

ANEXO D

**EFFECTO DE LOS PARAMETROS DE OPERACION EN LOS
RESULTADOS DE DTA.**

ANEXO D
EFFECTO DE LOS PARAMETROS DE OPERACION
EN LOS RESULTADOS DE DTA

Los efectos de las variaciones de los parámetros experimentales en la forma de las gráficas de DTA son numerosos sin embargo se mencionarán los efectos asociados con las variables más prácticas como son las características de la muestra en sí, la atmósfera que rodea la muestra y la velocidad de calentamiento del DTA. Otros factores que pueden alterar la gráfica resultante del DTA son atribuidos a variables del equipo como es el diseño del soporte de las muestras, el horno etc. Por lo tanto las gráficas obtenidas para la misma muestra con dos aparatos diferentes no son idénticas; sin embargo los resultados pueden ser cotejados (temperaturas de transformación, reacciones, etc.).

En la figura D1 al final del anexo se presentan los trazos de las gráficas del DTA para diferentes condiciones experimentales del análisis térmico diferencial de la descomposición del oxalato de zinc anhídrido (Ref. 17) que servirán de ejemplo para observar los efectos que tienen las condiciones experimentales mencionadas anteriormente sobre las gráficas de DT.

1.- Variaciones en la atmósfera (peso de la muestra y velocidad de calentamiento constante, curvas c y d).

Los trazos indican que la reacción es exotérmica en una atmósfera de oxígeno y endotérmica cuando la atmósfera es nitrógeno. Esta reacción exotérmica es atribuida a la oxidación del monóxido de carbono formado durante la descomposición a dióxido de carbono en la superficie del óxido de zinc. Una comparación respecto a las áreas debajo de los picos muestra que los cambios de calor están en una

relación aproximada de 2.5 : 1 en favor del proceso de oxidación.

La atmósfera que rodea la muestra puede ser estática o sometida a un flujo continuo y puede ser inerte o reactiva. En general la atmósfera se elige para que sea compatible con el proceso bajo investigación. En otras palabras, donde se estudien procesos en los cuales la muestra sea estable en aire en todo el intervalo de temperaturas del estudio entonces es lógico usar aire como gas ambiente, de otra forma el uso de gas inerte se hace necesario para evitar las reacciones de la muestra con el gas que la rodea llegando a falsear los resultados de los procesos bajo estudio.

El uso de vacío recibe una especial atención debido a que muchos de los procesos de estudio son muy sensibles a efectos de la presión los cuales deben tomarse en cuenta cuando se use vacío como atmósfera en el DTA.

2.- Variación por velocidad de calentamiento (peso de muestra y atmósfera constantes, curvas b y c).

A una velocidad de calentamiento de 10 °C/Min. y en una atmósfera de aire, el trazo es inicialmente exotérmico y la contribución endotérmica es únicamente aparente cuando el proceso de descomposición se está llevando a cabo. Un escalón es formado cuando la velocidad de evolución de calor por la oxidación es excedida por la absorción de calor, del proceso de descomposición endotérmico.

Cuando la velocidad de calentamiento se reduce (curva e). La velocidad de desprendimiento de productos gaseosos también se reduce y la descomposición endotérmica tiene un efecto mucho menor en la curva del DTA.

De los factores que afectan la forma de las curvas de DTA la velocidad de calentamiento es el que recibe una menor atención, debido principalmente a que a menores velocidades de calentamiento se tienen tiempos más largos por experimento. En general a más bajas velocidades de calentamiento se producen picos más definidos y la resolución se incrementa.

3.- Variaciones en tamaño de la muestra (velocidad de calentamiento y atmósfera constantes, curvas a, f, g y h).

Un factor que claramente afecta las reacciones es la velocidad de difusión de oxígeno en la muestra o de los productos gaseosos de la descomposición dentro de la atmósfera. Para la reacción mencionada en el ejemplo el oxígeno y el monóxido de carbono deben reaccionar dentro del crisol que contiene a la muestra de tal forma que el calor generado pueda ser detectado por el termopar. Reduciendo la cantidad de muestra se facilita este proceso ya que el oxígeno tiene un mejor acceso a la muestra. De otra forma un aumento en la cantidad de la muestra incrementa la contribución endotérmica como se muestra en la curva h.

Este ejemplo demuestra el cuidado que es necesario tener para asegurar que las condiciones experimentales elegidas son las más adecuadas para observar el fenómeno físico - químico bajo estudio.

No solo la cantidad de la muestra tiene un papel importante sino también su naturaleza física y la forma en que es empacada dentro del crisol. Sin embargo, la gran mayoría de los experimentos se realizan con materiales en forma de polvo.

El efecto de estas variables son más notables en el caso de reacciones de descomposición. Para transiciones de fase

los efectos de las variables experimentales son mucho menos marcados y en algunos casos no hay efecto.

INTERPRETACION DE RESULTADOS DE DTA

Parte de una curva de DTA simple e idealizada se ilustra en la figura D2. Al aumentar la temperatura de el horno, se presenta una pequeña pero estable diferencia de temperatura entre la muestra y el material de referencia. Esto es debido a las diferencias en capacidad calorífica y conductividad térmica de las substancias. De esta forma la curva de DTA continúa aproximadamente rectilínea hasta que el material de prueba sufre algún cambio físico o químico (AB). En B la curva empieza a desviarse de la línea base debido a un proceso exotérmico que ocurre dentro de la muestra. A este punto B se le llama de arranque de la reacción o de la transformación de fase, ya que representa la temperatura a la cual el proceso empieza a ser detectado por el DTA. La temperatura C del pico exotérmico corresponde a la máxima velocidad de calor generado detectado por el arreglo de termopares del DTA, no necesariamente corresponde a la máxima velocidad de reacción ni a la terminación del proceso exotérmico. Generalmente la temperatura pico o máximo C tiende a mostrar una mayor variación con la velocidad de calentamiento y otros factores experimentales que la temperatura de arranque B, aunque la temperatura pico es más fácil de medir.

El proceso exotérmico que genera el pico BCD se llega a completar en alguna temperatura entre los puntos C y D. No hay mas desprendimiento de calor mas allá de D de tal forma que la curva regresa a la línea base, (DE). Las alturas de AB y DE sobre la abscisa normalmente difieren reflejando así un cambio en la capacidad calorífica de la muestra resultante del proceso exotérmico que ha ocurrido.

La temperatura de arranque de un proceso endotérmico es indicada por la deflexión de la curva hacia abajo de la linea base en E generando un pico endotérmico EFG. La terminación de este proceso y la formación de una fase nueva y térmicamente estable es confirmada por la porción horizontal de la curva, GH.

En el caso hipotético mostrado los picos están razonablemente separados y bien definidos; esto no es muy frecuente en muestras reales, pues la sobreposición y traslape los de picos ocurren frecuentemente haciendo difícil la interpretación de los resultados del DTA por ello es conveniente tener evidencia obtenida por otros métodos para facilitar la interpretación de las curvas de DTA amenos que se trate de sistemas simples.

Es importante recordar que los picos de las curvas del DTA son generadas por cambios tanto físicos como químicos . Su formación incluye procesos tales como fusión, ebullición y transiciones sólido-sólido; algunas veces el producto de una reacción en estado sólido formará una fase eutética con bajo punto de fusión de una muestra, la cual no podría fundirse por si misma a esta temperatura.

Un procedimiento ampliamente aceptado en los modernos aparatos de DTA para la determinación de la temperatura de arranque se ilustra en la figura D3; en ella se extrapola la temperatura de arranque D, la cual es el punto de intersección de la tangente dibujada en el punto de mayor pendiente en la orilla del pico (AB) con la extrapolación de la linea base (AD). Algunos autores han obtenido una buena correlación experimental con la literatura de puntos de fusión usando este método de la temperatura de arranque extrapolada.

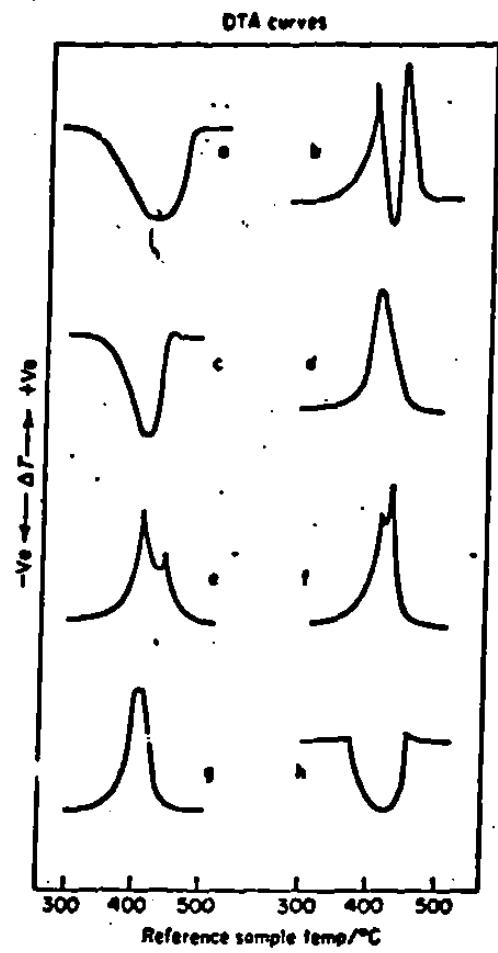


FIGURA D1.- Análisis térmico diferencial del oxalato deshidratado de Zinc bajo varias condiciones experimentales. (Ref. 17)

Peso Mg.	Vel. (°C/Min)	A T M O S F E R A
a) 1000	5	Aire Estático
b) 95	10	Aire Estático
c) 82	10	Nitrógeno (1 lto/min)
d) 82	10	Oxígeno (1 lto/min)
e) 97	5	Aire Estático
f) 80	5	Aire Estático
g) 66	5	Aire Estático
h) 206	5	Aire Estático

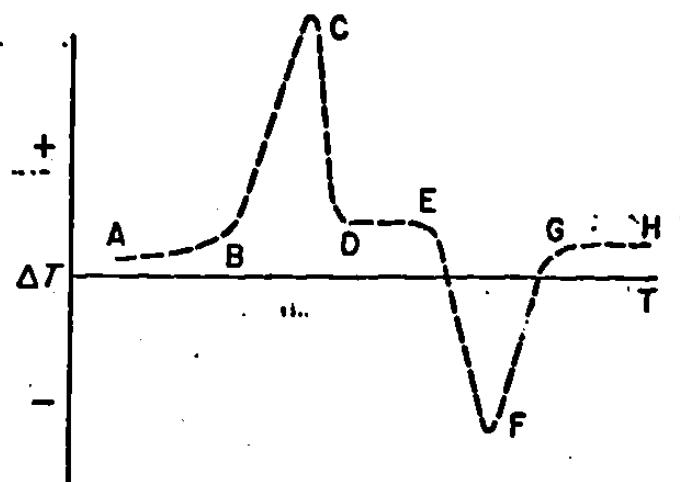


FIGURA D2.- Trazo hipotético de pico exotérmico y endotérmico. (Ref. 17)

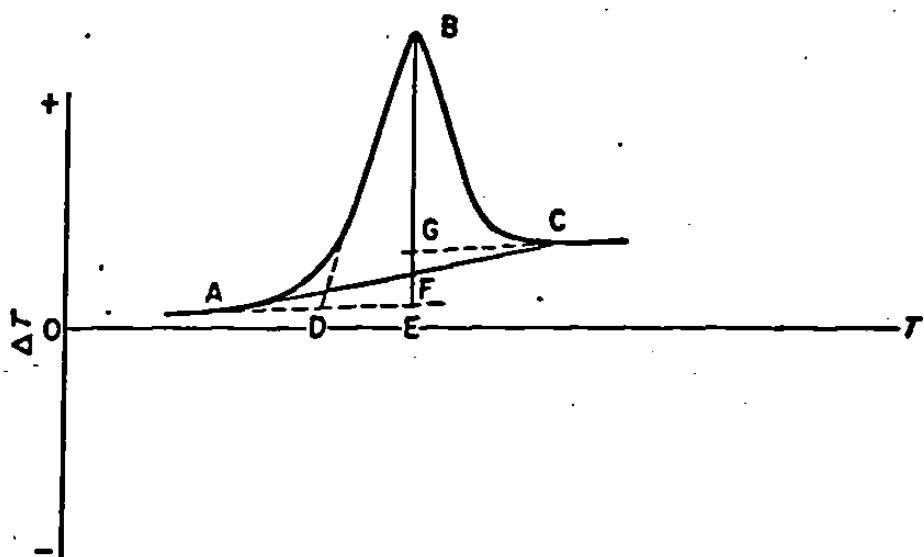


FIGURA D3.- Determinación de la temperatura de arranque de la transformación (Ref. 17).

ANEXO E

**EFFECTO DE OXIDACION Y REDUCCION EN EL
ANALISIS QUIMICO DEL HRD.**

ANEXO E
EFECTO DE OXIDACION Y REDUCCION
EN EL ANALISIS QUIMICO DEL HRD.

1.- OXIDACION : MUESTRAS CON BAJO CARBON SE REGISTRA UNICAMENTE AUMENTO DE PESO.

REACCION DE OXIDACION



POR LO TANTO EL AUMENTO EN PESO REGISTRADO CORRESPONDE AL OXIGENO REACCIONADO.

$$DP = \text{PESO DE OXIGENO} \quad (\text{mg})$$

EL Fe OXIDADO ES :

$$\text{Fe ox.} = DP \times 55.84 / 16 = DP \times 3.49 \quad (\text{mg})$$

EL FeO FORMADO ES :

$$\text{FeO n} = DP \times 71.84 / 16 = DP \times 4.49 \quad (\text{mg})$$

EL Fe METALICO SE REDUCE A : (f=final i=inicial)

$$\text{Fe f} = \text{Fe i} - DP \times 3.49 \quad (\text{mg})$$

Y EL FeO SE INCREMENTA A :

$$\text{FeO f} = \text{FeO i} + DP \times 4.49 \quad (\text{mg})$$

EL PORCENTAJE DE FeO FINAL ES :

$$\begin{aligned}
 \%FeO_f &= FeO_f \times 100 / Pf \quad (P=peso de la muestra) \\
 &= (FeO_i + DP \times (4.49)) \times 100 / Pf \\
 &= (FeO_i \times 100 / Pi + DP \times 449 / Pi) \times Pi / Pf \\
 \%FeO_f &= (\%FeO_i + DP \times 449 / Pi) \times Pi / Pf \quad (1)
 \end{aligned}$$

EL PORCENTAJE DE Fe METALICO FINAL ES :

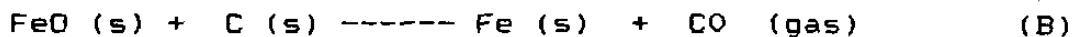
$$\begin{aligned}
 \%Fe_f &= Fe_f \times 100 / Pf \\
 &= (Fe_i - DP \times 3.49) \times 100 / Pf \\
 &= (Fe_i \times 100 / Pi - DP \times 349 / Pi) \times Pi / Pf \\
 \%Fe_f &= (\%Fe_i - DP \times 349 / Pi) \times Pi / Pf \quad (2)
 \end{aligned}$$

EL PORCENTAJE DE LOS DEMAS COMPONENTES DEL HRD ES (%Fet, %SiO₂, %CaO, %Al₂O₃, %MgO)

$$\begin{aligned}
 \%(\text{ })_f &= (\text{ })_f \times 100 / Pf \\
 &= ((\text{ })_i \times 100 / Pi) \times Pi / Pf \\
 &= \%(\text{ })_i \times Pi / Pf \quad (3)
 \end{aligned}$$

2.- REDUCCION : MUESTRAS CON ALTO CARBON SE REGISTRA DISMINUCION EN PESO.

REACCION DE REDUCCION



POR LO TANTO LA DISMINUCION EN PESO REGISTRADO

CORRESPONDE AL CO GENERDO.

DP = PESO DE CO (mg)

EL FeO REDUCIDO ES :

FeO = DP x 71.84 / 28 = DP x 2.57 (mg)

EL Fe METALICO OBTENIDO ES ;

Fe = DP x 55.84 / 28 = DP x 1.99 (mg)

EL CARBON REACCIONADO ES ;

C = DP x 12 / 28 = DP x 0.43 (mg)

EL FeO FINAL ES ;

FeO f = FeO i - DP x 2.57 (mg)

EL Fe SE INCREMENTA A ;

Fe f = Fe i + DP x 1.99 (mg)

EL C SE REDUCE A ;

C f = C i - DP x 0.43 (mg)

EL PORCENTAJE DE FeO es :

%FeO f = FeO f x 100 / Pf

$$= (FeO i \times 100 / Pi - DP \times 257 / Pi) \times Pi / Pf$$

$$\%FeO f = (\%FeO i - DP \times 257 / Pi) \times Pi / Pf \quad (4)$$

EL PORCENTAJE DE Fe METALICO FINAL ES :

$$\%Fe_f = Fe_f \times 100 / Pf$$

$$= (Fe_i \times 100 / Pi + DP \times 199 / Pi) \times Pi / Pf$$

$$\%Fe_f = (\%Fe_i + DP \times 199 / Pi) \times Pi / Pf \quad (5)$$

EL PORCENTAJE DE C FINAL ES :

$$\%C_f = C_f \times 100 / Pf$$

$$= (C_i \times 100 / Pi - DP \times 43 / Pi) \times Pi / Pf$$

$$\%C_f = (\%C_i - DP \times 43 / Pi) \times Pi / Pf \quad (6)$$

LOS DEMAS COMPONENTES SE CALCULAN DE LA MISMA FORMA QUE EN EL CASO I.

- 3.- MUESTRAS CON CARBON EN EXCESO.- ALTO CARBON Y BAJA METALIZACION REGISTRA UNICAMENTE DISMINUCION DE PESO.
- o REDUCCION HASTA CONSUMIR TODO EL FeO DE ACUERDO A LA REACCION (B) PERDIDA DE PESO HASTA CONSUMIR EL FeO.

DE LA ECUACION 4 :

$$\%FeO_f = 0$$

$$DP_r = \%FeO_i \times Pi / 257.$$

(DP_r = Pérdida de peso al final de reducción)

(%C_r = % de carbón al final de reducción)

$$C_r = (\%C_i - DPr \times 43 / P_i) \times P_i / (P_i - DPr) \quad (8)$$

- o AL FINALIZAR LA REDUCCION EL CARBON REMANENTE SE OXIDA A CO DE ACUERDO A LA REACCION :



POR LO TANTO CONTINUA LA DISMINUCION DE PESO PERO AHORA POR LA REACCION C:

A PARTIR DE ESTE MOMENTO LA PERDIDA EN PESO CORRESPONDE UNICAMENTE AL CARBON REACCIONADO.

LA PERDIDA EN PESO TOTAL ES:

$$DPt = DPr + DPc$$

(DPt=Pérdida de peso total, DPc= P. peso por C)

Y EL PORCENTAJE DE CARBON FINAL

$$\%C_f = Cf \times 100 / Pf$$

$$= (C_i / P_i - (DPr \times 43 - DPc) / P_i) \times 100 \times P_i / Pf$$

$$\%C_f = (\%C_i - (DPr \times 43 - DPc) / P_i) \times P_i / Pf$$

EL %FeO f = 0.

Y LOS DEMAS COMPONENTES DE ACUERDO A LA ECUACION (3) CON
DP = DPt

4.- MUESTRAS CON FeO EN EXCESO.- ALTO CARBON Y ALTA

METALIZACION REGISTRO INICIAL DE DISMINUCION DE PESO Y
AUMENTO DE PESO AL FINAL.

- o REDUCCION HASTA CONSUMIR TODO EL CARBON DE ACUERDO A LA REACCION B.

PERDIDA EN PESO HASTA CONSUMIR EL CARBON DE LA ECUACION 6.

$$\%C_f = 0$$

$$DPr = \%C_i \times P_i / 43. \quad (9)$$

PORCENTAJE DE FeO AL FINAL DE LA REDUCCION :

$$\%FeO_r = (\%FeO_i - DPr \times 257 / P_i) \times P_i / (P_i - DPr) \quad (10)$$

- o AL FINALIZAR LA REDUCCION EL Fe SE OXIDA DE ACUERDO A LA REACCION A .

POR LO TANTO SE FORMA FeO A PARTIR DE ESTE MOMENTO REGISTRANDOSE UN INCREMENTO EN PESO DONDE.

DPo= Peso del O₂ que forma nuevo FeO

Y SE CALCULAN LOS NUEVOS PORCENTAJES A PARTIR DE AQUI DE ACUERDO AL CASO DE OXIDACION.

POR LO TANTO AL FINAL LOS PORCENTAJES QUEDAN COMO SIGUE.

$$\%C_f = 0.$$

$$\%FeO_f = FeO_f \times 100 / Pf$$

$$= (\%FeO_i \times 100 / P_i - (DPr \times 257 + DPo \times 449)) \times P_i / Pf.$$

$$\%FeO_f = (\%FeO_i - DPr \times 257 + DPo \times 449) \times Pi / Pf.$$

LOS DEMAS COMPONENTES CON LA ECUACION 3.

5.- CASO REDUCCION ($FeO - C$), OXIDACION DE C Y OXIDACION DE Fe.

EN EL CASO 3 PUEDE OCURRIR QUE EL CARBON SE OXIDE POR COMPLETO ANTES DE TERMINAR LA CORRIDA CONTINUANDOSE UNA OXIDACION DE FeO FORMANDOSE FeO .

1.- REDUCCION DE ACUERDO A "B"

2.- OXIDACION DE ACUERDO A "C"

3.- OXIDACION DE ACUERDO A "A"

POR LO TANTO :

$$DPt = DPr + DPc - DPo$$

$$DPr = \%FeO_i \times Pi / 257$$

$$DPc = (\%C_i - DPr \times 43 / Pi) \times Pi / 100$$

$$DPo = DPr + DPc - DPt$$

Y EL DPo DE ACUERDO A LA REACCION A ES :

DPo = PESO DE OXIGENO QUE REACCIONA CON Fe.

POR LO TANTO LOS PORCENTAJES FINALES SON :

%Cf = 0

%FeO = DPO x 449 / Pf

LOS DEMAS COMPONENTES DE ACUERDO A 3.

VIII.- BIBLIOGRAFIA.

VIII.- BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Softening and melting properties of the blast furnace burden, Pierluigi Barnaba, Centro Sperimentale Metallurgico Via di Castel Romano- 00129 Roma.
- 2.- Production and use of fluxed pellets, Borje Bjorkvall and P.A. Ilmoni, Journées Internationales de Sidérurgie, Paris, 2-3 octobre 1975.
- 3.- Influence of chemical characteristics on softening and melting-down properties of iron ore sinter, Pierluigi Barnaba, Ironmaking and Steelmaking, 1985, Vol. 12 No. 2
- 4.- Development of fluxed pellets at LKB, L. Bentell, L. Norrman, and L. Carlsson, 3rd International Symposium on Agglomeration, 1981.
- 5.- Melting rates of directly reduced iron pellets into iron melt, Akira Sato, Ryuichi Nakagawa, Shiro Yoshimatsu, Akira Fukuzawa, Tsuyoshi Osaki, Kazuo Kasahara, Yasumitsu Fukuzawa and Tatsuro Mitsui, Tetsu-to-Hagane, 64, pp. 385-393, 1978.
- 6.- Simulated blast-furnace reduction of acid pellets in temperature range 950-1350 C, G. Clixby, Ironmaking and Steelmaking, No 2, 1980.
- 7.- Melting of sponge iron (in different atmospheres), W. Wenzel, H.W. Gudensau and K.P. Mey, Institute of Ferrous Metallurgy, Klepzig Fachberichte, Vol. 82, 1974)
- 8.- Rate of melting of partially reduced iron pellets into iron melt, Akira Sato, Ryuichi Nakagawa, Shiro Yoshimatsu, Akira Fukuzawa, Tsuyoshi Osaki, Kazuo Kasahara, Yasumitsu Fukuzawa and Tatsuro Mitsui, Tetsu-to-Hagane, 65, 1979.

- 9.- The rate of dissolution of pre-reduced iron in molten steel, Carlos E. Seaton, Antonio A. Rodriguez, Manuel González and Milton Manrique, 1st. Venezuela-Japan Symposium on Iron and Steelmaking, May 1980, in Caracas.
- 10.- Continuous melting of metallised ore pellets, K. Sadrnezhaad, Iron and Steel International, December 1981.
- 11.- Influence of FeO content on thermophysical properties of slag, S.A. Gavrilko, Yu. M. Potebnya, R.G. Rikhter, V.V. Voropaev and S.I. Kudievskaya, Izvestiya VUZ Chernaya Metallurgiya, 1978.
- 12.- High temperature behaviour of sinters and pellets, P. Barnaba and M. Planchetti, 5th. Technical Meeting Italsider / Nippon Steel, Taranto, 1976.
- 13.- La qualité de l'aggloméré pour les hauts fourneaux modernes, P. Barnaba, Revue de Métallurgie, Vol. 79, 1982.
- 14.- Production and use of LKAB olivine pellets. L. Bentell and L. Norrman, Proc. AIME Ironmaking Conf. Vol. 41, 1982.
- 15.- Microstructure of metallized iron ore pellets reduced by coal char in a rotary kiln simulator, A.L. Morrison, J.K. Wright and K.McG. Bowling, Ironmaking and Steelmaking, No 1, 1978.
- 16.- Instruction manual for the Stanton Redcroft Simultaneous Thermal Analyser, Stanton Redcroft Ltd. 1981.
- 17.- Differential thermal analysis a guide to the technique and its applications. M.I. Pope and M.D. Judd, Heyden & Son Ltd. 1977.
- 18.- Thermodynamics properties of 65 elements their oxides, halides, carbides and nitrides, C.E. Wicks and F.E. Block, Bulletin 605 Bureau of Mines, United States Department of the Interior, 1963.

19.- Heats of transformation of eutectic alloys, Farkas Diana, Tesis doctoral de la Universidad de Delaware 1980.

20.- Phase diagrams for ceramists. Ernest M. Levin, Carl R. Robbins and Howard F. McMurdie, Compiled at the National Bureau of Standards, The American Ceramic Society, inc. 1964.

21.- Diagrammes de phases, Ph. Poupeau, Ecole Centrale des Arts & Manufactures Sciences des Materiaux 1980.

22.- Direct reduced iron technology and economics of reduction and use, Iron and Steel Society (AIME) 1980.

IX.- TABLAS.

Material	T.Fe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	CaO/SiO ₂
Sinter S1	58.5	6.8	6.45	7.75	1.80	0.15	1.20
Sinter S2	57.9	6.7	6.20	8.65	1.83	0.15	1.40
Sinter S3	57.2	6.7	6.13	9.75	1.80	0.14	1.59
Sinter S4	56.0	6.7	6.10	12.05	1.87	0.16	1.98
Sinter S5	55.4	8.2	6.22	11.16	1.79	0.49	1.80
Sinter S6	56.8	6.8	6.24	9.67	1.81	0.50	1.55
Sinter S7	56.0	8.2	6.25	10.31	1.79	0.48	1.65
Sinter S8	57.0	5.2	6.1	9.45	1.92	1.04	1.55
Sinter S9	56.6	5.2	6.5	9.45	1.82	1.04	1.45
Sinter S10	55.2	6.6	6.6	11.15	1.88	1.01	1.69
Sinter S11	55.7	6.5	6.9	11.00	1.95	1.04	1.60
Sinter S12	55.7	7.9	7.2	11.05	1.94	1.04	1.55
Pellet P1	64.0	0.3	7.98	0.05	0.10	0.08	0.01
Pellet P2	63.7	0.4	5.22	0.63	2.30	0.25	0.12
Pellet P3	66.7	0.2	1.81	1.74	0.60	0.20	0.96

TABLA 1.- ANALISIS QUIMICOS DE SINTER DE MINERAL UTILIZADOS
POR P. BARNABA EN SU ESTUDIO DE FUSION (REF. 1).

FASES	HRD				MINERAL	
	DTA	E.G.	DTA	E.G.	DTA	E.G.
C --> C	720	727	729	727	723	727
GAMA	960	957	---	943	777	787
GAMA->DELTA	---	1494	1449	1457	1403	1398
AMA->liq.+DELTA	---	1500	1488	1500	----	----
DELTA->liq.	---	1526	1516	1510	1524	1535

Tabla 2.- TEMPERATURAS DE TRANSFORMACION DETERMINADAS POR EL METODO DE HRD DE GASES Y DTA (REF. 10).

% METALIZACIÓN	% CARBÓN
95	0.5
95	2.5
80	0.5
80	2.5

ABLA 3.- NIVELES DE METALIZACION Y CARBON PROPUESTO PARA LA REDUCCION DE MINERALES.

CONDICIONES DE REDUCCIÓN.

1) BAJO CARBÓN

PESO INICIAL 500 GR.

FLUJO DE GAS 55 LTS/MIN.

COMPOSICIÓN DEL GAS H₂

TEMPERATURA 950 °C

2) ALTO CARBÓN

REDUCCIÓN A LAS CONDICIONES ANTERIORES

ENFRIAMIENTO EN N₂ HASTA 600 °C.

CARBURIZACIÓN CON CO

MONITOREO POR AUMENTO DE PESO.

TABLA 4.- CONDICIONES DE REDUCCIÓN SELECCIONADAS.

CORRIDA No. 9

MUESTRA: FIERRO ESPONJA EN POLVO.

VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO	40	C/MIN.
AVANCE DE GRÁFICA	500	MM/HR.
ATMÓSFERA	ARGÓN	
FLUJO	80%	
REFERENCIA	ALUMINA	
PESO DE REFERENCIA	22.79	MG.
PESO DE CRISOL	119.84	MG.
CRISOL	ALUMINA	
PESO INICIAL DE LA MUESTRA	38.69	MG.
AMPLIFICACIÓN DE ΔT	80	µV.
ESCALA DE GRAFICADOR PARA ΔT.	20	MV.
SELECTOR DE PESO	XI	
 RANGO	10	MG.
SPAN TOTAL	1	
 ACTUAL	3	
 ESCALA DE GRAFICADOR PARA PESO	10	MV.
SELECTOR DE DTG	X10	
 RANGO	3	
ESCALA DE GRAFICADOR PARA DTG	10	MV.
ESCALA DE GRAFICADOR PARA T.	25	MV.
TEMPERATURA FINAL	1500	C

TABLA 5.- PARÁMETROS SELECCIONADOS EN EL ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL DE LAS MUESTRAS DE HRD.

MUESTRA No.	CORRIDA No.	%Fe M.	%Fe T.	%MET.	%C	%FeO	%SiO ₂	%Al ₂ O ₃	%MgO	%CaO	B2
1	2	92.8	91.9	90.1	0.01	11.2	1.71	0.70	0.46	0.32	0.19
2	42	82.8	82.0	77.6	0.03	26.0	1.49	0.69	0.40	0.54	0.36
3	52	70.0	90.2	81.6	2.25	21.1	1.58	0.64	0.68	0.40	0.25
4	43	72.6	89.0	90.5	0.01	11.6	1.92	0.58	0.42	0.38	0.20
5	20	81.5	90.5	90.1	0.01	11.6	3.06	0.39	0.72	2.80	0.92
6	29	76.5	86.7	88.2	2.08	13.1	3.54	0.38	0.84	3.28	0.93
7	11	67.5	87.5	77.1	0.01	25.7	3.01	0.40	0.64	2.78	0.92
8	30	67.4	83.8	80.4	3.26	21.1	3.62	0.31	0.76	3.24	0.90
9	37	89.6	94.3	95.0	0.01	6.0	2.44	0.52	0.72	0.98	0.40
10	38	84.0	90.7	92.6	2.53	8.6	2.51	0.56	0.68	0.94	0.37
11	39	73.2	90.1	81.2	0.01	21.7	2.25	0.43	0.72	0.84	0.37
12	40	73.9	88.6	83.4	2.60	18.9	2.31	0.48	0.66	0.76	0.33
13	44	92.0	95.1	96.7	0.02	4.0	1.11	0.61	0.11	0.18	0.16
14	45	88.5	93.3	94.9	1.93	6.2	1.46	0.84	0.14	0.24	0.16
15	53	70.0	90.7	77.2	0.07	26.6	1.14	0.89	0.10	0.54	0.47
16	55	65.1	88.2	73.8	2.24	29.7	1.69	0.61	0.16	0.36	0.21
17	34	89.4	94.4	94.7	0.03	6.4	2.18	0.86	1.14	1.74	0.80
18	36	83.1	88.4	94.0	3.44	6.8	2.08	0.93	1.38	2.08	1.00
19	35	68.8	89.3	77.0	0.02	26.4	2.18	0.90	1.18	1.88	0.86
20	51	71.1	86.3	82.4	3.00	19.6	1.60	0.84	1.16	1.84	1.15
21	26	83.0	90.8	91.4	0.03	10.0	2.45	0.95	1.18	3.00	1.22
22	31	79.8	88.4	90.3	3.29	11.1	2.40	0.93	1.00	3.24	1.35
23	27	67.5	87.1	77.5	0.02	25.2	2.50	0.98	1.18	2.80	1.12
24	49	65.0	83.5	77.8	2.35	23.8	2.58	0.79	0.80	2.88	1.12

TABLA 6.- ANALISIS QUIMICOS DE LAS MUESTRAS DE HRD UTILIZADAS EN EL ESTUDIO DE DTA.

COMPUESTO	NIVEL BAJO (%)	NIVEL ALTO (%)
FeO	3.99 -- 16.85	16.85 -- 29.72
SiO ₂	1.11 -- 2.36	2.36 -- 3.62
CaO	0.18 -- 1.78	1.78 -- 3.38
Al ₂ O ₃	0.31 -- 0.64	0.64 -- 0.92
MgO	0.10 -- 0.74	0.74 -- 1.38

Tabla 7.- RANGOS UTILIZADOS EN LA DEFINICION DE NIVELES ALTOS Y BAJOS DE LOS COMPUESTOS DE LA GANGA DEL HRD.

ANALISIS QUIMICO AL FINAL DE LA CORRIDA EN EL DIA.

HORAS	DATOS DE DFA.			DATOS AL FINAL DE REDUCCION			ANALISIS QUIMICO AL FINAL DE LA CORRIDA EN EL DIA.											
	Peso I	Peso F	Dp.	Dp.	Rd	Xc	XFeO	XFe	XeB	XeT	XeH	XeM	XeG	XCaO	X2			
3	37.68	37.87	0.19	-0.03	0.00	25.83			67.8	89.7	75.5	0.00	28.24	1.57	0.64	0.68	0.40	0.26
7	33.18	33.68	0.50	-0.01	0.00	25.68			61.3	86.2	71.1	0.00	32.06	2.97	0.39	0.63	2.74	0.92
11	33.97	34.28	0.31	-0.01	0.00	21.69			69.3	89.3	77.7	0.00	25.65	2.23	0.43	0.71	0.83	0.37
15	31.72	32.02	0.30	-0.05	0.00	26.25			65.8	89.9	73.3	0.00	30.90	1.13	0.88	0.10	0.53	0.47
19	38.50	38.89	0.39	-0.02	0.00	26.27			64.5	88.4	73.0	0.00	30.70	2.16	0.89	1.17	1.86	0.86
23	38.53	38.87	0.34	-0.02	0.00	25.11			63.6	86.3	73.9	0.00	29.01	2.46	0.97	1.17	2.78	1.12
1	29.78	30.14	0.36	-0.01	0.00	11.14			78.9	91.7	86.0	0.00	16.47	1.69	0.69	0.45	0.32	0.19
5	40.60	41.80	1.20	-0.01	0.00	11.52			69.1	87.9	78.6	0.00	24.18	2.97	0.38	0.70	2.72	0.92
9	48.63	49.06	0.43	-0.01	0.00	5.99			85.7	93.5	91.7	0.00	9.97	2.42	0.52	0.71	0.97	0.40
13	42.91	43.38	0.47	-0.02	0.00	3.81			87.2	94.1	92.6	0.00	8.90	1.10	0.60	0.11	0.18	0.16
17	37.18	37.56	0.37	-0.03	0.00	6.26			85.0	93.5	90.9	0.00	10.93	2.16	0.85	1.13	1.72	0.80
21	36.02	36.29	0.27	-0.03	0.00	9.86			79.7	90.1	88.4	0.00	13.43	2.43	0.94	1.17	2.98	1.22
4	24.52	23.24	-1.26	-1.29	0.00	8.03			87.6	93.9	93.2	0.00	8.17	2.03	0.61	0.44	0.40	0.20
8	26.68	25.03	-1.65	-2.03	0.00	1.68			82.7	89.3	92.6	0.00	8.46	3.86	0.33	0.81	3.45	0.90
12	28.37	26.89	-1.48	-1.72	0.00	3.54			87.6	93.5	93.7	0.00	7.53	2.44	0.51	0.70	0.80	0.33
16	29.26	27.78	-1.48	-1.53	0.00	17.19			78.9	92.9	85.0	0.00	17.95	1.78	0.64	0.17	0.38	0.21
20	38.36	35.91	-2.45	-2.69	0.00	1.68			88.6	92.2	86.1	0.00	4.61	1.71	0.90	1.24	1.97	1.15
24	41.07	38.98	-2.09	-2.25	0.00	10.27			76.6	88.0	89.3	0.00	12.09	2.72	0.83	0.84	3.03	1.12
2	43.35	40.94	-2.41	-1.97	1.11	0.00			97.3	97.3	100.0	0.06	0.00	1.58	0.73	0.42	0.57	0.36
6	25.23	24.01	-1.22	-0.01	0.73				90.5	91.1	99.4	0.01	0.73	3.72	0.40	0.88	3.45	0.83
10	39.29	38.94	-1.35	-1.02	1.13	0.00			94.9	94.9	100.0	0.00	0.05	2.63	0.59	0.71	0.80	0.37
14	53.32	51.67	-1.65	-1.28	0.92	0.00			86.3	86.3	100.0	0.22	0.00	1.51	0.87	0.14	0.25	0.16
18	35.72	33.95	-1.77	-0.95	2.37	0.00			93.0	93.0	100.0	0.00	0.00	2.19	0.98	1.45	2.19	1.00
22	32.87	30.98	-1.89	-1.42	1.51	0.00			93.6	93.6	100.0	0.00	0.00	2.55	0.99	1.06	3.44	1.35

TABLA 8.- ANALISIS QUIMICO FINAL DEL ERD DESPUES DEL DIA. (CALCULADO ANTERIOR)

MUESTRA TRANSFORMACIONES (C)

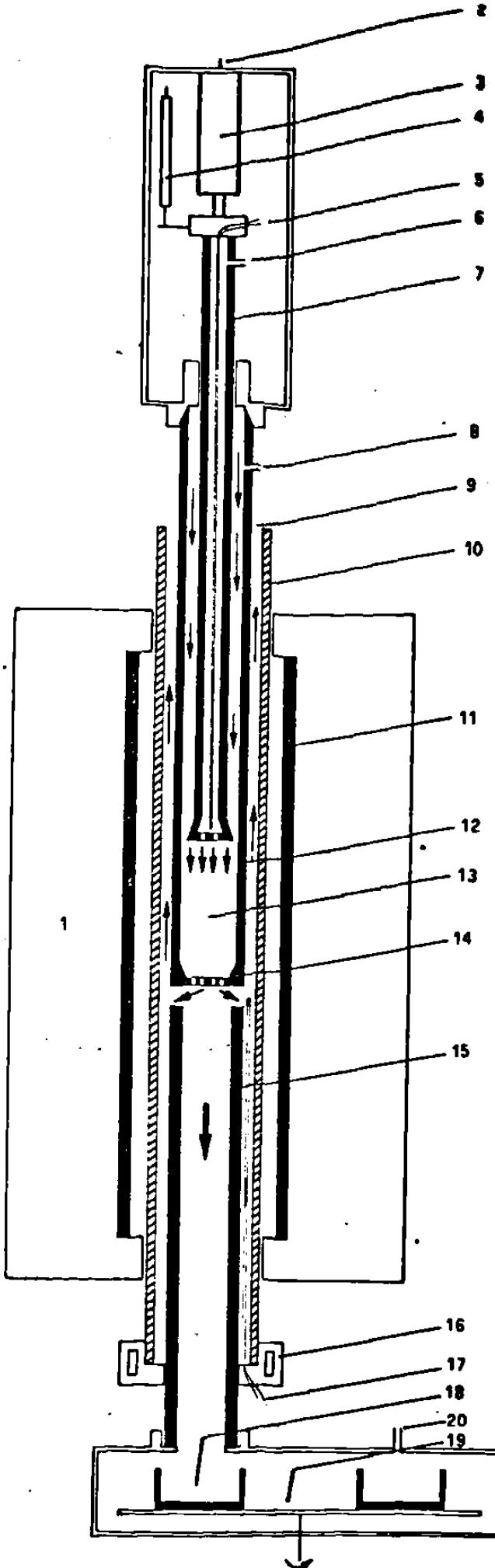
#	1	2	3	4	5	6
1	755	925	1302	1395		
2	739	913	1144	1442		
3	745	920	1281	1388		
4	743	919	1144	1397		
5	753	923	1174	1282	1392	1522
6	746	900	1148	1398		
7	755	928	1184	1296	1396	1529
8	733	1176	1301	1398		
9	757	923	1393	1522		
10	741	919	1148	1391	1472	1513
11	755	927	1309	1391	1518	
12	746	900	1393	1520		
13	757	923	1383			
14	739	919	1148	1389		
15	753	923	1291	1376		
16	743	908	1298	1388		
17	762	929	1395	1525		
18	741	913	1135	1293	1395	1529
19	762	933	1139	1302	1398	1525
20	751	1395				
21	747	927	1395			
22	743	913	1140	1496		
23	757	927	1224	1257	1291	1396
24	745	1108	1282	1388		

TABLA No. 9 .- TEMPERATURAS DE TRANSFORMACION ENDOTERMICA
REGISTRADA EN EL DTA CON LAS MUESTRAS DE HRD.

GRUPO	MUEST.	TRANS.	%FeO inicial	%FeO final	%C inicial	%C final	%SiO2 final	%Al2O3 final	%MgO final	%CaO final
	No.	COMUN								
1	9	1393	6.0 (-)	10.0 (-)	0.01 (-)	0.00 (-)	2.42 (+)	0.52 (-)	0.71 (-)	0.97 (-)
1	12	1393	18.8 (+)	7.5 (-)	2.60 (+)	0.00 (-)	2.44 (+)	0.51 (-)	0.70 (-)	0.80 (-)
1	13	1383	4.0 (-)	8.9 (-)	0.02 (-)	0.00 (-)	1.10 (-)	0.60 (-)	0.11 (-)	0.18 (-)
1	17	1395	6.4 (-)	10.9 (-)	0.03 (-)	0.00 (-)	2.16 (-)	0.85 (+)	1.13 (+)	1.72 (-)
1	20	1395	19.6 (+)	4.6 (-)	3.00 (+)	0.00 (-)	1.71 (-)	0.90 (+)	1.24 (+)	1.97 (+)
1	21	1395	10.0 (-)	13.4 (-)	0.03 (-)	0.00 (-)	2.43 (+)	0.94 (+)	1.17 (+)	2.98 (+)
			(-)	(-)	(-)	(-)	(+/-)	(+/-)	(+/-)	(-)
2	2	1144	11.7 (-)	0.0 (-)	3.01 (+)	0.06 (-)	1.58 (-)	0.73 (+)	0.42 (-)	0.57 (-)
2	4	1144	21.1 (+)	8.2 (-)	2.25 (+)	0.00 (-)	2.03 (-)	0.61 (-)	0.44 (-)	0.40 (-)
2	6	1148	13.1 (-)	0.7 (-)	2.08 (+)	0.01 (-)	3.72 (+)	0.40 (-)	0.88 (+)	3.45 (+)
2	10	1148	8.6 (-)	0.0 (-)	2.53 (+)	0.00 (-)	2.63 (+)	0.59 (-)	0.71 (-)	0.88 (-)
2	14	1148	6.2 (-)	0.0 (-)	1.93 (+)	0.22 (-)	1.51 (-)	0.87 (+)	0.14 (-)	0.25 (-)
2	18	1135	6.8 (-)	0.0 (-)	3.44 (+)	0.00 (-)	2.19 (-)	0.98 (+)	1.45 (+)	2.19 (+)
2	22	1140	11.1 (-)	0.0 (-)	3.29 (+)	0.00 (-)	2.55 (+)	0.89 (+)	1.06 (+)	3.44 (+)
			(-)	(-)	(+)	(-)	(+/-)	(+/-)	(+/-)	(+/-)
3	1	1302	11.2 (-)	16.5 (-)	0.01 (-)	0.00 (-)	1.69 (-)	0.69 (+)	0.45 (-)	0.32 (-)
3	3	1291	26.0 (+)	28.2 (+)	0.03 (-)	0.00 (-)	1.57 (-)	0.64 (-)	0.68 (-)	0.40 (-)
3	11	1309	21.7 (+)	25.7 (+)	0.01 (-)	0.00 (-)	2.23 (-)	0.43 (-)	0.71 (-)	0.63 (-)
3	15	1291	26.6 (+)	30.9 (+)	0.07 (-)	0.00 (-)	1.13 (-)	0.88 (+)	0.10 (-)	0.53 (-)
3	16	1298	28.7 (+)	18.0 (+)	2.24 (+)	0.00 (-)	1.78 (-)	0.64 (+)	0.17 (-)	0.38 (-)
			(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(+/-)	(-)	(-)
4	5	1174	11.6 (-)	24.2 (+)	0.01 (-)	0.00 (-)	2.97 (+)	0.38 (-)	0.70 (-)	2.72 (+)
4	7	1184	25.7 (+)	32.1 (+)	0.01 (-)	0.00 (-)	2.97 (+)	0.39 (-)	0.63 (-)	2.74 (+)
4	8	1170	21.1 (+)	8.5 (-)	3.26 (+)	0.00 (-)	3.86 (+)	0.33 (-)	0.81 (+)	3.45 (+)
4	19	1139	26.4 (+)	30.7 (+)	0.02 (-)	0.00 (-)	2.16 (-)	0.89 (+)	1.17 (+)	1.86 (+)
4	23	1224	25.2 (+)	29.0 (+)	0.02 (-)	0.00 (-)	2.48 (+)	0.97 (+)	1.17 (+)	2.78 (+)
4	24	1108	23.8 (+)	12.1 (-)	2.35 (+)	0.00 (-)	2.72 (+)	0.83 (+)	0.84 (+)	3.03 (+)
			(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+/-)	(+)	(+)

TABLA 10.- GRUPOS COMUNES DE LAS MUESTRAS DE EHD DE ACUERDO
A SUS TEMPERATURAS DE TRANSFORMACION.

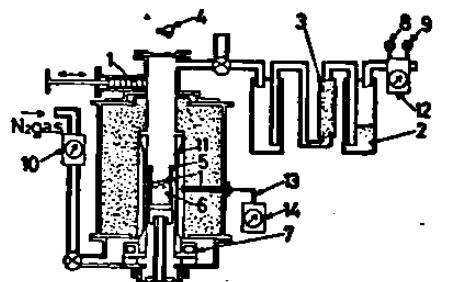
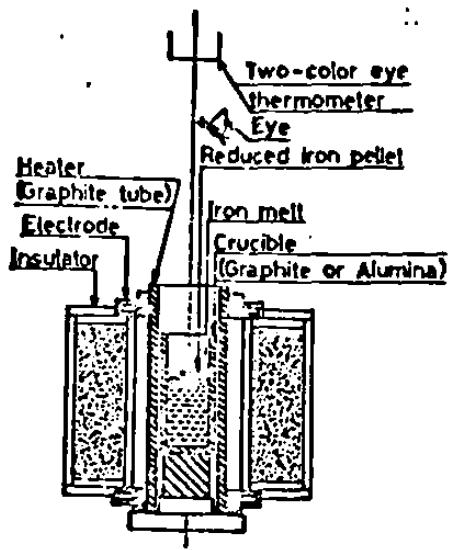
X.- FIGURAS.



1 Tamman furnace 100 kW; 2 to balance, 3 pressure cylinder;
4 shrinkage detector, 5 thermocouple, 6 pressure tap; 7 graphite rod;
8 gas inlet, 9 gas outlet; 10 refractory tube 105 mm i.d. x 1700 mm;
11 carbon heating tube 800 mm; 12 graphite tube 70 mm i.d. x
1000 mm, 13 sample, 14 perforated graphite plate, 15 graphite tube;
16 cooled flange, 17 thermocouple, 18 collector of dripping melt,
19 rotary disc, 20 gas inlet

1 Experimental apparatus for softening and melting-down tests on ferrous materials

**FIGURA 1.- APARATO EXPERIMENTAL
USADO EN ESTUDIOS
DE FUSION (REF. 1).**



- | | | |
|------------|-------------------|---------------------------|
| 1 Pellet | 6 Iron melt | 11 Heater (graphite) |
| 2 Water | 7 Electrode | 12 Integrating gas meter |
| 3 Filter | 8 Manometer | 13 Pt-PtRh thermocouple |
| 4 Eye | 9 Thermometer | 14 Temperature controller |
| 5 Crucible | 10 Gas flow meter | |

FIGURA 2.- ARREGLO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE FUSION DE HRD (REF. 5).

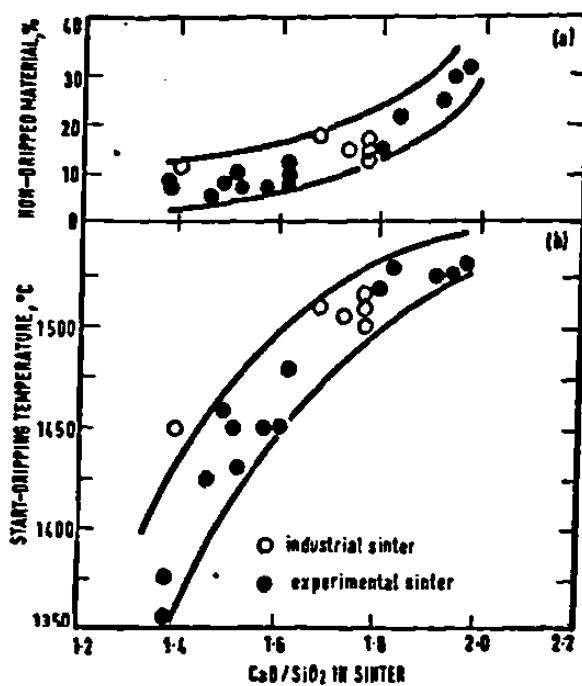
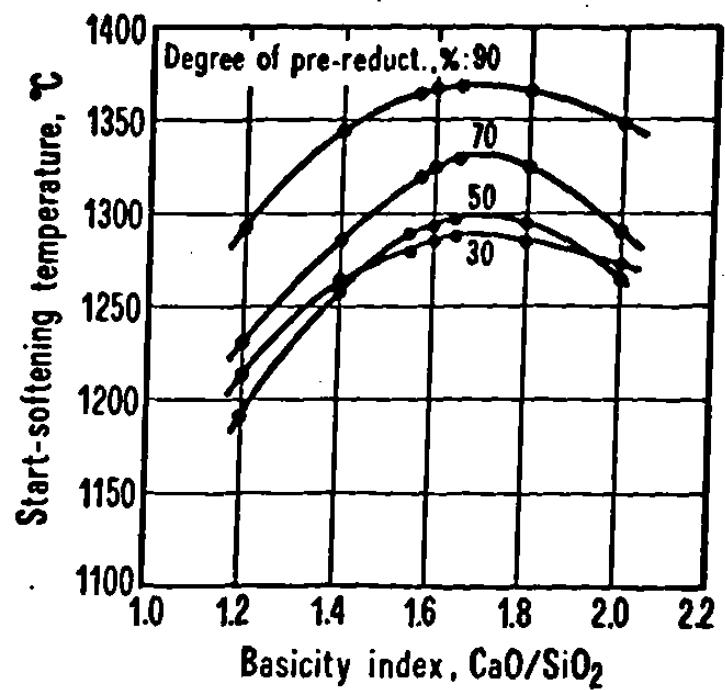


FIGURA 3.- EFECTO DE BASICIDAD CON LAS PROPIEDADES DE FUSION DEL MINERAL DE HIERRO (REF. 1).

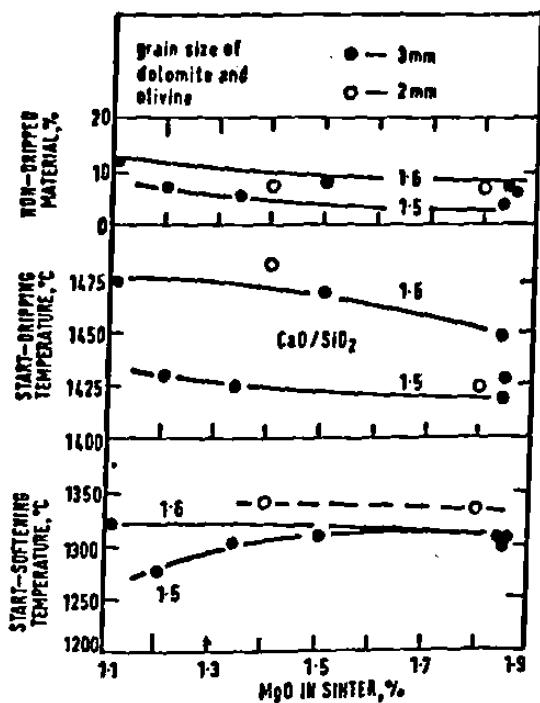
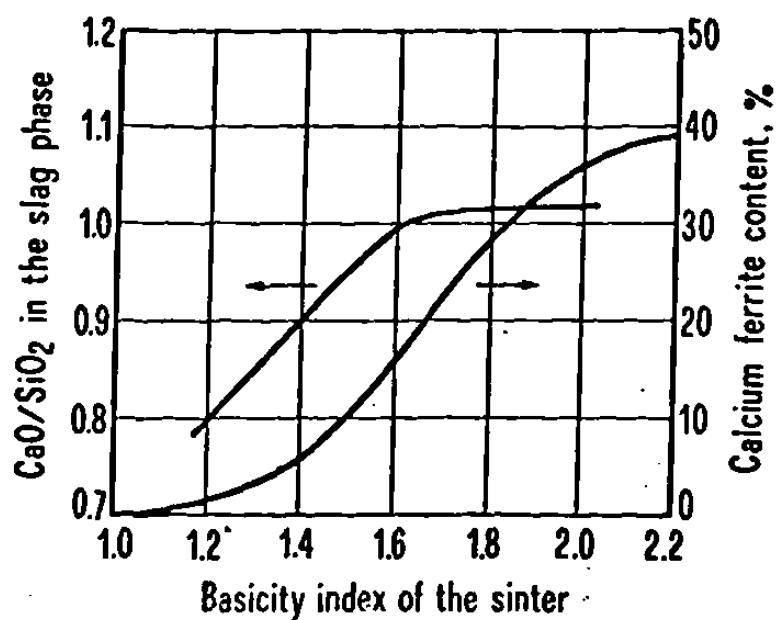


FIGURA 4.- EFECTO DEL MgO Y BASICIDAD EN LAS PROPIEDADES DE ABLANDAMIENTO DEL SINTER (REF. 3).



**FIGURA 5.- RELACION DE LA BASICIDAD DEL SINTER DE MINERAL
Y DE LA FASE ESCORIA FORMADA AL INICIO DE LA
FUSION (REF. 12).**

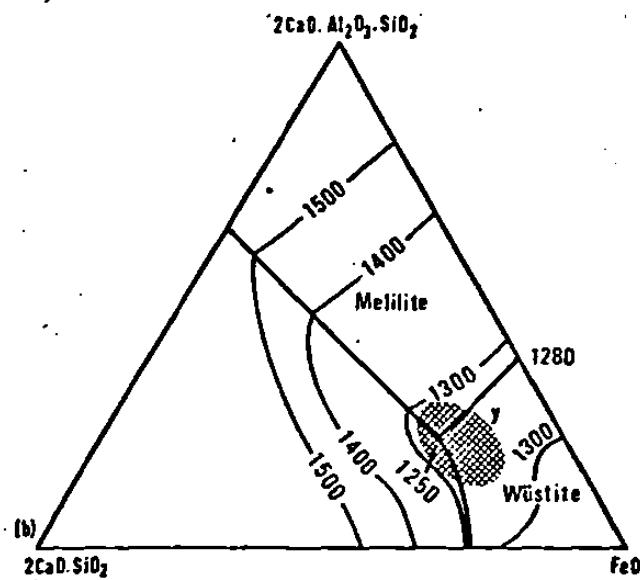
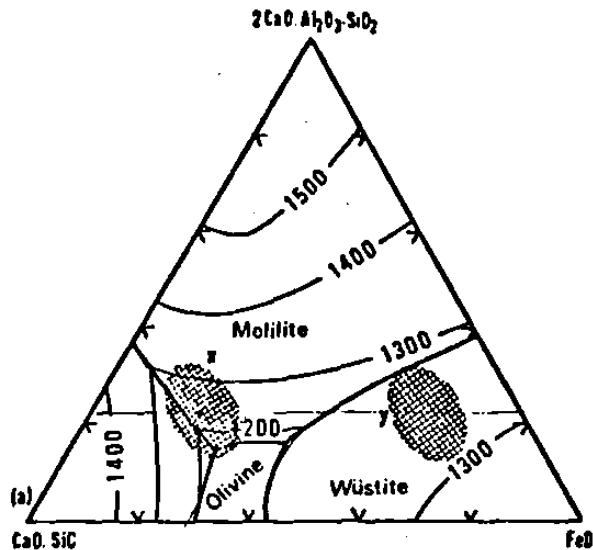


FIGURA 6.- DIAGRAMAS DE FASE DE a) CaO.SiO₂-2CaO.Al₂O₃.SiO₂-FeO Y b) 2CaO.SiO₂-2CaO.Al₂O₃.SiO₂-FeO; LAS AREAS SOMBREADAS CORRESPONDEN A LA ESCORIA VITREA DEL SINTER REDUCIDO (REF. 3).

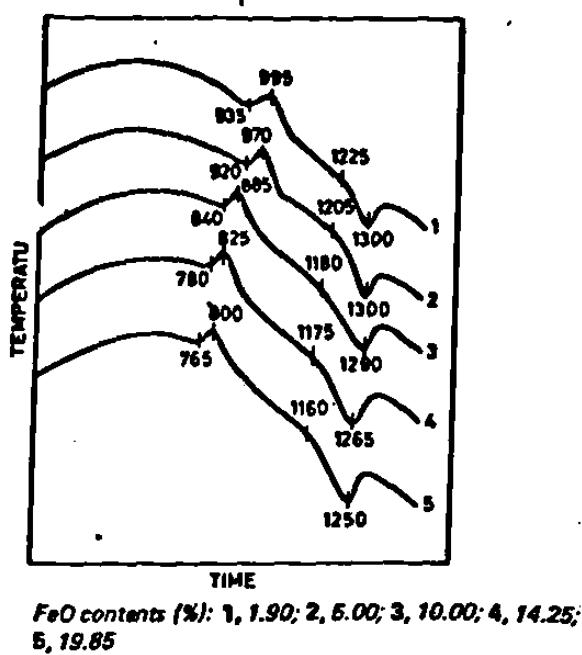


FIGURA 7.- TERMOGRAMAS DE CALENTAMIENTO DE ESCORIAS CON DIFERENTES CONTENIDOS DE FeO (REF. 11).

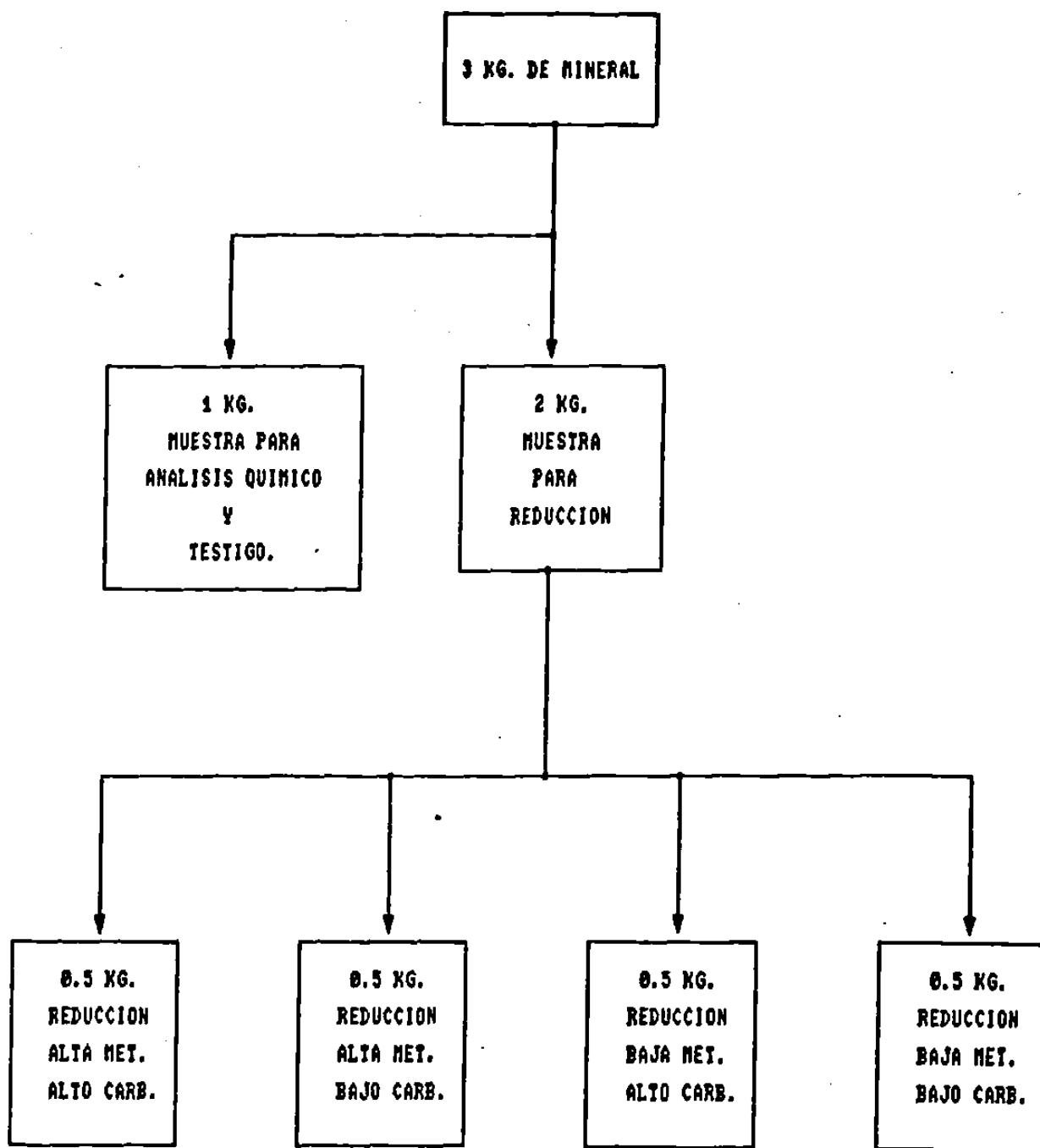


FIGURA 8.- DISTRIBUCION DE LA MUESTRA DE MINERAL PARA EL ESTUDIO DE ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL.

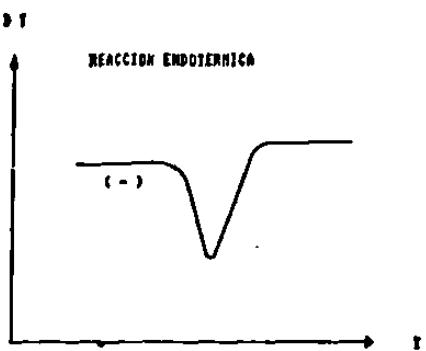
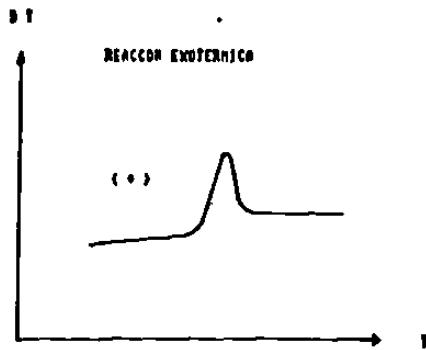


FIGURA 9.- GRAFICAS TIPICAS DE LA LINEA DE DT REPORTADAS EN EL ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL.

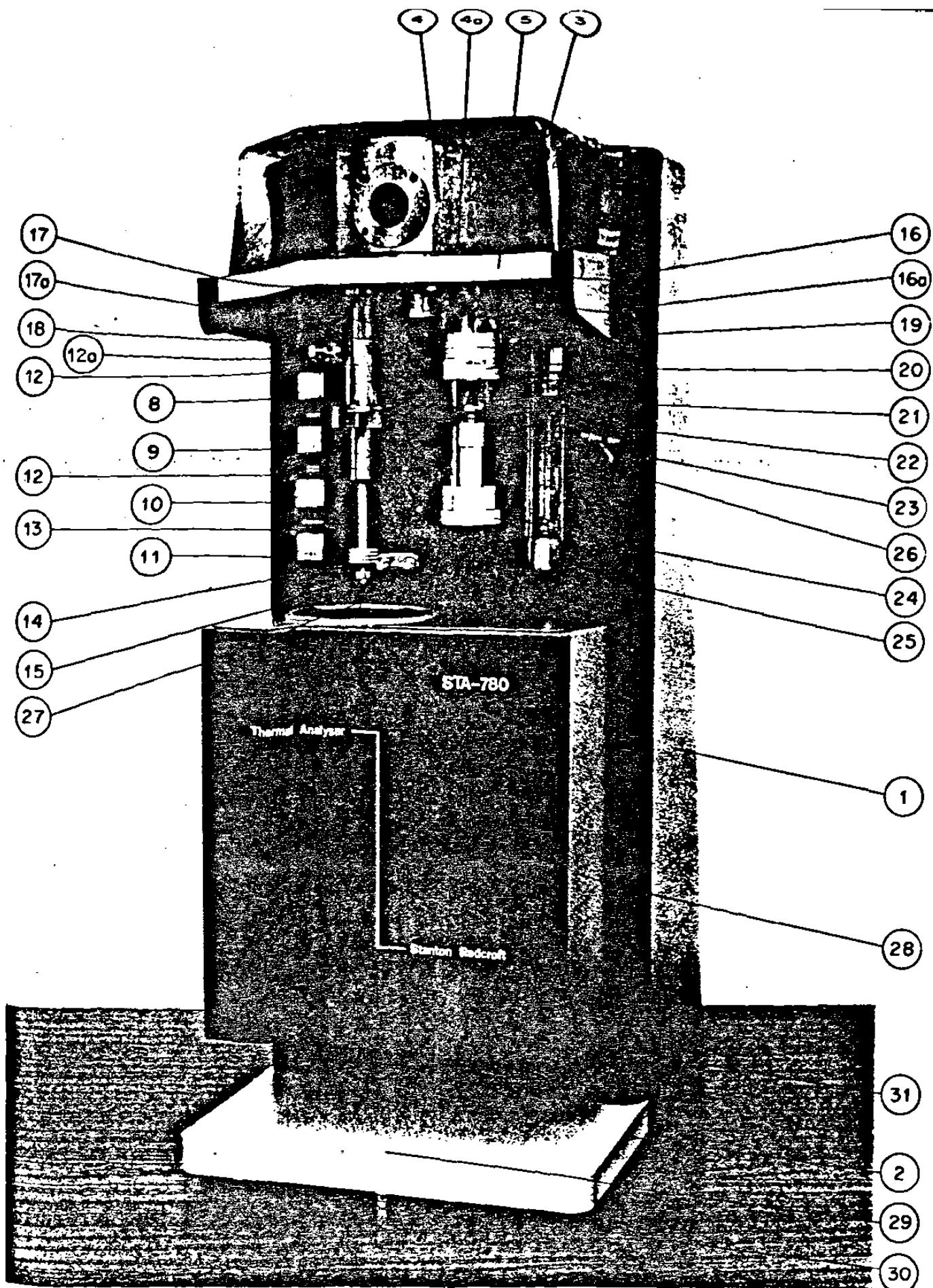


FIGURA 10.- MODULO TERMOBALANZA DEL EQUIPO UTILIZADO EN EL ANALISIS TERMICO DEL HRD (REF. 16).

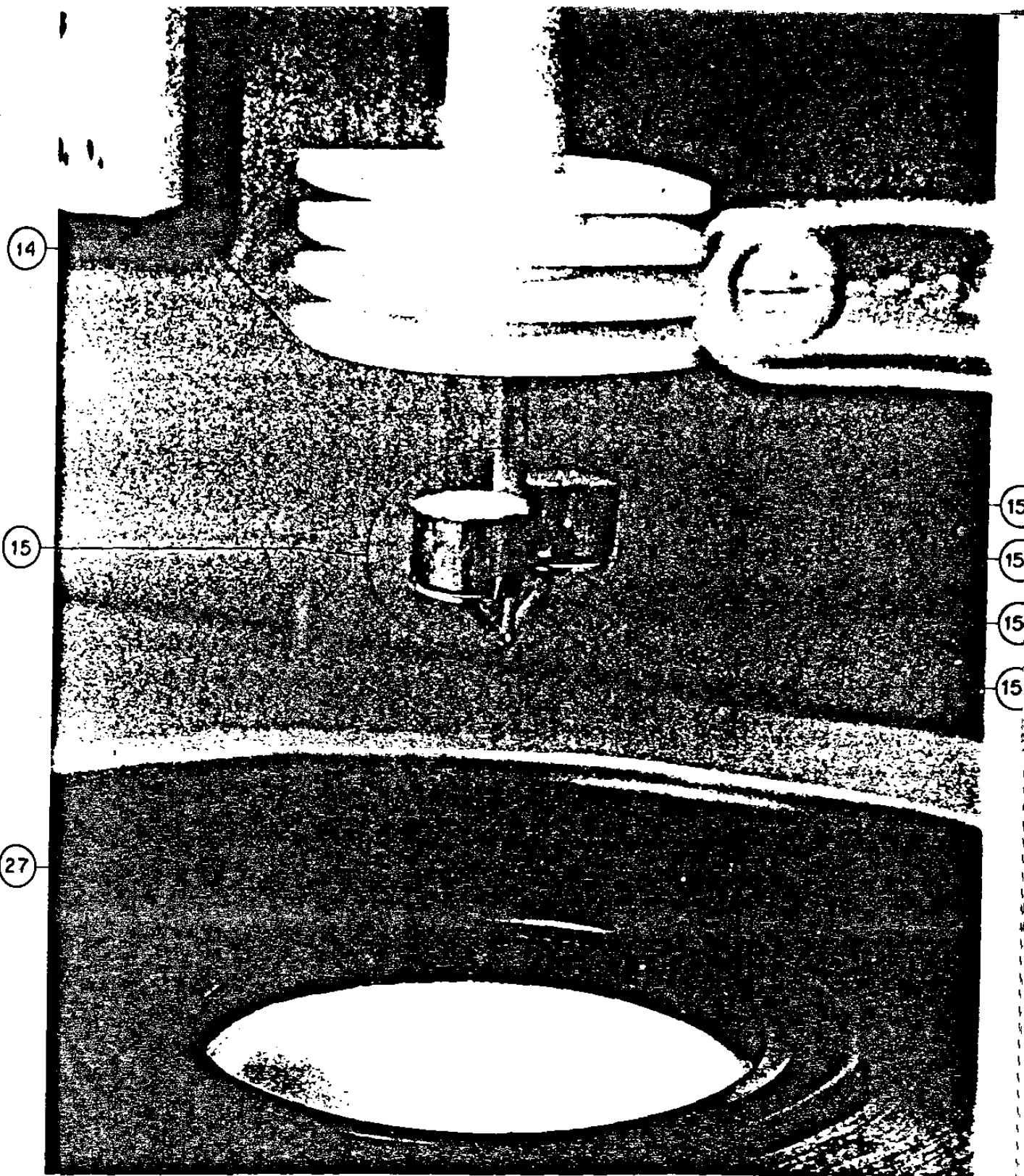


FIGURA 11.- ARREGLO DE TERMOPARES Y CRISOLES DEL ANALISADOR TERMICO UTILIZADO (REF. 16).

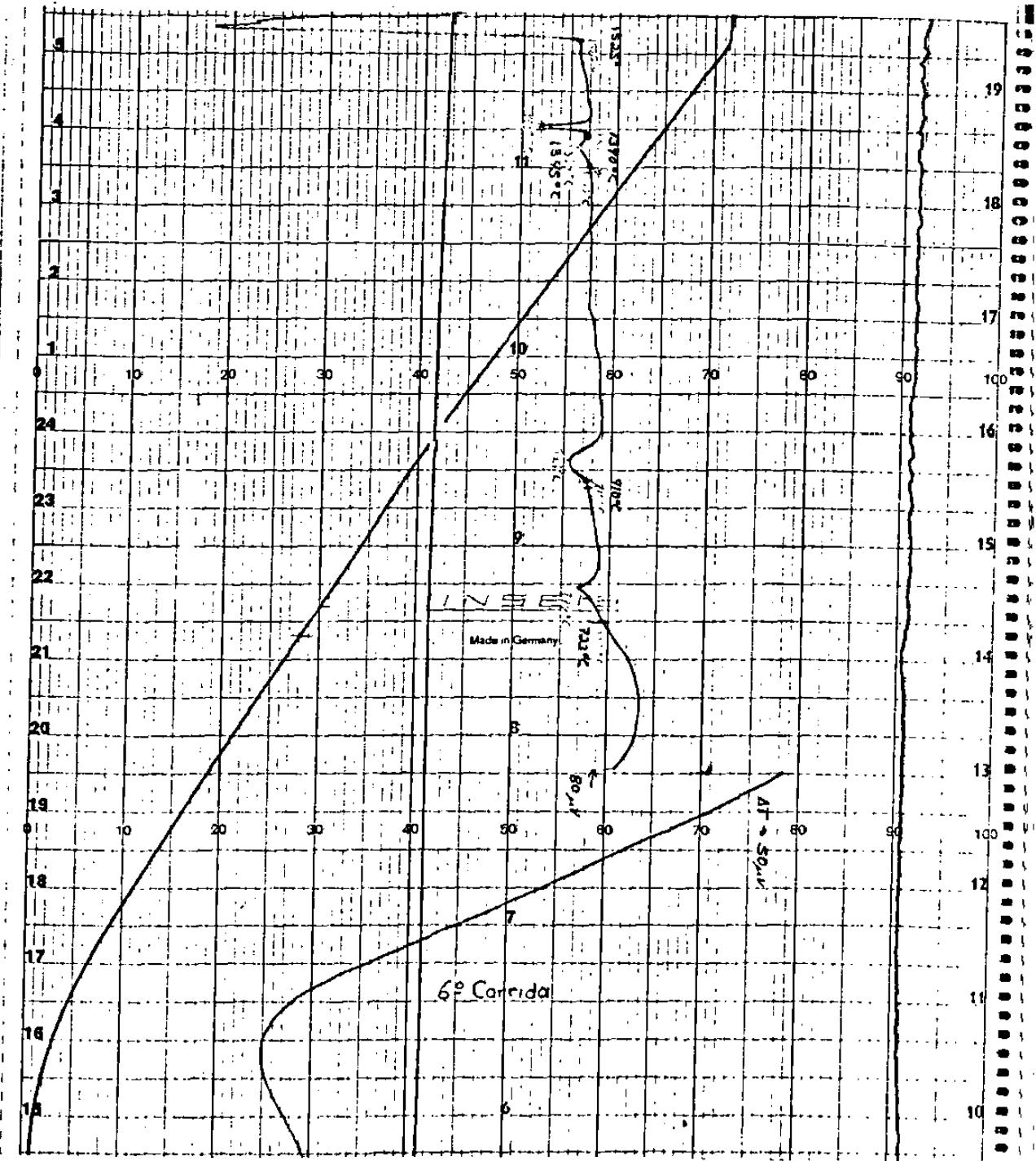


FIGURA 12.- GRAFICA DE DTA PARA Fe PURO

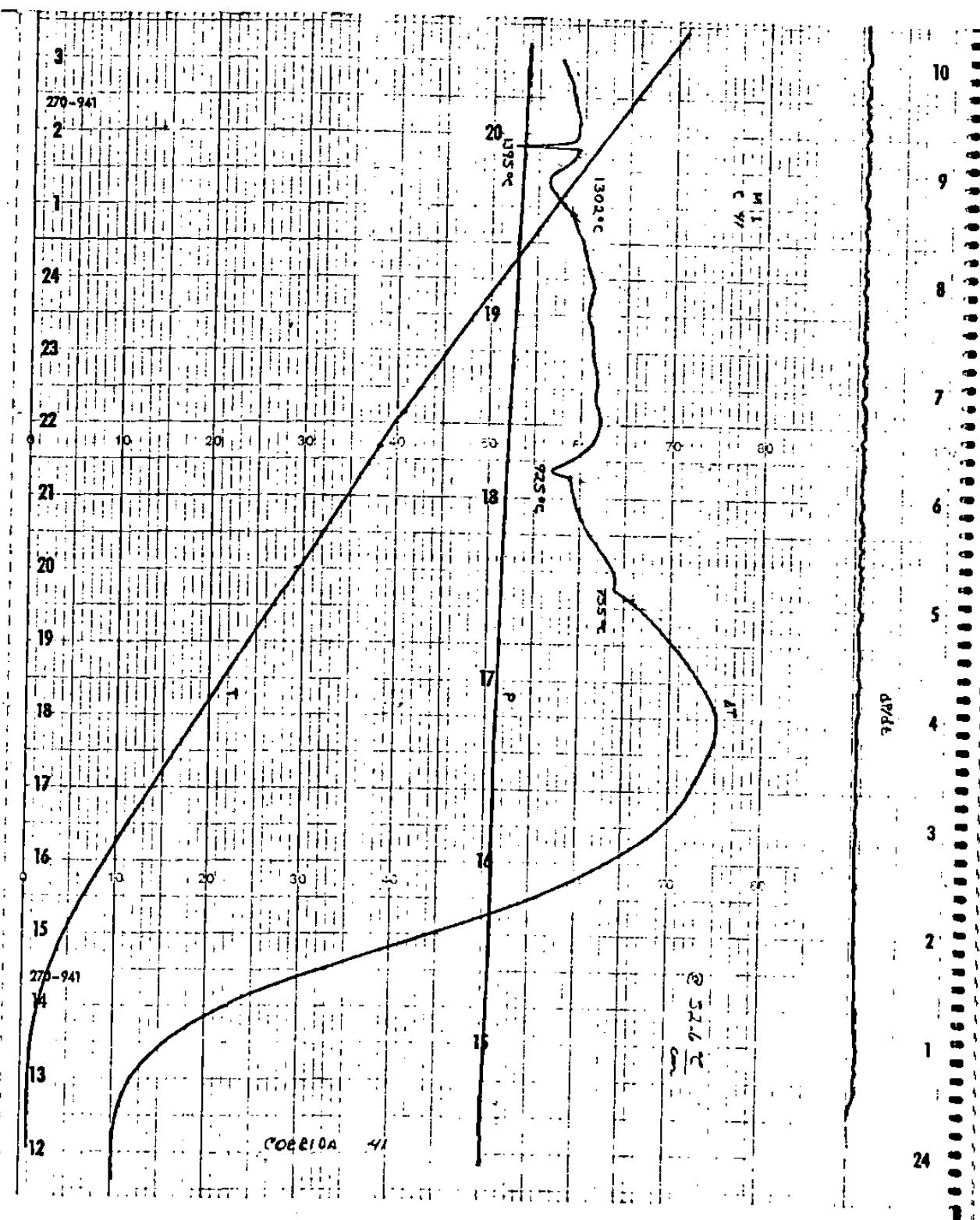


FIGURA 13.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No 1.

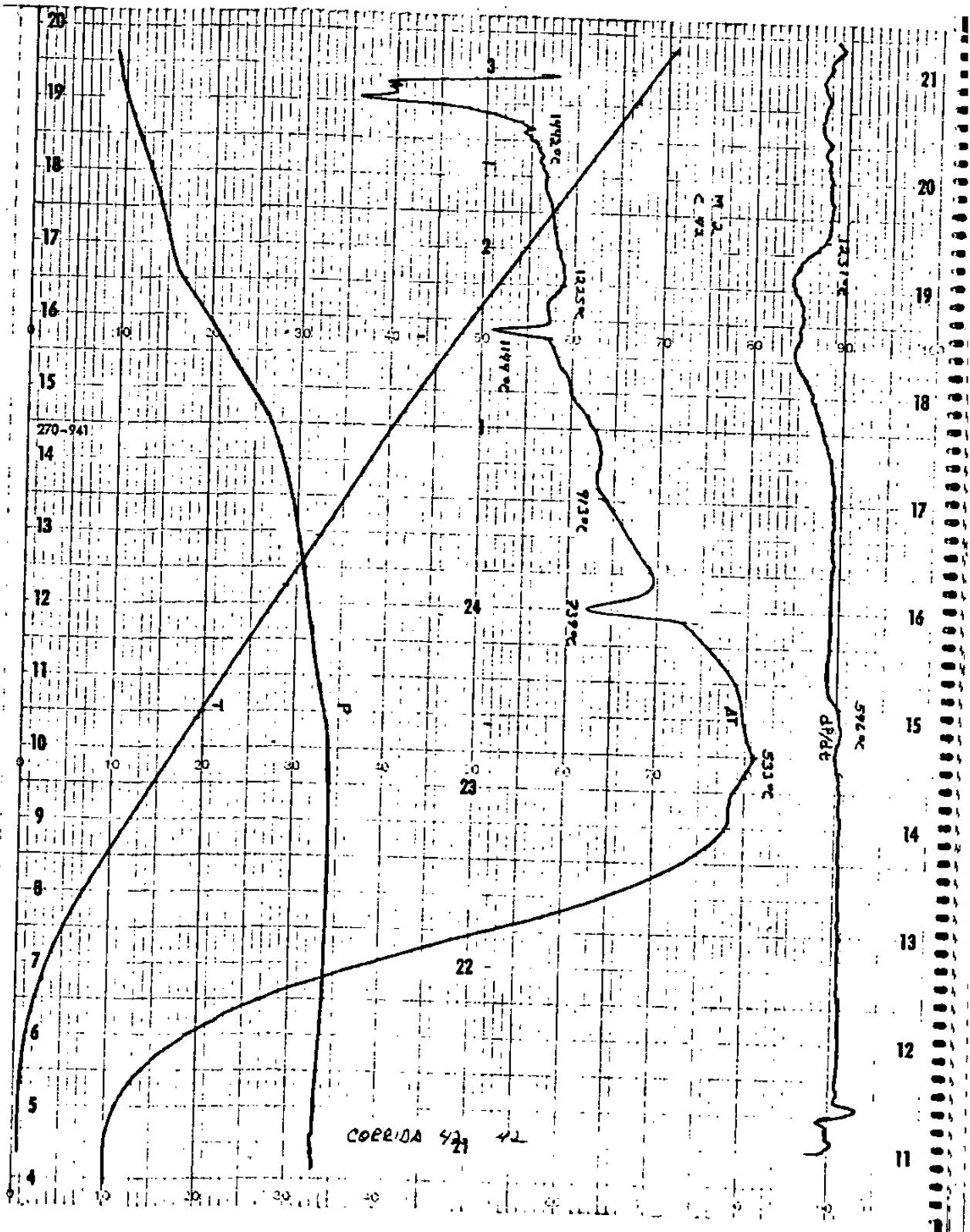


FIGURA 14.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No 2.

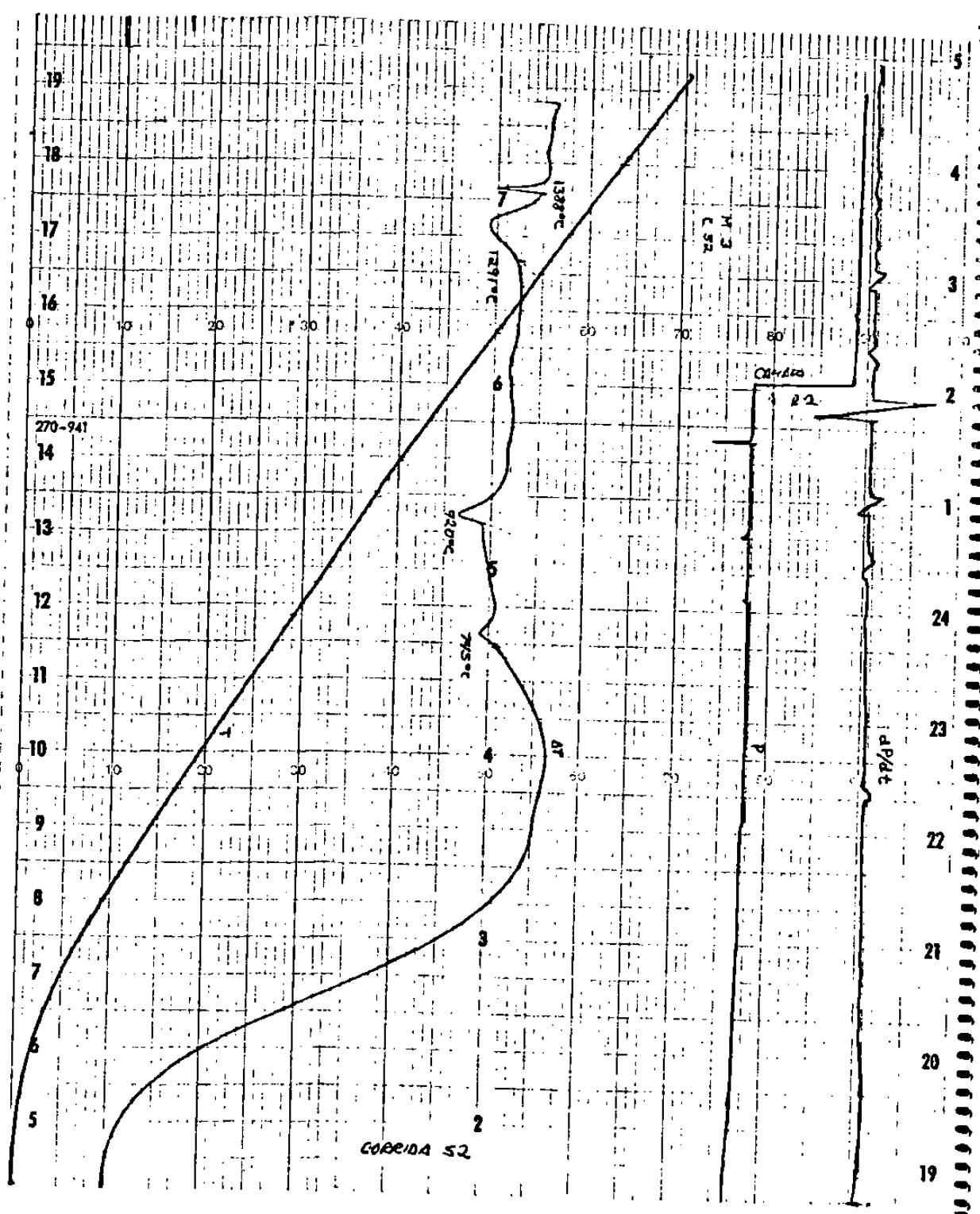


FIGURA 15.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No. 3

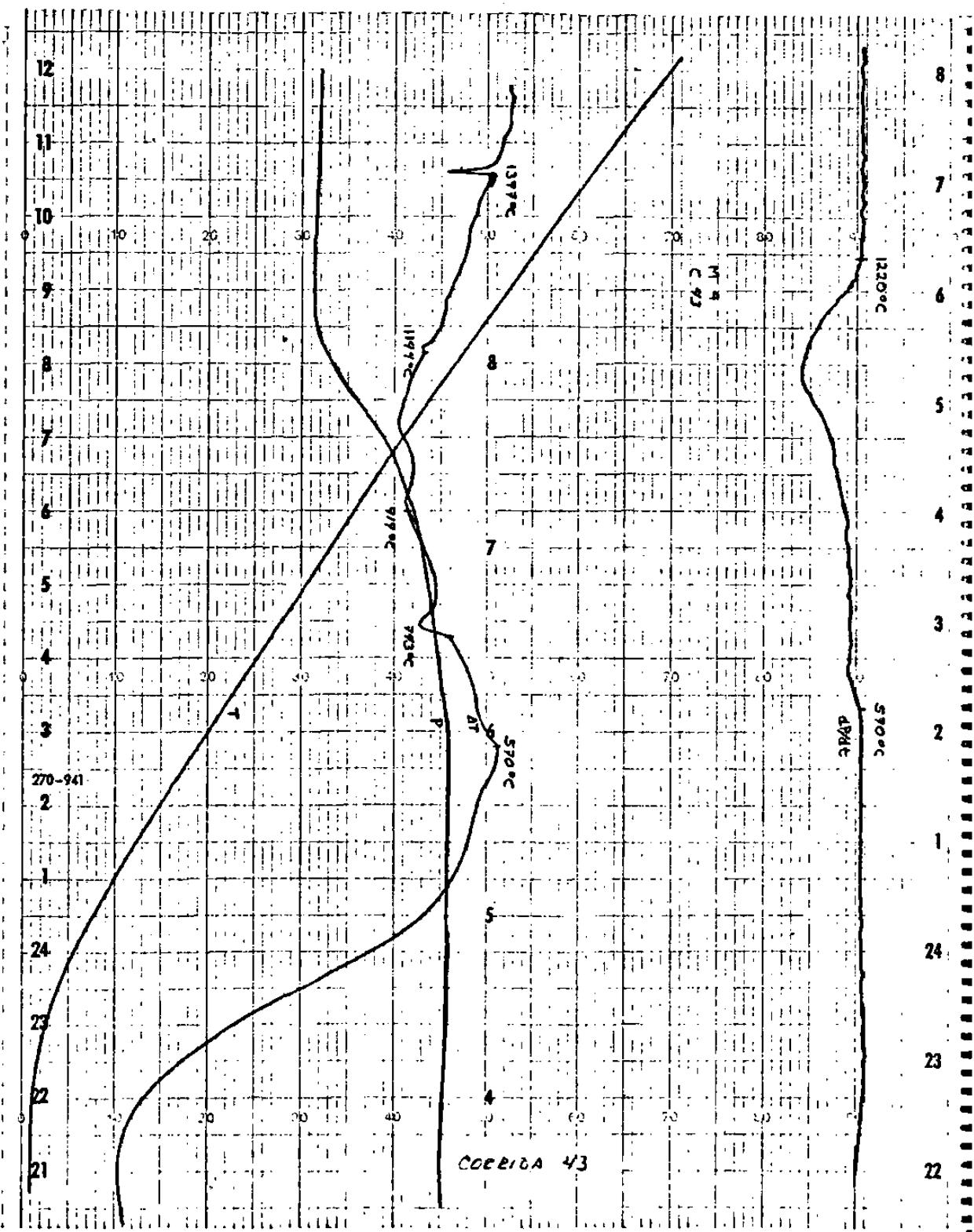


FIGURA 16.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No. 4

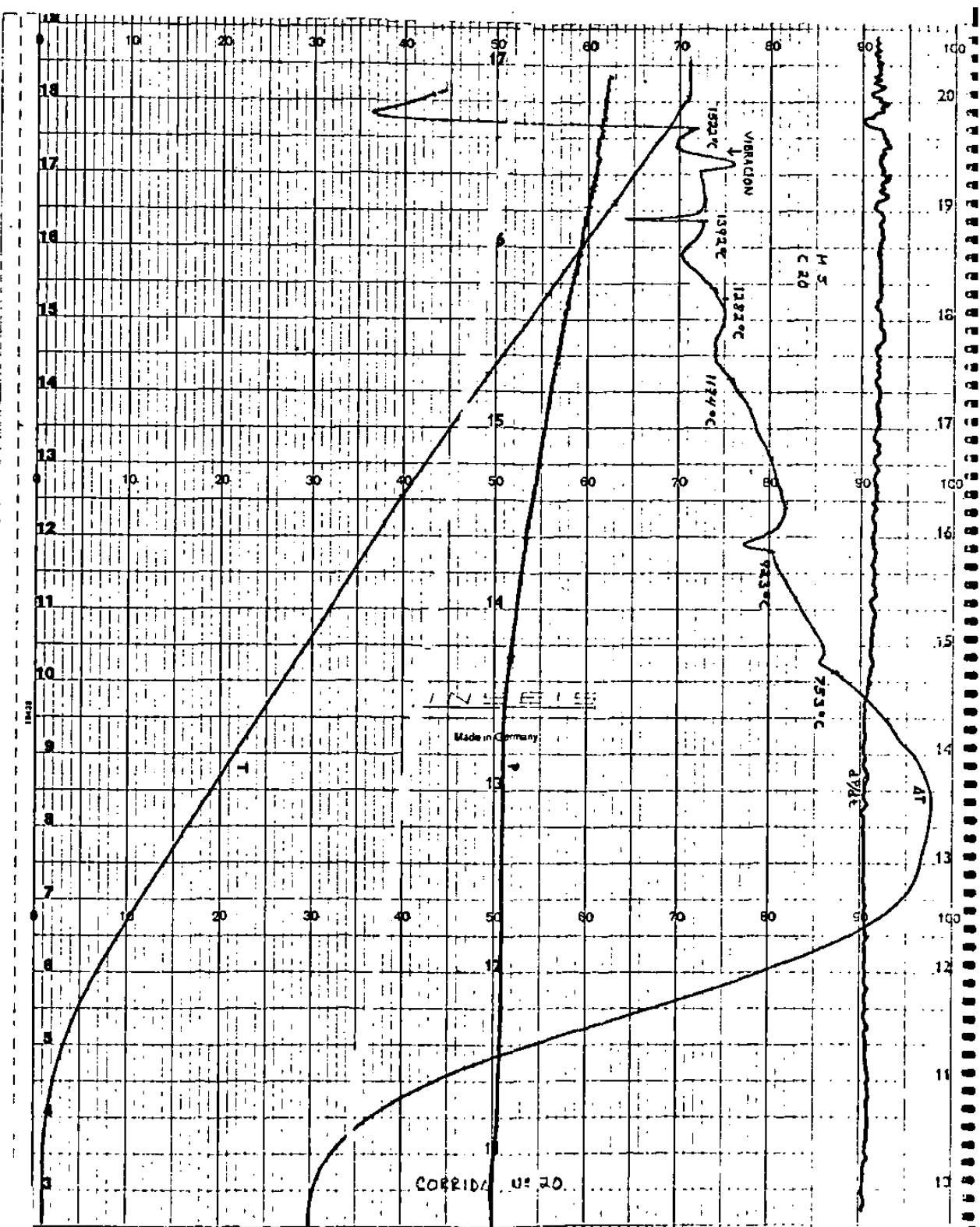
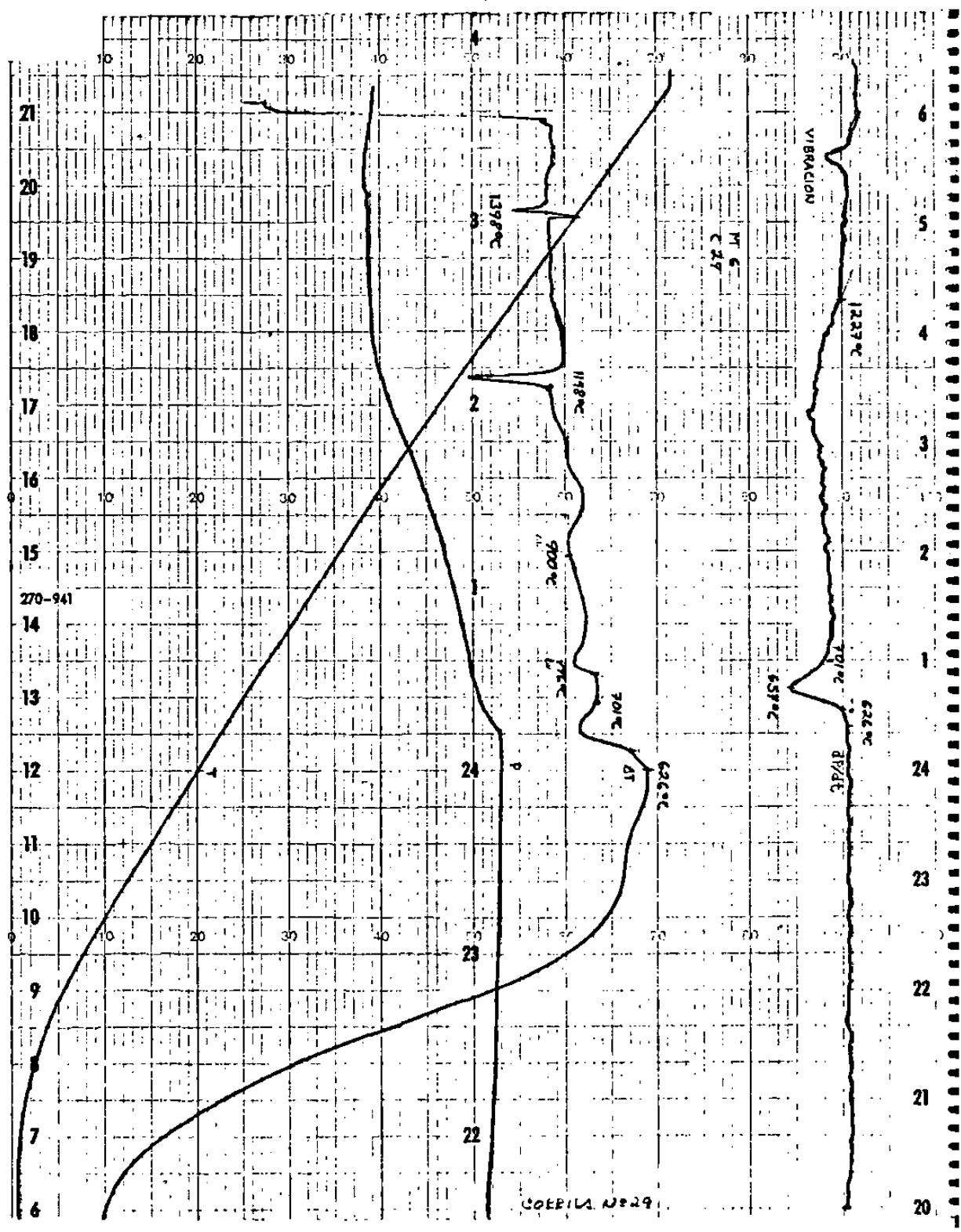


FIGURA 17.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD NO. 5



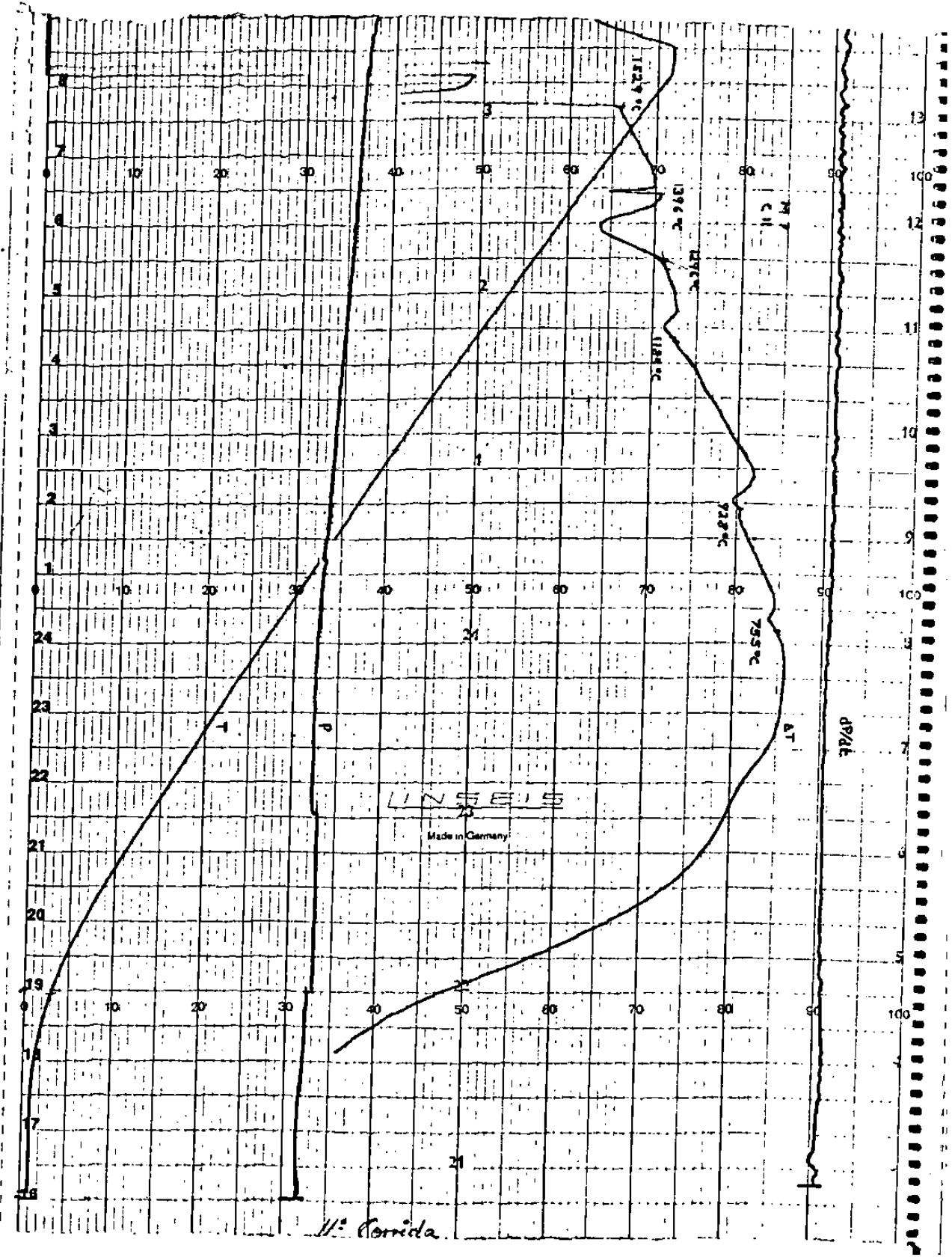


FIGURA 19.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No. 7

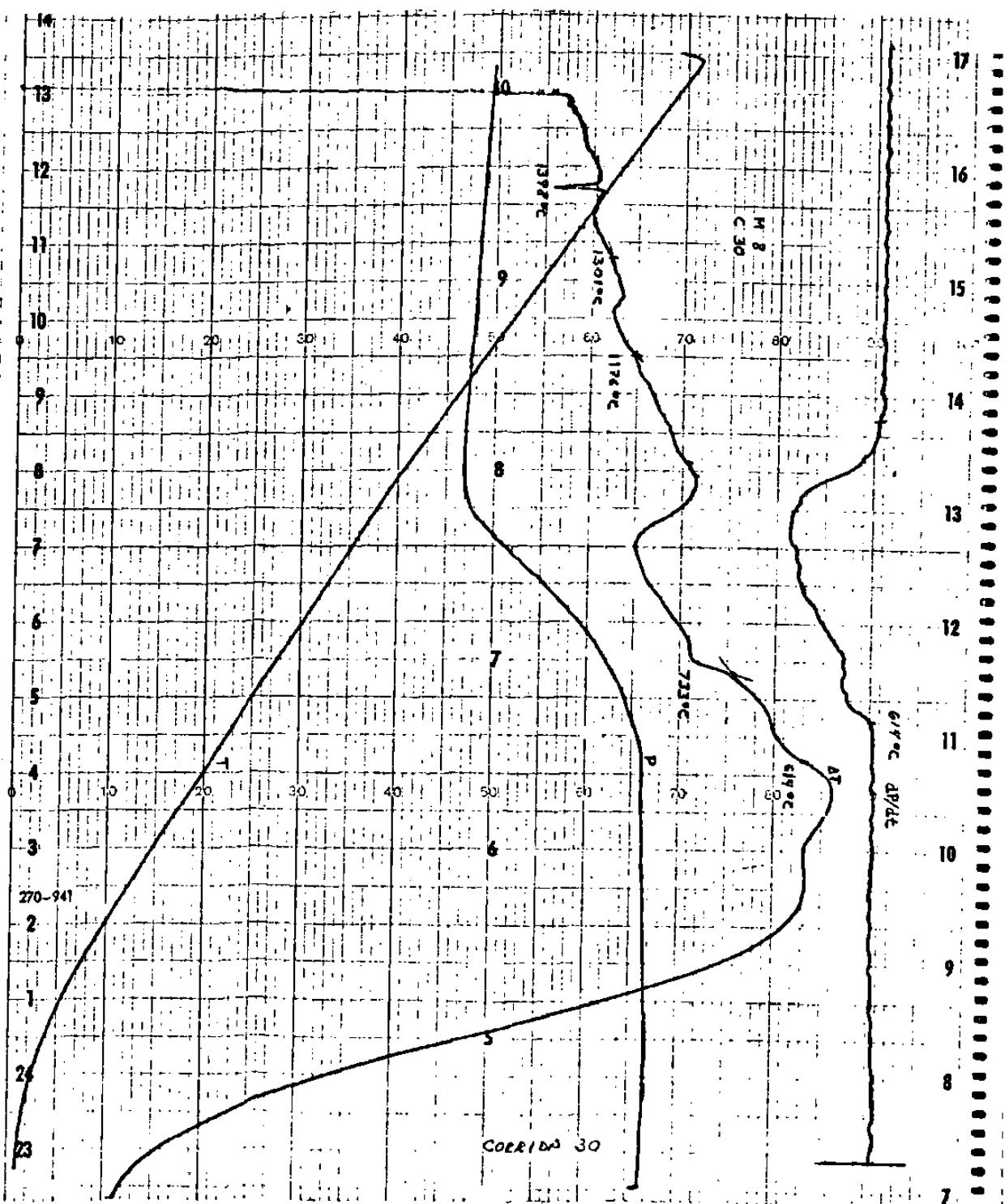


FIGURA 20 .- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No. 8

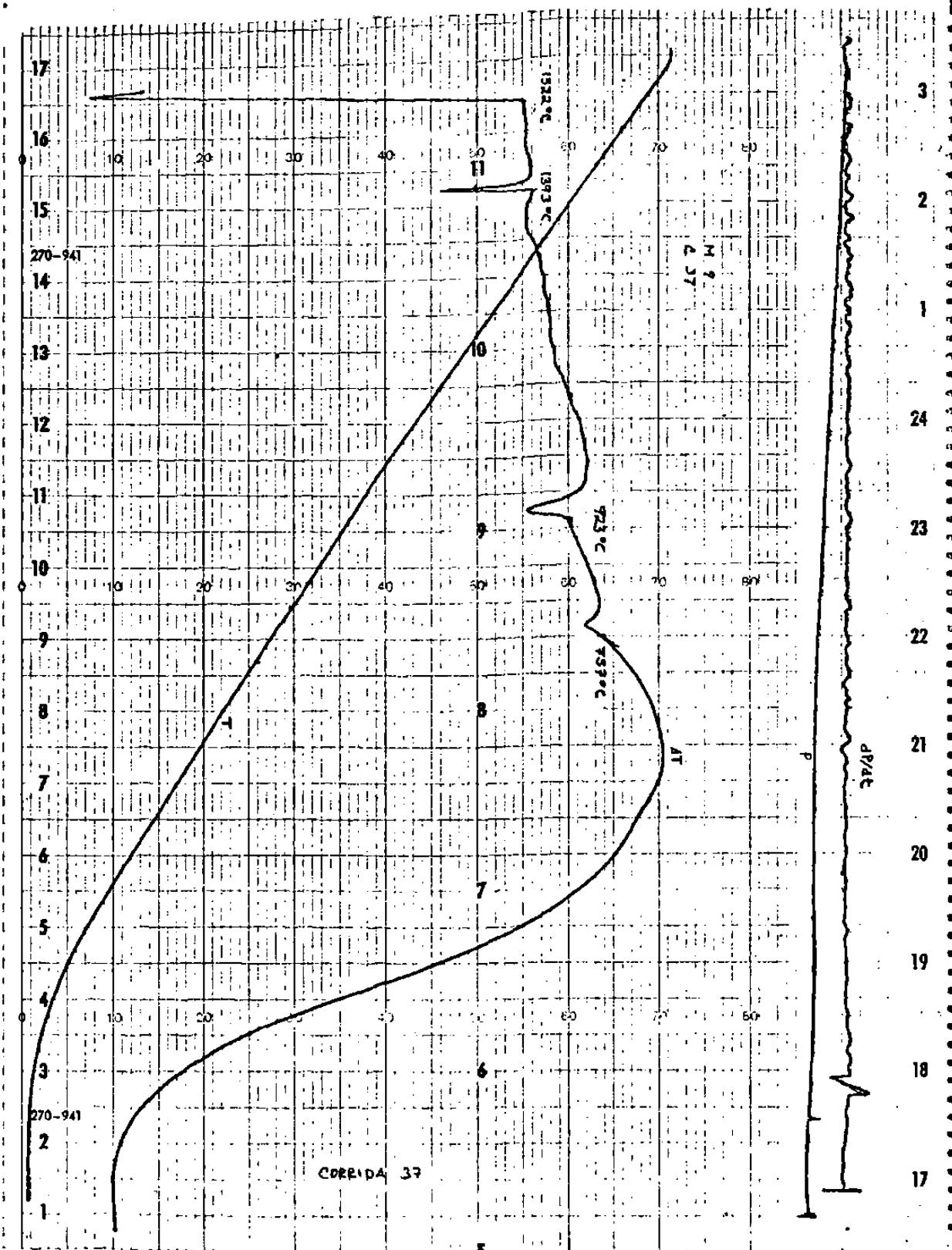


FIGURA 21.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD NO. 9

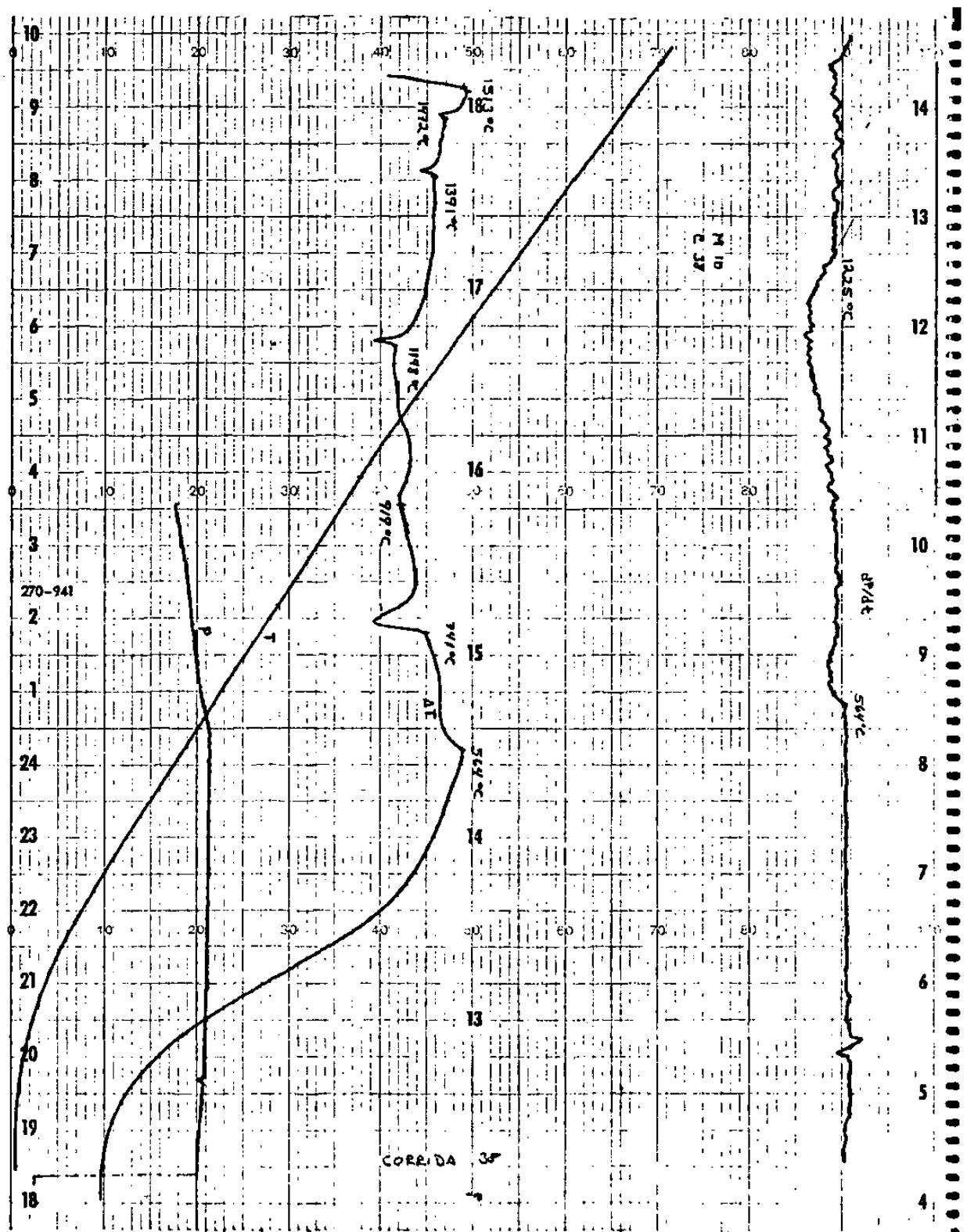


FIGURA 22.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No. 10

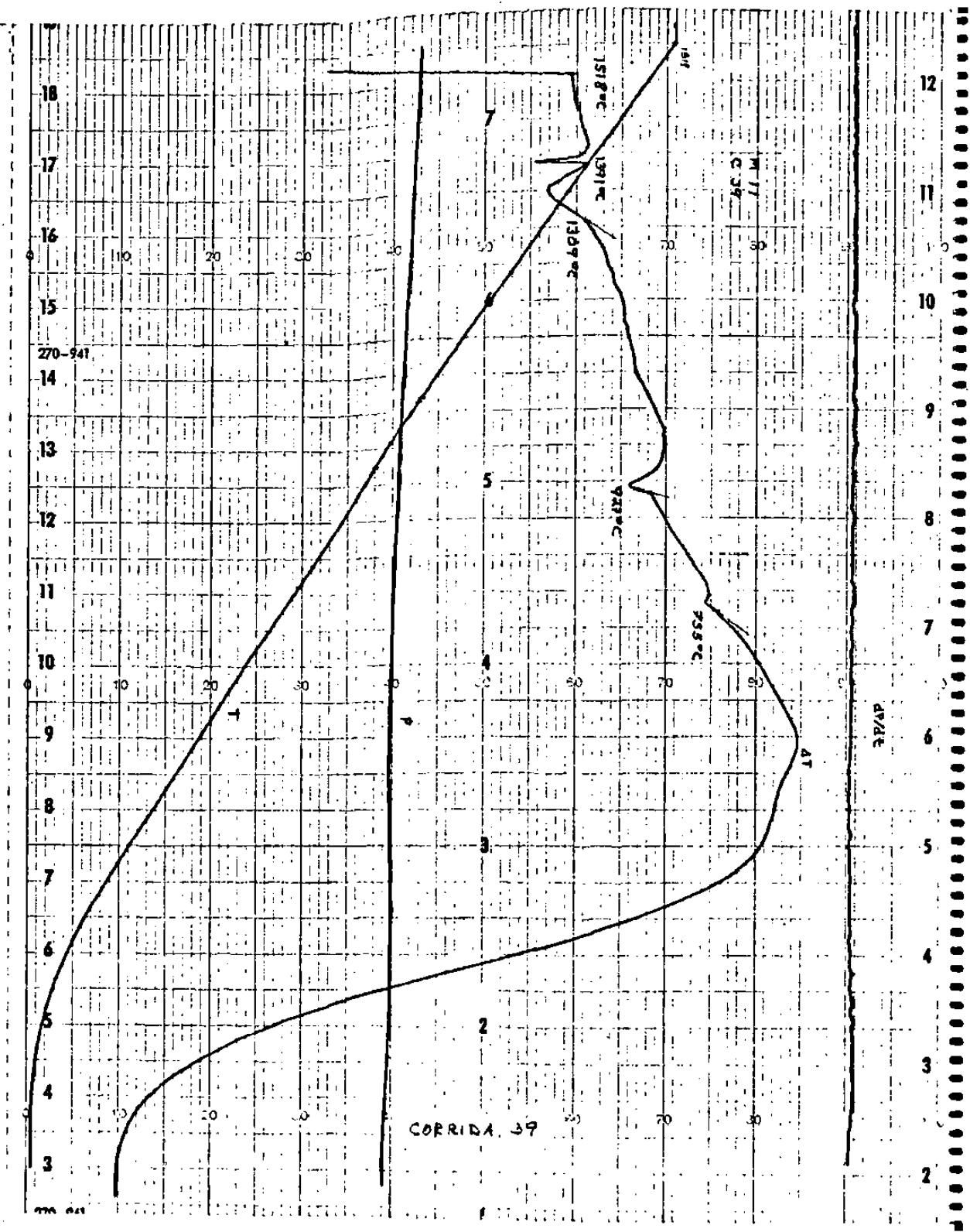


FIGURA 23.- GRAFICA DE DIA DE LA MUESTRa DE HRD No. 11

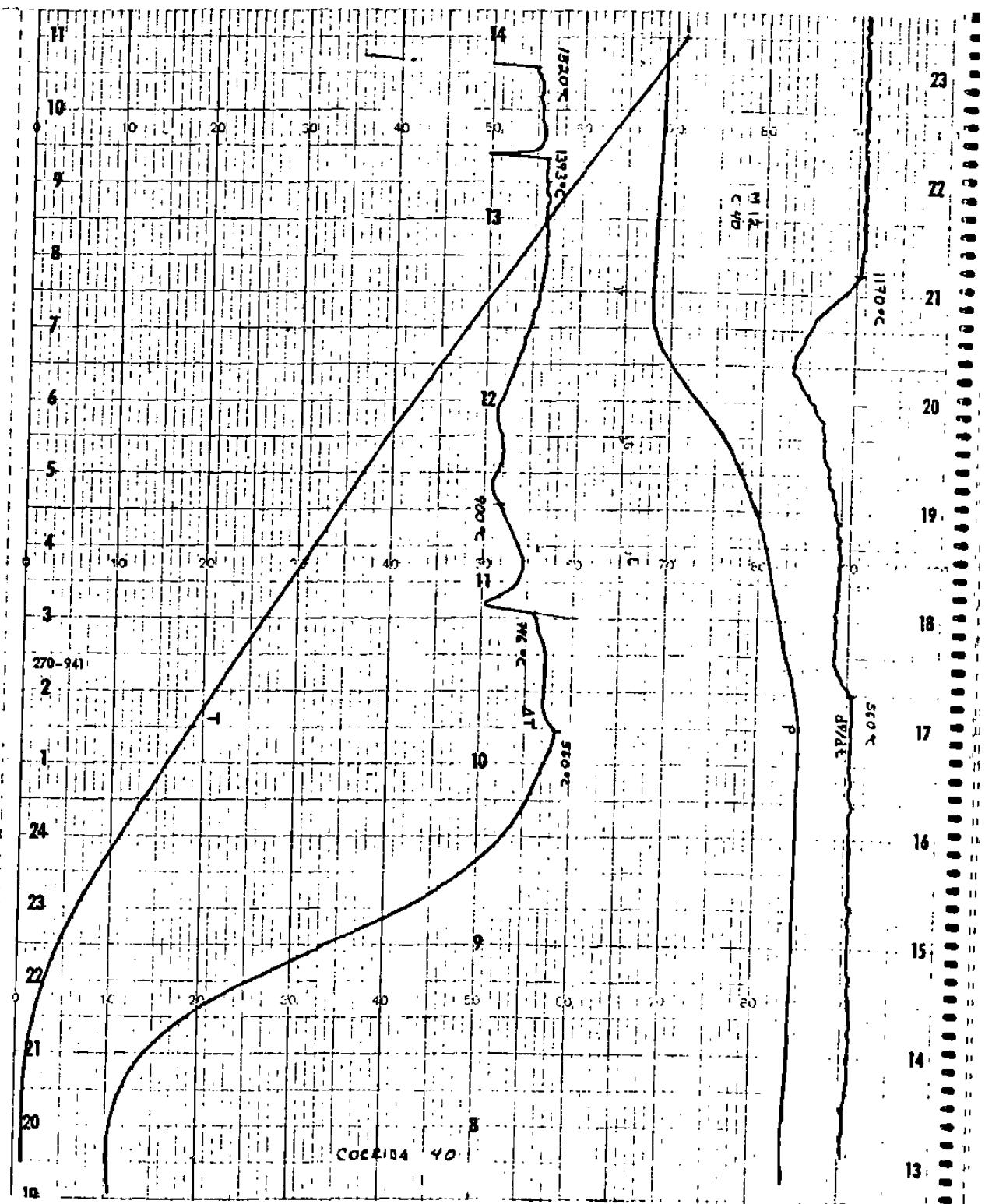


FIGURA 24. - GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No. 12

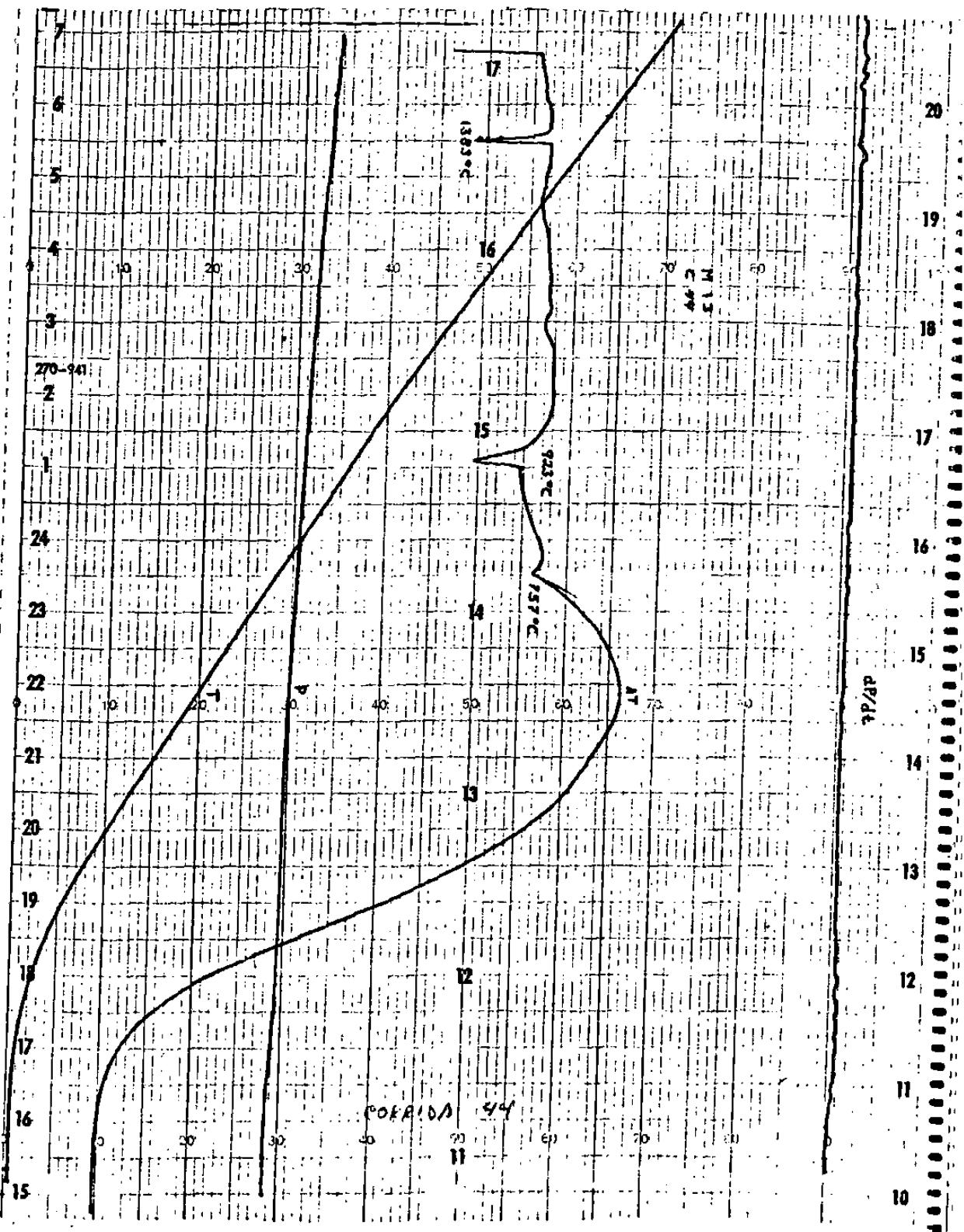


FIGURA 25.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No. 13

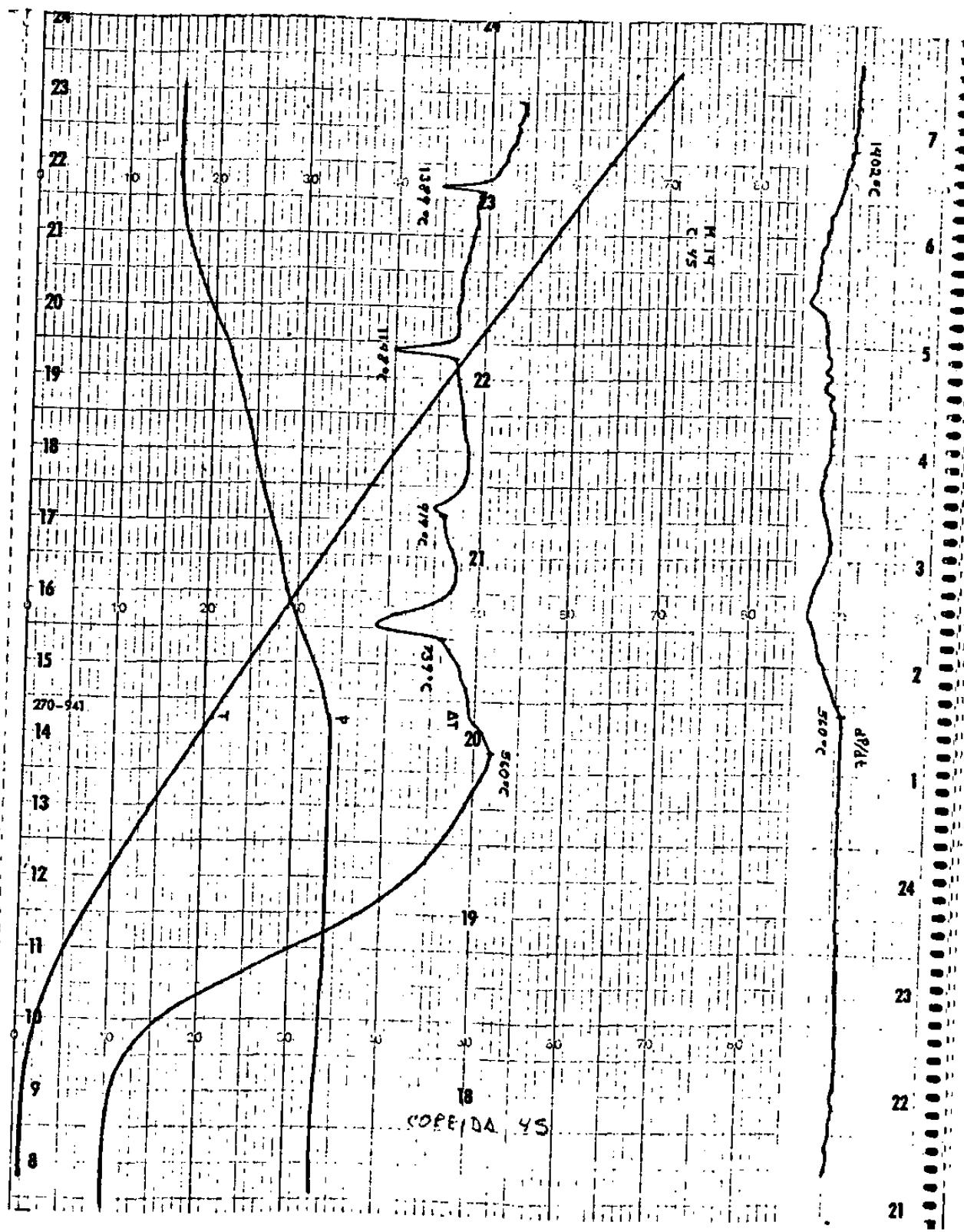


FIGURA 26.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No. 14

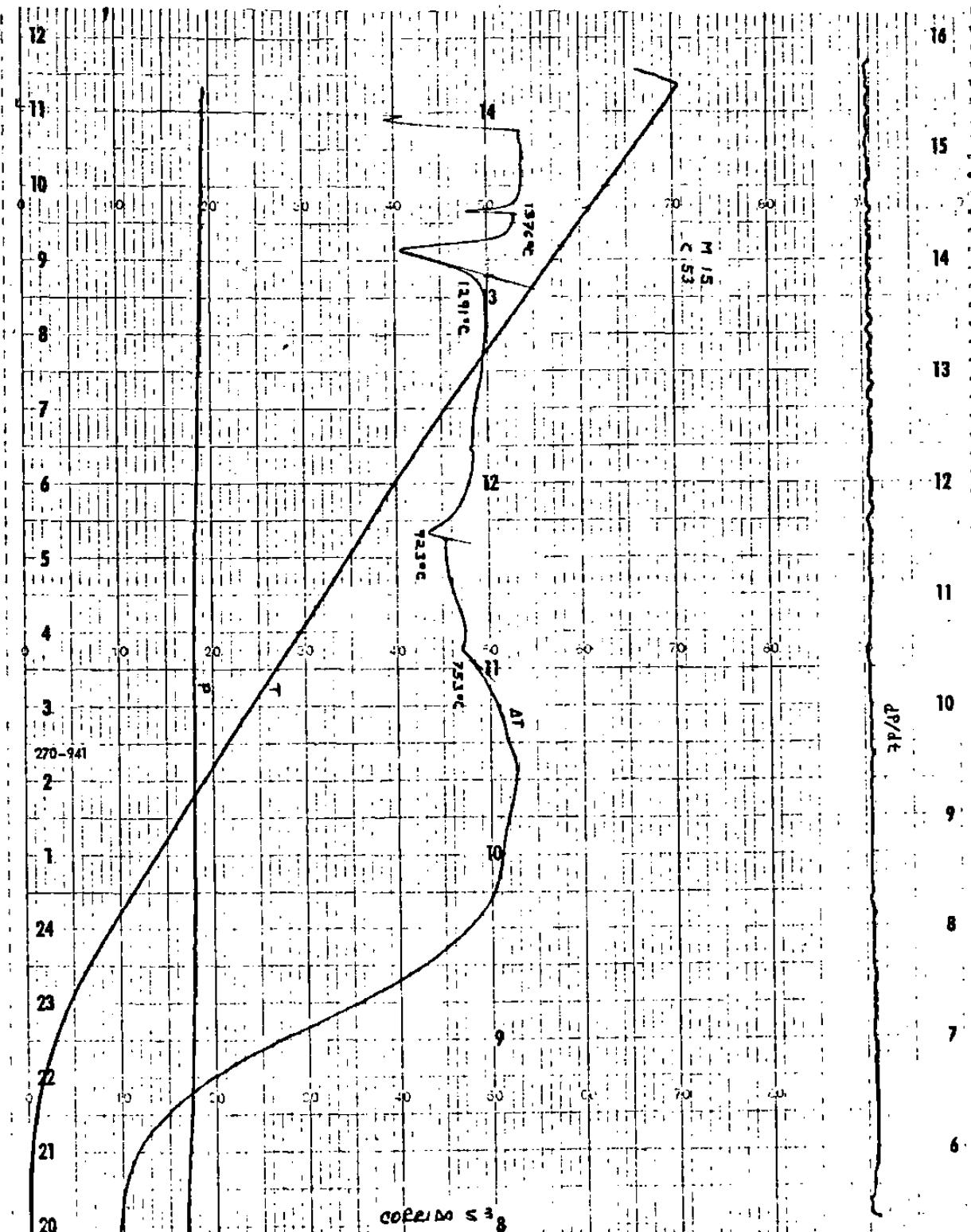


FIGURA 27.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No 15.

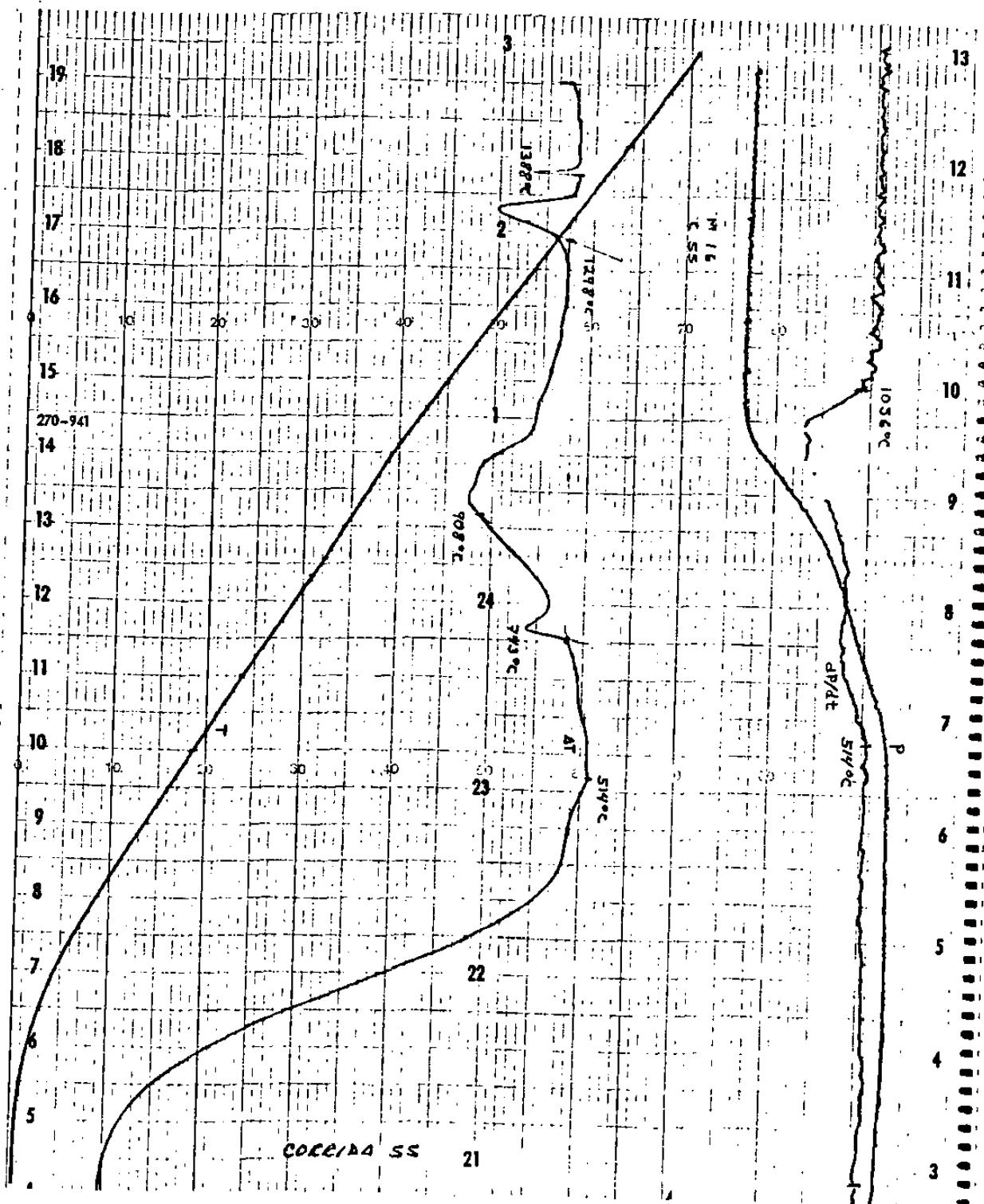
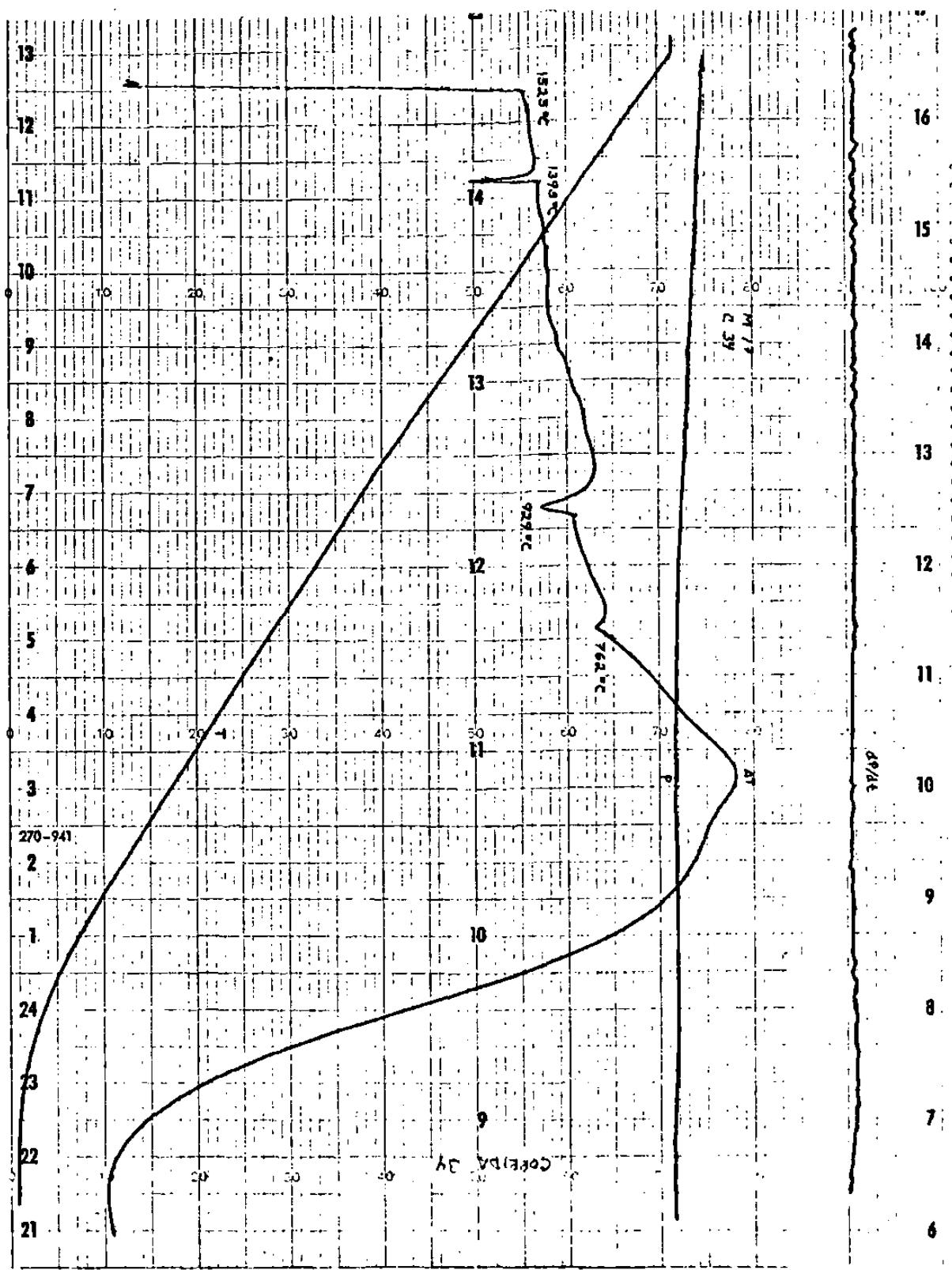


FIGURA 28.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRa DE HRD No 16.

FIGURA 29.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No 17.



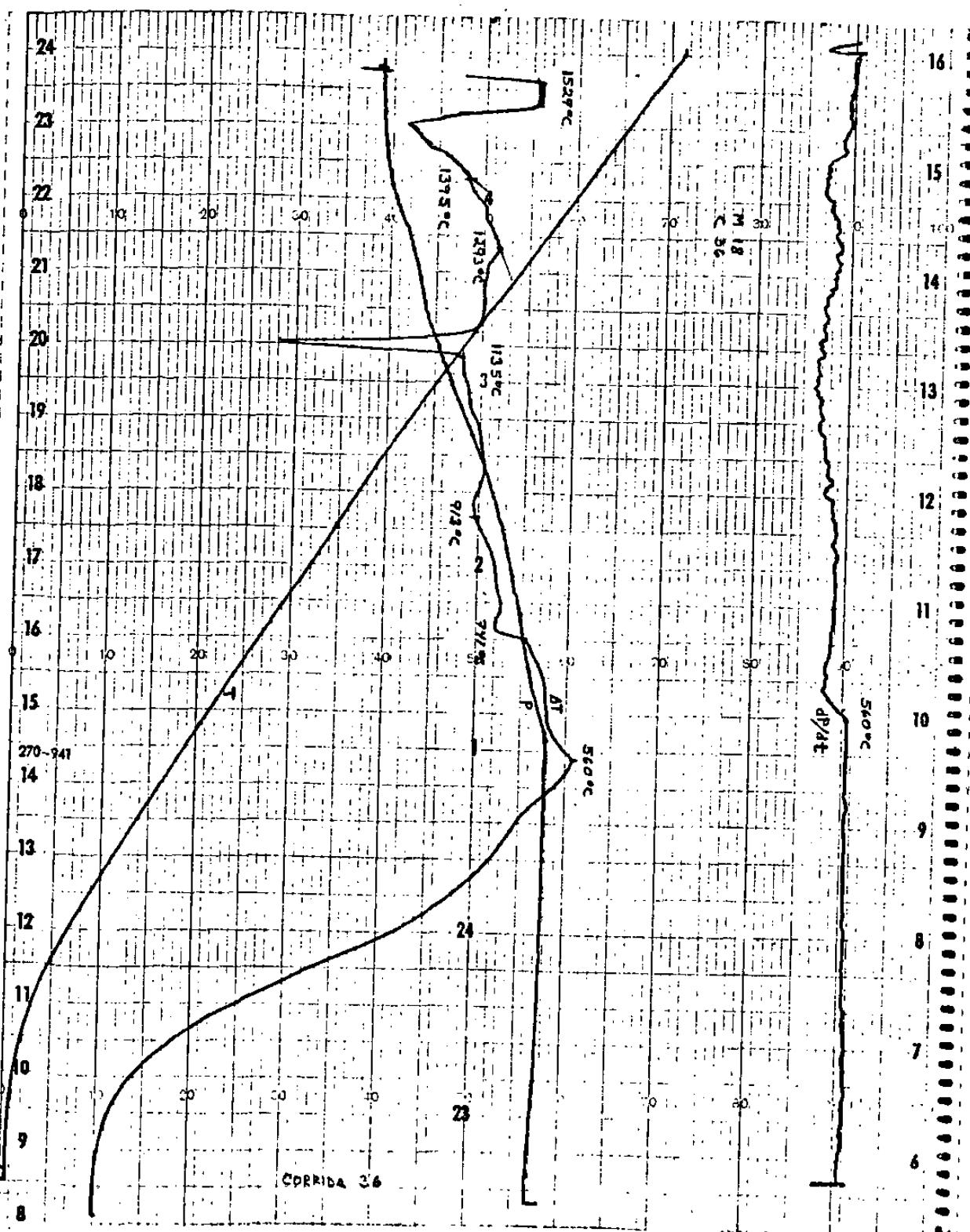


FIGURA 30.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD NO 18.

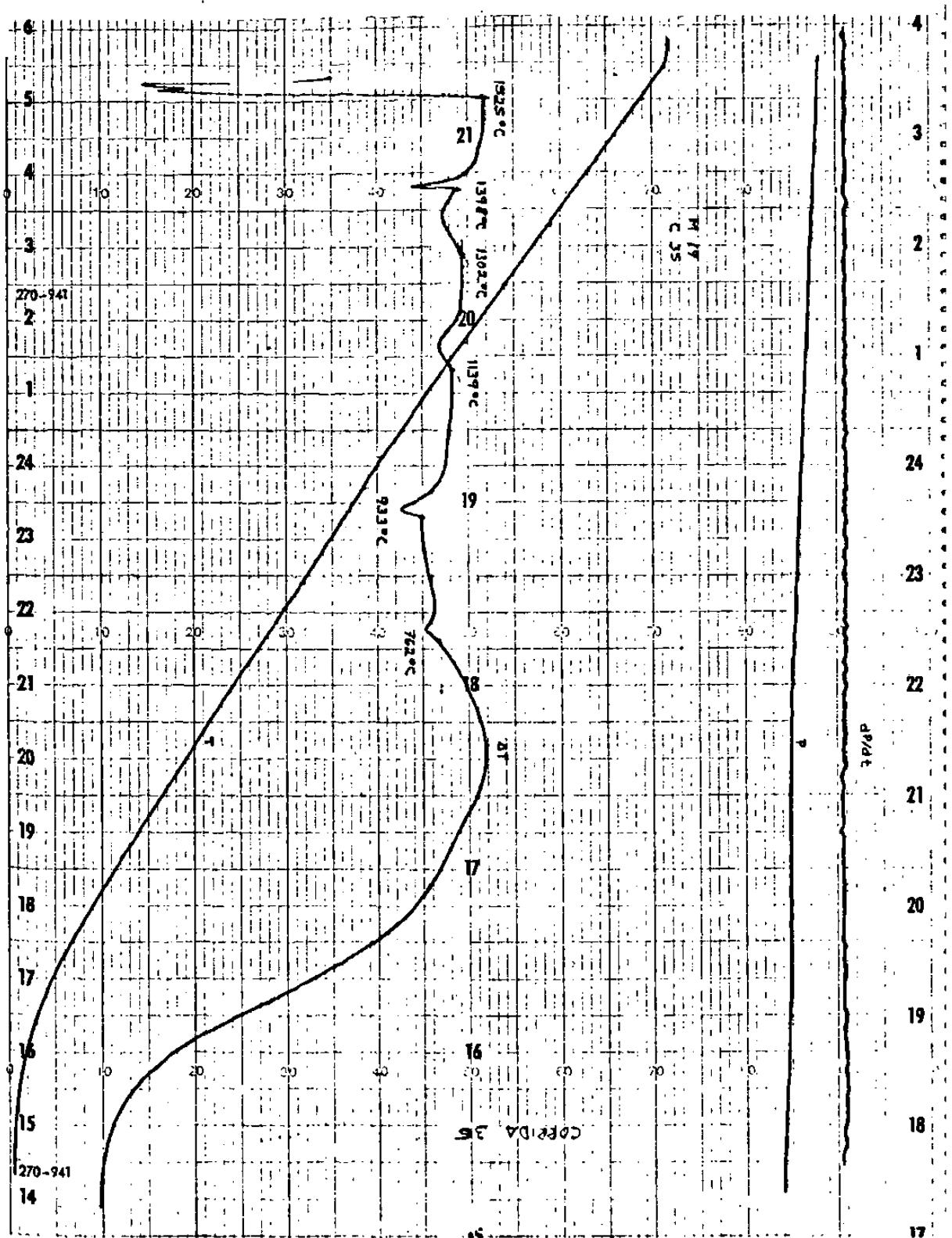


FIGURA 31.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD N° 19.

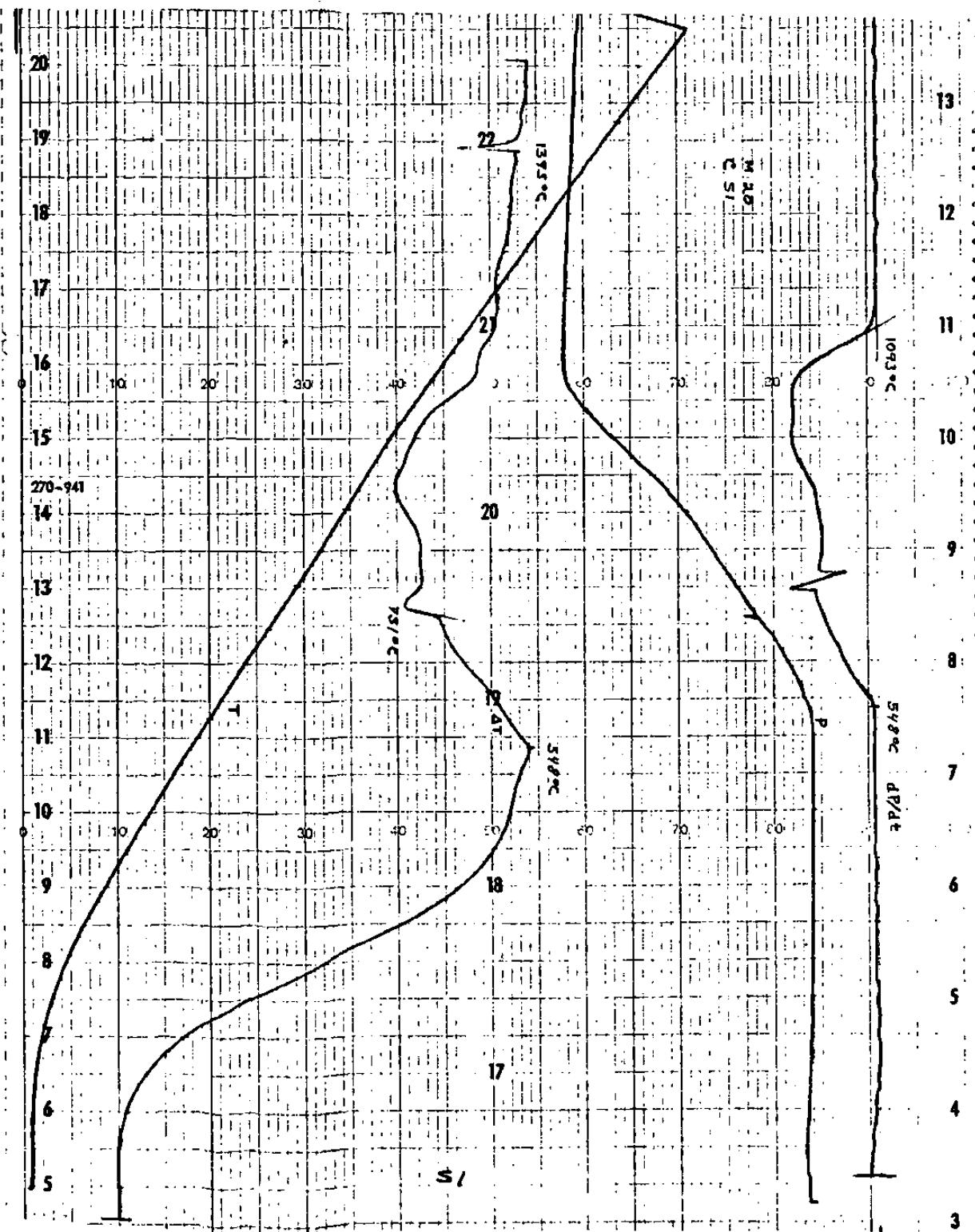


FIGURA 32.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No 20.

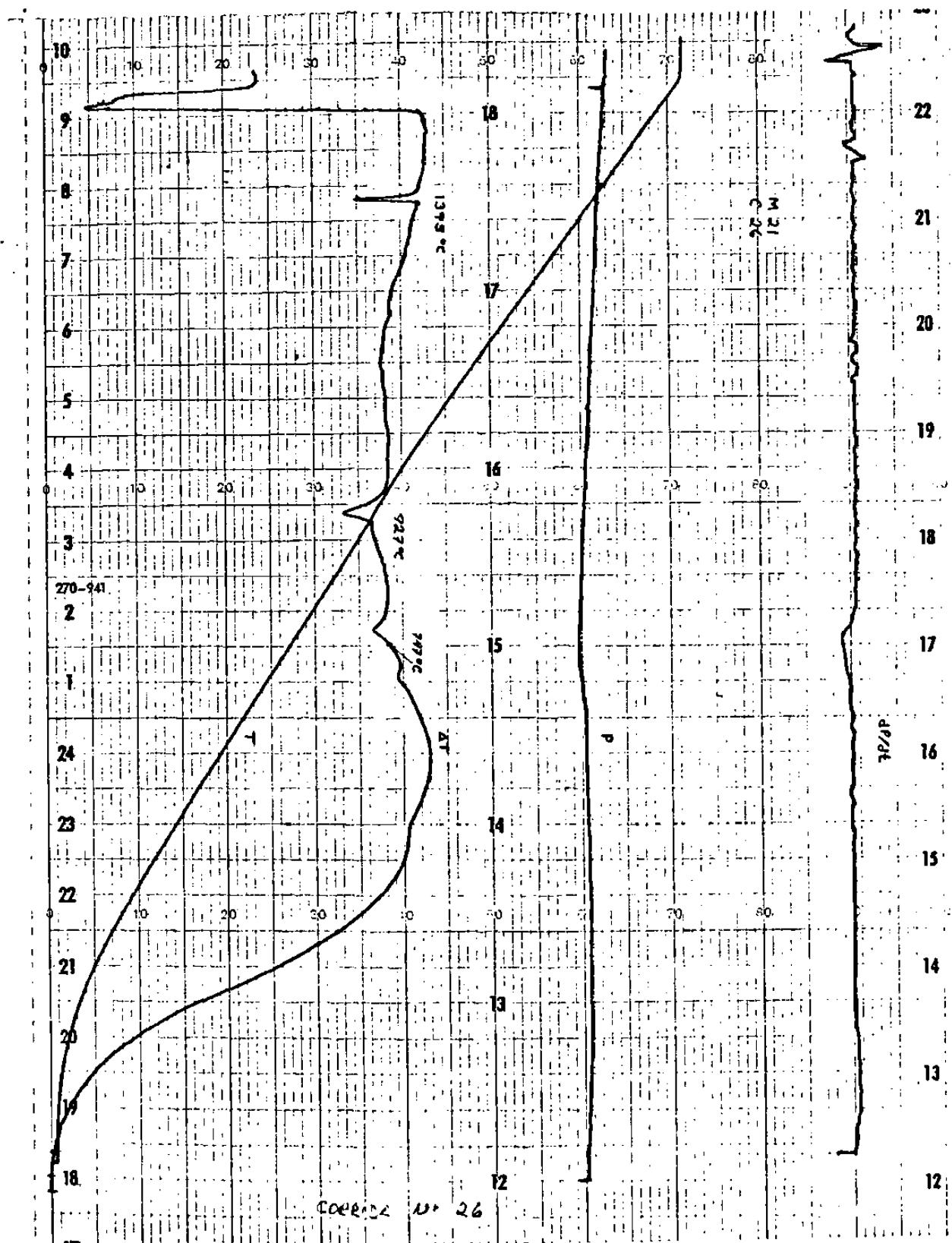


FIGURA 33. - GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No 21.

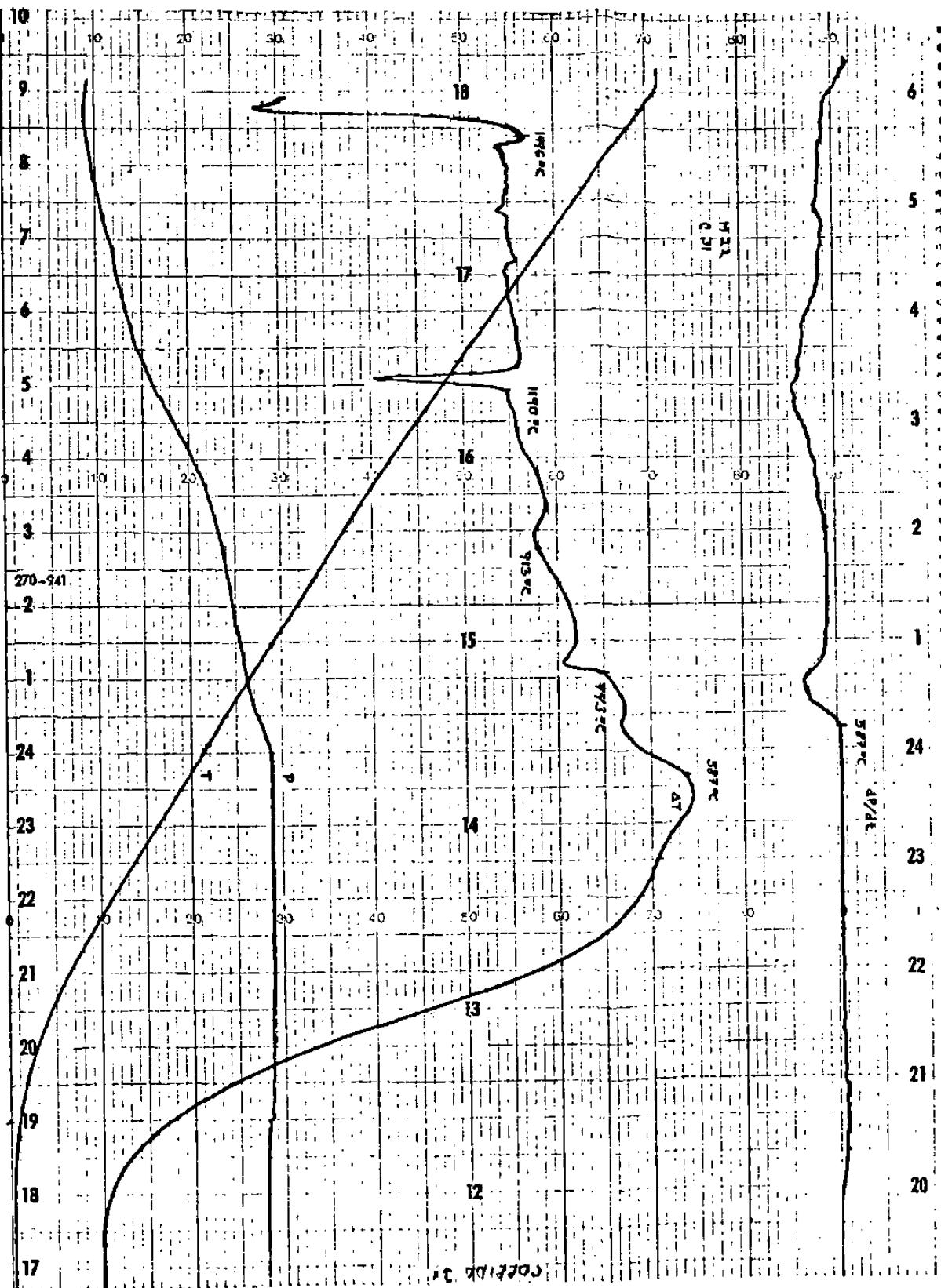


FIGURA 34.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No 22.

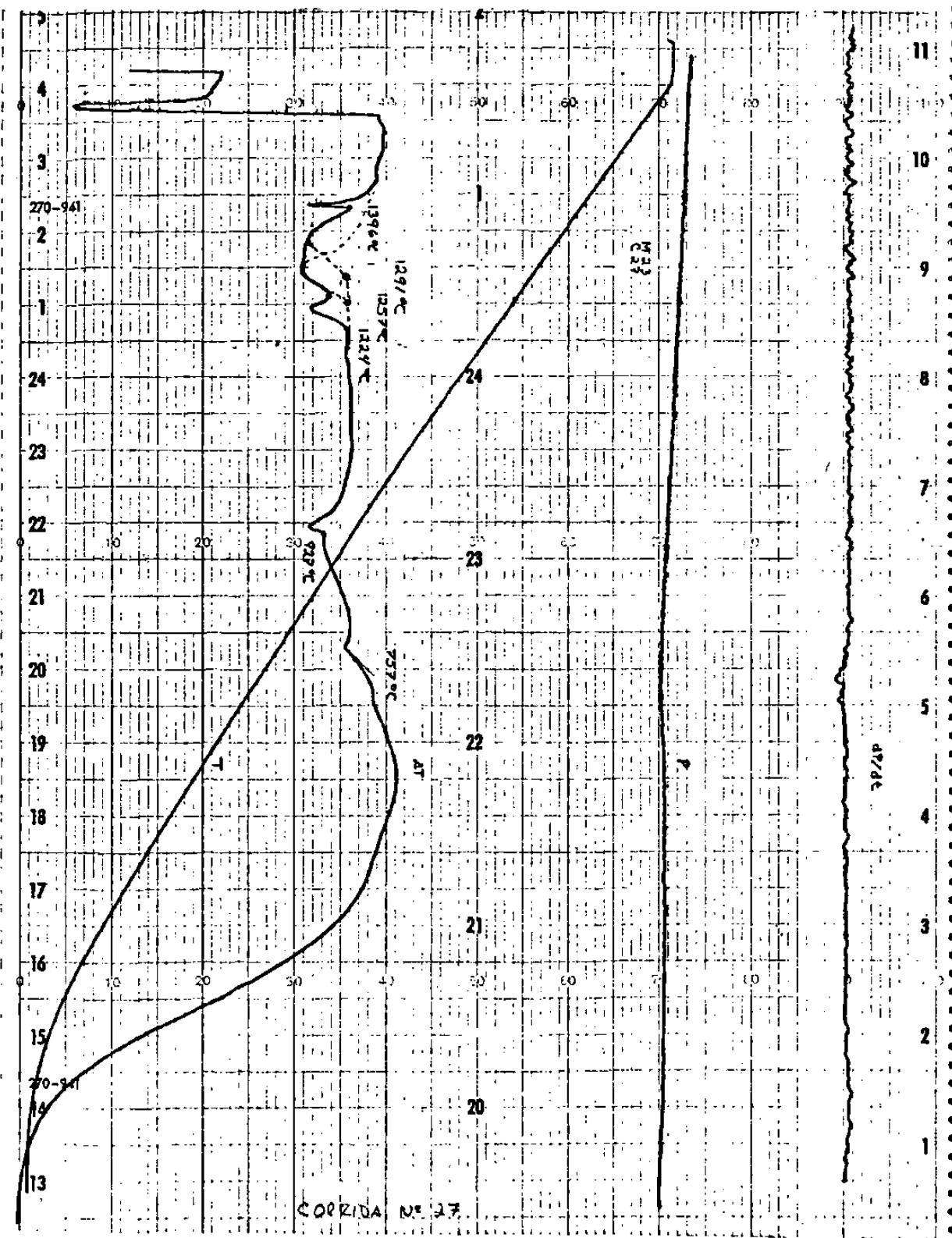


FIGURA 35.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No. 23.

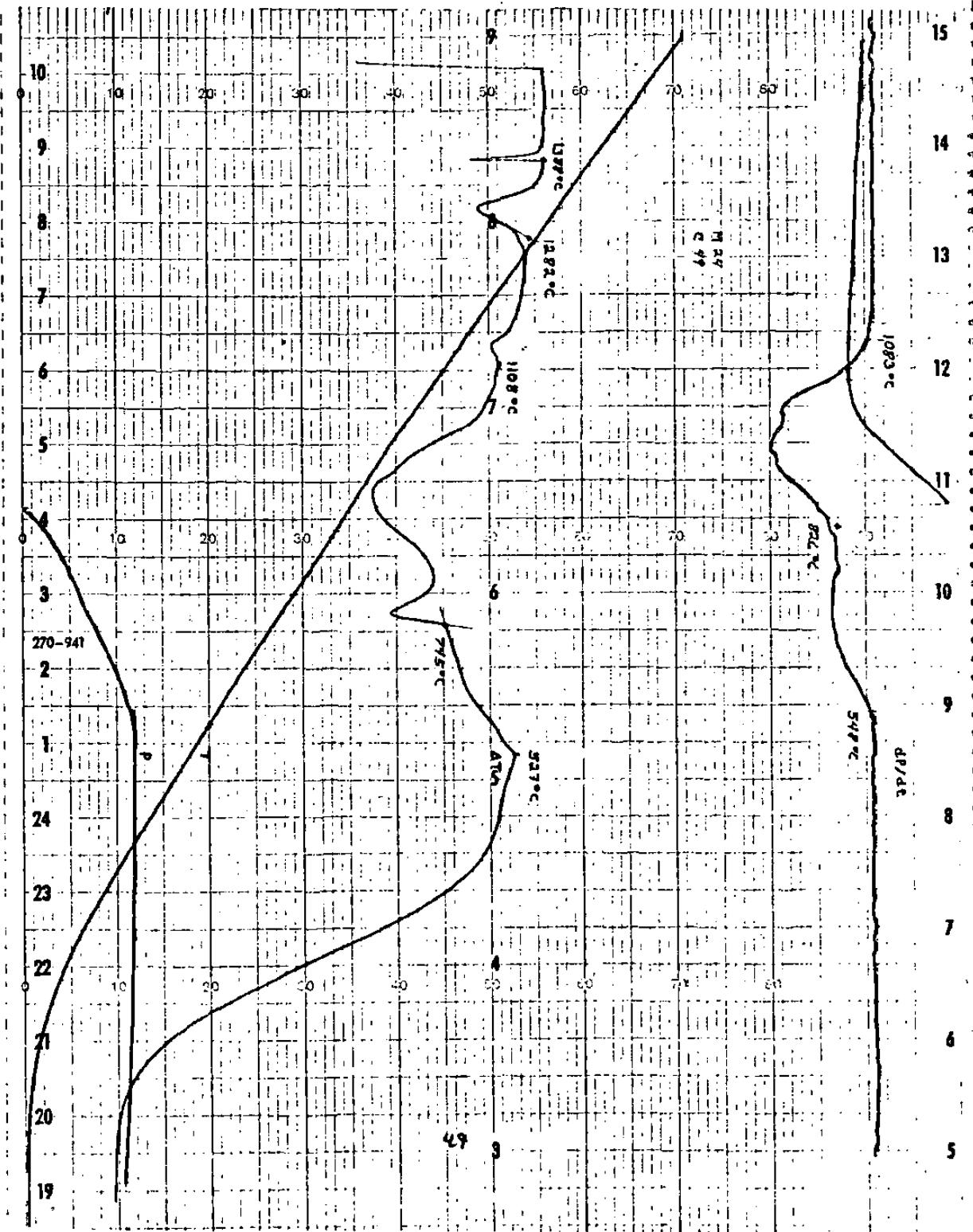


FIGURA 36.- GRAFICA DE DTA DE LA MUESTRA DE HRD No 24.

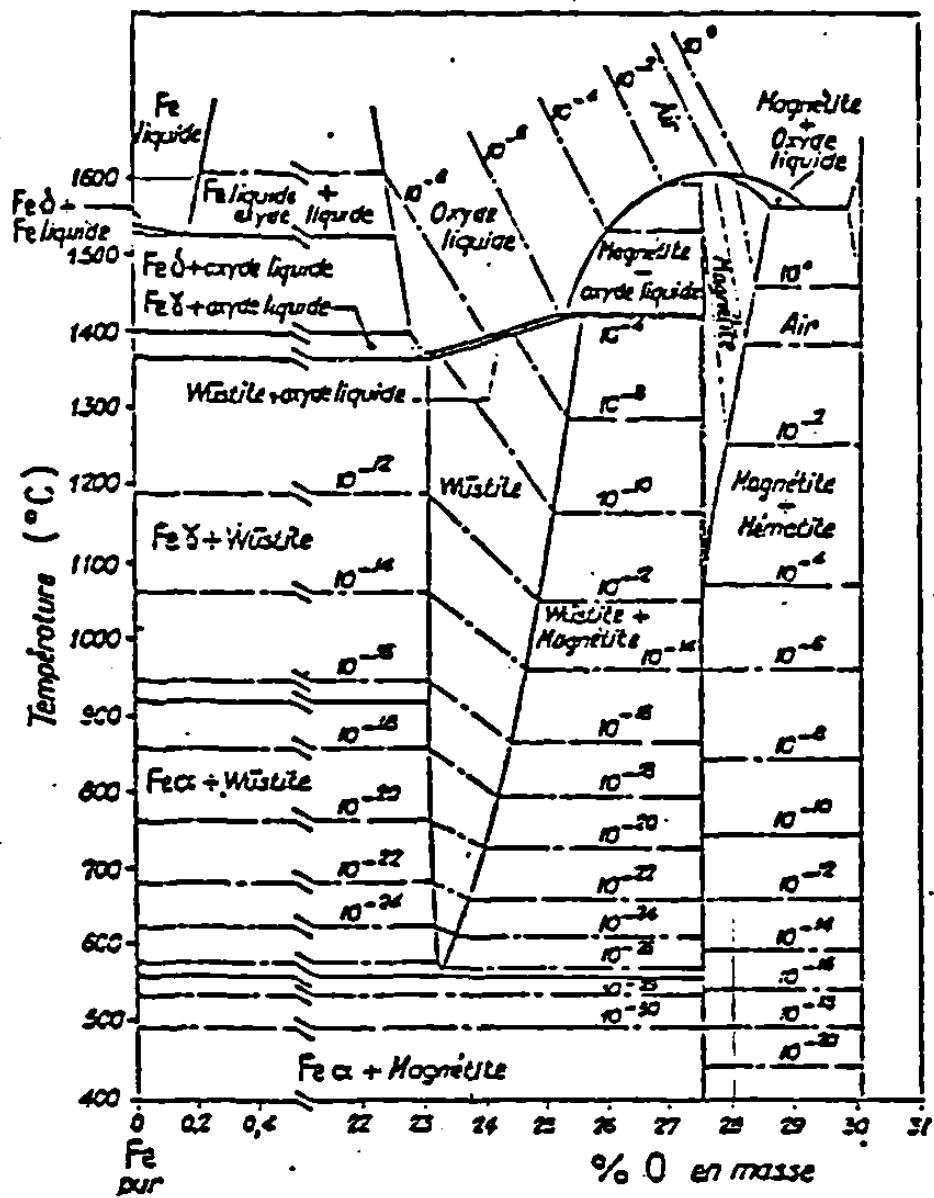


FIGURA 37.- DIAGRAMA DE FASE Fe - O (REF. 21).

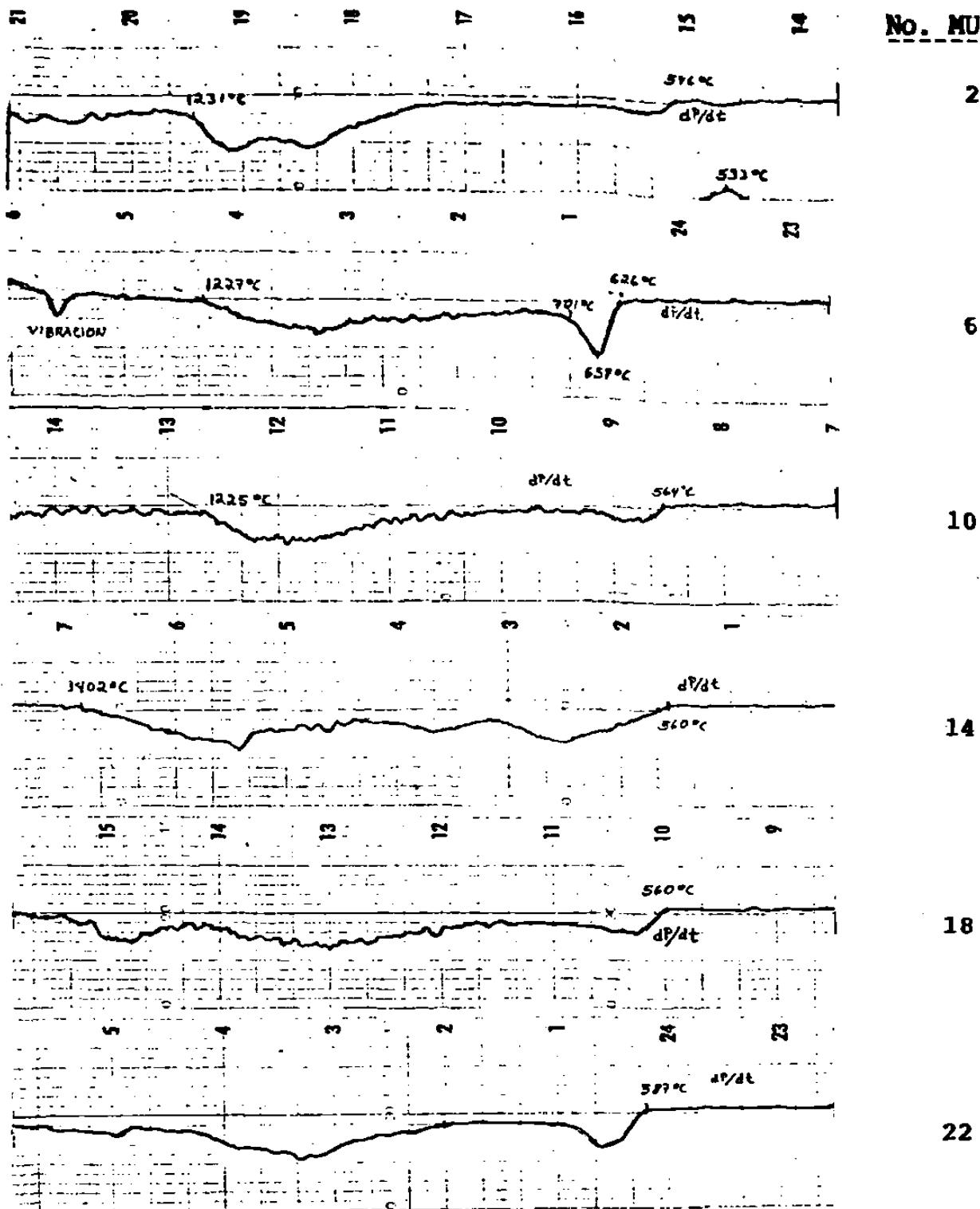


FIGURA 38.- Perfiles de Velocidad de Cambio de peso de Muestras con alta Metalización y alto Carbón

No. MUESTRA

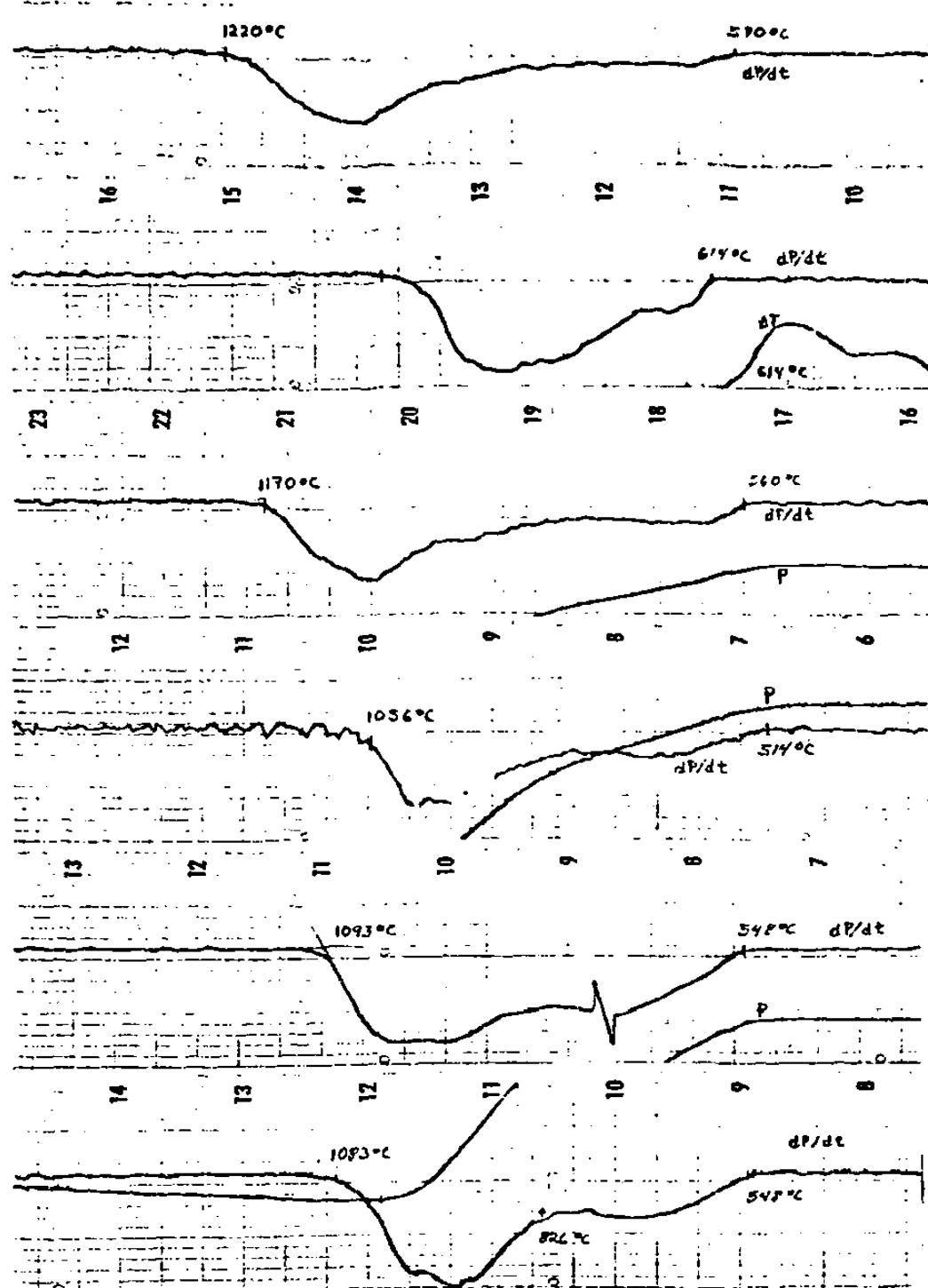
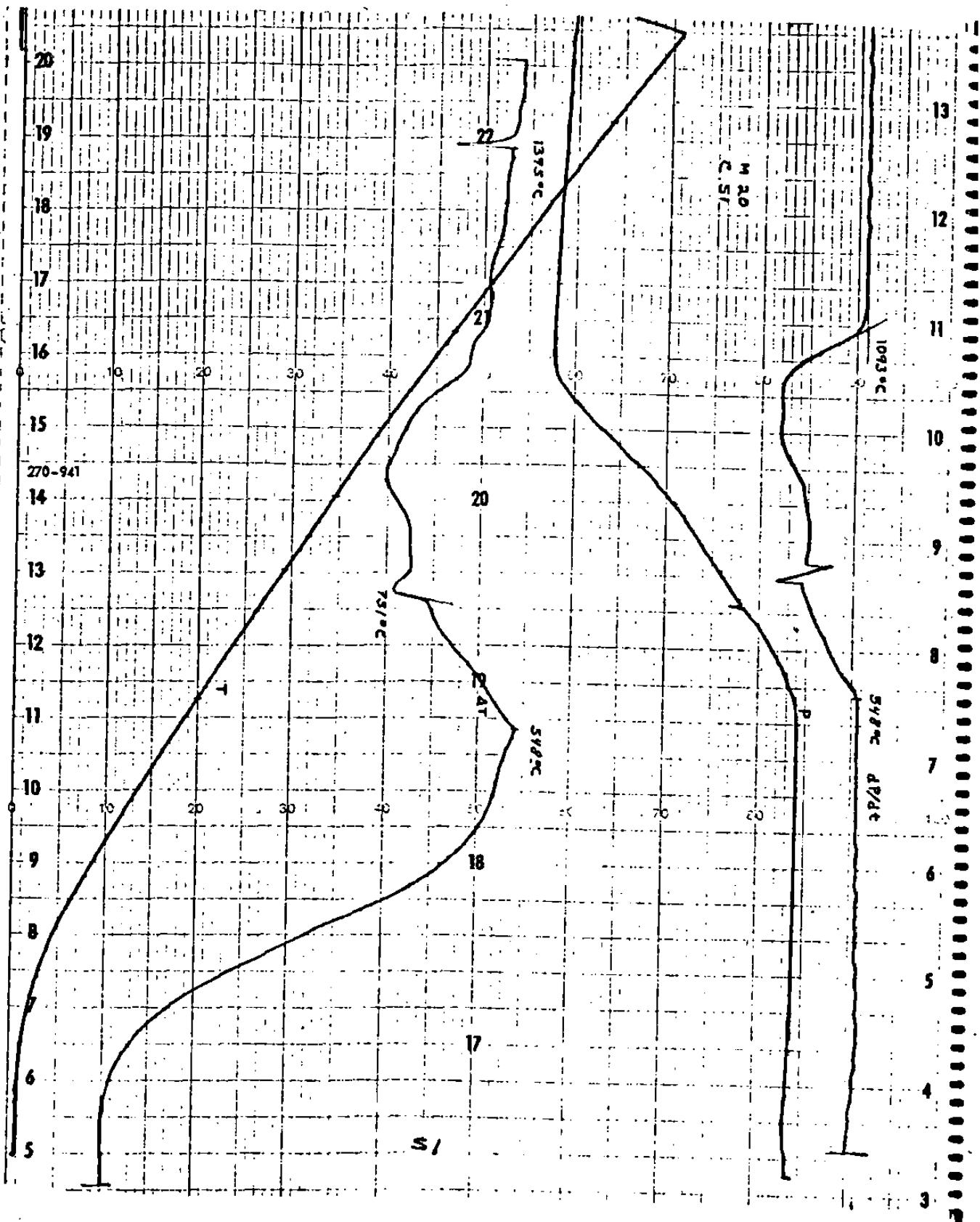


FIGURA 39.- Perfiles de Velocidad de Cambio de peso de Muestras con baja Metalización y alto Carbón.

FIGURA 40 .— Comparación de las líneas de DT y dP/dt de la Muestra 20.



C-Fe (Carbone-Fer).

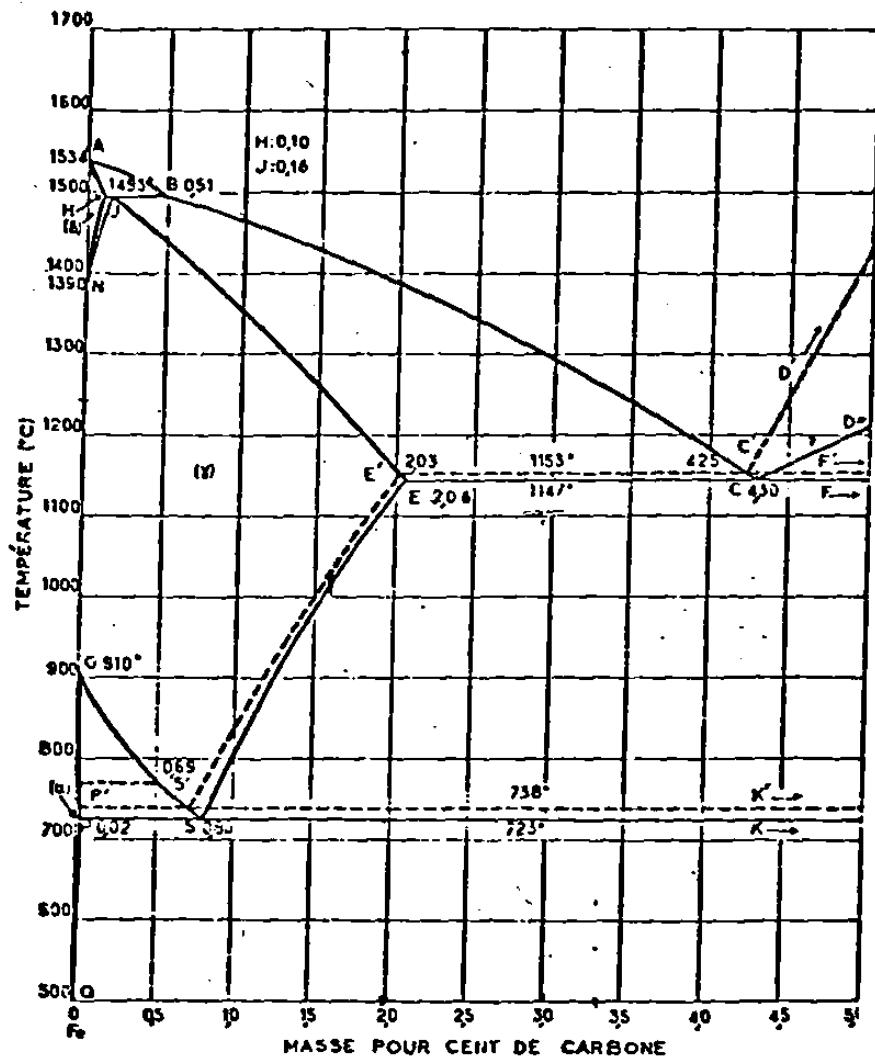


FIGURA 41.- DIARAMA DE FASES Fe - Fe₃C (REF. 21).

CaO-FeO-SiO₂

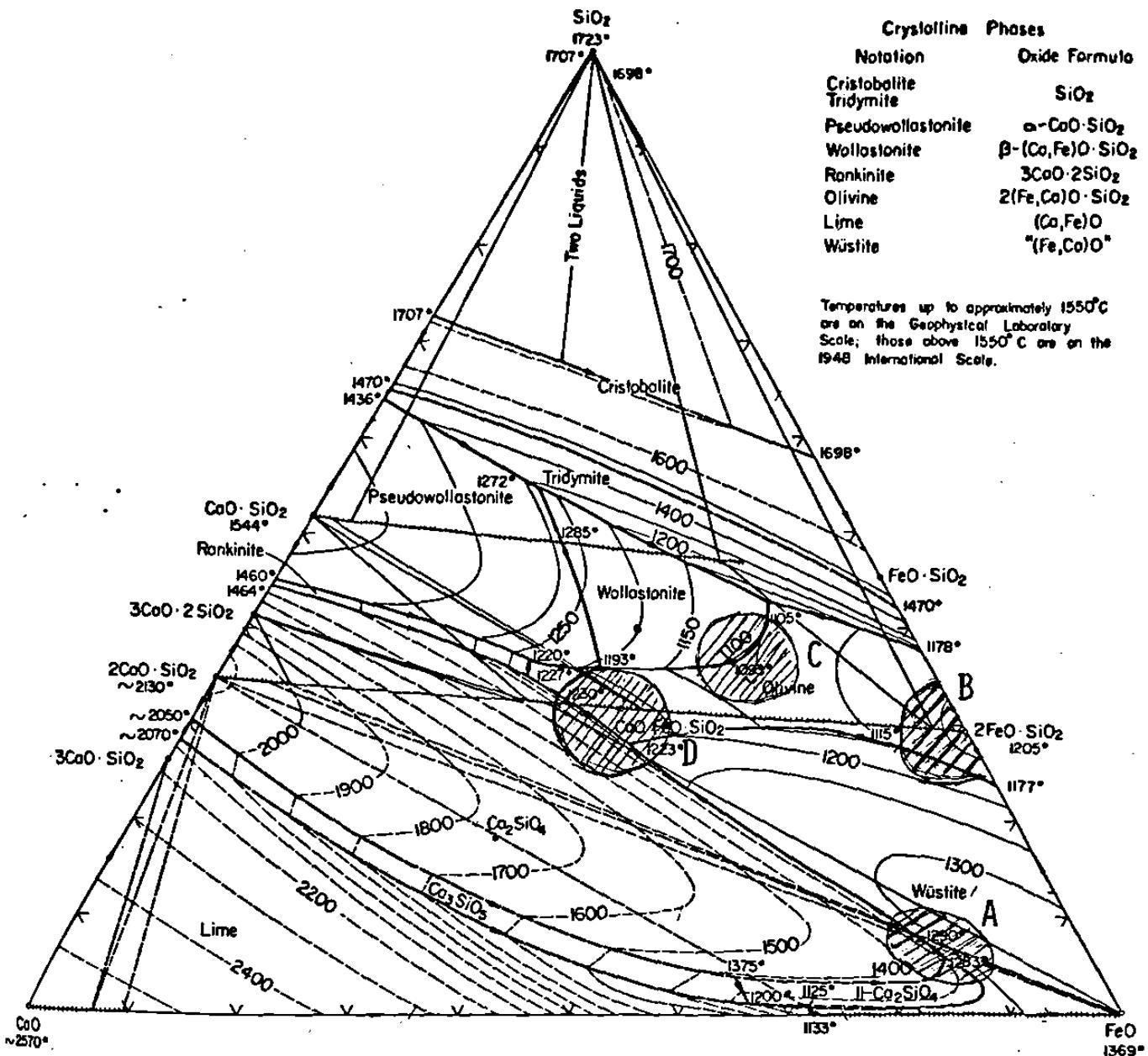


FIGURA 42.- DIAGRAMA DE FASES FeO - CaO - SiO₂. LAS ZONAS SOMBREADAS CORRESPONDEN A LAS SIGUIENTES FASES (REF. 20) :

- A) $\text{FeO} + 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
 - B) $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2 + (\text{Fe}, \text{Ca})\text{O}$
 - C) $2(\text{Fe}, \text{Ca})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$
 - D) $\text{CaO} \cdot \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$

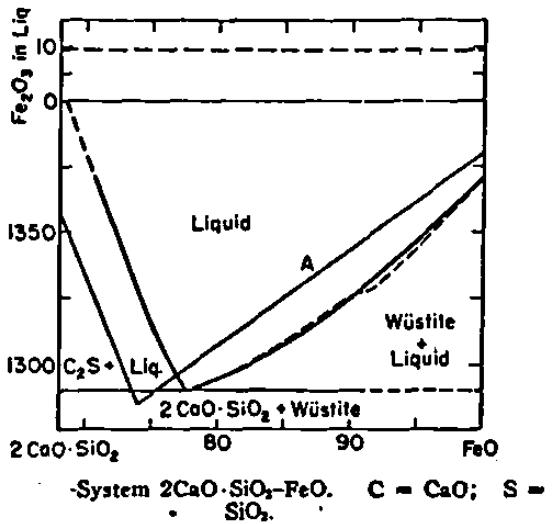


FIGURA 43.- DIAGRAMA BINARIO FeO - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (REF. 20).

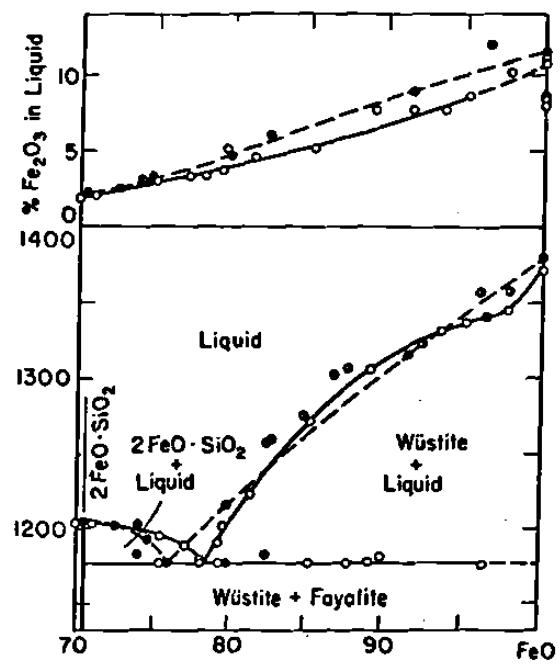
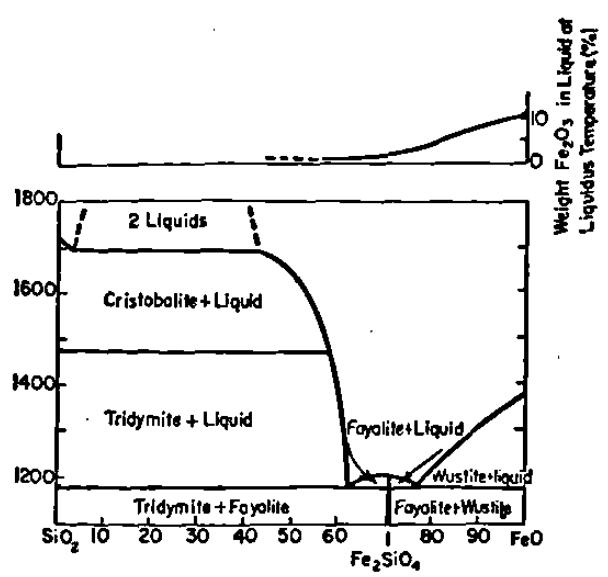


FIGURA 44.- DIAGRAMA BINARIO FeO - SiO₂ (REF. 20).

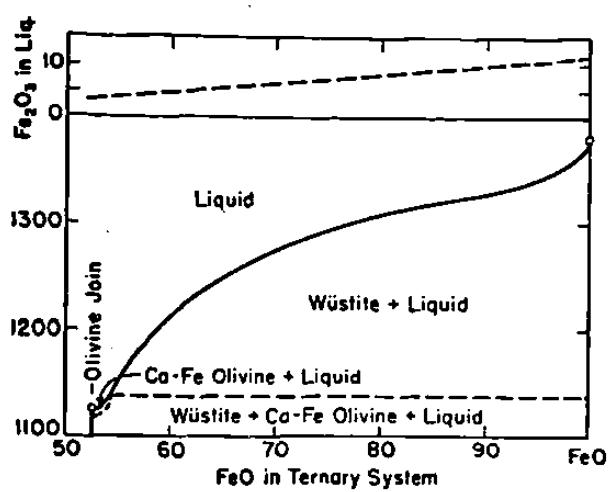
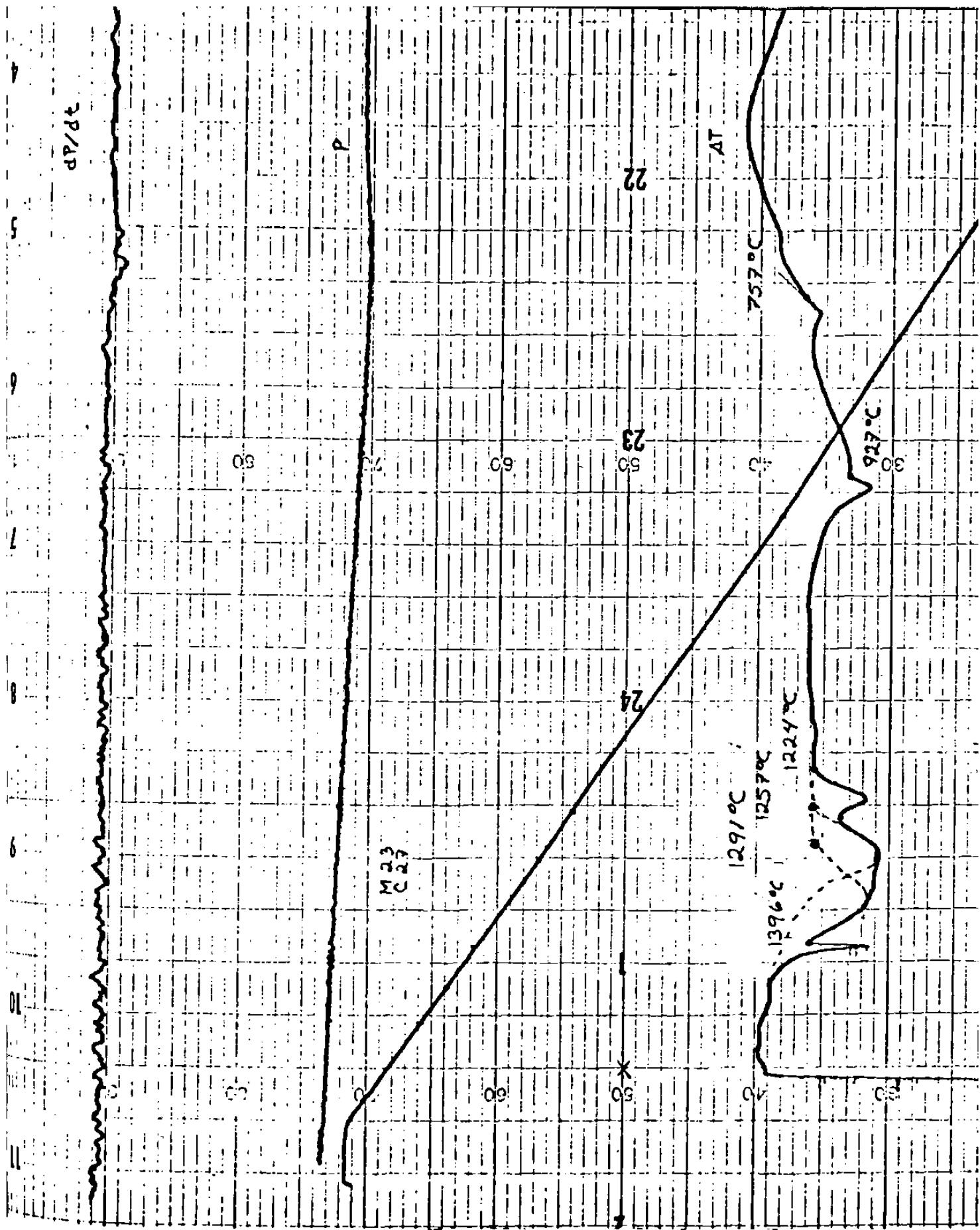


FIGURA 45.- SECCION DEL DIAGRAMA $\text{CaO} - \text{FeO} - \text{SiO}_2$ DE 16% CaO , 53% FeO , 31% SiO_2 A FeO (REF. 20).



FICURA 46.- Gráfica de DT de la muestra 23 marcándose las posibles Transformaciones Simultaneas.

FeO-MgO-SiO₂

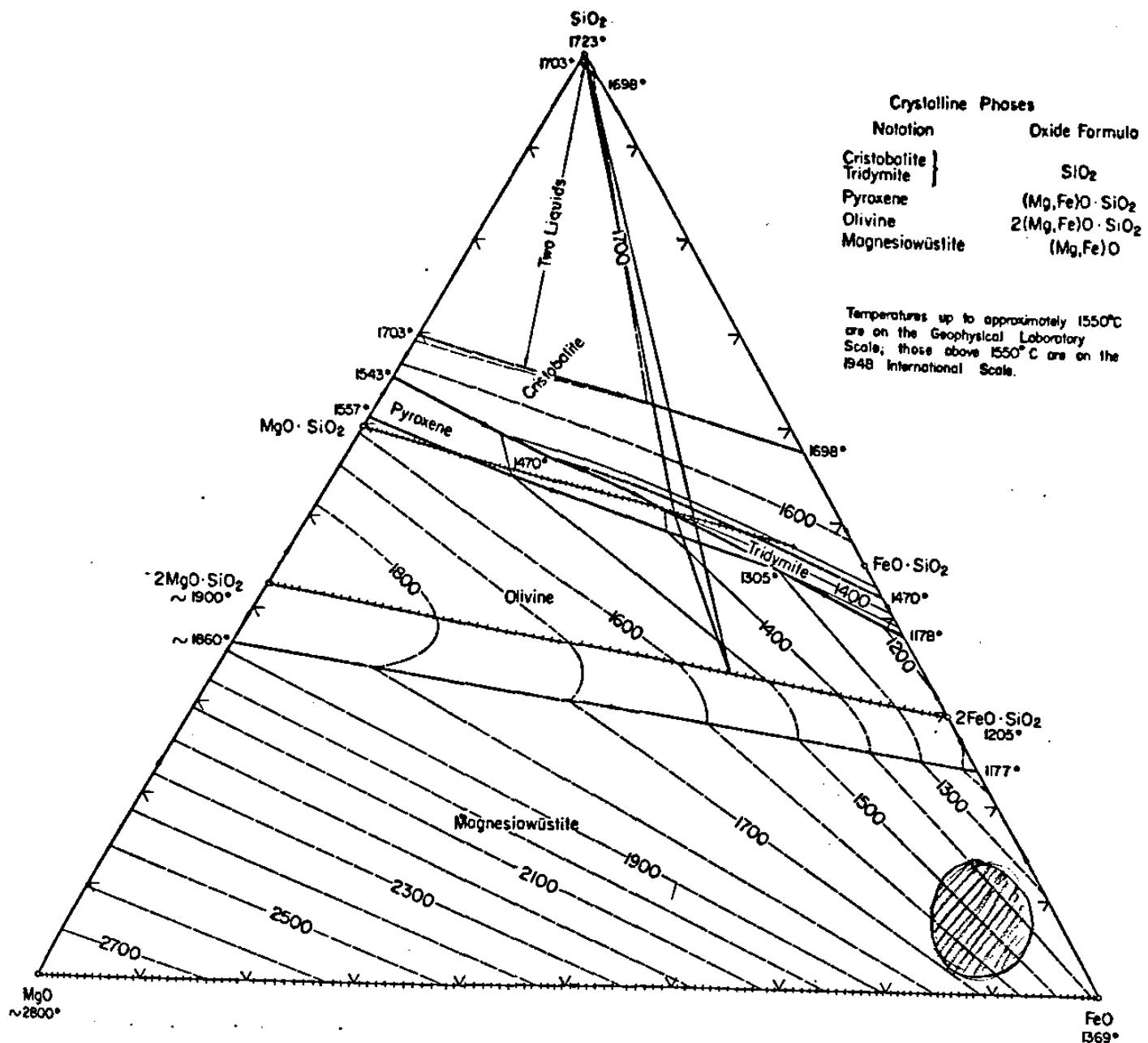


FIGURA 47.- DIAGRAMA DE FASES FeO - SiO₂ - MgO (REF. 20).

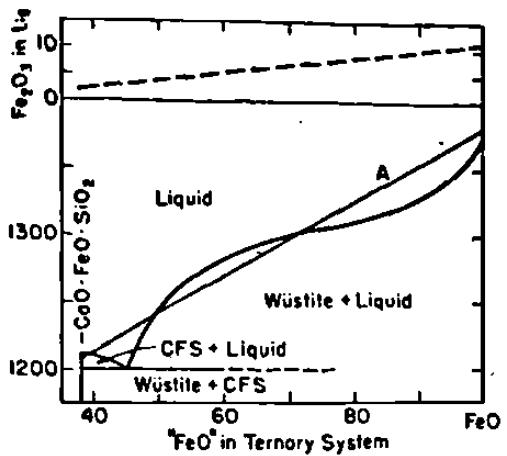


FIGURA 48.- DIAGRAMA BINARIO CaO-FeO-SiO₂ - FeO (REF. 20).

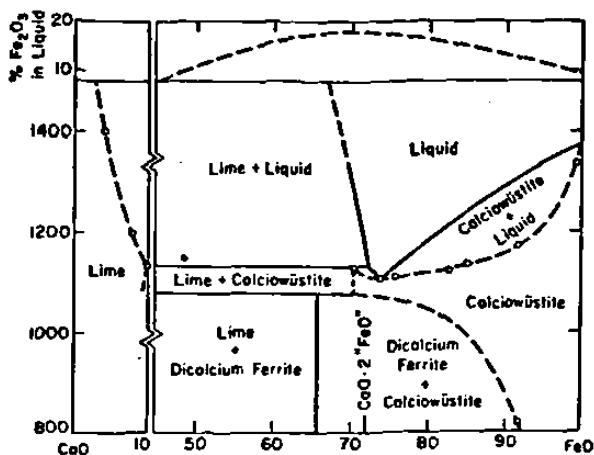


FIGURA 49.- DIAGRAMA BINARIO CaO - FeO (REF. 20).

