

A veces la gente que sufría la descompostura de su aspiradora, en vez de ir a la fábrica, recurría para la reparación a algún taller común y corriente. En ocasiones recibimos en la fábrica, varios motores reparados en dichos talleres, que a veces por cierto, habían sido reparados con mucho ingenio y habilidad. Aun así, no contado con elementos suficientes, sobre todo de conocimientos sobre el motor, éstos fallaban rápidamente otra vez y el cliente terminaba por llevar su aspiradora a la compañía. Esta es la razón de haber titulado una de las franjas del cuadro de control de fallas con "Reparación en taller no autorizado."

Cuando en el nivel denominado "Desgaste total de carbones" se anotaba un motor, podía calcularse con aproximación la duración de sus escobillas, puesto que cada uno era marcado con la fecha de salida de la fábrica, pudiendo también controlar si la calidad de las escobillas y funcionamiento general del motor había sido bueno.

En el último renglón: "Desconexión de bobinas a escobillas", se anotaba cuando se presentaba el caso de que las bobinas de campo, soldadas a las terminales de las escobillas sufrían una desconexión, a fin de ver si esta unión era correcta en cuanto a la manera de lograrla.

Hemos explicado hasta aquí un poco de las fallas menores del grupo motor-ventilador y de algunas soluciones que se dieron, pero los problemas más fuertes son los dos que hemos enunciado al principio del capítulo. La solución de ellos no fué, en modo alguno, un trabajo fácil, pues muchas veces el poder encontrar la razón de ellos, condujo a estudiar muchas posibilidades que podrían ser su origen. Tal cosa era causa de reuniones, en que cada uno daba opiniones sobre los errores posibles y los métodos a seguir para atacar el problema.

Una de las fallas más destacadas era la
Falla en los rodamientos.-

Hubo un lapso en que se recibían motores defectuosos, que presentaban con frecuencia alguna ó algunas de las siguientes caracte-

rísticas:

- a).- Presentaban el rotor sin posibilidad de giro.
 La causa era la total destrucción de alguno de los baleros. (Normalmente estos motores presentaban la armadura quemada dado el alto amperaje que circula por un motor con rotor bloqueado. En nuestro caso 32 Amps.)
- b).- Cuando se hacían funcionar, se escuchaba aparte del ruido normal de la turbina, otro sonido sordo más fuerte - que el anterior, cuyo origen se encontraba en el daño - de uno o de los dos rodamientos y que era amplificado - por la cubierta de la turbina que hacía las veces de - una caja de resonancia. Otras veces este ruido era leve y solo un oído educado, podía distinguirlo con el motor en marcha.

Las razones de las fallas en los rodamientos son muchas y a fin de poder resolver con bases tal dificultad, se consiguieron catálogo de varias fábricas de baleros, solicitando a la vez su colaboración técnica.

Como se ha dicho, los baleros del motor Koblenz se encuentran dentro de cajas de material ligero y el motor opera cerca de 18000 rpm. Dentro de la caja superior, se aloja una arandela de fieltro y en la inferior una muelle que actúa sobre el rodamiento, la flecha es de "Cold-Rolled". Con esto en mente, veamos una condensación de las conclusiones obtenidas de algunos folletos:

- 1.- Debe dejarse entre balero y caja, un claro y eliminar de las cajas todo tipo de asperezas, El interior de éstas - debe tener un acabado muy fino.
- 2.- El claro entre caja y rodamiento debe optimizarse haciendo una prueba en gran escala para cada caso particular, con siderando que el mejor funcionamiento del balero se presente cuando éste está caliente.
- 3.- Se determinarán límites de ruido y trazará una gráfica - como la de la fig. 4-2, midiendo la intensidad del sonido con un micrófono, que es el aparato que más se aproxima al oído humano.

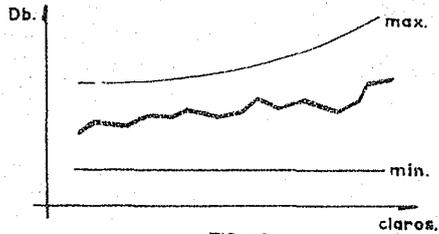


FIG. 4-2.

- 4.- Los soplos axiales sobre los baleros provocan ruido aún en los silenciosos especiales.
- 5.- Pueden usarse resortes dentro de las cajas a fin de evitar el ruido, pero si el balero opera con un claro muy grande, su anillo exterior puede formar riscos peligrosos. De aquí que en estos casos se empleen pequeñas tolerancias en cajas y baleros a gran costo.
- 6.- A alta velocidad la dilatación ha de ser considerada.
- 7.- El uso de fieltro no es útil, sobre todo en motores pequeños pues cuando nuevo hay gran fricción.
- 8.- Las aleaciones ligeras usadas en cajas, aumentan el ruido.
- 9.- De preferencia las cajas han de ser de hierro colado.
- 10.- Las tolerancias en ovalamientos de flecha y cajas han de ser reducidas.
- 11.- Es importante mantener uniforme el entrehierro en un motor.
- 12.- El maquinado de las piezas en que se hacen las cajas debe hacerse antes de acabar éstas.
- 13.- Para ver si el ruido es magnético, se apaga y enciende el motor.
- 14.- El conmutador debe tener un número par de ranuras, cuyo número sea múltiplo del número de polos. La masa del rotor no debe resonar a la frecuencia de trabajo, el campo ha de tener rigidez circunferencial, deben reducirse las

- densidades de flujo, las laminaciones deben estar bien prensadas, la flecha debe ser rígida y el rotor debe estar bien balanceado.
- 15.- Con aleaciones ligeras es útil usar anillos de inserto para los asientos de las chumaceras.
 - 16.- Un rodamiento nunca debe lavarse pues se le quita el aceite protector contra el moho y si se lava, debe limpiarse con un soplo de aire seco filtrado, para que no quede líquido dentro de él.
 - 17.- Han de mantenerse limpias las piezas para montaje de baleros y cubrirlas con un linóleo o algo similar. De ser posible, poner un cuarto especial para montaje de baleros, lejos de las operaciones de maquinado.
 - 18.- Nunca manipular un balero tomándolo por las caras, sino por las arillos de rodamiento.
 - 19.- Un balero sin engrasar no debe dejarse sin proteger — largo tiempo, es posible lubricarlo primero y montarlo después con ayuda de máquinas especiales.
 - 20.- Al montar un rodamiento en una flecha ha de presionarse sobre su pista central, si esta es la que va a recibir la flecha.
 - 21.- La correcta concentricidad y posición de las chumaceras ha de asegurarse en el montaje. De no hacerlo sobre- vendrá ruido.
 - 22.- El montaje debe respetar las presiones límite establecidas.
 - 23.- No deben usarse soplos axiales que atraviesen el balero, pues dañan las balas y los surcos.
 - 24.- Las grasas a base de cal son malas, si la grasa se oxida o endurece, el balero correrá con ruido después de un período estático de él.
 - 25.- La demasía de grasa causa calentamiento por el batido, resultando en un escape de lubricante y un corrimiento seco del balero.
 - 26.- Los espacios libres a los lados del balero deben llenarse de grasa en un 30 ó 40% de su volumen.
 - 27.- La grasa mezclada con aceite pesado, es mejor para el-

ruido que grasa con aceite delgado. S.K.F. recomienda la Shell Alvania 2 ó la Mobilux 2.

- 28.- Hay grasas nuevas con una sal anti-moho, provocan ruido inicialmente que luego desaparece.
- 29.- Se suele filtrar la grasa antes de aplicarla al balero para evitar suciedades o agrupamientos.
- 30.- A veces se usan materiales aislantes entre chumaceras y materiales adyacentes, de modo que el producto de la densidad por la velocidad del sonido en los materiales difieran mucho,
- 31.- A velocidades más elevadas el ruido se reduce pues el oído responde menos a altas frecuencias que a las bajas.
- 32.- Un largo tiempo de quietud aumenta el ruido de los baleros.
- 33.- El paso de corriente daña los baleros.
- 34.- Deben provocarse fallas intencionales y oír las con un trozo de madera en un balero, ya que cada una tiene un ruido característico que se aprenderá a distinguir.
- 35.- Al oír los ruidos con micrófono o pick-up. debe usarse un filtro multipaso, por ejemplo, con los siguientes rangos: 40 a 1000 Hz, 1000 a 8000 Hz y 8000 -16000 Hz., pues la mezcla puede dar una idea falsa. Esto ha de usarse siempre en unión a la apreciación subjetiva que en una buena guía. Para esta prueba los motores pueden correrse a bajo voltaje y montar el motor sobre fieltro o hule de 3/8" en una base robusta.

La corrección del defecto, empezó por comprobar los acabados de las cajas, la concentricidad del maquinado de la caja respecto a las zonas que le sirven de referencia. Implicó esto, la comprobación del alineamiento del torno automático en que se practicaba la hechura de las cajas, de utilizar buriles de carburo de tungsteno que por su dureza, podrían mantener la dimensión del diámetro de la caja (0.8662" a 0.8668") más tiempo, proporcionando además un mejor acabado.

Se tenían en contra particularidades del motor que no podían

modificarse tales como el que el balero inferior soportara un soplo de aire caliente sobre él, el que las fundiciones fueran ligeras y — por el diseño de la inferior, no pudiera emplearse un inserto más duro, el problema de conseguir una grasa de muy alta calidad en México y otras menores.

Se pasó a la determinación de la tolerancia que debía darse a los diámetros de los asientos de los baleros. Para esto se llevaron a cabo pruebas con motores a los cuales se les maquinaron fundiciones con diámetros que iban desde el usado, o sea 0.8662" a 0.8668" hasta llegar a 0.8672". La variación se hizo hacia arriba de la que se tenía establecida, porque en la línea de ensamble, las fundiciones recibían los baleros con dificultad dando ocasión a dañarlos. Además se notó que con las fundiciones de diámetros mayores podía comprobarse la corrección del alineamiento entre las cajas, ya que presionando la flecha en dirección de su longitud, se apreciaba un deslizamiento del rotor, que no se presentaría si los ejes de simetría de las cajas no fueran colineales. Tal deslizamiento es posible, pues la rondanuelle absorbe este corrimiento, volviendo el rotor a su posición normal al cesar de hacer presión en el extremo de la flecha.

Así, tras de muchas pruebas se concluyó como más adecuada la tolerancia 0.8668" a 0.8671". La variación es del orden de 4 diez milésimas de pulgada y podía comprobarse con rapidéz y exactitud con un medidor especial que funciona con aire.

Las dimensiones de la flecha se mandaron a fabricantes de baleros para asegurar su corrección que fué considerada buena por varios técnicos en baleros.

El montaje de los baleros fué mejorado radicalmente, fué aquí, donde los cambios necesarios se hicieron más notables. Se puso a los encargados del montaje en un cuarto limpio, se construyó un dispositivo perfectamente guiado, que era operado en una prensa y que como antes, se apoyaba para introducir los baleros en su pista central. Se les dieron enseñanzas a las personas que hacían esta operación, relativas a la limpieza que debían tener en sus manos, en su mesa de trabajo, se les mostró como manipular un balero, la forma de engrasarlo y la cantidad de lubricante que debían usar en cada rodamiento, el cubrir sus máquinas al dejar de usarlas, el armado cuidadoso del motor, etc.

Se analizó si el ruido era magnético, en un motor con ese defecto y no fué así.

El motor tiene 22 ranuras y 2 polos, no hay resonancia a la frecuencia de operación y el ensamble de la laminación fué perfeccionado.

El objeto de la rondana de fieltro en la fundición superior tiene por objeto evitar el contacto directo entre rodamiento y fundición en el lado de la cara del balero, pero el fieltro suelta peluza, que acaba depositándose en las balas, perjudicando el balero. Se hicieron pruebas entonces usando rondanas de neopreno que funcionaron muy bien.

Aun se continuó probando grasas. Se empleaba la grasa -- andok-c con buenos resultados, pero buscando algo mejor se consiguieron las siguientes: grafited # 2 (equivalente a la Mobilux # 2), -- Mystik JT-6 que es una grasa importada para alta velocidad, grasa siliconada S-1, pero no pudieron superar a la andok-c, que habiendo dado buenos resultados se siguió usando. La grasa con aceite provocó expulsión del lubricante y se desechó esta posibilidad por tal motivo.

Con muestras de Baleros FAG, Koyo y con baleros SKF, que era los usados, pero con distinto tipo de sellos (rs en vez de z), se armaron y corrieron motores, sin embargo no se obtuvo una superioridad con respecto a los que se empleaban y no hubo cambio en esta parte. Aunque se vieron baleros mejores en unos motores norteamericanos que se tratan de conseguir.

El balanceo es necesariamente muy importante en el trabajo de los baleros, la alta vibración que provoca, sobre todo un rotor no equilibrado dinámicamente sobre las balas, es definitivo. Así lo aseguró la primera prueba de vida descrita en el Capítulo II, en la que se apreció que vibración y vida del motor van unidos de modo estrecho.

Se disponía de una máquina balanceadora electrónica MU-6 de la Microbalancing. Este aparato, que opera un foco de neon, señala usando el principio estroboscópico, el lugar en que hay más peso (o menos a dección.) y así, con ayuda de un taladro y barras metálicas, era posible balancear armaduras; los impulsores eran balanceados con cortes de su periferia.

La tolerancia en balanceo de estas partes se redujo de 3 -

unidades de balanceo (arbitrarias.) a una máxima, lográndose gran reducción de la vibración.

Con todos estos pasos y pruebas, el porcentaje de fallas - por ruido de baleros se redujo de 25% a 4%; aún era alto este valor, pero al fin la experiencia de una persona encargada de producción acabó con la dificultad de manera definitiva. Se percató que los motores se probaban en control de calidad, en una posición que no era la correcta, porque no era aparente que esa posición de ensayo pudiera destruir o lastimar los rodamientos. Sin embargo con una prueba en la posición correcta demostró que tenía razón y de este modo el ruido en los rodamientos se redujo a un 0.05%, que es justificable por un ensamble descuidado o un transporte brusco del motor.

Falla en las armaduras.

En cuanto a esta parte del motor, cuya hechura es la más complicada respecto a las demás, en los que tienen el rotor bobinado, se tenían, precisamente por su mayor complejidad, más dificultades en operación. Los problemas con ellas pueden en general reducirse a los siguientes:

- 1.- Vibración fuerte.
- 2.- Chispa alta.
- 3.- Bobinados quemados.

La vibración ha sido tratada en el problema de falla en los rodamientos, ya que es en ellos, en donde se hace notar de manera más apreciable este defecto que fué corregido en la forma que se indica.

La alta chispa es un defecto que presenta matices variados. La anomalía de ella puede ir desde un ligero aumento, perceptible solo para aquel que conoce lo que se llama "chispa normal", hasta una cuya intensidad es tal, que con el motor en funcionamiento, parece escurrir por sobre el conmutador, y cada una de estas intensidades y formas de chispa, tiene una razón propia de aparecer. Veamos entonces cada una de ellas.

Lo que se denomina como "chispa normal", es una franja de ellas, fina, uniforme en todo el ancho de la escobilla y de color blanco. Esta definición es imprecisa pues para conocer la intensidad normal de chispa no puede hacerse algo mejor que verla.

Una chispa que es ligeramente más alta que la anterior, pero que mantiene tanto color como uniformidad, es en general debida a un conmutador ovalado. En esta parte de las armaduras la tolerancia de variación respecto al círculo perfecto es de 0.0001", para no tener la dificultad que se está explicando. Su corrección es retornar el conmutador. El mismo problema puede presentarse como consecuencia de vibración normal balanceo.

Una chispa muy fuerte, casi siempre de color azulado que parece escurrir sobre el conmutador pero que solamente se presenta en un carbón, es debida a una escobilla que en su interior adolece de un falso contacto por mala soldadura de su cable de conexión, o un carbón que ha perdido un trozo de él, al ser manipulado con descuido.

Si en los dos carbones se presenta una chispa que es grande y parece brincar hacia la escobilla desprendiendo pequeñas chispas en muchas direcciones, tendremos clara indicación de que los carbones se han consumido, hasta el grado de que ya no presentan buen contacto con el conmutador. Si este defecto no se nota a tiempo y se continúa haciendo operar el motor llegará el momento en que el motor no girará a pesar de tener voltaje en sus terminales y al ver el conmutador, presentará corrimiento fuerte en sus delgas, y las escobillas, aunque a simple vista parezcan estar en contacto con el conmutador, se consumirán en forma irregular.

Pero la mayoría de las fallas por chispa alta es una que presenta la característica de escurrir por el conmutador, es azulosa saliendo de las dos escobillas, y cuya intensidad, aunque siempre apreciable, varía, hasta el grado de que llegue la chispa de un carbón al otro. La razón de esto, se encuentra en una mala unión de las conexiones del bobinado del rotor a las delgas y según haya mayor o menor contacto la chispa es mayor o menor.

Como inicialmente estas conexiones se hacían con soldadura de estaño, esta no soportaba la temperatura aunada a la fuerte centrifugación y era disparada fuera de su posición. Quedaban así las terminales de las bobinas del rotor, con posibilidad de salir de su colocación de crear alta resistencia en dichos puntos provocando una descompensación en la reacción de armadura y por consiguiente un desplazamiento del eje neutro, que daba origen a una fuerte elevación de la chispa. Esto fué solucionado con la sustitución de la soldadura de estaño por soldadura de puntos, lograda con una máquina especialmente adaptada y que puede fundir el cobre del alambre con el de las delgas, proporcionando una solidez más que suficiente a la unión.

Veamos ahora el tercer tipo de falla; o sea, las armaduras que en funcionamiento presentaban la destrucción de sus bobinas, porque estas se quemaban. Es decir, al hacer funcionar el motor, después de un número indefinido de horas de trabajo, presentaba de modo brusco una reducción de su velocidad con desprendimiento de humo blanco y olor a barniz quemado. La demanda de corriente, también de improviso aumentaba de los 5.7 Amperes normales a 8 amperes, 10 Amperes o más. Si se detenía el motor y se hacía nuevamente trabajar abajo voltaje, (30 Volts). la armadura giraba lentamente, y en cierta posición el rotor se detenía, -

debido a una conmutación incorrecta. Como se dijo, esta falla hacia su aparición a veces recién fabricado el motor, otras después de 20-hs., o más de trabajo, pero sin regularidad alguna.

Muchas cosas se pensó que pudieran ser origen del defecto. Se atribuyó la causa primero a un mal estado de la máquina bobinadora. Se buscaron sus defectos en todo aquello que, teniendo contacto con el alambre magneto, pudiera raspar su aislante. Se corrigieron varias cosas y no se consiguió cambio a favor en modo alguno. También se pensó en el tratamiento de polimerización del barniz, que quedando débil o sometiendo las bobinas a temperatura inadecuada pudiera introducir el error. Fueron por eso cortadas a la mitad varias armaduras -- para ver la penetración del barniz aislante y fijador, se comprobaron temperaturas, se variaron los tiempos de recocado en el horno, etc. -- sin obtener, como antes, mejoría alguna.

Como otra posibilidad se sospechó de una mala fabricación del alambre de las bobinas, se visitó la fábrica de él, y dado su sistema tan exigente de control de calidad, se descartó la idea. Al -- desbobinar estos rotores, todo estaba tan carbonizado que nada se -- apreciaba, con claridad respecto a la falla.

Continuando con otras posibles causas, se pensó que la alta temperatura en el punteado, hiciera que las puntas de dos bobinas hicieran contacto o que la persona encargada de ejecutar la operación de "conectado", no lo hiciera correctamente, pero ninguna de las cosas sucedía.

Otras causas factibles se analizaron, para llegar siempre al resultado negativo de antes. Por fin, en un catálogo del fabricante y con ayuda técnica de él se vió que el aislamiento de formanel do ble funcionaba con peligro a los 105°C. Además la temperatura del horno de recocado para polimerizar el barniz era de 110°C. El fabricante confirmó que en las armaduras norteamericanas se usaba un alambre con aislamiento de nylon que operaba hasta 150°C. y de ahí surgió el -- emplear alambre con doble termanel nylon en su aislamiento. De inmediato se apreció la eliminación de la destrucción de los bobinados de los rotores por este motivo, resolviendo la dificultad en forma total.

CAPITULO V.

Determinación de valores promedio de operación de los motores.

A pesar de tener ya efectuadas las pruebas anteriormente descritas y otras más, y por ellas conocer con mayor o menor error- los valores de trabajo de los motores, nada mejor para tenerlos con absoluta certeza y mayor precisión, que medir una muestra grande de la producción y encontrar el promedio de cada una de las variables- siguientes, manteniendo el voltaje en 120 Volts:

- 1.- Corriente.
- 2.- Velocidad.
- 3.- Succión con orificio de 0.58"..
- 4.- Succión con orificio obstruido.

Debido a la necesidad de emplear el tiempo de trabajo en varias actividades, se median, al efectuar lo anterior, solamente - cinco motores al día, cosa que tenía además, la ventaja de poder pro- bar la constancia de los valores a lo largo de muchos días, evitando así el posible error de que en un día determinado, por usar cierto - alambre, o una lámina mejor que la de otros días, las mediciones arro- jaran resultados en apariencia mejores, aunque falsos, considerando- las variaciones que se tendrían tres o más días después.

No se buscó entonces, aunque podría haberse hecho, accele- rar las mediciones para esta prueba por las razones antes expuestas.

En cuanto a la elección de los motores a medir, ésta se - hizo al azar siempre. De la línea de producción se llevaban al labo- ratorio los cinco motores, a los que se observaban y median los pun- tos que se leerán en los cuadros que siguen y que sirvieron para ten- ner los datos de manera ordenada, a fin de que al concluir esta fase, pudiera continuarse con el trazo de las curvas de frecuencias y poste- riormente a ellas, concluir los valores promedio.

Esas curvas se trazan en un sistema plano de ejes coordena- dos, que como abscisas tiene el valor cuyo promedio quiere encontrarse y como ordenadas, el número de objetos o eventos que tienen el mismo- valor de la variable. Los puntos de las gráficas se determinan con- tando cuantos objetos coincidieron en el mismo valor de ella y con es- tos dos valores se localiza un punto en el sistema de ejes rectangu- lar. Se continúa así hasta agotar los valores encontrados y los pun- tos se unen con una curva (en teoría, ésta es una campana de Gauss.).

En Matemática, el promedio se calcula con la fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} x_i}{n} \quad (5-1)$$

donde: x_i = Valor cualquiera de la muestra.

n = Número total de valores de la muestra.

que define el promedio aritmético de un grupo de valores, y con la \bar{X} que fueron calculados los listados anteriormente.

Ha de notarse que no aparecen en los cuadros los valores importantes, de potencia consumida en Watts. Esto se debe a que cuando esta prueba se llevaba a cabo, los wattmetros de laboratorio se dañaron y su reparación dilató mucho, teniendo que determinar las cantidades, que en esta parte de la tesis se obtienen, solamente.

Con el paso del tiempo y atribuible en principio a cambios en los materiales usados en su fabricación, los valores del motor se modificaron y se hizo necesario llevar a cabo esta misma prueba otra vez, ella no se incluye en la tesis presente.

Vamos en seguida a introducir los cuadros de mediciones y a continuación de ellos las curvas de frecuencia, señaladas como figura 5-1 en conjunto y separadas con los incisos a, b, c, y d, de dicha figura. Como antes, algunas observaciones se redujeron a una simple apreciación personal, que es inexacta y se describieron con adjetivos, ya que en casos es difícil medir algunos fenómenos y no siempre se dispone del equipo para lograrlo, por otra parte.

Se aprovechó además esta prueba para comprobar y analizar otros resultados, como la conmutación y el efecto sobre el cambio del color del cobre de las delgas, el ruido en los taleros, etc., que se trataron en el capítulo anterior.

No. 1	Cita Cimabudo	P. b. kudo Cimabudo	C. b. k. v.	C. b. k. v.	C. b. k. p.	F. i. n. T. u. b. o.	N. 120		V. u. l. e. c. i. f. c. 0. 0. 5		V. u. l. e. c. i. f. c. 0. 0. 5	
							Amp. m.	1. p. m.	"H. C."	2. p. m.	"H. C."	2. p. m.
1	10/12/20	bueno	no	poor	excelente	no	6.1	17500	39	5.3	55.0	4.0
2	10/12/20	bueno	no	no	excelente	no	5.8	17000	37	5.4	56.7	3.5
3	10/12/20	bueno	no	no	excelente	no	5.6	17100	36.7	5.2	53.2	3.7
4	10/12/20	bueno	no	no	excelente	may poor	5.8	17600	39.1	5.2	57.5	3.7
5	10/12/20	bueno	no	no	excelente	no	5.8	17300	36.6	5.0	54.4	3.5
6	10/12/20	bueno	no	no	excelente	no	5.4	16900	35.0	4.9	50.5	3.15
7	cebre alga rafa	bueno	no	may less	excelente	no	5.9	17400	37.1	5.2	54.4	3.5
8	10/12/20	bueno	no	no	bueno	no	5.6	17000	36.8	5.1	54.0	3.3
9	10/12/20	bueno	no	no	excelente	no	5.4	17600	34.9	4.7	51.3	3.0
10	10/12/20	bueno	no	no	excelente	no	6.5	18000	40.6	5.5	53.8	3.8
11	cebre	regular	no	no	excelente	no	5.5	16800	35.2	4.8	50.5	3.2
12	cebre	bueno	no	no	excelente	no	5.6	16800	36.0	4.8	56.0	3.3
13	10/12/20	bueno	no	no	excelente	no	6.3	18000	40.6	5.5	58.3	3.9
14	cebre	bueno	apenas perceptible	no	excelente	no	6.4	18100	40.5	5.7	56.7	4.0
15	10/12/20	bueno	no	no	excelente	no	6.9	18000	40.3	5.4	59.4	4.0
16	10/12/20	bueno	no	poor	excelente	no	5.6	17000	36.1	4.9	51.0	3.4
17	10/12/20	bueno	no	no	excelente	no	6.0	17800	39.2	5.2	56.9	3.6

Meter	Color (ann. holes)	P. in. in ann. holes	L. of hole in hole	S. in hole	I. in pin	F. in Groove	H.P.C. 12 Hrs.		Vad. of 1st 28"		Vad. of 28 in hole	
							Temp.	17/11	"H.C.	Temp.	"H.C.	Temp.
16	red	brass	no	no	exclusive	no	6.0	17500	38.6	5.4	55.9	4.0
19	white	regular	no	no	exclusive	no	5.6	17500	38.8	5.0	57.4	3.0
20	12/120 12/120 12/120	brass	no	no	exclusive	no	5.8	17400	37.6	5.2	54.7	3.75
21	12/120	brass	no	no	exclusive	no	5.9	18000	39.4	5.2	56.0	3.1
22	12/120	brass	no	no	exclusive	no	5.8	18000	39.5	5.1	59.6	3.5
23	white	brass	no	no	exclusive	no	6.0	17900	39.4	5.2	56.6	3.7
24	12/120	brass	no	no	exclusive	no	6.0	17500	37.4	5.3	53.6	3.8
25	white	regular	no	no	exclusive	no	5.9	17900	40.2	5.3	58.7	3.75
26	white	brass	no	no	exclusive	no	5.3	17400	35.3	4.8	52.8	3.5
27	12/120	brass	no	no	exclusive	no	5.8	17700	38.2	5.1	54.5	3.6
28	12/120	brass	no	no	exclusive	no	5.9	17500	38.7	5.3	56.9	3.7
29	12/120	brass	no	no	exclusive	no	5.9	17900	39.2	5.25	56.0	3.7
30	12/120 on manometer	brass	no	no	exclusive	no	5.9	17800	38.8	5.2	54.9	3.7
31	white	brass	no	no	exclusive	no	5.7	17800	39.2	5.0	56.5	3.5
32	white	brass	no	no	exclusive	no	5.6	17600	38.8	5.1	56.5	3.6
33	white	brass	no	no	exclusive	no	6.1	17900	39.7	5.3	56.0	3.7
34	12/120	brass	no	no	exclusive	no	5.8	17500	38.0	5.1	54.7	3.6

No. de	C. de com. ludo	P. de com. ludo	L. de L. de	C. de L. de	C. de L. de	C. de L. de	A. de		V. de		V. de	
							1. de	2. de	1. de	2. de	1. de	2. de
35	10/120	10/200	no	no	no	no	5-5	17200	37-6	4-9	56-7	3-5
36	10/120	10/200	no	no	no	no	5-6	17200	36-6	4-9	52-0	3-4.5
37	10/120	10/200	no	no	no	no	5-9	17500	39-8	5-3	57-5	3-7
38	10/120	10/200	no	no	no	no	6-2	18000	39-4	5-3.5	55-8	3-8
39	10/120	10/200	no	no	no	no	5-8	17500	38-0	5-0	54-9	3-6
40	10/120	10/200	no	no	no	no	5-6	17400	39-1	5-0	56-4	3-4
41	10/120	10/200	no	no	no	no	5-8	17100	37-3	5-2	53-2	3-7
42	10/120	10/200	no	no	no	no	5-7	17400	37-9	5-0	54-4	3-5
43	10/120	10/200	no	no	no	no	5-8	17100	38-0	5-1	54-2	3-6.5
44	10/120	10/200	no	no	no	no	5-8	17800	38-1	5-2	54-1	3-6.5
45	10/120	10/200	no	no	no	no	5-6	17200	37-1	5-0	53-0	3-6
46	10/120	10/200	no	no	no	no	6-2	17600	39-2	5-5	55-8	3-3
47	10/120	10/200	no	no	no	no	5-8	17500	38-7	5-1	56-0	3-6.5
48	10/120	10/200	no	no	no	no	6-0	17800	38-3	5-4	56-0	3-8
49	10/120	10/200	no	no	no	no	5-7	17500	37-9	5-0	54-3	3-5
50	10/120	10/200	no	no	no	no	5-6	17400	36-9	5-1	53-6	3-8
51	10/120	10/200	no	no	no	no	5-1	16900	35-5	4-6	50-5	3-1.5

Modelo	Cobro de material	1. Estado de la factor	2. A. de la obra	3. A. de la obra	4. A. de la obra	5. A. de la obra	A. de la obra		Volumen de la obra		Volumen de la obra	
							6. A. de la obra	7. A. de la obra	8. A. de la obra	9. A. de la obra	10. A. de la obra	11. A. de la obra
52	cobre	bueno	no	no	no	no	5.9	17600	38.3	5.2	54.6	3.70
53	cobre	bueno	no	no	no	no	6.0	17500	38.2	5.3	55.1	3.75
54	cobre suelto	bueno	no	no	no	no	5.8	17500	37.2	5.15	52.6	3.45
55	cobre	bueno	no	no	no	no	5.9	17700	37.8	5.35	56.1	3.85
56	rejido	regular	no	no	no	no	6.1	17600	38.6	5.35	53.5	3.80
57	rejido con madera suelta	bueno	no	no	no	no	5.7	17400	37.7	5.30	54.1	3.75
58	rejido	bueno	no	no	no	no	5.7	17500	37.8	5.25	55.9	3.75
59	cobre	bueno	no	no	no	no	5.8	17600	36.7	5.1	51.6	3.65
60	cobre	bueno	no	no	no	no	5.7	17600	37.8	5.1	55.8	3.50
61	cobre suelto	bueno	no	no	no	no	5.9	17500	38.1	5.15	55.2	3.70
62	cobre	bueno	no	no	no	no	5.8	17400	38.2	5.15	55.9	3.75
63	cobre	bueno	no	no	no	no	5.9	17300	36.9	5.15	52.9	3.70
64	cobre	bueno	no	no	no	no	6.0	17500	38.0	5.30	54.5	3.80
65	cobre	bueno	no	no	no	no	5.8	17800	39.7	5.35	56.8	3.90
66	cobre	bueno	no	no	no	no	5.9	17200	37.4	5.25	53.7	3.80
67	rejido	bueno	no	no	no	no	5.9	17400	37.5	5.30	54.1	3.75
68	rejido	bueno	no	no	no	no	5.7	17200	36.6	5.10	53.1	3.67

Modelo	C. del Commutador	Producto Commutador	Plata balanza	Vibrante	Chispa	Pala Cadena	A 120 Volt.		Vacio con C. de "		Vacio con bujía	
							Amper.	rpm.	"H.C	prop.	"H.C	Amper.
69	cañe	bueno	no	no	exclute	no	5.7	17100	36.8	5.0	52.4	3.65
70	rejizo	bueno	no	no	exclute	no	5.8	17000	36.6	5.2	51.6	3.70
71	rejizo	bueno	no	no	exclute	no	5.7	16500	35.0	5.05	50.6	3.40
72	cañe	bueno	no	no	exclute	no	5.8	17000	37.2	5.2	53.2	3.71
73	rejizo	bueno	no	no	exclute	no	5.3	17100	36.3	5.2	52.1	3.75
74	cañe	bueno	no	no	exclute	no	5.7	17200	36.9	5.1	52.5	3.55
75	cañe	bueno	no	no	exclute	no	5.9	17400	37.8	5.35	52.0	3.60
76	cañe	bueno	no	no	exclute	no	5.7	17470	37.2	5.05	52.5	3.50
77	rejizo	bueno	no	no	exclute	no	5.9	17300	36.7	5.25	52.2	3.72
78	cañe	bueno	no	no	exclute	no	5.9	17720	37.4	5.31	55.0	3.50
79	cañe suavilla	bueno	no	no	exclute	no	5.3	17630	34.6	4.71	46.4	3.20
80	cañe suavilla	bueno	no	no	exclute	no	6.0	17455	37.6	5.4	54.5	3.90
81	cañe	bueno	no	no	exclute	no	6.2	17840	39.2	5.55	55.5	3.90
82	rejizo	bueno	no	no	exclute	no	6.1	17940	39.4	5.4	57.3	3.90
83	cañe	bueno	no	no	exclute	no	6.0	17630	38.4	5.4	55.1	3.90
84	rejizo	bueno	no	no	exclute	no	5.7	17190	36.3	5.05	52.1	3.50
85	cañe	bueno	no	no	exclute	no	5.3	16828	35.7	4.52	51.8	3.10

Notes	Color	Finish	Grain	Kiln	Vibration	Skips	Fog in Condition	Kiln - Volts		Kiln - 117.5-98"		Kiln - 117.5-98"	
								On/Off	Time	"A"	"B"	"A"	"B"
F0	color	brush	no	no	excellent	no	6-30	17974	39.7	5.72	57.4	4.06	
F1	color brilliant	brush	no	no	excellent	no	5.75	17620	37.3	5.20	53.3	3.70	
F2	color	brush	no	no	excellent	no	5.90	17220	36.8	5.20	53.8	3.65	
F9	rejizo	brush	no	no	excellent	no	5.3	17060	35.6	4.75	51.8	3.40	
90	rejizo	brush	no	may be	excellent	no	6.0	17670	37.5	5.20	54.4	3.72	
91	color	brush	no	no	excellent	no	5.8	17700	38.2	5.30	55.4	3.82	
92	color socio	brush	no	no	excellent	no	6.0	17742	38.2	5.35	55.8	3.80	
93	rejizo	brush	no	no	excellent	no	5.30	16630	33.8	4.70	49.0	3.30	
94	rejizo	brush	no	no	regular	no	6.10	17720	38.2	5.40	55.5	4.00	
95	color	brush	no	no	excellent	no	5.68	17550	37.3	5.05	54.0	3.65	
96	color	brush	no	no	excellent	no	5.90	17350	36.8	5.20	53.8	3.60	
97	color	brush	no	no	excellent	no	5.60	17560	36.4	5.05	52.0	3.25	
98	rejizo	brush	no	no	excellent	no	6.00	17810	38.8	5.32	55.2	3.52	
99	color	brush	no	no	excellent	no	6.30	17970	38.6	5.55	54.8	3.60	
100	color	brush	no	no	excellent	no	5.80	17800	38.4	5.20	54.2	3.80	

Las curvas de frecuencias son las siguientes:

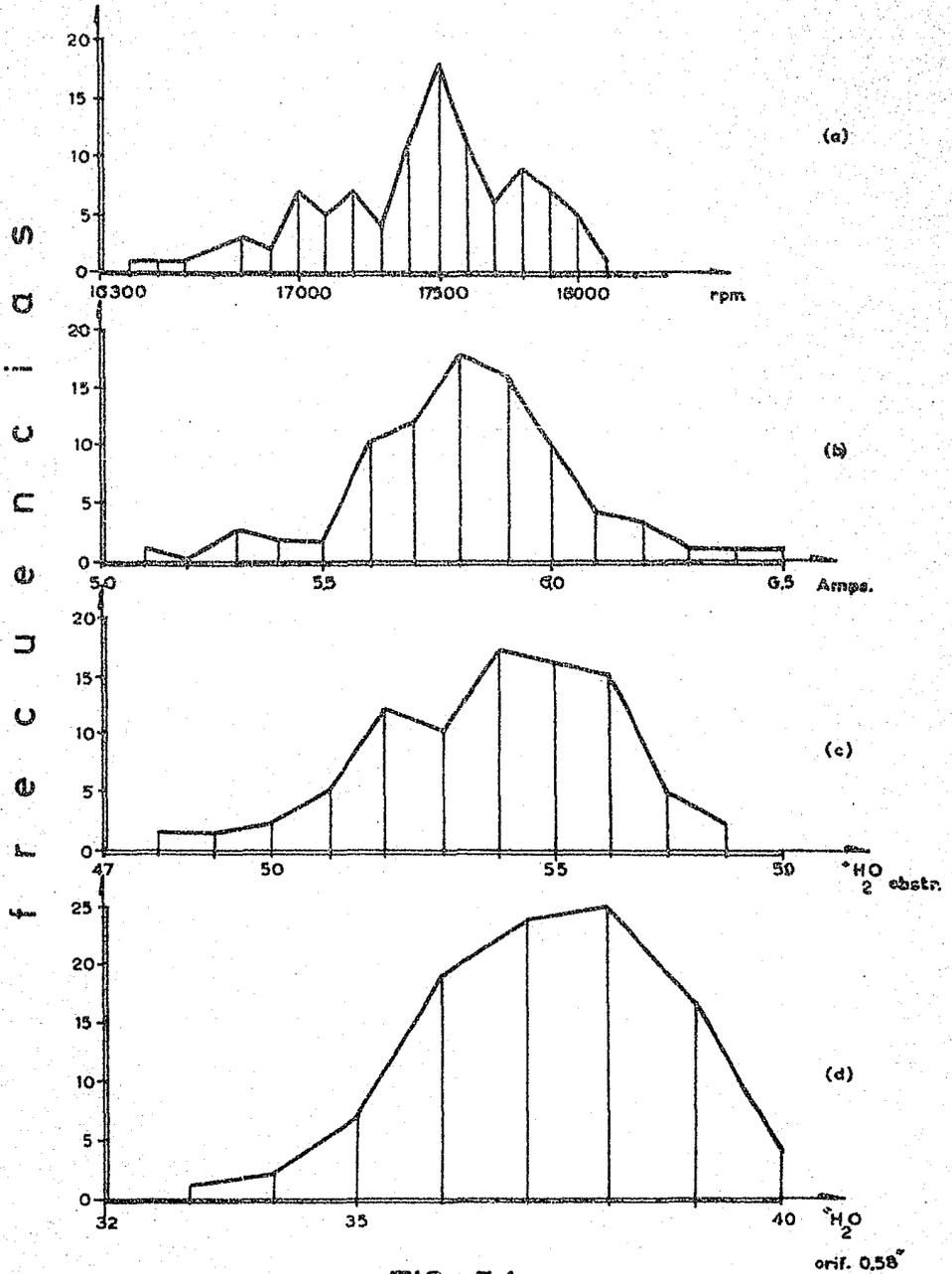


FIG. 5-1

Los valores promedio, de acuerdo con la ecuación (5-1) son:

rpm. = 17450
Amps. = 8.75
"H₂O = 37.6
orif. 0.58
"H₂O = 54.3
Obstruido

que son los valores que se requerian.

Posteriormente y en base a cada una de las cantidades anteriores, se establecieron rangos de aceptación de los motores fabricados, mismos que se entregaron al departamento de control de calidad, para que seleccionaran los motores que por su funcionamiento, darían el mejor resultado dentro de una aspiradora.

CAPITULO VI.

Pruebas Magnéticas.

La laminación empleada en el motor era comprada cruda y en Koblenz, tratada térmicamente en hornos especiales para mejorar sus propiedades magnéticas. Ensayos previos a la producción del motor, habián servido para encontrar el recocido óptimo, y para mantener uniforme la calidad de la laminación. Se hacían pruebas a cada nueva lámina en el momento de ser procesada, antes y después del tratamiento térmico y tomando muestras de varios lugares de la cajas para el objeto.

Con ayuda de curvas límite de imanación. (Curvas B-H) que habían sido obtenidas, podía aceptarse o rechazarse una muestra determinada, sabiendo que la aceptación dentro de la tolerancia daría buen resultado.

Las pruebas se llevaban a cabo mediante el empleo de un Puente de Epstein, manejado de acuerdo a las normas de propiedades magnéticas de la ASTM (American Society for Testing and Materials.) El marco Epstein, como también se llama a este dispositivo, es un transformador con relación de vueltas primario a secundario de una unidad, (normalmente 700 vts. en cada uno.) Los bobinados primario y secundario están distribuidos en forma de cuadro y a cada uno de sus lados se le nombra "pierna". Los bobinados tienen núcleo de aire, dentro del cual se montan las muestras de lámina en la misma forma en que se arma un huacal, es decir, poniendo primero las barras de lados opuestos y encima de ellas las dos de los lados paralelos restantes, etc.- hasta llenar el hueco central de los bobinados, este aparato se dota de instrumentos especiales de medición. (Ver fig. 6-2).

Las muestras de lámina, son tiras de ella con dimensiones estandar, que pueden cortarse de una hoja de lámina en varias formas según sugieren las normas de la ASTM. Los modos de corte son ilustrados por la figura (6-1)

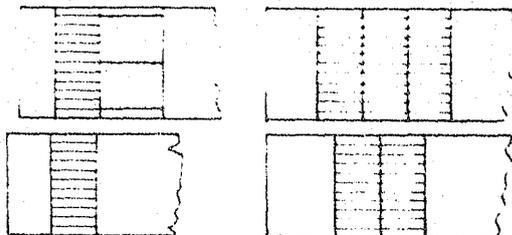


FIG. 64.
ALGUNAS FORMAS DE
CORTAR MUESTRAS EPSTEIN.

Las dimensiones de cada tira, por norma, deberán ser: 3 - cm., de ancho con un mínimo de 28 cm. de largo. Si para facilitar - el montaje y desmontaje quiere darse mayor longitud, la ASTM recomien - da 30.5 cm.

La cantidad de ellas se elige de acuerdo al tamaño del mar - co Epstein que se tenga. Los marcos se diseñan con las dimensiones - adecuadas para recibir especímenes con pesos de 0.5, 1 y 2 Kg.

Influye también en la cantidad de muestras a usar, el espe - sor de la lámina empleada y para estos casos se usa la tabla que sigue:

Medida de lámina	Número de tiras de 28 cm. de largo para pesos nominales.		
	500 g.	1000 g.	2000 g.
22	12	20	40
23	12	24	44
24	12	24	48
25	16	28	56
26	16	32	64
27	20	36	72
28	20	40	80
29	24	44	88
30	24	48	96
31	28	56	112

Volvimos nuevamente al aparato de Epstein, vamos al --
circuito:

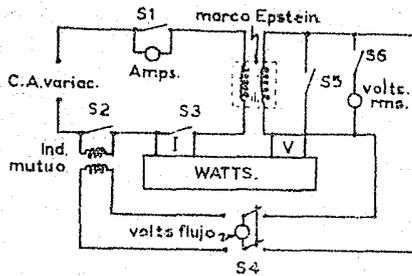


FIG. 6-2.
CIRCUITO DEL PUENTE EPSTEIN.

Los aparatos empleados en su construcción son altamente --
precisos ya que no deben exceder 0.5% de error de escala completa a 50
ó 60 Hz., los dos vóltmetros. El wattmetro no debe exceder su error,
a factor de potencia unitario y a la frecuencia de prueba, de 0.5% y --
el ampérmetro rms. debe tener una aproximación nominal de 1% de esca-
la completa. Deben tener además aparatos compensadores de error, impe-
dancias internas adecuadas, etc. Dichas exigencias las llenan algunos
aparatos de la Singer Metrics Division, que eran los usados para el --
fin que nos ocupa.

La determinación de pérdidas, en la laminación, tenía las --
bases que explicaremos en seguida.

En un circuito magnético de área transversal uniforme, (como
en el caso del puente Epstein) sujeto a una magnetización de C.A. de --
distribución uniforme en su longitud, con la sección transversal de es-
te circuito magnético rodeada por un conductor que no transporta corrie-
te de excitación, es posible demostrar que el valor promedio de voltag-
e rectificado en onda completa, inducido en el bobinado, está relacio-
nado al valor máximo de la densidad de flujo magnético en el material --
por la ecuación:

$$E_{\text{prom.}} = 4 (B_i A + H_m A_w) N F 10^{-8} \quad (6-1)$$

en la que:

- $E_{\text{prom.}}$ = Valor promedio del voltaje simétrico de rectificación de onda completa, en volts.
- B_1 = Valor de pico de la densidad de flujo intrínseco, $(B_m - H_m)$ en gaussess.
- A = Area de la sección transversal sólida del espécimen, en cm^2 .
- H_m = Valor de pico de la fuerza magnetizante, en Oersteds.
- A_m = Area encerrada por el bobinado secundario, en cm^2 .
- N = Número de vueltas en el devanado.
- F = Frecuencia en H_z .

debido al uso de un devanado compensador del flujo en el aire, podemos reducir practicamente el término $H_m A_m$ del paréntesis de (6-1) con lo que:

$$E_{\text{prom}} = 4 B_1 A N F 10^{-8} \quad (6-2)$$

Recordando que el factor de forma de una onda, es el cociente entre su valor rms y su valor promedio y que en particular, para una onda senoidal vale $\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1.1107$, podemos relacionar la lectura del voltmetro de flujo con E_{prom} .

Teniendo:

$$E_p = 4.444 B_1 A N F 10^{-8} \quad (6-3)$$

en que:

$$E_p = \text{Volts de flujo.}$$

En el caso de especímenes Epstein, en que el número total de tiras se divide en 4 grupos iguales para constituir el circuito magnético, la masa de muestra en cada "pierna" del puente es $\frac{m}{4}$ y representando con m la masa total, el área transversal sólida en cm^2 , será:

$$A = \frac{m}{4 l \rho} \quad (6-4)$$

donde:

m = peso total del espécimen, en grms.

l = longitud de las barras de muestra en cm. (28 ó 30.5 cm)

ρ = densidad estandar asumida del material de muestra en $\frac{\text{grm.}}{\text{cm}^3}$.

Llevando (6-4) a (6-3):

$$E_f = \frac{1.111 B_i m H F}{10^8 l^2} \quad (6-5)$$

Sabiendo que:

$$f = 7.85 \frac{\pi m.}{cm^3}$$

$$N = 700 \text{ Vtas.}$$

$$l = 28 \text{ cm.}$$

$$f = 50 \text{ ó } 60 \text{ H}_z$$

obtendremos, sustituyendo valores y para 50 H_z:

$$E_f = 1.7688 \times 10^{-6} B_i m \quad (6-6)$$

y asimismo para 60 H_z:

$$E_f = 2.12 \times 10^{-6} B_i m \quad (6-7)$$

Dejemos por el momento estas ecuaciones sobre los que volvemos al explicar el método empleado para efectuar los cálculos. Pasemos ahora a ver las pérdidas en el núcleo.

Nos importa determinar la pérdida específica, (por cada kg.) en la laminación. La lectura del wattmetro incluye además de ésta, la pérdida por energía disipada en las resistencias de los aparatos conectados, al secundario, esta última representada por W_s, vale:

$$W_s = \frac{E_{rms}^2}{R_s} \quad (6-8)$$

en la cual:

R_s = Resistencia total conectada al secundario.

Las pérdidas específicas serán entonces:

$$P = \frac{W - \frac{E_{rms}^2}{R_s}}{M} \quad (6-9)$$

siendo:

W = Watts. señalados por el Wattmetro.

M = Peso activo del material.

En el marco Epstein, el camino magnético efectivo es de 94 cm, con muestras de 28 cms. o más y el peso activo se calcula con:

$$M = \frac{94 m}{4 l} \quad (6-10)$$

que llevada a (6-9) nos da:

$$P = 1191.4 \frac{W}{m} = \frac{E_{rms}^2}{R_s} \frac{\text{Watts.}}{\text{Kg.}} \quad (6-11)$$

La resistencia R_s , es la equivalente del circuito de potencial del Wattmetro, en paralelo con la del voltmetro rms. y éstas a su vez, en paralelo con la del voltmetro de flujo. La resistencia de cada aparato viene indicada en su cubierta protectora y varía de escala a escala del mismo, de ahí la importancia de saber cuáles se usaron, al efectuar una medición.

Si el voltaje de entrada al circuito fuera perfectamente senoidal, las lecturas de los voltmetros rms. y de flujo serían las mismas, mostrando que el factor de forma es correcto en l.l. Pero como la señal de voltaje manejada sufre distorsiones, en general -- marcarán lecturas diferentes y la relación entre ellas, indicará qué tanto se desvía el factor de forma del l.l para onda senoidal. El porcentaje de error que exista, se denominará con la letra F y se calcula con:

$$F = \frac{100 E_{rms}}{E_f} - 100 \quad (6-12)$$

Si este porcentaje de desviación es mayor de $\frac{1}{2} 1\%$, deberán corregirse las pérdidas P en la laminación con la fórmula:

$$P \text{ corregida} = \frac{P \times 100}{H + K e} \quad (6-13)$$

designando con:

H = Porcentaje de pérdidas por histéresis a inducción B, dada.

e = Porcentaje de pérdidas por corrientes de Eddy a inducción B, dada.

$$K = \left(\frac{E_{rms}}{E_f} \right)^2$$

Es evidente que:

$$H = 100 - e \quad (6-14)$$

El valor e se obtiene de la tabla siguiente, en que se consideran la orientación de las moléculas del material, la forma de corte de las muestras y el espesor de ellas:

MINISTRO CENTRAL

U. N. A. M.

Material	Muestras	% de pérdidas por corriente de Eddy (a 50 200 Hz.) A varias espesores de laminación en pulgadas.			
		0.012	0.014	0.019	0.025
Sin orientación	mitad y mitad	—	20	30	40
Sin orientación	paralelas	—	25	35	45
orientado.	paralelas	50	60	—	—

En cuanto al proceso seguido para lograr la determinación de pérdidas en la laminación, este se lograba haciendo uso del cuadro de la figura (6-3), comenzando por anotar los datos de la parte superior.

Haciendo uso de (6-6) & (6-7) según el caso y sabiendo m de las anotaciones previas, se asignaban valores a B_1 , variándola de 2 en 2 K. Gausses. y desde 2 hasta 18 K. Gausses, calculando el voltaje E_F necesario, para provocar en las muestras las densidades de flujo correspondientes. Con estos valores, se ajustaba el variac de la entrada al circuito a modo que el voltmetro de flujo señalara el valor de E_F calculado para cierta inducción magnética B . Se anotaba entonces la lectura del voltmetro rms (E_{rms}), la del Wattmetro (W) y las escalas en que trabajaban los aparatos, a fin de calcular después la resistencia R_s . Se escribía también el amperaje (I_{rms} .)

Haciendo uso de estos valores, se sustituían en (6-8) para encontrar $\frac{E_{rms}^2}{R_s}$ y con (6-11), el valor P , comprobando la corrección de ella al encontrar F con (6-12). Si era necesario corregirla, la anotación de P corregida, se hacía en la columna sin nombre de la derecha del cuadro de la fig. (6-3), de uso múltiple.

Hay aún dentro de este cuadro 2 columnas que no han sido tratadas: la de I_{rms} . y la de fuerza magnetizante H en Oersteds, ellas sirven para poder trazar la curva de imanación, (B contra H) Esto es posible dado que:

$$H = 13.25 I \text{ (Oersteds)} \quad (6-15)$$

Así, puesto que conocemos I_{rms} para un valor de B_1 , se puede encontrar con (6-15) el correspondiente de H y dibujar la gráfica, con lo que se obtenían curvas similares a las siguientes de la figura (6-4).

M E D I C I O N E S M A G N E T I C A S E N L A M I N A .

.....de 19....

Prueba a lámina tipo Calibre..... lote Uso

Tratamiento Térmico ,

..... N°. TirasDensidad..... g/cm³. Peso del paquete.....g FrecuenciaHz

.....

B KGAUSSES	Ef. VOLTS	E _{rms} . VOLTS	I _{rms} . AMPERES	W WATTS	ESCALAS			Rs. OHMS	k ² r _{rms} /R WATTS.	P WATTS/K _E	H OERST.	F %	
					Vf	V _{rms}	W						

FIG. 6-3.

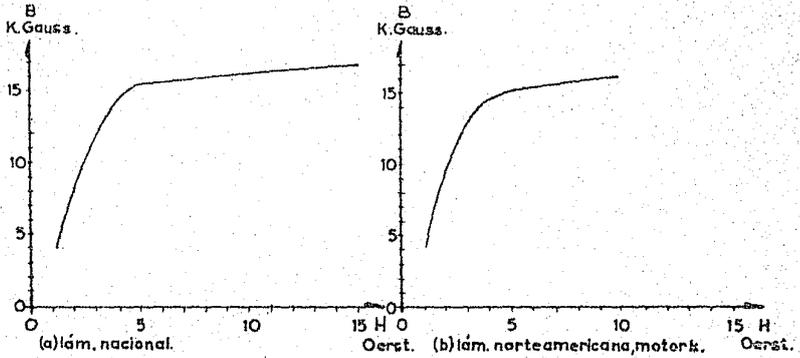


FIG. 6-4.

En ellas que se pueden comparar una lámina tratada en la fábrica y otra importada norteamericana. Nótese la semejanza entre ambas.

CAPITULO VII.

El motor de doble velocidad.

Sobre el control de la velocidad de motores de tipo serie universal no hay mucho que elegir. Aparte del método que logra la modificación del motor haciéndolo en vez de velocidad variable, de velocidad ajustable, mediante el empleo de un gobernador centrífugo que abre el circuito de alimentación al motor en alguna velocidad — predeterminada, la otra posibilidad, con tres alternativas, es efectuar variaciones en los bobinados de campo.

- a).— Que una de las bobinas del campo, (normalmente dos — en motores pequeños) tenga vueltas adicionales a la otra, con un "tap" en el inicio de éstas, para que usando un interruptor de un polo dos tiros se intercalaran tales vueltas adicionales o no, lo cual modificaría el flujo del campo y por tanto la velocidad.

El circuito quedaría:

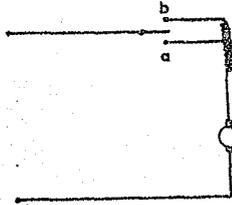


FIG.7-1.

La posición b, sería de baja velocidad, la a de alta.

Este método es útil en motores muy pequeños, de poca potencia ya que la fuerte descompensación del flujo de los campos trae consigo una alteración del eje neutro y una pésima conmutación. No era por consiguiente útil en el que se pensaba desarrollar pues su potencia es de 0.6 HP.

- b).— Esta posibilidad es modificación de la anterior pero con la ventaja de que mantiene igual siempre el flujo en los dos bobinados del campo, no afectando la conmutación.

El circuito es el siguiente:

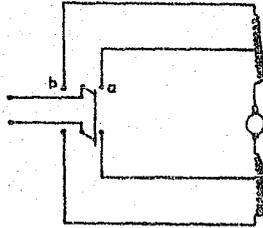


FIG.7-2.

requiere de un interruptor de dos polos dos tiros, siendo nuevamente la posición a, de alta velocidad, la b de baja. Era posible su utilización en el motor en cuestión, que tendría 4 cables terminales.

c).- Como tercera alternativa, el control de velocidad se obtiene modificando la conexión de las bobinas del campo entre sí, de serie de paralelo, es decir:

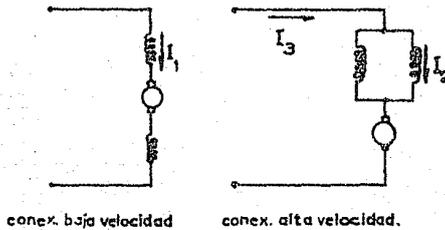


FIG. 7-3.

De este modo al conectar en paralelo las bobinas, aunque el consumo de amperaje del motor aumenta, o sea $I_3 > I_1$, los amperes-vuelta de cada devanado se reducen provocando el aumento de velocidad, o de otra forma, $I_2 < I_1$.

El logro de este método, es a través de un interruptor de dos polos dos tiros y la hechura de conexiones especiales en uno de los bobinados del campo, de modo que el motor tendría 6 puntos terminales. Igualmente era aplicable a nuestro caso.

Es sin embargo superior este último método al anterior, ya que tiene un mejor aprovechamiento del cobre, pues para el mismo fin requiere de éste en menor cantidad. A pesar de esta razón se probaron las dos alternativas, a fin de apreciar las ventajas y defectos de una y otra. Además, la posibilidad b no era tan difícil de desarrollar como la c, en cuanto que requería únicamente encontrar el número adicional de vueltas para obtener la reducción de la velocidad, manteniendo como alta la normal del motor de una velocidad, mientras que el desarrollo del método último, implicaba una modificación profunda del motor, transformándolo en algo nuevo sobre lo que no se tenía tanto conocimiento.

Se buscó entonces calcular cada uno de los dos sistemas, para reducir al máximo los ensayos necesarios con objeto de afinar las condiciones de funcionamiento del motor, en general. Se encontró entonces la primera dificultad, pues en el libro *Alternating Current Machines* (Fuchstein, Lloyd, Conrad. 3a. edición 1960 Wiley.), se puede leer: "No se conoce un método para calcular el funcionamiento de un motor serie de C.A. (compensado o descompensado.) con aproximación. Así, aunque las constantes importantes sean obtenidas por cálculo o prueba, las características de operación no pueden ser calculadas con precisión satisfactoria. La conmutación, la naturaleza no senoidal de las componentes y los efectos de la saturación, son factores que distorsionan la aproximación del cálculo."

"El diseño de nuevos motores con varias características de funcionamiento, es grandemente completado por trabajo experimental y por el uso de datos obtenidos de diseños anteriores y pruebas."

No quedaba en otras palabras, más que la experimentación.

En otro aspecto, se tenía la necesidad de aprovechar las

partes del motor serie de una velocidad por razones de economía, modificando únicamente los bobinados. Tal cosa representó una limitación seria, sobre todo en lo relacionado con la calidad de la conmutación, dado que el voltaje inducido en las bobinas bajo conmutación es influenciado por el número de vueltas por bobina; es entonces importante conservar bajo este valor. Por otra parte, es importante guardar el número de conductores en la armadura grande, para asegurar el par requerido. Para equilibrar la ambigüedad de estos requerimientos, se usan menos vueltas por bobina, aumentando el número de ellas en el rotor y por consiguiente más delgas en el conmutador. Consecuencia de ésto, es la necesidad de emplear mayores diámetros en el conmutador y en la laminación de armadura. Pero desafortunadamente esta solución no estaba dentro de nuestro alcance, porque no se debía modificar el motor hasta transformarlo en otro, por lo que antes se apuntó.

Se trató entonces de lograr por una parte, que la velocidad normal del motor aumentara, (la alta) respecto a la del motor de velocidad única y por otra, el empleo en el de doble velocidad, de la armadura que se usaba en el motor de una, pues siendo el rotor la parte de más difícil fabricación, el cambio del modo de hacerlo podría confundir a los operarios haciéndolos cometer errores, hasta que llegaran a conocerlo. Además, si se aumentaba el número de vueltas por bobina en la armadura, se dificultaba la entrada de las cuñas para cerrar las ranuras, provocando otra posibilidad de falla. No por eso se dejó de intentar, con armaduras que eran distintas a las normales de línea y a las que no solo se les modificaba el bobinado sino también la posición del conmutador respecto a la laminación y las conexiones a las delgas.

Resultados de algunos ensayos, se encontrarán en los cuadros que están adelante.

A la conexión de la posibilidad b se le llamó: serie-serie y la de la tercera alternativa: serie-paralelo, en base a la variación en la conexión de los devanados de campo, para lograr el doble valor de la velocidad de rotación.

En la parte superior de cada prueba de las siguientes y dentro de los datos de armadura, se indican de ella el número de vueltas por bobina y el desplazamiento de las conexiones a las delgas, de cada una de las terminales de las bobinas del rotor, a partir de la ra-

nura de la laminación de la que salen y de izquierda a derecha, viendo el rotor desde el extremo del conmutador. Este desplazamiento se mide en número de delgas que la conexión salta desde su ranura, hasta unirse al conmutador.

Revisión	Estado cable	Estado bobina	Estado pala	Estado rodillos	Estado válvula	Estado válvula	Estado válvula	Estado válvula	Estado válvula	Estado válvula	Estado válvula	Estado válvula
CAMPO 127	Vfal. bob.	Sup. 20 Vfal.		ARMADURA 13	Vfal. bob.	3 1/2	depl.	serie	Paralelo			
Máxima	cable claro	bueno	muy poco	NO	muy leve	aceptable	NO	6.4	17.7	17.7	17.7	17.7
Mínima	cable claro	bueno	muy poco	NO	muy leve	aceptable	NO	4.3	15.0	15.0	15.0	15.0
CAMPO 127	Vfal. bob.	Sup. 35 Vfal.		ARMADURA 13	Vfal. bob.	3	depl.	serie	Paralelo			
Máxima	cable rojizo	bueno	poco	NO	muy leve	aceptable	NO	6.3	17.8	17.8	17.8	17.8
Mínima	cable rojizo	bueno	poco	NO	casi nada	aceptable	NO	3.65	15.0	15.0	15.0	15.0
CAMPO 145	Vfal. bob.			ARMADURA 13	Vfal. bob.	3	depl.	serie	Paralelo			
Máxima	cable	bueno	muy poco	NO	casi nada	aceptable	NO	6.4	17.7	17.7	17.7	17.7
Mínima	cable	bueno	muy poco	NO	casi nada	aceptable	NO	4.3	15.0	15.0	15.0	15.0
CAMPO 150	Vfal. bob.			ARMADURA 13	Vfal. bob.	3	depl.	serie	Paralelo			
Máxima	cable rojizo	bueno	muy poco	NO	muy leve	aceptable	NO	6.15	17.6	17.6	17.6	17.6
Mínima	cable rojizo	bueno	muy poco	NO	muy leve	bueno	NO	4.15	14.9	14.9	14.9	14.9
CAMPO 150	Vfal. bob.			ARMADURA 13	Vfal. bob.	3 1/2	depl.	serie	Paralelo			
Máxima	cable claro	bueno	muy poco	NO	muy leve	normal	NO	6.35	18.3	18.3	18.3	18.3
Mínima	cable claro	bueno	muy poco	NO	muy leve	irregular	NO	4.4	14.3	14.3	14.3	14.3
CAMPO 150	Vfal. bob.			ARMADURA 14	Vfal. bob.	4	depl.	serie	Paralelo			
Máxima	cable claro	bueno	casi nada	muy leve	poco	muy alta	NO	5.7	17.8	17.8	17.8	17.8
Mínima	cable claro	bueno	casi nada	NO	muy leve	muy alta	NO	5.2	14.1	14.1	14.1	14.1
CAMPO 155	Vfal. bob.			ARMADURA 13	Vfal. bob.	3	depl.	serie	Paralelo			
Máxima	cable rojizo	bueno	muy poco	NO	muy leve	bueno normal	NO	5.85	18.5	18.5	18.5	18.5
Mínima	cable rojizo	bueno	muy poco	NO	muy leve	bueno normal	NO	3.9	14.3	14.3	14.3	14.3
CAMPO 155	Vfal. bob.			ARMADURA 11	Vfal. bob.	3	depl.	serie	Paralelo			
Máxima	cable claro	bueno	muy poco	NO	muy leve	muy buena	NO	7.3	19.5	19.5	19.5	19.5
Mínima	cable claro	bueno	muy poco	NO	casi nada	irregular	NO	4.8	14.8	14.8	14.8	14.8
CAMPO 160	Vfal. bob.			ARMADURA 12	Vfal. bob.	3	depl.	serie	Paralelo			
Máxima	cable rojizo	bueno	muy poco	muy leve	poco	muy buena	NO	6.6	19.9	19.9	19.9	19.9
Mínima	cable rojizo	bueno	muy poco	NO	leve	bueno irregular	NO	4.55	14.5	14.5	14.5	14.5
CAMPO 2	Vfal. bob.	motor Lumb.		ARMADURA 13	Vfal. bob.	3	depl.	serie	Paralelo			
Máxima	cable rojizo	bueno	muy poco	NO	muy poco	muy buena	NO	6.15	18.0	18.0	18.0	18.0
Mínima	cable rojizo	bueno	muy poco	NO	muy poco	muy buena	NO	3.95	14.2	14.2	14.2	14.2

El campo de 155 $\frac{\text{Vtas.}}{\text{bob.}}$ con armadura de 13 $\frac{\text{Vtas.}}{\text{bob.}}$ y 3 delgas de desplazamiento en conexión serie paralelo, dió inicialmente buenos resultados según la medición anterior para este caso.

Al llevar a cabo las pruebas de vida, se encontró que el motor tenía una vida de 780 hs. aproximadamente. Menos que el motor de simple velocidad y atribuible a un desgaste de las escobillas principalmente. Se imponía entonces probar otro tipo de carbones y continuar también desarrollando un motor con 12 $\frac{\text{Vtas.}}{\text{bob.}}$ y 3 despl. en la armadura y más de 160 $\frac{\text{Vtas.}}{\text{bob.}}$ en el campo, pues los datos anteriores señalan ésta posibilidad como buena.

Y en efecto, al probar otro tipo de escobillas los resultados fueron satisfactorios, pues la vida del motor aumentó a 827 horas, punto que se consideró aceptable y aún con posibilidades de mejoramiento.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Alternating. Current Machines - Puchtein, Lloyd, Conrad (John Wiley, 1960).
- 2.- Electric Machinery - Liwschitz and Whipple (Van Nostrand, 1946.)
- 3.- Theory of Alternating Current Machinery - A.S. Langsdorf (M. Graw Hill, 1955.)
- 4.- Tratado de Electricidad - Chester L. Dawes (Gustavo Gili, 1963.)
- 5.- ASTM Standards relating. to magnetic properties - ASTM, 1962.
- 6.- Diccionario Enciclopédico UTEHA-UTEHA, 1950.
- 7.- Catálogos y publicaciones sobre rodamientos, láminas, equipo de fabricación, etc. Normas para aspiradoras domésticas mexicanas, argentinas y norteamericanas, etc.
- 8.- El retorno de los brujos - L. Pauwels. J.-Bergier.