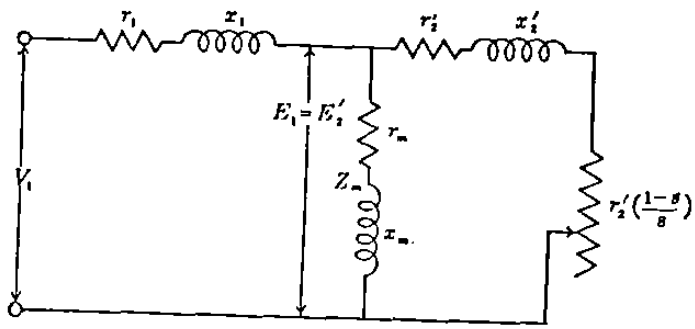
CAPITULO 6

Determinación de los parametros del circuito equivalente del Motor de inducción.



Circuito equivalente del motor de inducción(por fase)

a). El valor de r_1 se puede medir con un puente de wheatstone ó de KelVin (para resistencias pequeñas con motores grandes) o con un multímetro como ohmetro para resistencias grandes en motores pequeños.

Esta resistencia sera medida a la temperatura ambiente y debe ser corregida por temperatura (a la temperatura de operación del motor. -- Generalmente 75°C)

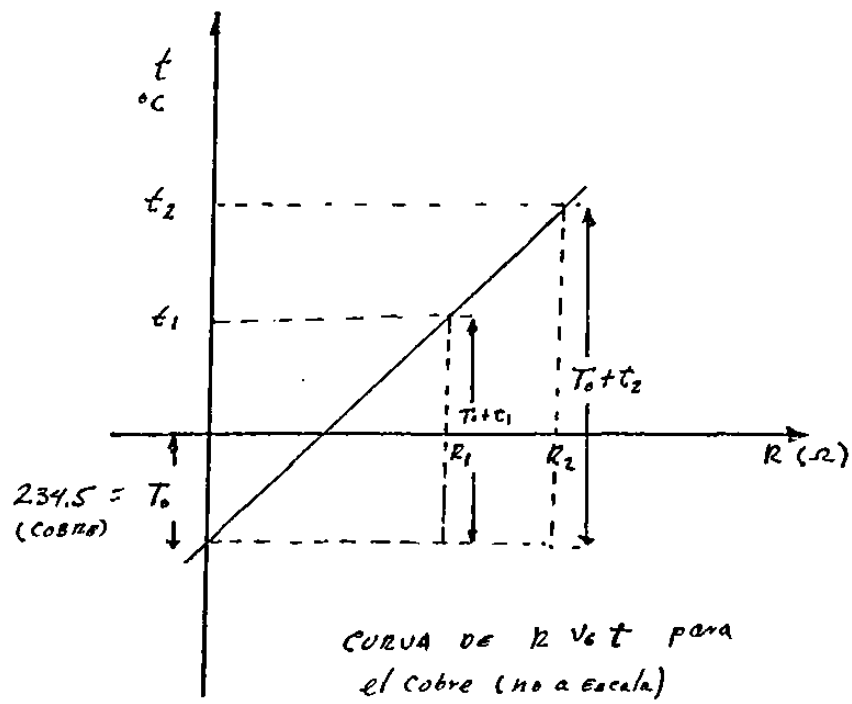
$$\frac{R_2}{T_0+t_2} = \frac{R_1}{T_0+t_1}$$

$$\boxed{R_2 = R_1 \frac{T_0+t_2}{T_0+t_1}}$$

$t_1 = 25°C \qquad t_2 = 75°C$

234.5 (PARA EL COBRE)

$$\boxed{= R_{1(25°C)} \frac{234.5+75}{234.5+25}}$$



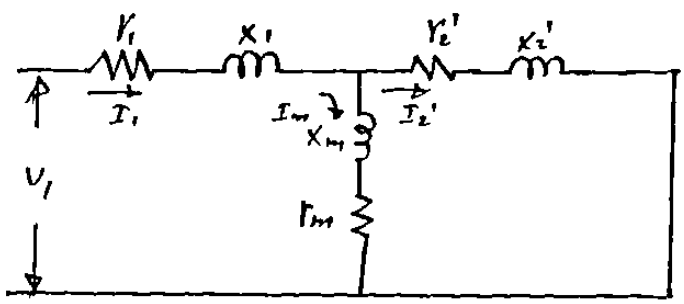
CURVA DE R Vs t para el Cobre (no a Escala)

b) Prueba de rotor bloqueado (a pleno voltaje)

V = Voltaje nominal (por fase)
I = de 4 a 6 veces la ocrriente nominal (por fase)
$P_T = 3\ P_f$ (potencia del motor durante la prueba)

Con esta prueba se obtienen las reactancias X1 y X2 saturadas puesto que la corriente es de 4 a 6 veces la corriente nominal.

En rotor bloquedo $N_R = 0$ $S = 1$



$$r_2'\left(\frac{1-s}{s}\right) = 0$$

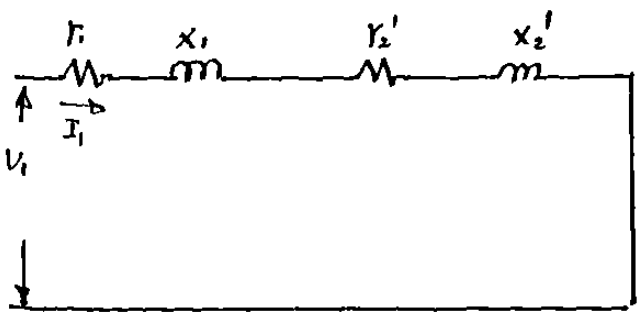
$$\frac{r_2'}{s} = r_2'$$

La corriente $I_2' \gg I_m$

$$Z_m = r_m + j x_m \gg (r_2' + j x_2')$$

$$I_m \approx 0$$

∴ El circuito equivalente se puede aproximar a



(1) $R_L = \dfrac{P_T}{3 I_1^2}$ $\qquad R_L = r_1 + r_2'$

(2) $r_2' = R_L - r_1$

r_1 (en 75°C)

(3) $Z_L = \dfrac{V_L}{\sqrt{3}\, I_L}$

V_L (de línea)

(4) $X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2}$

(5) $x_1 = x_2' = \dfrac{X_L}{2}$

Reactancias saturadas.

c) Prueba de rotor bloqueado (a voltaje reducido)

objeto: obtención de x_1, x_2' (estando presente el efecto pelicular)
(no saturados)

$N_r = 0 \qquad s = 1 \qquad r_2'/s = r_2'$

$$Z_L = \frac{V_L}{\sqrt{3}\, I_L} \qquad X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2} \qquad x_1 = \frac{X_L}{2}$$

$$x_2' = \frac{x_1}{F_{ep}(x_2')} \text{ (corregida)} \qquad r_2' = \frac{r_2'}{F_{ep}(r_2')} \text{ (Corregida)}$$

Se mide

1) $V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$ (menor que el nominal el suficiente para que tome la corriente nominal) por fase

2) I_1 = Corriente nominal por fase

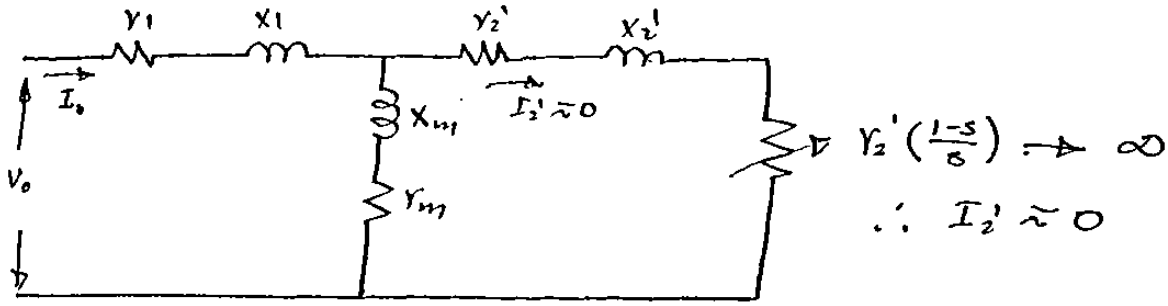
$X_1 = 0.5\,X \qquad X_2' = 0.5X$ (motores clase A, D, y rotor devanado)

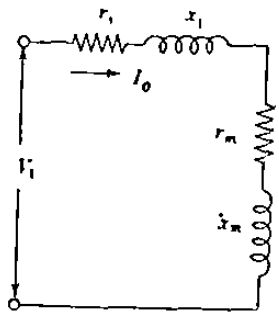
$X_1 = 0.4\,X \qquad X_2' = 0.6X$ (motores clase B)

$X_1 = 0.3\,X \qquad X_2' = 0.7X$ (motores clase C)

Los valores de X_1 y X_2' obtenidos son los valores no saturados

d) Prueba de vacio $N_R \approx N_S$ $S = \frac{N_S - N_R}{N_S} \approx 0$





$fp = \cos\phi = 0.05$ a 0.15

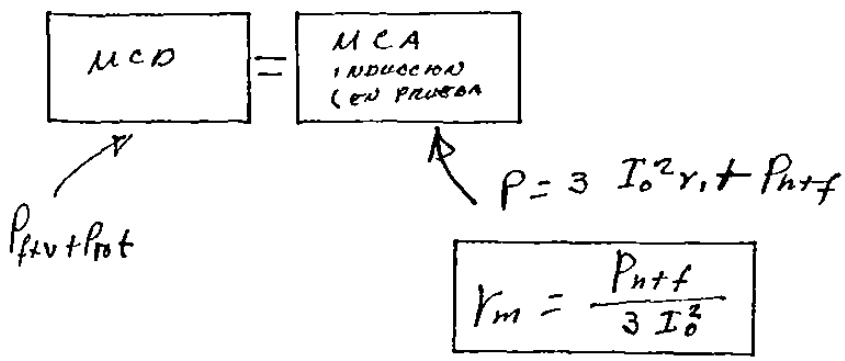
Circuito equivalente del motor de inducción en vacío

Mediciones

1) Vo = (voltaje nominal por fase) $= \frac{V_L}{\sqrt{3}}$
2) Io = Corriente que existe al aplicar el voltaje nominal (con motor en vacio).
3) P_T = (potencia total consumida por el motor durante la purba)

$$P_T = 3 I_0^2 r_1 + P_{f+v} + P_{rot.hierro} + P_{h+f}$$

$N = N_S$



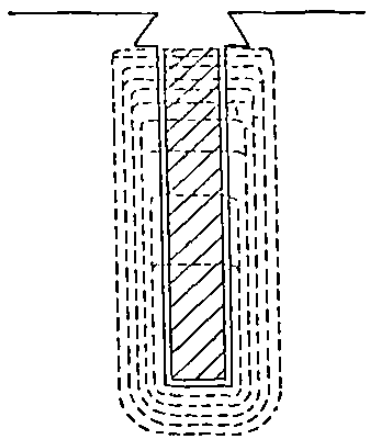
$$X_m = \frac{\frac{V_0}{\sqrt{3}} - I_0 x_1}{I_0}$$

Si $I_0 r_1 \approx 0$, $I_0 r_1 << I_0 x_m$
e $I_0 r_m << I_0 x_m$, $I_0 r_m \approx 0$

Variación de los paramentros con el deslizamiento

	x_1	x_2'	r_2'
Efecto pelicular en las barras del rotor	no tiene influencia	disminuye con el incremento del deslizamiento	aumenta con el incremento del deslizamiento
Saturación de la dispersión	disminuye con el incremento del deslizamiento	disminuye con el incremento del deslizamiento	no tiene influencia

Para el fenómeno del efecto pelicular en la barra profunda, puede darse la explicación siguiente. Considérese la Fig. que muestra una ranura con una barra y el *flujo de dispersión de la ranura* producido por la corriente en la barra. El flujo principal tiene su trayectoria por el núcleo bajo la ranura. Supóngase que la barra está dividida en varios conductores por la ranura. Los conductores que están situados en la parte inferior (fondo) de la ranura están entre-



Explicación del efecto pelicular en los conductores debido al paso del flujo en la ranura

lazados con un flujo de dispersión mucho mayor que los conductores que están situados en la parte superior de la ranura. Por lo tanto, la reactancia de dispersión de los conductores del fondo es mucho mayor que la reactancia de dispersión de los conductores superiores.

EFECTO GENERAL DE LA VARIACION DE LA TENSION Y DE LA FRECUENCIA EN LAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR DE INDUCCION

+ = Aumento — = Disminución

		Par motor máximo de arranque y marcha	Velocidad síncrona	% Deslizamiento	Velocidad de plena carga	RENDIMIENTO			FACTOR DE POTENCIA			Corriente de plena carga	Corriente de arranque	Elevación de temperatura a plena carga	Capacidad máxima de sobrecarga	Ruido magnético, en particular en vacío
						Plena carga	¾ carga	½ carga	Plena carga	¾ carga	½ carga					
Variación de la tensión	120% tensión	+44%	Sin cambio	−30%	+ 1.5%	Bajo +	— ½ a 2 puntos	— 7 a 20 puntos	— 5 a 15 puntos	— 10 a 30 puntos	— 15 a 40 puntos	−11%	+25%	— 5 a 6 C	+44%	Notable +
	110% tensión	+21%	Sin cambio	−17%	+1%	+ ½ a 1 punto	Sin cambio prácticamente	— 1 a 2 puntos	— 3 puntos	— 4 puntos	— 5 a 6 puntos	−7%	+ 10 a 12%	— 3 a 4 C	+21%	Ligero +
	Función de la tensión	(Tensión)²	Constante	1 / (Tensión)²	(Deslizamiento a la velocidad sín.)								Tensión		(Tensión)²	
	90% tensión	−19%	Sin cambio	+23%	−1½%	— 2 puntos	Sin cambio prácticamente	+ 1 a 2 puntos	+ 1 punto	+ 2 a 3 puntos	+ 4 a 5 puntos	+11%	— 10 a 12%	+ 6 a 7 C	−19%	Ligero —
Variación de la frecuencia	105% Frecuencia	−10%	+5%	Sin cambio prácticamente	+ 5%	Ligero +	Ligero +	Ligero +	Ligero +	Ligero +	Ligero +	Ligero —	— 5 a 6%	Ligero —	Ligero —	Ligero —
	Función de la frecuencia	1 / (Frecuencia)²	Frecuencia		(Deslizamiento a la vel. sín.)								1 / Frecuencia			
	95% Frecuencia	+11%	−5%	Sin cambio prácticamente	— 5%	Ligero —	Ligero —	Ligero —	Ligero —	Ligero —	Ligero —	Ligero +	+ 5 a 6%	Ligero +	Ligero +	Ligero +

Nota: Esta tabla muestra los efectos generales, que variarán algo para valores nominales específicos.

$I = K_1 \phi I_2 \cos \psi_{2s}$ $\quad E = 4.44 f N K_{dp} \phi$ $\quad E = K f \phi$

$I_2 \propto \phi \quad (\cos \psi_{2s} \approx 1) \quad \phi = K \frac{E}{f} \quad \phi \propto \frac{E}{f}$

$T = K_2 \phi^2$

$\boxed{T = K_1 \left(\frac{E}{f}\right)^2}$ $\quad \boxed{T = K \frac{V^2}{f^2}}$ $\quad E \approx V$

Problema Cap. 6

Encontrar los 6 parámetros de un motor de Inducción, Datos:

800 HP	2300 volts	Pf+v = 4.4 Kw, Ph+f = 0.4 Prot en el hierr
60 Hz	prueba en vacío	Prueba de rotor bloqueado (a pleno voltaje
P = 8 polos	v_1 = 2300 volts	VL = 2300 volts (línea)
barra profunda	Io = 43 Amp.	IL = 1200 amp.
	Po = 12.5 Kw	PL = 1060 Kw

$Fep(r_1') = 1$

$Fep(x_2') = 1$

r_1 (75°C) = 0.103

Prueba de rotor bloqueado
(a voltaje reducido)

VL = 600 volts

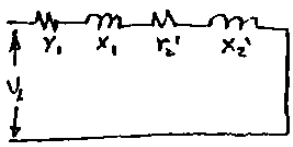
IL = 240 Amp.

(75°C) r_1 = 0.103

de prueba de rotor bloq.

a pleno voltaje

S = 1



$$RL = \frac{P_L}{3\ I_L^2}$$

$$RL = \frac{106\emptyset \times 10^3}{3\ (12\times10^2)^2}$$

$$RL = \frac{106}{3(144)}$$

$$\boxed{RL = 0.2455\ \Omega}$$

$$RL = r_2' + r_1 \qquad r_2' = R_L - r_1$$

$$\boxed{r_2' = 0.1425\ \Omega}$$

$$\begin{array}{r} 0.2455 \\ -\ 0.1030 \\ \hline 0.1425 \end{array}$$

Reactancias Saturadas

$$Z_L = \frac{Vf}{If} = \frac{2300v}{\sqrt{3}(1200)A} = 1.11\ \Omega$$

$$Z_L = RL + j\ X\ L \qquad Z^2 = 1.235$$

$$Z_L^2 = R_L^2 + X_L^2 \qquad + \quad RL^2 = \begin{array}{r} + \\ 0.060 \\ \hline 1.175 \end{array}$$

$$X_L^2 = Z_L^2 - R_L^2$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R_L^2}$$

$$X_L = \sqrt{1.175}$$

$$X_L = 1.08\ \Omega$$

$$X_1 \simeq X_2' = \frac{XL}{2} = 0.54\ \Omega$$

$$\boxed{X_1 \simeq X_2' = 0.54\ \Omega}$$

Reactancias no saturadas

$$Z_L = \frac{600}{3(240)} = 1.445\ \Omega$$

RL = 0.2455 Ω

$$Z^2 = R_Z^{\ 2} + XL^2$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R_L^{\ 2}}$$

$$Z^2 = (1.445)^2 = 2.10$$
$$+ \qquad\qquad +$$
$$R_L^{\ 2} = (0.2455)^2 = \underline{0.06}$$
$$2.04$$

$$XL = \sqrt{2.04}$$

$$XL = 1.422\ \Omega$$

$$X1 \approx X_2' = \frac{XL}{2} = \frac{1.422}{2} = 0.711\ \Omega$$

$$\boxed{X1 \approx X_2' = 0.711}$$

$$\text{fact. sat.} = \frac{\text{Rect. no sat.}}{\text{Rect. sat.}} = \frac{0.711}{0.54} = 1.315$$

De la prueba en vacío $\begin{cases} V1 = 2300\ v \\ Io = 43\ amp. \\ P = 12.5\ Kw \end{cases}$

$$P = 3\ Io^2\ r_1 + P_f \qquad Prof + Ph$$

$$3\ Io^2\ \ r1 = 3(43)^2\ (0.103) = 571 \text{ watts}$$

$$P\ f + v = \underline{4{,}400} \text{ watts}$$

$$Prof + Ph + \beta = P - (3Io^2\ r_1 + Pf + \ )$$

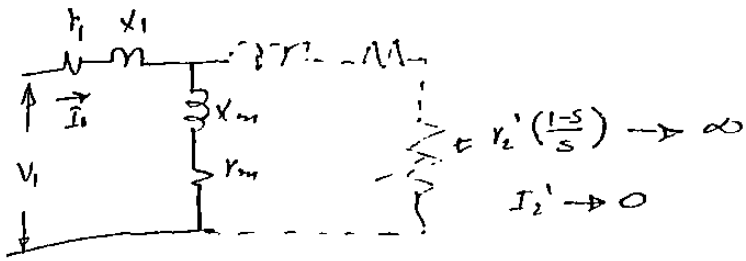
$$\begin{array}{r} 12{,}500\ w \\ \underline{-\ 4{,}971} \end{array}$$

Pérdidas en el hierro en vacío $\rightarrow$ 7,529 w

$Ph\beta$ = 40% de pérdidas hierro envacío
(debido a flujo principal)

$$Ph + \beta = 0.4\ (7529)$$

$$Ph + \beta = 3010 \text{ watts}$$



$$Ph + e = 3Io^2 \quad rm$$

$$rm = \frac{Ph + e}{3\ Io^2}$$

$$rm = \frac{3010}{3\ (43)^2} = 0.544\ \Omega$$

$$\boxed{rm = 0.544\ \Omega}$$

$$E = V_1 - Io\ X1$$

$$E = \frac{2300}{\sqrt{3}} - \overbrace{(43)\ (0.711)}^{30.6}$$

$$\underline{E = 1298.4 \text{ volts}}$$

$$Xm\ \frac{E}{Io} = \frac{1,298.4}{43}$$

$$\begin{array}{r} 1329.0 \\ -\ 30.6 \\ \hline 1298.4 \end{array}$$

$$\boxed{Xm = 30.2\ \Omega}$$

SOLUCION POR CALCULADORA PROGRAMABLE E IMPRESORA.

PARAMT'S EN ARRANQUE

0.103	R1
.5395207175	X1
.1423700704	R2'
.5395207175	X2'
30.17034273	XM
.5428995130	RM

PARAMT'S EN MARCHA

.1423700704	R2'
.7111832947	X1
.7111832947	X2'

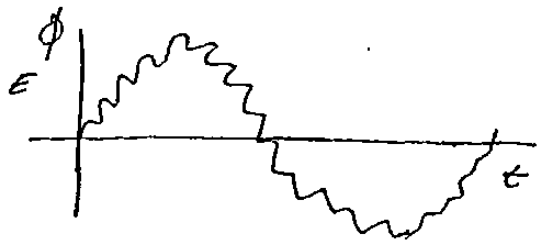
(saturados)
Parámetros
arranque

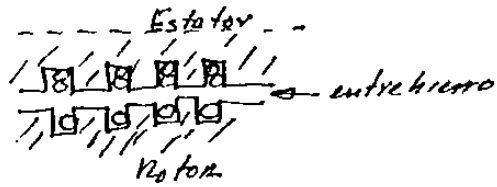
$r_1 = 0.103\ \Omega$
$x1 = 0.54\ \Omega$
$r_2' = 0.1425\ \Omega$
$x_2' = 0.54\ \Omega$
$rm = 0.544\ \Omega$
$xm = 30.2\ \Omega$

(No saturados)
Parámetros
marcha

$r_1 = 0.103\ \Omega$
$x1 = 0.711\ \Omega$
$r_2' = 0.1425\ \Omega$
$x_2' = 0.711\ \Omega$
$rm = 0.544\ \Omega$
$xm = 30.2\ \Omega$

Las pérdidas rotacionales se dispon en forma de calor en el hierro





pero el par necesario para vencer estas pérdidas es proporcionado por el rotor. (o sea por el campo giratorio) y por lo tanto son pérdidas de - carácter eléctrico y mecánico o sea al par desarrollado por el campo giratorio hay que restarle el par necesario para vencer las pérdidas rotacionales (además las de Pf + V y pares parásitos debido a armónicas.)

DETERMINAR LOS PARAMETROS EN EL ARRANQUE
Y EN MARCHA PARA EL M. I. CON LOS SIG. DATOS:

Ejemplo

Prueba en vacío—75°C

$V_1 = 440$ volts
$I_0 = 2.36$ amp
$P_0 = 211$ watts

Prueba de rotor frenado (tensión plena)—75°C

$V_L = 440$ volts $= V_1$
$I_L = 29.1$ amp
$P_L = 13.92$ kw

Prueba de rotor frenado (tensión reducida)

$V_L = 76$ volts
$I_L = 4.25$ amp

HP = 3 HP's

440/220 v

3Ø

f = 60 Hz.

P = 4 Polos

$r_1 = 2.26\ \Omega$ (25°C)

$P_f + V = 44$ watts

Pérdidas parásitas = 48 W.

El factor del efecto pelicular para r_2' es 1.30 y para x' es 0.97 (véase la Fig.

SOLUCION POR CALCULADORA PROGRAMABLE:

PARAMT'S EN ARRANQUE

2.695452794	R1
3.397900909	X1
2.783993454	R2'
3.397900909	X2'
103.2664852	XM
3.649640026	RM

PARAMT'S EN MARCHA

2.141488118	R2'
4.375190373	X1
4.510505539	X2'

CALCULAR LOS PARAMETROS DE UN MOTOR DE INDUCCION CON LOS SIG. DATOS:

25 HP's	r_1 (75°C) = 0.0805 Ω	PRBTR (75°C)	P. VAcio (75°C)
P = 2 Polos	PRBTR (75°C)	V = 208 Volts	V_o = 220 V
V = 220 Volts	V = 20 V	I = 350 Amp.	I_o = 12.7 A
60 HZ.	I = 20.6 A	P = 65.6 kW.	P_o = 756 W.
Conexion Y	P_{f+v} = 110 Watts	Fcp (r_1') = 1.82	Fcp (X_2') = 1

SOLUCION POR CALCULADORA
PROGRAMABLE E IMPRESORA:

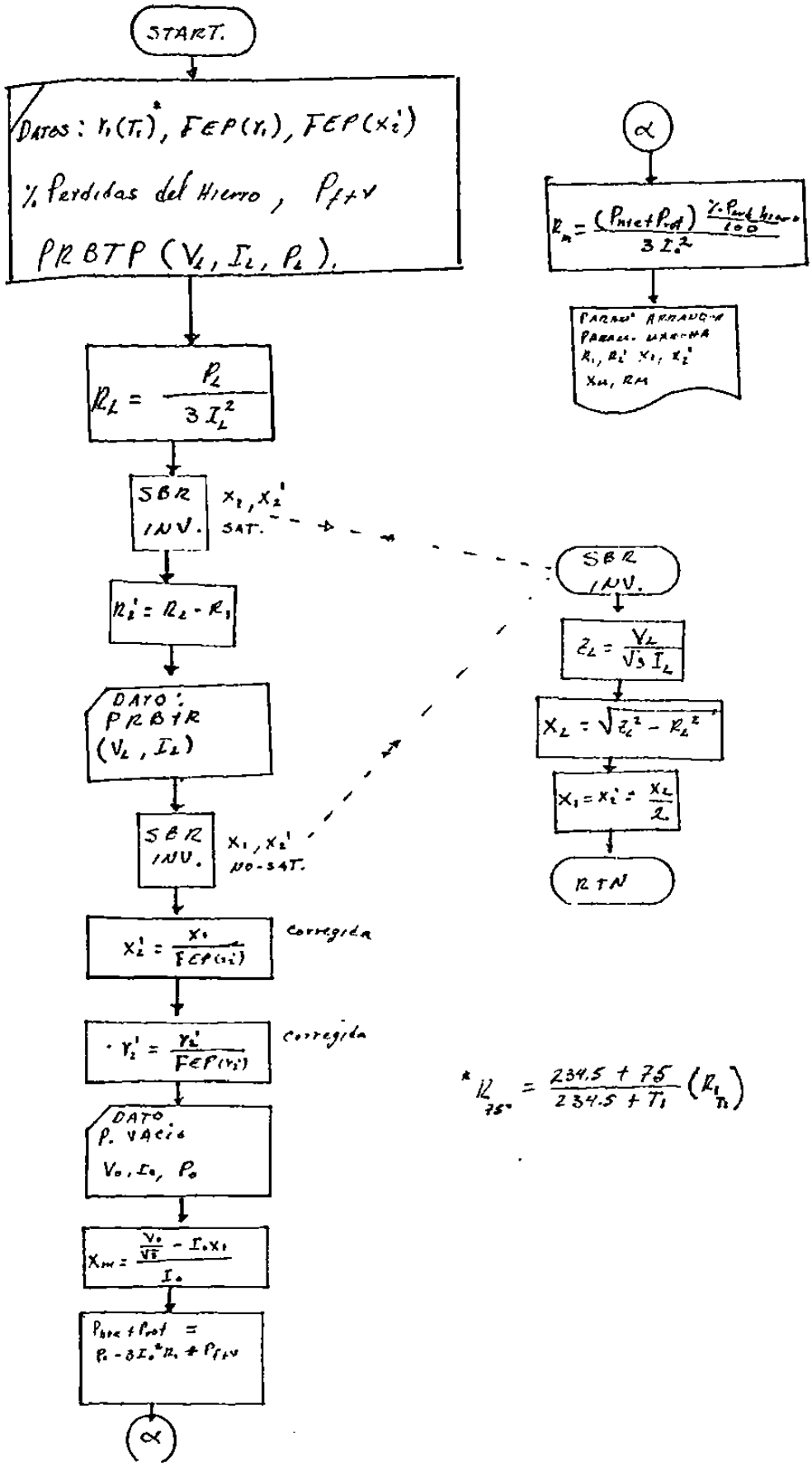
PARAMT'S EN ARRANQUE

0.0805	R1
.1465108407	X1
.0980034014	R2'
.1465108407	X2'
9.735660714	XM
.6272846484	RM

PARAMT'S EN MARCHA

.0538480227	R2'
.2656761055	X1
.2656761055	X2'

DIAGRAMA DE FLUJO PROGRAMA "PARAMETROS DEL MOTOR DE INDUCCION"
(SIMPLIFICADO).



$$^{*}R_{75°} = \frac{234.5 + 75}{234.5 + T_1}\left(R_{T_1}\right)$$

PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.-

PROPOSITO: Determinar la eficiencia, factor de potencia, distribución de pérdidas y deslizamiento del motor y graficar estos contra los HP's del motor.

La prueba se lleva a cabo por medio del dinamómetro y equipo de medición con que cuenta el laboratorio.

Para esto se carga el motor hasta que se obtenga una lectura de par, tal que la potencia de salida sea el 130% de los HP's nominales. Posteriormente se toman lecturas de par de tal manera que se puedan tomar del orden de 15 lecturas.

En cada lectura de par se toman los siguientes datos:

a). Volts (Constantes durante toda la prueba).

b). Ampers (En todas las fases).

c). Watts de Entrada.

d). R.P.M.

En las figuras 1 y 2, aparecen los datos, cálculos y gráficas de la prueba de funcionamiento para un motor de 25 HP.s 2 Polos.

Los cálculos fueron hechos de la siguiente manera:

a). Potencia de Entrada:

$$P_i = \sqrt{3}\ V_1\ I_1\ \cos\theta$$

$\cos\theta$ = Factor de Potencia.

b). Deslizamiento %:

$$S = \frac{N_S - N}{N_S} \times 100$$

c). Potencia de salida en HP's (HORSE POWER).

$$HP = \frac{TN}{5252}$$

T en Lb. Ft.
N en r.p.m.

HOJA DE ATO DE LA PRUEBA DE FU CIONAM ENTO

HP 25 POLOS 2 ARMAZON 256 TIPO R FASES 3 VOL S 22)/440 CICLOS 50/60 DE SE IE [redacted]

ROTOR PROBADO POR F. .M.E. FECHA ENERO, 77

OBSERVACIONES

RESISTENCIA	A-B	B-C	C-A	PROM.	TEMP.
EN CALIENTE	0.161	0.161	0.161	0.161	18°C
EN FRIO	0.127	0.127	0.127	0.127	16°C

VOLTS	AMPERES			WATTS			PAR	DESLIZAMIENTO			R.P.M.	HP DE SALIDA	WATTS DE SALIDA	PERDIDAS EN WATTS	EFICIENCIA %
	LECTURA	FM	RESULT.	LECTURA	FM	RESULT.	LB.FT.	REV.	RPM	%					
215	90 92 94	1	92	F.P. 0.92		31519	49.5			4.17	3450	32.5	24245	7274	76.92
214	84 86 86	1	85.3	0.915		28930	45.75			3.75	3465	30.2	22529	6401	77.87
214	73 74 75	1	74	0.930		25509	40.5			3.47	3475	26.8	19993	5526	78.38
214	66 68 68	1	67.3	0.931		23224	37.5			2.78	3500	25	18650	4574	80.30
214	58 59 59.5	1	58.8	0.94		20487	31.5			2.22	3530	21.12	15756	4731	76.91
215	49 50 51	1	50	0.94		17502	26.25			1.94	3530	17.65	13167	4334	75.23

HOJA DE DATOS DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO

HP 25 POLOS 2 ARMAZON 256 TIPO R FASES 3 VOLTS 220/440 CICLOS 50/60 # DE SERIE [redacted]

ROTOR PROBADO POR F.I.M.E. FECHA ENERO, 77

OBSERVACIONES

RESISTENCIA	A-B	B-C	C-A	PROM.	TEMP.
EN CALIENTE	0.161	0.161	0.161	0.161	18°C
EN FRIO	0.127	0.127	0.127	0.127	16°C

VOLTS	AMPERES			WATTS			PAR	DESLIZAMIENTO			R.P.M.	HP DE SALIDA	WATTS DE SALIDA	PERDIDAS EN WATTS	EFICIENCIA %
	LECTURA	FM	RESULT.	LECTURA	FM	RESULT.	LB.FT.	REV.	RPM	%					
215	42 43 43	1	42.7	F.P. 0.94		14947	22.5			1.67	3540	15.17	11317	3660	75.71
215.5	35 36.5 36.5	1	36	0.93		12497	18			1.11	3560	12.2	9101	3396	72.82
216	28 30 30	1	29.3	0.895		9811	13.35			1.03	3563	9.06	6759	3052	68.89
217	22 23 22.5	1	22.5	0.84		7104	9			.089	3568	6.12	4566	2538	64.27
217	18 20 20	1	19.3	0.742		5382	4.5			.064	3577	3.07	2290	3092	42.55
217	17 18 17.5	1	17.5	0.6		3946	1.5			0.56	3580	1.02	761	3185	19.28

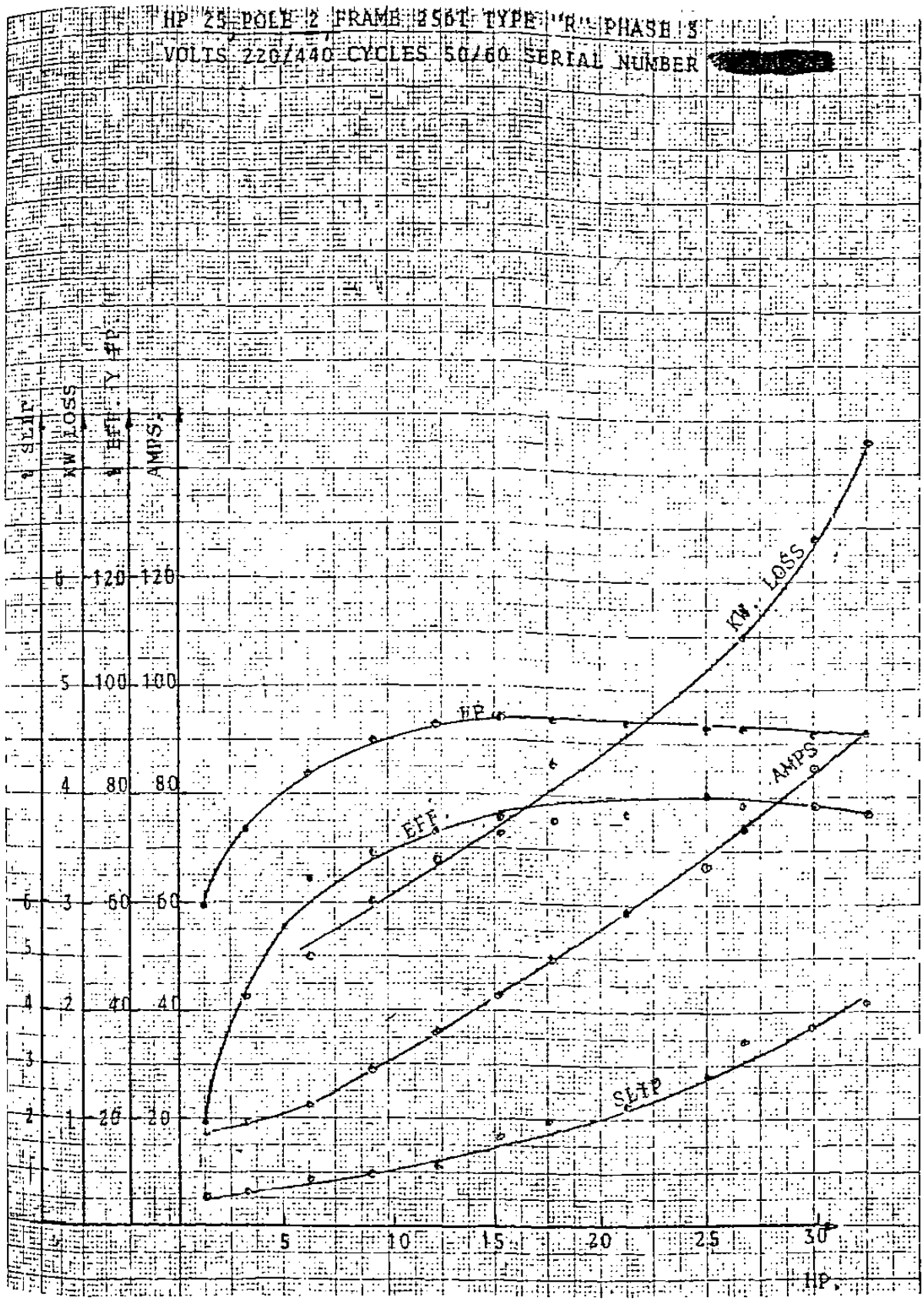


Fig. 2 Gráficas de la Prueba de Funcionamiento

O BIEN...

$$HP = \frac{TN}{7123.8}$$ T en nt-m
N en r.p.m.

d). Potencia de Salida en Watts (Watts OUT-PUT):

$$P_o = HP\ (746)$$

e). Watts de pérdidas W_p (watts loss):

$$W_p = P_i - P_o$$

f). Eficiencia en % $\eta = \frac{P_o}{P_i}\ 100$

g). Pérdidas del Núcleo (W_c) y pérdidas de fricción y viento (P_{f+v}). Se obtienen de la prueba de saturación en vacío.

h). Pérdidas del cobre en el estator (W_s).

$$W_s = 3/2\ I^2R$$ R= Resistencia en caliente. (Entre Líneas)
I= Corriente nominal.

i). Pérdidas del Rotor:

$$W_r = S\ (P_i - W_s - W_c)$$

S= Deslizamiento.
P_i= Potencia de entrada.

j). Pérdidas Parásitas (W_1).

$$W_1 = W_p - (W_c + P_{f+v} + W_s + W_r)$$

PRUEBA DE SATURACION EN VACIO.-

OBJETIVO: Conocer la distribución de pérdidas en vacío.

PROCEDIMIENTO: En esta prueba el motor se arranca a voltaje reducido y se incrementa este hasta el 125% del voltaje nominal. Se toman lecturas de voltaje de 20 -- por 20 volts hasta el menor posible tomando lecturas de watts y amperes en todas las fases.
Ver figuras 3 y 4.

DISTRIBUCION DE PERDIDAS:

a). Pérdidas totales:
W_p= Potencia de entrada a voltaje nominal.

b). Pérdidas del cobre del estator:
$W_s = 3/2\ RI^2$

c). Pérdidas de Fricción más viento:
(P_{f+v}).
Potencia de entrada en cero volts.
(Valor Teórico)

d). Pérdidas del Núcleo $W_c = W_p - W_s - P_{f+v}$

II. PRUEBA PAR VELOCIDAD.-

OBJETIVO: Determinar la característica par-velocidad así como otra información de operación general.

PROCEDIMIENTO:

a). Primero se mide la resistencia en frío.
b). Datos en vacío.
c). Datos a plena carga.
d). Prueba de rotor bloqueado a voltaje nominal (BLOQUEO).
e). Prueba de rotor bloqueado a bajo voltaje (B.B.V.)
Para mayor detalle de lo anterior ver la hoja de datos par-velocidad. Figs. 5 y 6.

PRUEBA DE SATURACION EN VACTO

HP. 25 POLOS 2 ARMAZON 256T TIPO R FASES 3 VOLTS 220/440 CICLOS 50/60 # DE SERIE 105030818

PROBADO POR F.I.M.E. FECHA ENERO,77

RES. EN CALIENTE FM= 1			
A - B	B-C	C-A	R
0.16	0.161	0.161	0.161

RES. EN FRIO 0.127 EN 16 °C OBSERVACIONES

VOLTS	AMPERES			K.WATTS					E^2S
	LECT.		RESUL	LECT.	FM	RESUL.			
240	16 17.1 17	1	16.7	.029	36	1.044			
220	12 13 13	1	12.7	.021	36	0.756			
200	12.2 12.2 12.2	1	12.2	.019	36	0.684			
180	10.7 11.2 9.6	1	10.5	.0162	36	0.5832			
160	9.2 9.6 8.2	1	9	.0132	36	0.468			
140	8 8 6.8	1	7.6	.022	18	0.396			

VOLTS	AMPERES			K.WATTS					E^2S
	ECT.	FM	RESUL.	LECT	FM	RESUL.			
120	6.9 7 5.7	1	6.53	.018	18	.324			
100	6 6 6	1	5.66	.0137	18	.246			
80	5.7 5.5 5.6	1	5.3	.023	9	.207			
60	6 5.6 4.75	1	5.45	.0193	9	.174			
40	7.6 7.8 6.8	1	7.4	.0174	9	.156			

POSICION DEL MOTOR
HORIZONTAL

TIPO DE:
LUBRICACION

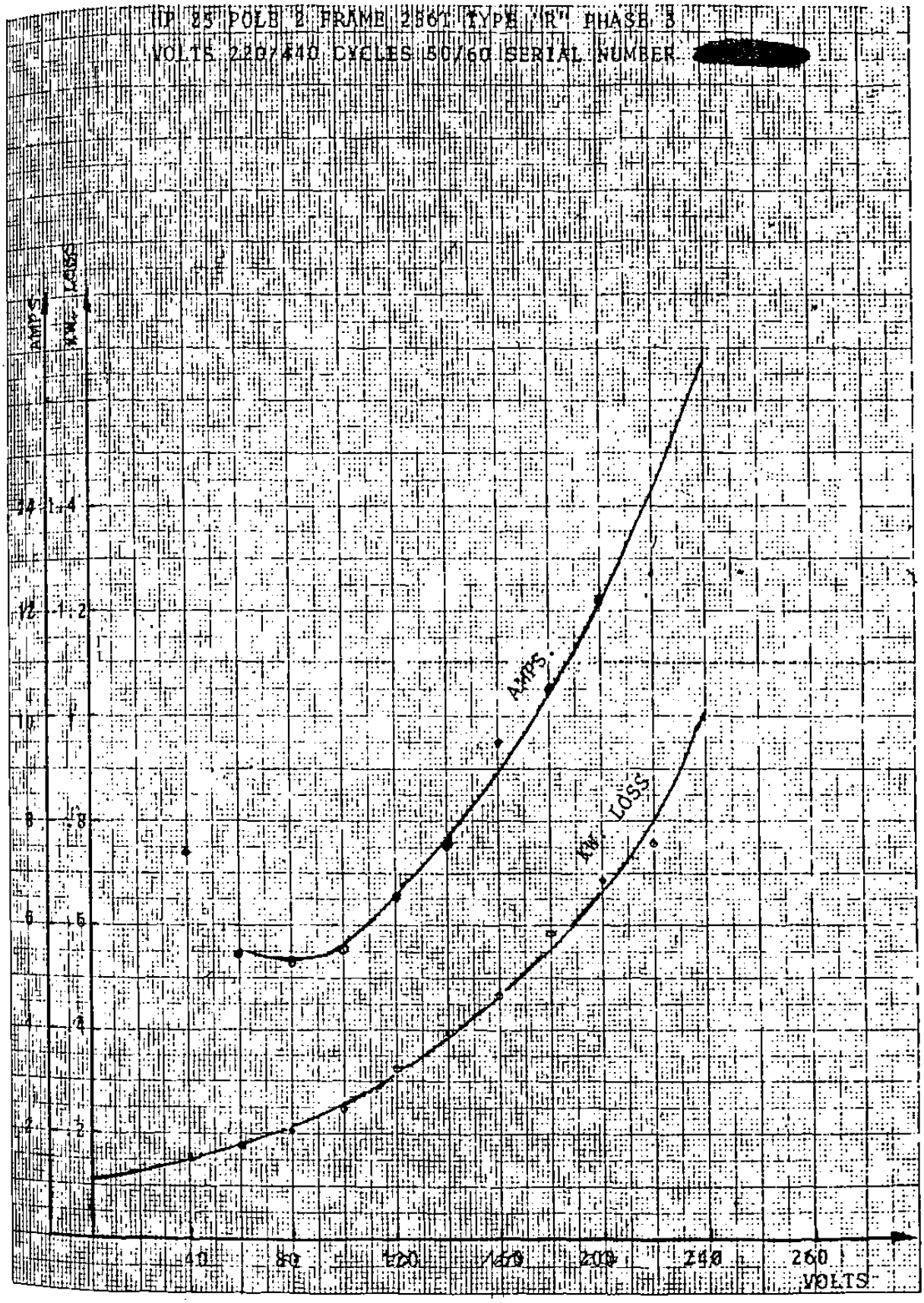


Fig. 4 Características de Saturación en Vacío

f). Característica par-velocidad.

Para obtener la característica par-velocidad el dinamometro tiene que estar conectado en Ward Leonard.

Con el dinamómetro operando como motor y checando que el dinamómetro y el motor de prueba giren en la misma dirección y partiendo de la mínima velocidad (prácticamente cero) y hasta la velocidad sincrónica se toman valores de par, velocidad y voltaje.

La velocidad del dinamómetro operando como motor se controla por el voltaje de armadura ó bien la corriente de campo de éste. (Para mayor información ver operación del dinamómetro en Ward Leonard).

En las siguientes figuras aparecen los datos y características para un motor de 25 HP's, 2 Polos. (Figs. 5 y 6)

Los cálculos de la hoja de datos y característica par-velocidad se efectúan de la forma siguiente:

a). Velocidad sincrónica: $N_s = \frac{120\ f}{P}$

b). $\frac{\text{LOCK KVA}}{\text{HP}} = \frac{3\ V_1\ I_{st}}{\text{HP}\ (1000)}$

V_1= Voltaje de línea.

I_{st}= Corriente a rotor bloqueado.

c). Par sincrónico a plena carga. (T_{spc})

$$T_{spc} = \frac{\text{HP}\ (5252)}{N_s}$$

d). Par de Arranque en %

$$\%T_s = \frac{T_s}{T_{spc}} X\ 100$$

f). Par mínimo de ajuste a sincronismo en % (PULL in TORQUE).

$$\%\ T_u = \frac{T_u}{T_{spc}}\ X\ 100$$

HOJA DE DATOS DE LA PRUEBA PAR VELOCIDAD

HP 25 POLOS 2 ARMAZON 256T TIPO R FASES 3 VOLTS 220/440 CICLOS 50/60 # DE SERIE [redacted]

ROTOR Jaula de Ardilla FECHA Enero 77 PROBADO POR F.I.M.E.

OBSERVACIONES T_s=67 LB. PIE A ROTOR BLOQUEADO EN 220 V.

RESISTENCIA	A-B	B-C	C-A	PROM.	TEMP.
EN CALIENTE	0.161	0.161	0.161	0.161	18°C
EN FRIO	0.127	0.127	0.127	0.127	16°C

DATOS	VOLTS	AMPERES			WATTS			PAR			RPM	RESISTENCIA FM	
		LECTURA	FM	RESULT.	LECTURA	FM	RESULT.	LECTURA	FM	RESULT.		TIEMPO	RES.
EN VACIO	220	12 13 13	1	12.7	21	36	756	0	1.5	0	3598		
PLENA CARGA	214	66 68 68	1	67.3	F.P. 0.931		23224	25	1.5	37.5	3500	1 min.	0.161
BLOQUEO	208	350	1	350	0.52		65568	40	1.5	60	0		
B.B.V.	20	20.4 21 20.4	1	20.6	19	9	171				0		

VOLTS	PAR	R.P.M.	VOLTS	PAR	R.P.M.
217	1.5	3580	220	65.6	3410
"	4.5	3577	"	81.6	3280
"	9	3568	"	88.8	3225
216	13.35	3563	"	61.5	1500
215.5	18	3560	"	68.8	1725
215	22.5	3540	"	117.0	2500
"	26.25	3530	"	68.8	3300
214	31.5	3530	"	62.6	1780
"	37.5	3475	"	67	0
"	40.5	3475			
"	45.75	3465			
215	49.5	3450			

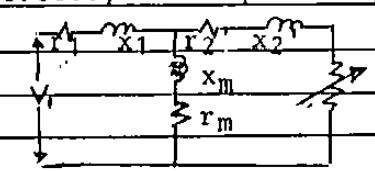
PERDIDAS DE FRICCION MAS VIENTO (P_{f+v})= 110 W.

PARAMETROS ELECTICOS EN EL ARRANQUE (Ω)

r_1	r_2'	x_1	x_2'	r_m	x_m
0.0805	0.098	0.147	0.147	0.627	9.71

PARAMETROS ELECTRICOS EN MARCHA (Ω)

r1	r2'	x1	x2'	rm	xm
0.0805	0.07	0.265	0.33	0.627	9.71



CIRCUITO ELECTRICO EQUIVALENTE

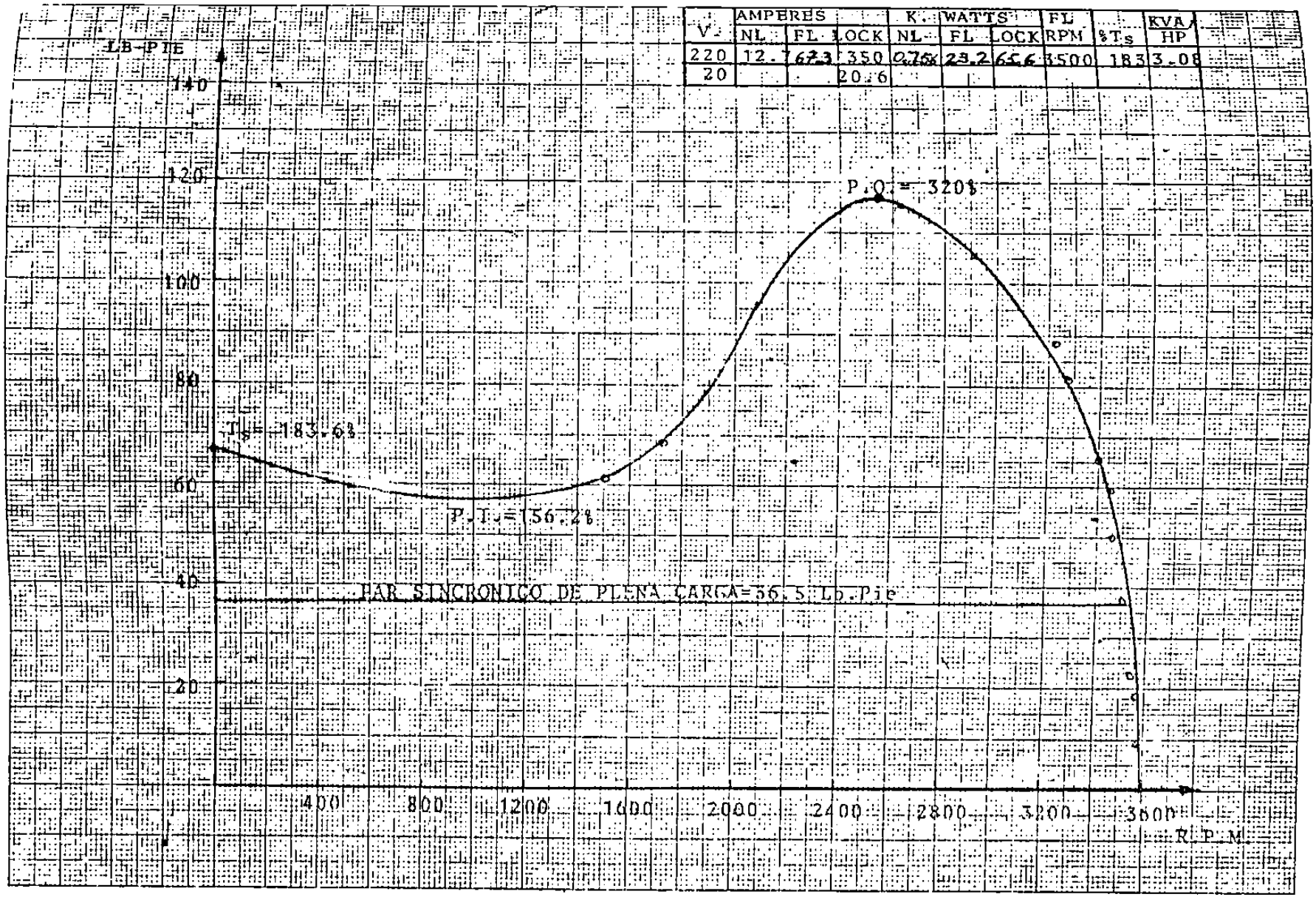


Fig. 6 Característica Par Velocidad

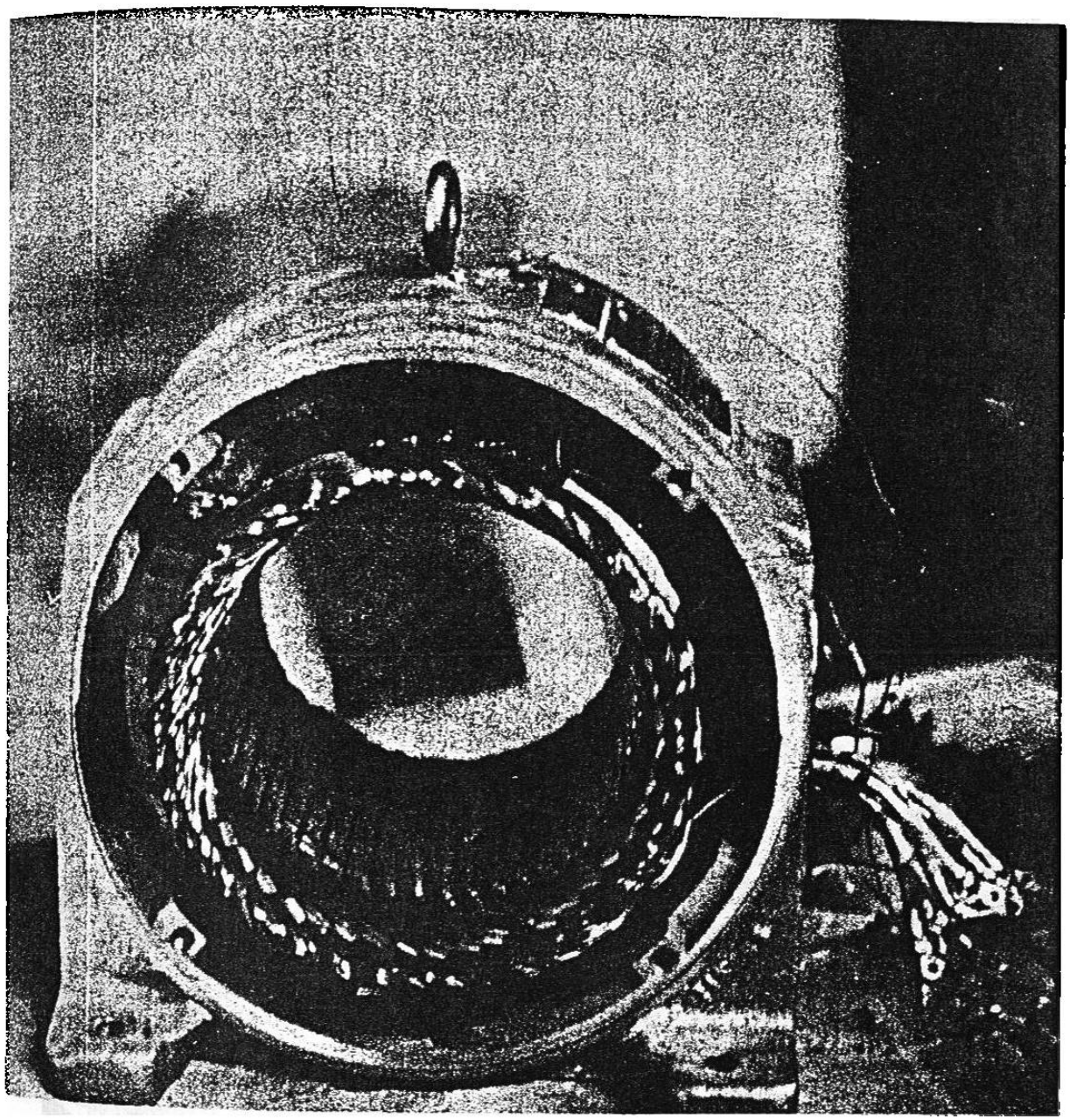


Fig. 7 Colocación de Termopares en el Motor de Prueba

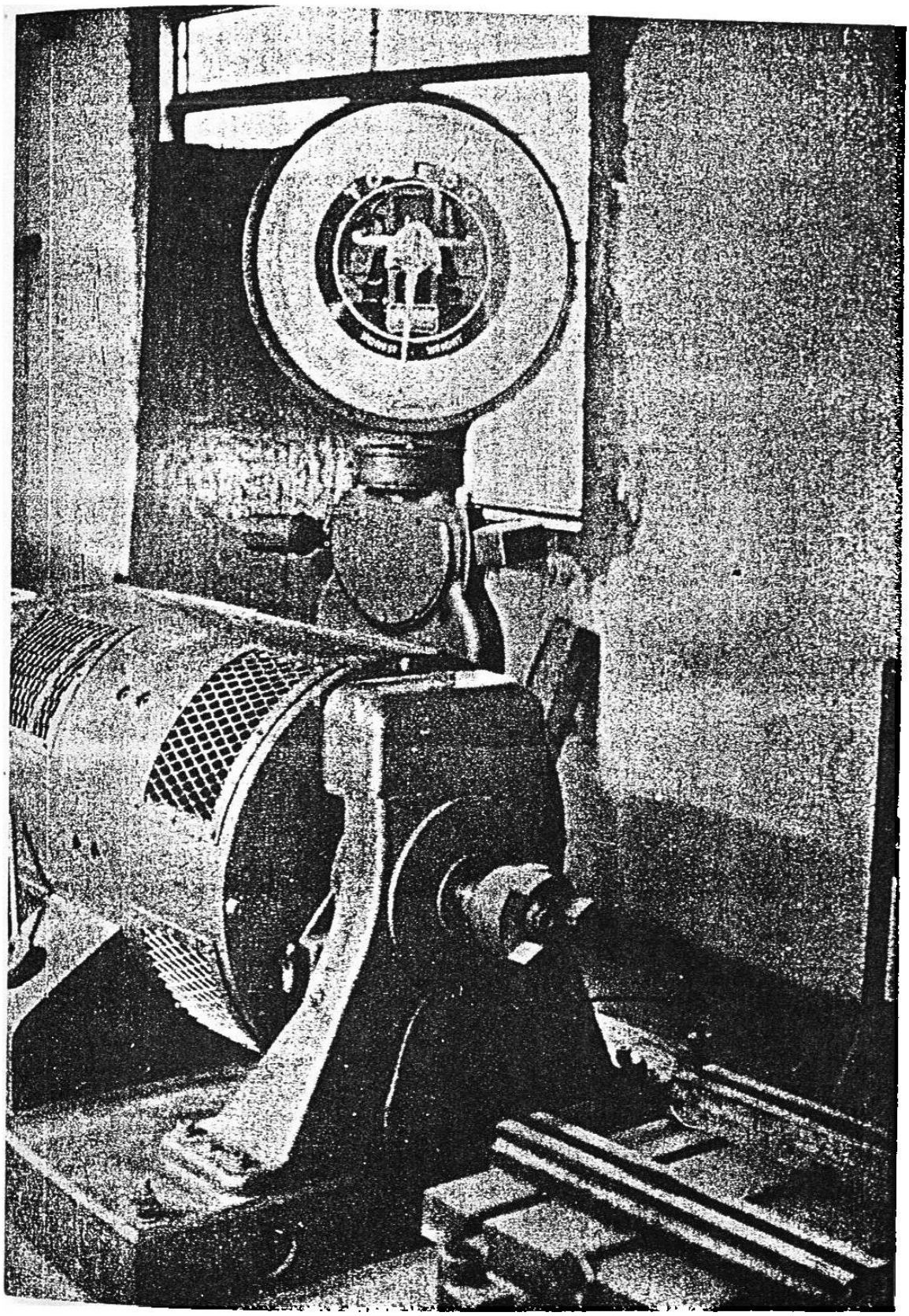


Fig. 8 Dinamómetro Westinghouse de 40 HP's Nominales

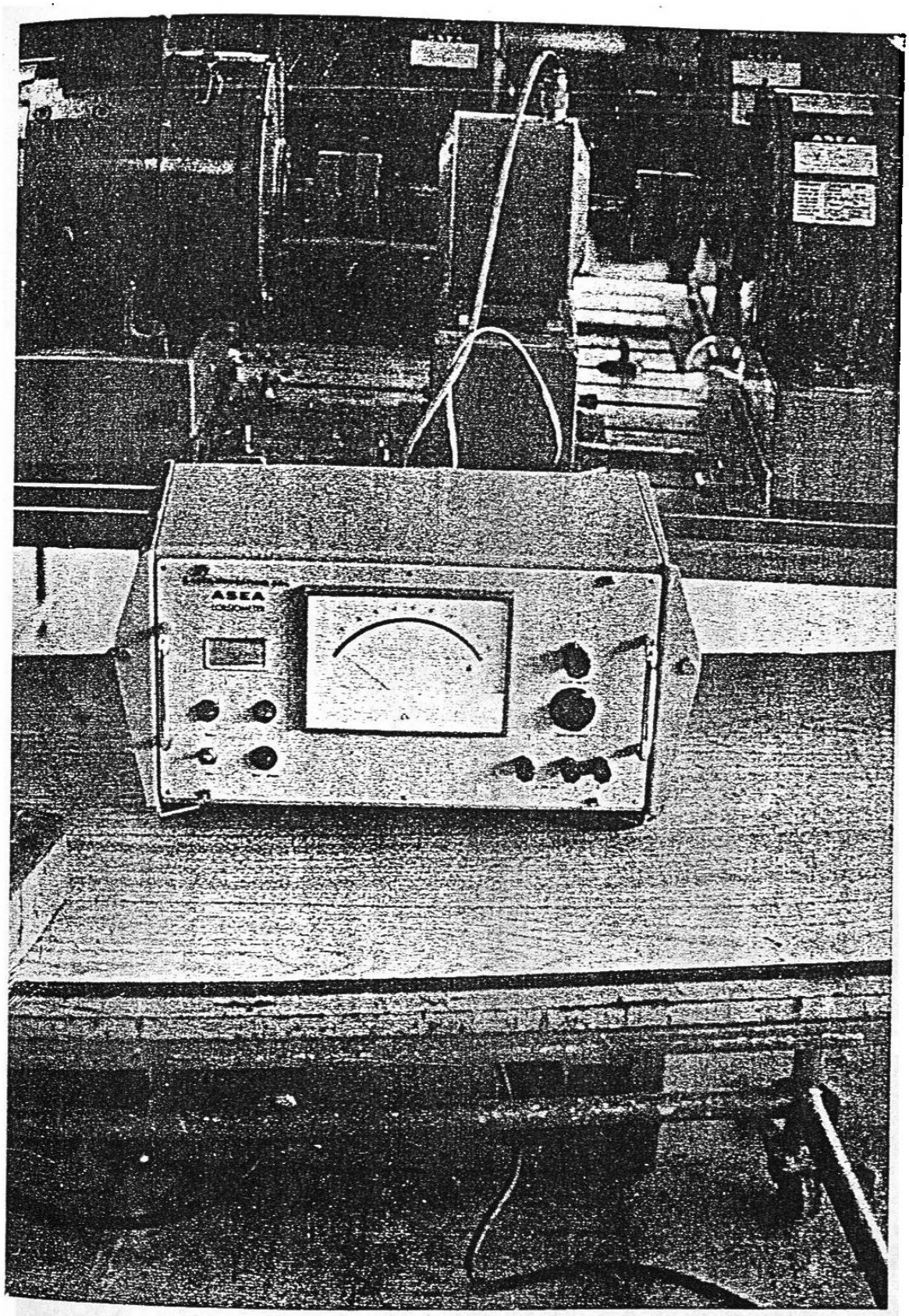


Fig. 9 Torsiómetro ASEA

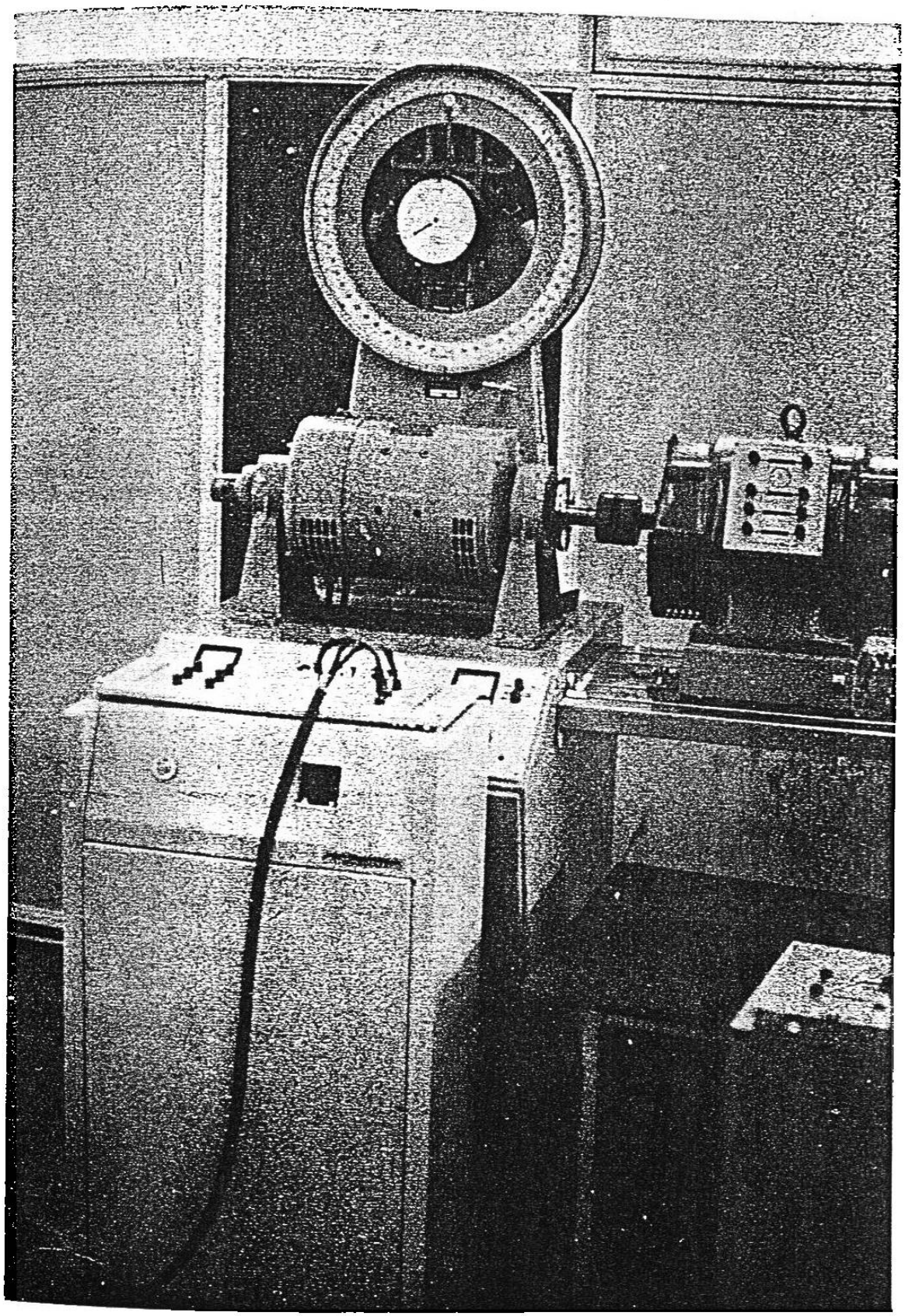


Fig. 10 Dinamómetro ASEA de 3 Kw.

T_u= Par mínimo entre cero rpm y el par máximo.

T_s= Par a rotor bloqueado (N_r= 0)

T_{spc}= Par sincrónico de plena carga.

T_m= Par máximo (ó crítico).

PRUEBA DE ELEVACION DE TEMPERATURA.-

PROPOSITO: Determinar la característica de elevación de temperatura del motor.

En esta prueba el motor se carga por medio del dinamómetro hasta un par tal que HP= (TN)/5252, sean los HP's nominales del motor de --- prueba.

Previamente en el motor se colocaron de 8 a 10 termopares en dife-- rentes partes estandaralizadas del motor tales como devanados, núcleo, carcasa, entradas y salidas del aire, etc...

En la fig. 7 se puede ver la colocación de los termopares en un estator.

Durante la prueba se toman lecturas de temperatura por medio de los termopares durante cada 15 minutos durante 2 ó 3 horas.

EQUIPO UTILIZADO:

Para llevar a cabo las pruebas se utilizóprincipalmente el siguiente equipo:

Dinamómetro Westinghouse de 40 HP's nominales (Fig. 8).

Dinamómetro ASEA de 3 KW (Fig. 9).

Torciometro ASEA (Fig. 10).

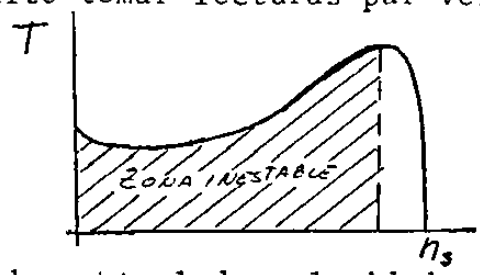
Además todo el equipo de medición con que cuenta el laboratorio.

OPERACION DEL DINAMOMETRO EN CONEXION WARD LEONARD

En la Fig. 11 tenemos el diagrama eléctrico elemental de la instalación de nuestro laboratorio de pruebas para motores de 5 a 50 Hp. Se puede observar el dinamómetro conectado en Ward Leonard, formando un lazo cerrado a través del grupo motor generador a la izquierda y el motor de pruebas a la derecha.

Las ventajas de esta conexión son:

a). Una mejor estabilidad del dinamómetro principalmente en la zona inestable del motor de inducción de prueba, lo cual permite tomar lecturas par-velocidad en esta zona.



b). El rango de control de velocidad es mucho más amplio que el que se obtendría en una conexión shunt ó compound. El ajuste de la velocidad se puede llevar a cabo rapidamente y en forma contínua desde ± 1 rpm hasta ± 5000 rpm, tanto en la operación como motor ó generador en cualquier dirección de rotación sin perder la estabilidad.

c). Arranque sin la necesidad de resistencias en serie con la armadura y sin equipo de control por relevadores.

d). El cambio de operación de Motor a Generador ó viceversa es hecha en el dinamómetro sin necesidad de contactores de -- alta cápacidad de corriente de armadura; y casí automático controlando la corriente de campo de éste.

e). La inversión de giro es simple y efectiva por medio del -- circuito de campo, por lo tanto sin necesidad de contactores de inversión de giro.

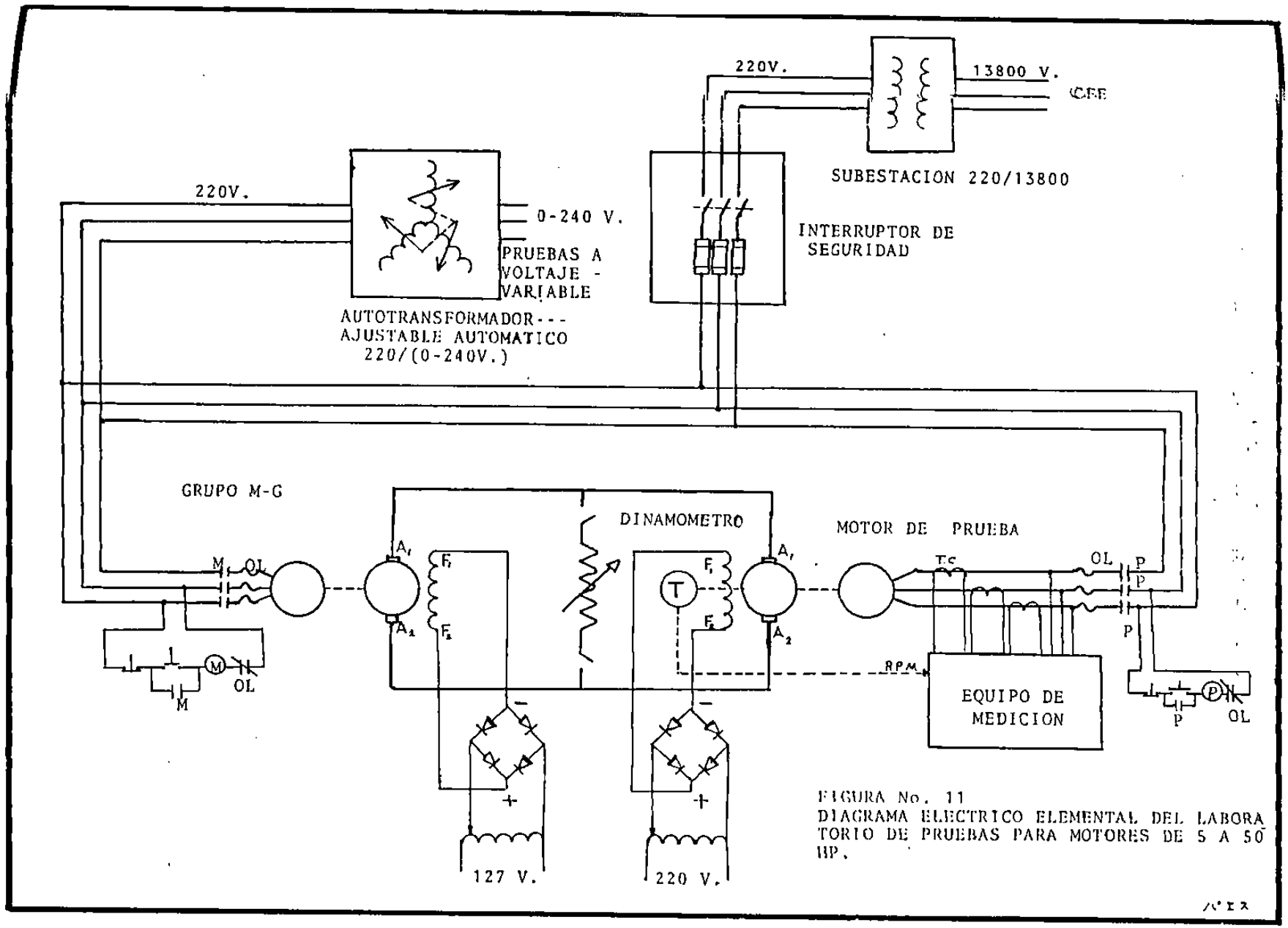
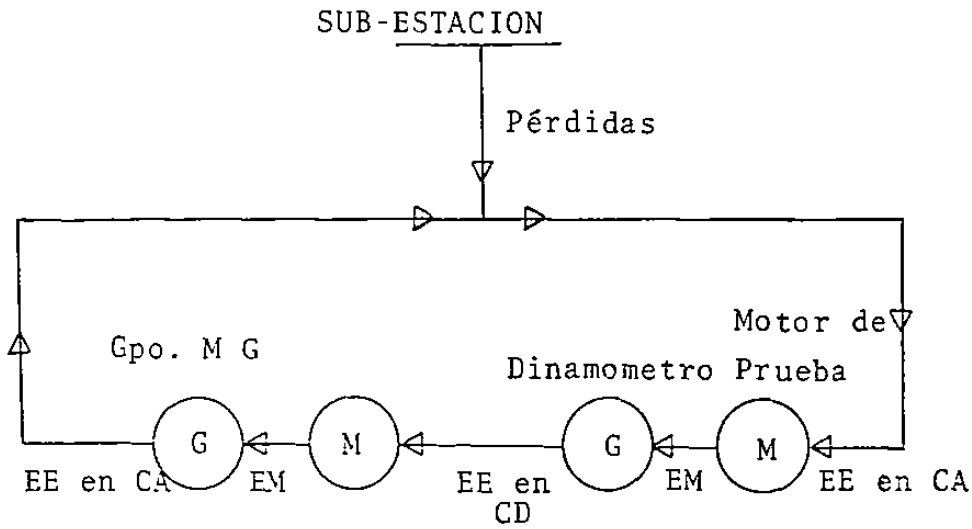


FIGURA No. 11
DIAGRAMA ELECTRICO ELEMENTAL DEL LABORATORIO DE PRUEBAS PARA MOTORES DE 5 A 50 HP.

f). La pérdida de energía es mínima, puesto que la potencia desarrollada por el motor de prueba es retroalimentada a este,mpor medio de la conexión Ward Leonard. (Ver Fig. 12)



EE= Energía Eléctrica.
EM= Energía Mecánica.

FIGURA No. 12

La energía eléctrica proporcionada por la Subestación es solo para las pérdidas naturales producidas en los distintos tipos de conversión de energía.

g). Con lo establecido en d, e y f, el dinamómetro puede trabajar en cualquiera de sus cuatro cuadrantes posibles de operación, como se indica en los diagramas de la Fig. 13. Controlando por voltaje de Armadura (V_a) el par es constante (τ=cte) y controlando por corriente de campo (I_f) los HP's son constantes.