

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA



Obtención de Alúmina a Partir de
Caolines Mediante Tratamiento
con Acido Clorhídrico

T E S I S
Que Para Obtener el Título de:
Ingeniero Químico Metalúrgico
P r e s e n t a

Miguel Raúl Alvarado Azcárate

MEXICO, D. F.

1978



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS 1978.
LAB. ~~U.T. 25~~ 25
ADQ. _____
FECHA _____
PROG. _____
I. _____



JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE

SEGUN EL TEMA

PRESIDENTE : PROF. ALBERTO OBREGON PEREZ
VOCAL : PROF. FERNANDO MALDONADO MENDOZA
SECRETARIO : PROF. ALEJANDRO ESPRIU MANRIQUE
1ER. SUPLENTE: PROF. ENRIQUE CURIEL REINA
2DO. SUPLENTE: PROF. VICTOR AQUINO RODRIGUEZ

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

FACULTAD DE QUIMICA
LABORATORIO DE METALURGIA

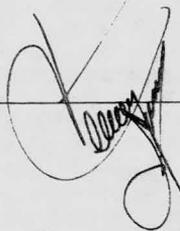
NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSTENTANTE:

MIGUEL RAUL ALVARADO AZCARATE



NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA:

M. EN C. FERNANDO MALDONADO MENDOZA



AL RECUERDO DE MI MADRE,
CON GRATITUD Y CARINO.

A MI PADRE:

CON TODO MI AMOR Y ADMIRACION PA
RA TI, POR HABERME INSPIRADO EL CON_
CEPTO DEL BIEN, POR TODO TU EMPENO, -
SACRIFICIOS Y DESVELOS, Y SOBRE TODO,
POR HABERME DADO LA MAS GRANDE HEREN_
CIA QUE ES EL SABER

SR. MANUEL ALVARADO S.

A LA MEMORIA DE MIS QUERIDOS ABUELOS

PATERNOS: CRISTINA

MATERNOS: RAUL Y AMALIA

A MIS HERMANOS:

A QUIENES ALIENTO EN
EL LOGRO DE SUS METAS.

MANUEL,

LORNA,

MARTHA.

A ADRIANA :

MOTIVO DE MI SUPERACION,
CON TODO MI AMOR Y RECO_
NOCIMIENTO A SU CONFIAN_
ZA EN MI.

CON ESTIMACION Y RECONOCIMIENTO
A MI ABUELO MIGUEL, A MI TIA CARMELI
TA Y A MIS QUERIDOS SUEGROS.

—
CON CARINO A MIS TIOS:
MIGUEL Y PINA,
SANTIAGO Y CONCHITA,
RUTILO Y MARIA EUGENIA.

A TODOS MIS TIOS,
A TODOS MIS PRIMOS,
A TODA MI FAMILIA.

MI AGRADECIMIENTO ESPECIAL A LA
MAESTRA ESPERANZA CRUZ M., Y A LOS -
SEÑORES LABORATORISTAS RODRIGO GOMEZ
R., Y MIGUEL SALGADO H., POR SU AYU_
DA PRESTADA PARA LA REALIZACION DE -
ESTE TRABAJO.

A MIS QUERIDOS AMIGOS:

MANUEL MARTINEZ M.

EDUARDO ALVAREZ V.

ARTURO TERREZ P.

JUAN M. GARCIA H.

ESTEBAN AGUILAR G.

ANGEL CORDOVA C.

JUAN HERNANDEZ L.

A TODOS MIS AMIGOS

A TODOS MIS MAESTROS

A TODOS MIS COMPANEROS DE LA

FACULTAD DE QUIMICA.

DE UNA MANERA MUY ESPECIAL, MI MAS SINCERO AGRADECIMIENTO AL M. EN C. FERNANDO MALDONADO MENDOZA Y AL ING. QUIM. ALBERTO OBREGON PEREZ, QUE CON SU VALIOSA Y DESINTERESADA AYUDA HICIERON POSIBLE LA CONCLUSION DE ESTE TRABAJO. ADEMAS, EXPRESO MI ADMIRACION POR SU GRAN CALIDAD HUMANA MANIFESTADA DURANTE EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO.

A:

M. EN C. ALEJANDRO ESPRIU MANRIQUE,
ING. ENRIQUE CURIEL REINA,
ING. VICTOR AQUINO RODRIGUEZ,

POR SU VALIOSA COLABORACION EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

INDICE

<u>CAPITULOS</u>	<u>PAGINAS</u>
1.- INTRODUCCION Y OBJETIVOS	1-3
2.- GENERALIDADES	4
2.1. DEFINICION	5
2.2. ORIGEN	5-7
2.3. ESTRUCTURA	7-13
2.4. CLASIFICACION	14-15
2.5. USOS, CONSUMO Y VALOR	15-17
2.6. YACIMIENTOS, PRODUCTORES Y CONSUMIDORES	17-20
3.- PARTE EXPERIMENTAL	21-25
4.- METODOS DE ANALISIS	26
4.1. MARCHA PARA LICORES	27
4.1.1. DETERMINACION DE FIERRO	27-30
4.1.2. DETERMINACION DE ALUMINIO	30-31
4.2. MARCHA PARA SOLIDOS	31
4.2.1. DETERMINACION DE SILICE	31-32
4.2.2. DETERMINACION DE FIERRO	32
4.2.3. DETERMINACION DE ALUMINIO	32
4.3. METODOS COLORIMETRICOS	33
4.3.1. DESCOMPOSICION DE LA MUESTRA	33-34
4.3.2. DETERMINACION DE SILICE	34-35
4.3.3. DETERMINACION DE ALUMINIO	35-37
4.3.4. DETERMINACION DE FIERRO	37-38

<u>CAPÍTULOS</u>	<u>PÁGINAS</u>
5.- RESULTADOS EXPERIMENTALES	39-44
5.1. INTERPRETACION DE RESULTADOS	45
5.1.2. EFECTO DE LA TEMPERATURA DE LIXIVIACION	45
5.1.3. EFECTO DEL TIEMPO DE LIXIVIACION	46-49
5.2. ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL	50-52
5.3. ANALISIS POR DIFRACCION DE RAYOS-X	53
5.3.1. RESULTADOS CON TRATAMIENTO TERMICO	53
5.3.2. DIFRACTOGRAMAS—R-X	54
6.- CONCLUSIONES	63-65
7.- BIBLIOGRAFIA	66-67

1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS

En virtud de que en nuestro País abundan las rocas de origen volcánico, se localizan en diversas partes de la República Mexicana gran cantidad de yacimientos arcillosos - con altos contenidos de caolín, siendo la mayoría de ellos explotados por la industria papelera, de refractarios, hulla, de pinturas, etc., pero no se ha llegado a la obtención de sus componentes para así tener un mayor aprovechamiento industrial de estas arcillas.

La finalidad de este trabajo, fué llevar a cabo un estudio experimental exploratorio para obtener alúmina a partir de caolines mediante tratamiento con ácido clorhídrico concentrado.

Esto es debido a que México es un País en desarrollo, y por esta razón necesita cada vez más de una mayor cantidad de productos que no los hay o que no se producen en el País, aunque se cuente con la materia prima requerida.

En éste último caso, una de las causas que impide la obtención de estos productos, es que es difícil y costosa su separación comercial o la carencia de tecnología propia y el alto costo de la tecnología extranjera.

Por lo tanto, hay que recalcar la importancia que re

presenta el someter a procesos metalúrgicos de preparación y beneficio los caolines nacionales, con objeto de llegar tanto a la obtención de sus componentes para así obtener un mayor aprovechamiento de éstas arcillas, así como a la obtención de productos que reúnan los requerimientos de - aprovechamiento industrial.

2. GENERALIDADES

2.1.- DEFINICION:

El caolín se define, como una roca, la cual esta -
compuesta esencialmente de un material arcilloso que
es bajo en hierro y generalmente tiene color blanco
o casi blanco, pulverulento, refractario y friable. -
Los caolines son silicatos de aluminio hidratados, -
cuya composición aproximada es $2H_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, sien
do la caolinita el mineral que caracteriza más a los
caolines.

El significado de la palabra "caolín" o "kaolín", pro
cede de una montaña llamada "Kaoling" situada cerca
de Jauchau-Fu, en China, donde el material fue obteni
do hace siglos.

2.2.- ORIGEN:

Los yacimientos de la República Mexicana se encuentran
asociados con rocas riolíticas, que al sufrir altera_
ciones, ya sean de origen hidrotermal ó meteórico, dan
lugar a los caolines.

Si las corrientes hidrotermales se hallan acompañadas
de CO_2 y SO_2 , dan lugar a la formación de alunitas.

Generalmente este tipo de alteraciones se llevan a cabo en forma simultánea, dando origen a productos de alteración de la riolita resultando como consecuencia de esto una mezcla de especies mineralógicas constituidas por: Caolín, alunita, cuarzo, feldespatos y además de otras impurezas que forman parte de los constituyentes originales de la roca.

Una vez efectuada la alteración de la roca y debido a fenómenos meteóricos, los productos de la alteración son erosionados para ser arrastrados y depositados, formando así compuestos de pureza variable.

Como consecuencia de lo anterior, en los yacimientos de estos minerales no metálicos, es poco frecuente la existencia de caolines que puedan tener aplicación industrial en forma directa.

La caolinita se origina comunmente por hidrólisis de feldespatos, probablemente a través de una fase intermedia de mica o de otros silicatos de aluminio, - ambos por la acción del surgimiento de aguas hidrotermales o por intemperismo en la superficie. A éste caolín se le llama residual o primario.

Como todas las arcillas, el caolín se encuentra en ro

cas de todas las edades, desde el Arqueozoico hasta las más recientes. Debe tomarse en cuenta, que el caolín pudo haber sufrido transporte por gravedad, vientos, corrientes o hielos, siendo depositado - junto, o en el interior de otras rocas sedimenta_ rias. A este tipo de caolín se le llama sedimenta_ rio o secundario.

2.3.- ESTRUCTURA:

La estructura de los minerales del caolín está basa_ da en una unidad fundamental llamada capa de caoli_ nita, la cuál está constituida esencialmente por dos unidades estructurales.

La primera unidad está formada por dos capas de áto_ mos de oxígeno ó hidróxilos en los cuales los átomos de aluminio, fierro ó magnesio están fijos en coordi_ nación octaedral, de tal manera que equidistan de los seis oxígenos ó hidróxilos, figura (1).

Cuando el aluminio está presente solamente 2/3 partes de las posiciones posibles se encuentran para balan_ cear la estructura, la cuál es una estructura de gib_ sita, y tiene la fórmula de: $Al_2(OH)_6$.

FIG. 1

DIAGRAMA QUE MUESTRA:

- A) UNIDAD OCTAEDRAL SIMPLE.
- B) ESTRUCTURA PLANAR DE LAS UNIDADES OCTAEDRALES.

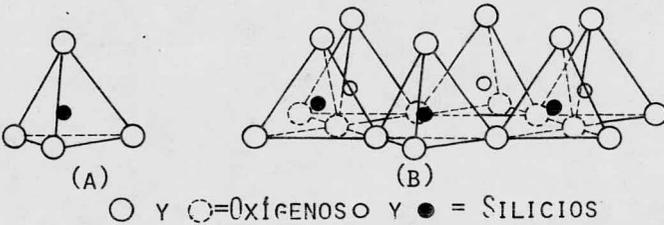
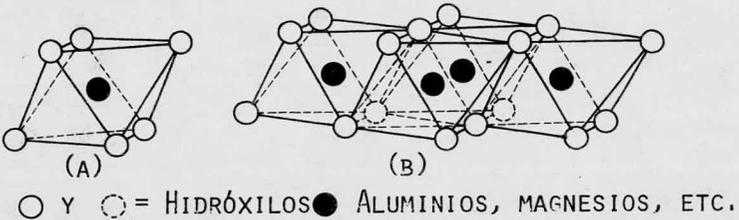
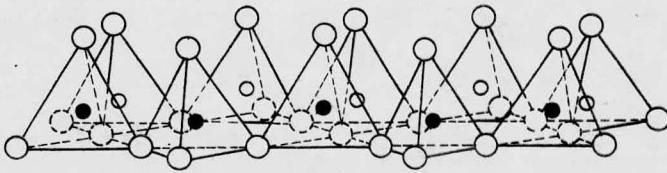


FIG. 2

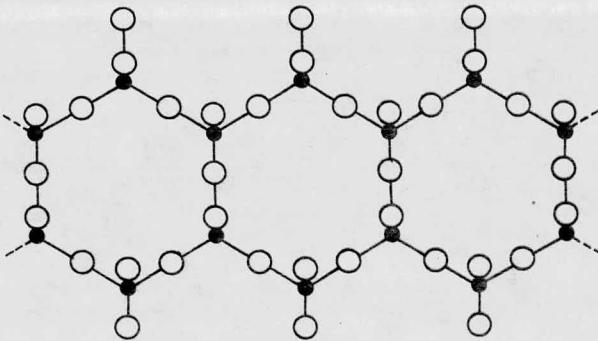
DIAGRAMA QUE MUESTRA:

- A) TETRAEDRO SIMPLE DE SÍLICA.
- B) ESTRUCTURA PLANAR DE LOS TETRAEDROS DE SÍLICA ARREGLADOS EN FORMA DE RED HEXAGONAL.

FIG. 3



(A)



(B)

DIAGRAMA QUE MUESTRA LA DOBLE CADENA DE TETRAEDROS DE SÍLICA COMO OCURRE EN EL TIPO DE MINERALES ARCILLOSOS.

A) EN PERSPECTIVA.

B) PROYECTADAS EN EL PLANO DE LA BASE DE LOS TETRAEDROS.

FIG. 4

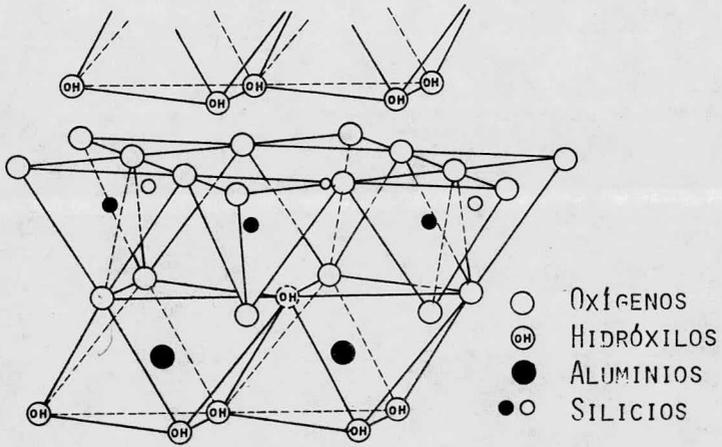


DIAGRAMA QUE MUESTRA LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE KAOLINITA, SEGÚN GRUNER (1932).

Cuando el magnesio está presente, todas las posiciones se encuentra balanceando la estructura, la cuál es de la brucita y tiene la fórmula $Mg_3(OH)_6$.

La distancia común entre oxígeno y oxígeno es de 2,60 Å, y la distancia común de hidróxilo a hidróxilo es de 2,94 Å, el espacio disponible para el átomo en la coordinación octaédrica es aproximadamente de 0,61 Å. La dimensión de la unidad es de 5,05 Å en las estructuras de estas arcillas.

La segunda unidad está constituida por tetraedros de silicio. En cada tetraedro un átomo de silicio equidista de cuatro oxígenos ó hidróxilos necesarios para balancear la estructura, y arreglados en forma de tetraedros con el átomo de silicio en el centro.

Los grupos de tetraedros de silicio están acomodados en forma de red hexagonal, la cuál es repetida indefinidamente hasta formar una lámina de composición. - $Si_4O_6(OH)_4$, figura (2). Los tetraedros están arreglados de tal forma que todos los puntos de ellos se encuentran en la misma dirección y las bases de todos - los tetraedros se encuentran en el mismo plano.

La estructura fundamental de la caolinita está compues

ta por una lámina tetraedral de silicio y una lámina octaedral de alúmina combinadas entre si en una unidad, de tal manera que las puntas de los tetraedros de sílica y una de las capas de la lámina octaedral forman una capa común, figura (4).

Todos los puntos de los tetraedros de sílica señalan en la misma dirección y hacia el centro de la unidad hecha por la sílica y las láminas octaedrales.

En la capa simple para los grupos octaedral y tetraedral, $2/3$ partes de los átomos son compartidos por el silicio y el aluminio, para convertirse en O en vez de OH . Solo $2/3$ partes de las posiciones posibles para el aluminio en la lámina octaedral son llenados, y hay tres planos posibles de ocupación regular de la capa octaedral con aluminios. Los dos aluminios están separados por un OH arriba y uno abajo, haciendo una distribución hexagonal en un solo plano en el centro de la lámina octaedral.

Los grupos OH están colocados de tal forma, que cada OH está directamente por debajo de la perforación de la red hexagonal de oxígenos en la lámina tetraedral.

LA DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN LAS CAPAS ES COMO SIGUE:

$6O^{--}$	12^-	
$4Si^{4+}$	16^+	
$4O^{--} + 2(OH)^-$	10^-	(Capa simple de las láminas octaedral y tetraedral).
$4Al^{3+}$	12^+	
$6(OH)^-$	6^-	

Las cargas dentro de la unidad estructural están balanceadas, en las caolinitas en especial, su eguidis tancia basal es de 7 \AA .

La fórmula estructural es: $(OH)_8 Si_4 Al_4 O_{10}$.

La composición teórica expresada en óxidos es:

SiO_2	46.54%
Al_2O_3	39.50%
H_2O	<u>13.96%</u>
	100.00%

2.4.- CLASIFICACION:

Existen tres tipos de minerales diferentes con la misma composición ($H_4AL_2SI_2O_9$), que son: Caolinita, dickita y nacrita, siendo la más común la primera.

Las arcillas se pueden clasificar en grupos basados principalmente en su composición química, estructura molecular, propiedades físicas, etc., aunque la más comunmente empleada, mineralógicamente hablando, es aquella que por composición química se encuentra dividida en tres grupos principales:

GRUPO CAOLIN

Caolinita, dickita, nacrita, nauxita, halloisita y alofana.

GRUPO MONTMORILLONITICO

Montmorillonita, beidelita, nontronita, saponita, saucanita y hectorita.

GRUPO HIDROMICA

Gravasita, bentonita, ordovisiana e illita.

Industrialmente a las arcillas se les subclasifica en grupos, de acuerdo con la aplicación a la que se les destine, siendo éstos principalmente seis:

Caolines o arcillas chinas (China clays), arcillas de bola (ball clays), arcillas refractarias (fire clays), tierras de fuller bentonitas y arcillas misceláneas.

2.5.- USOS, CONSUMO Y VALOR:

Su aplicación industrial depende de sus características físicas, que a su vez son consecuencia de su grado de pureza.

Su calidad hace tener variaciones en el precio, fluctuando desde \$60.00 hasta \$934.00 por tonelada, habiendo caolines de alta calidad que llegan a alcanzar cotizaciones de \$2,000.00 por tonelada.

La aplicabilidad de los caolines industrialmente, se clasifica en la siguiente forma:

1.- LLENADORES:

Generalmente se emplea en la industria papelera,

hulera, de pinturas y de manufactura de linóleos, siendo la de mayor importancia la industria papera; alcanzan el máximo valor unitario cuando la caolinita es de tipo laminar (no molida), teniendo más especificaciones rígidas cuando se emplea en papel satinado, que el usado como llenador, siendo aproximadamente el 70% del consumo nacional.

2.- REFRACTARIOS:

La industria de refractarios consume aproximadamente un 10% del caolín, empleándose de calidad variable de acuerdo con su aplicación; generalmente el color obtenido del caolín, al ser calcinado, no es un factor que revista demasiada importancia.

3.- LINEA BLANCA (NO REFRACTARIO):

Empleado generalmente en la manufactura de muebles sanitarios, aislantes eléctricos, losa de uso doméstico común, etc., emplea aproximadamente el 8% del consumo total.

4.- CEMENTO BLANCO:

La industria cementera emplea caolines con especificaciones muy estrictas en lo referente a impurezas, que puedan impartir determinada coloración al cemento; su consumo se estima aproximadamente en el 12% del consumo nacional.

Estos datos del consumo del caolín, en el País, se ven incrementados en un 10% de acuerdo con el creciente consumo industrial que en la última década ha tenido México.

El caolín también es empleado en la industria huletera, se emplea el "negro carbón" en las manufacturas oscuras, generalmente en llantas y bandas. Así se usan el talco, el yeso y la creta en la industria papelera, aunque se prefiere el caolín por su bajo costo respecto a los otros.

2.6.- YACIMIENTOS, PRODUCTORES Y CONSUMIDORES:

Generalmente en nuestro País se presentan en mantos, si es que los fenómenos de alteración se efectuaron totalmente; o también se presentan en formas irregulares, dependiendo del grado de descomposición de las riolitas y consecuentemente del material explotado.

En México se cuenta con yacimientos de caolín distri
buidos en varios estados de la República, que de -
acuerdo a su capacidad, los más importantes son los
estados de: Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, Puebla
y Morelos.

Los principales productores de caolín (zonas caoliníf
feras) se detallan a continuación:

S. Marcial	Sonora
Gpe. de los Reyes	Durango
Lagos	Jalisco
Salamanca	Guanajuato
Celaya	Guanajuato
Salvatierra	Guanajuato
Gentho	Hidalgo
Tepenacaneo	Hidalgo
Zacualtipan	Hidalgo
Coayucan	Puebla
Chignahuapan	Puebla
Tajaluca	Puebla
Jonocatepec	Morelos
Cuautla	Morelos
Ayala	Morelos
Sta. María Chimaloya	Oaxaca
Cadereyta	Querétaro

Se describe a continuación, enumerando los municipios de los estados más importantes, y haciendo una relación entre la superficie minera total del municipio y el porcentaje de superficie minera que contiene caolín.

ESTADO DE GUANAJUATO

<u>MUNICIPIO</u>	<u>SUP. MINERA DE CAOLÍN (HA)</u>	<u>SUP. MINERA TOTAL (HA)</u>	<u>%</u>
Comonfort	1,368.00	1,669.00	82.00
Guanajuato	66.00	7,989.69	0.83
Ocampo	9.00	18.00	50.00
San Felipe	16.00	2,677.56	0.60
San José Iturbide	353.00	4,121.50	8.56
Sta. Cruz de J. Rosas	261.00	440.86	59.82
Silao	417.44	497.44	83.91
Tarandacuao	64.00	64.00	100.00

ESTADO DE HIDALGO

<u>MUNICIPIO</u>	<u>SUP. MINERA DE CAOLÍN (HA)</u>	<u>SUP. MINERA TOTAL (HA)</u>	<u>%</u>
Agua Blanca Iturbide	538.15	538.15	100.00

Cuautepec	202.64	544.58	32.21
Fco. I. Madero	14.00	42.00	33.33
Meztlilán	60.00	60.00	100.00
Pachuca	54.00	4,107.98	1.31
Tasquillo	96.00	596.00	16.10
Tecozantla	163.80	163.80	100.00
Tula de Allende	142.00	625.49	22.00
Zacualtipan	53.00	53.00	100.00
Zimapán	9.00	8,726.49	0.10

ESTADO DE QUERETARO

<u>MUNICIPIO</u>	<u>SUP. MINERA DE CAOLÍN (HA)</u>	<u>SUP. MINERA TOTAL (HA)</u>	<u>%</u>
Amealco	12.00	12.00	100.00
Cadereyta	346.00	8,336.68	4.15
Ezequiel Montes	200.00	416.67	48.00
Tequesquiapan	236.71	685.71	34.52

Los consumidores de mayor importancia son:

Fábricas de papel de San Rafael y Anexas, S. A.;
Loreto y Peña Pobre; Cía. Hulera Good Year Oxo,
S. A.; Productos Cerámicos el Aguila, S. A.

3. PARTE EXPERIMENTAL

La parte experimental de este trabajo, consiste en la extracción de alúmina (Al_2O_3) a partir de caolines mediante tratamiento con ácido clorhídrico concentrado, es decir, la extracción de alúmina a partir de caolín lixiviado a una temperatura constante con ácido clorhídrico concentrado teniendo como única variable el tiempo de lixiviación.

El proceso consta de dos corridas, corrida A y corrida B. La corrida A consiste en la lixiviación del caolín sin previa calcinación.

La corrida B consiste en la lixiviación del caolín con previa calcinación a $850^{\circ}C$ durante 16 horas.

En la corrida A, se pesan 5 muestras del caolín sin previa calcinación de 10g cada una, se lixivian a una temperatura constante de $70^{\circ}C$ con 50 ml de ácido clorhídrico concentrado variando únicamente el tiempo de lixiviación (CUADRO No. 1).

En la corrida B, se pesan 5 muestras del caolín con previa calcinación de 10g cada una, se lixivian a una temperatura constante de $70^{\circ}C$ con 50 ml de ácido clorhídrico concentrado, teniendo también como única variable el tiempo de lixiviación. (CUADRO No. 2).

Habiendo realizado las lixiviaciones correspondientes tanto en la corrida A como en la corrida B, se proceda a analizar en los licores y en los sólidos Fe_2O_3 , Al_2O_3 y SiO_2 .

CORRIDA A

CAOLÍN SIN PREVIA CALCINACIÓN

VARIABLE EL TIEMPO DE

LIXIVIACIÓN

<u>MUESTRA</u>	<u>PESADA</u> (G)	<u>MEDIO</u>		<u>TEMPERATURA</u> (°C)	<u>TIEMPO DE</u> <u>LIXIVIACION</u> (MIN)	<u>ANALIZAR</u>	
		<u>LIXIVIANTE</u> HCL CONC. (ML)				<u>LICORES</u>	<u>SOLIDOS</u>
1	10	50		70	15	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃ SiO ₂
2	10	50		70	30	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃ SiO ₂
3	10	50		70	60	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃ SiO ₂
4	10	50		70	90	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃ SiO ₂
5	10	50		70	120	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃ SiO ₂

CUADRO No. 1

CORRIDA B

CAOLÍN CON PREVIA CALCINACIÓN

A 850°C, 16 HORAS

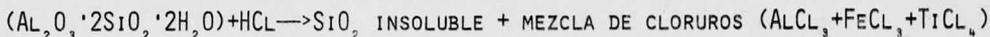
VARIABLE EL TIEMPO DE LIXIVIACIÓN

<u>MUESTRA</u>	<u>PESADA</u> (G)	<u>MEDIO</u>		<u>TEMPERATURA</u> (°C)	<u>TIEMPO DE</u> <u>LIXIVIACION</u> (MIN)	<u>ANALIZAR</u>	
		<u>LIXIVIANTE</u> HCL CONC. (ML)				<u>LICORES</u>	<u>SOLIDOS</u>
6	10	50		70	15	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃ SiO ₂
7	10	50		70	30	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃ SiO ₂
8	10	50		70	60	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃ SiO ₂
9	10	50		70	90	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃ SiO ₂
10	10	50		70	120	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃	AL ₂ O ₃ FE ₂ O ₃ SiO ₂

CUADRO No. 2

4. METODOS DE ANALISIS

En la corrida A y en la corrida B, se tiene la siguiente reacción:



Según esta reacción, después de lixiviar con ácido clorhídrico concentrado tendremos SiO_2 insoluble y cloruros solubles a partir de los óxidos correspondientes.

Al terminar de lixiviar, se filtran los sólidos sobre papel filtro, teniendo cuidado en bajar todos los grumos - que estén adheridos a las paredes del matrás con un gendarme, y usando como solución de lavado HCL al 2% caliente. El precipitado sobre el papel filtro se lava con agua caliente las veces que sea necesario.

Los sólidos serán, el precipitado que consiste en la SiO_2 insoluble, Al_2O_3 , Fe_2O_3 y TiO_2 que no reaccionaron durante la lixiviación.

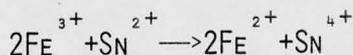
Los licores serán el filtrado que consiste en la mezcla de cloruros ($AlCl_3 + FeCl_3 + TiCl_4$).

4.1.- MARCHA PARA LICORES:

4.1.1.- DETERMINACION DE FIERRO CON CLORURO DE ESTANO (II):

El cloruro estanoso constituye un método cómodo y rápido en la reducción de sales férricas o ferrosas, se emplea principalmente cuando se tiene que hacer la titulación de hierro en presencia de ácido clorhídrico, lo que ocurre siempre que se trata de cuanteos en minerales que fueron solubilizados con ácido clorhídrico concentrado.

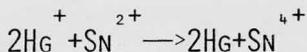
La reacción que tiene lugar es la siguiente:



PROCEDIMIENTO:

El filtrado (licores) se afora a 500 ml, se toma una alícuota de 25-50 ml, a la cuál se le adiciona ácido clorhídrico concentrado, se calienta cerca de la ebullición y se agrega gota a gota y agitando continuamente, una solución concentrada de cloruro estanoso. Antes de la reducción, la solución es amarilla, y se vuelve incolora a medida que se agrega el reductor; para evitar un fuerte exceso de él, que resultaría perjudicial, como se verá después, se deja actuar cada vez más tiempo cada gota de reactivo. Una vez decolorada la solución, el exceso de cloruro estanoso (que sería reductor del permanganato) se oxida adicionando, ya en frío solución saturada de cloruro mercurico. Debe obtenerse un ligero precipitado de cloru

ro mercurioso, pues si éste es abundante, quiere decir que el exceso de cloruro estanoso fue alto y se tiene el peligro de que una parte del cloruro mercúrico se reduzca a mercurio metálico, según la reacción:



Por su acción reductora, el mercurio metálico resulta perjudicial frente al permanganato.

Después de adicionar el cloruro mercúrico se diluye la solución con agua. Como la titulación se efectúa en presencia de gran cantidad de ácido clorhídrico, es necesario adicionar solución de Zimmermann-Reinhardt y se deja reposar unos minutos.

Se titula con una solución valorada de permanganato de potasio siendo el punto final de la reacción la permanencia de la coloración rosa durante 15 segundos, - después de éste tiempo se decolora nuevamente la solución, debido a la acción del cloruro mercurioso sobre el permanganato, acción que sólo tiene lugar cuando éste está en exceso, y que por lo tanto no resta exactitud al método.

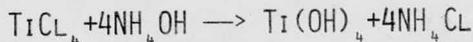
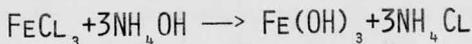
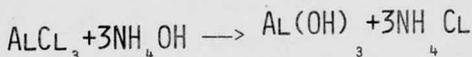
$$\% \text{ FE} = \frac{V_{\text{KMNO}_4} \times N_{\text{KMNO}_4} \times \text{MEQ}_{\text{FE}} \times \text{AFORO}}{P.M \times P.A} \times 100$$

$$\% \text{FE}_2\text{O}_3 = \% \text{FE} \times \text{FACTOR}$$

4.1.2.- DETERMINACION DE ALUMINIO COMO OXIDO, AL_2O_3 :

Del filtrado (licores) se toma una alfcuota de 100ml, a la cual, se le agrega cloruro de amonio, se lleva a la ebullición y se precipitan los hidróxidos de alu_ minio, fierro y titanio agregando gota a gota amonia_ co diluido (1:1) hasta el vire del indicador (rojo de metilo) a amarillo. Se hierve por dos minutos - más, y el precipitado obtenido se filtra y se lava - con agua caliente que tenga disuelto nitrato de amo_ nio (2%) con el fin de evitar que el precipitado pa_ se en forma coloide por el filtro.

En el precipitado se tienen los hidróxidos de alumi_ nio, hierro y titanio de acuerdo a las siguientes - reacciones:



Eliminada la humedad, se pasa el filtro con el preci_

pitado a un crisol de porcelana tarado y se calcina a 1000°C , teniéndose los óxidos: AL_2O_3 , FE_2O_3 , TiO_2 y P_2O_5 , que en éste caso es despreciable, estos óxidos se pesan como R_2O_3 .

El % de AL_2O_3 se obtiene por diferencia.

4.2.- MARCHA PARA SOLIDOS:

4.2.1.- DETERMINACION DE SiO_2 (GRAVIMÉTRICO):

Eliminada la humedad en los sólidos, (precipitado que comprende a la SiO_2 insoluble, AL_2O_3 , FE_2O_3 y TiO_2 que no reaccionaron durante la lixiviación), se pesa una muestra de éstos de 0.5g, se llevan a un crisol de níquel, y se agregan lentejas de NaOH en cantidad suficiente para fundir la muestra. Al comenzar a fundir la muestra debe hacerse a fuego lento para evitar la proyección de la sosa que arrastraría consigo algo de muestra.

La fusión de la muestra se obtiene cuando se alcanza un color rojo cereza en el crisol, se deja así durante 5 minutos. Se deja enfriar y se disuelve la pasta formada con ácido clorhídrico concentrado, se pasa a un matrás agregando más ácido clorhídrico, se calienta hasta evaporación completa con objeto de insolubi-

lizar la sílice. Se repite ésta evaporación dos veces más agregando en cada una de ellas ácido clorhídrico suficiente para cubrir toda la masa: Diluir por último con agua destilada y calentar, agregando también en esta ocasión un poco de ácido clorhídrico; filtrar y lavar las veces que sea necesario.

El filtrado se guarda para analizar Al_2O_3 , Fe_2O_3 y TiO_2 . Se calcina el precipitado y se pesa en forma de SiO_2 ; se transforma el resultado de la pesada a unidades de por ciento.

4.2.2.- DETERMINACION DE FIERRO CON CLORURO DE ESTANO (II):

El filtrado de la sílice se afora a 500 ml, se toma una alícuota de 25-50 ml, y se trata en la misma forma que en los licores.

4.2.3.- DETERMINACION DE ALUMINIO COMO OXIDO, Al_2O_3 :

Del filtrado de la sílice se toma una alícuota de 100 ml, y se trata de igual manera que en los licores.

4.3.- METODOS COLORIMETRICOS:

4.3.1.- DESCOMPOSICION DE LA MUESTRA:

La preparación de la muestra se lleva a cabo tanto en la corrida A como en la corrida B de la siguiente manera:

Muestra tomada	200mg
Solución a	1lt.
Fundente	Hidróxido de sodio
Crisol	Níquel
Acido añadido	ninguno

En ésta solución se determinan sílice y alúmina y en el precipitado fierro. Se obtiene ésta solución por tratamiento de la muestra con una solución saturada de hidróxido de sodio.

PROCEDIMIENTO: Se pesan exactamente 200mg de muestra, se llevan a un crisol de níquel, se agregan 5ml de la solución saturada de hidróxido de sodio, con probeta graduada de plástico. Se lleva el crisol a previa sequedad en una parrilla con suave calor, una vez obtenida, este residuo se lleva el crisol a la flama del mechero para obtener así una fu_

si3n total de la muestra, se deja en el mechero - durante 5 minutos. Se deja enfriar, y se le agrega agua destilada caliente, se deja reposar para permitir que la muestra fundida se disuelva, se pasa a una botella de polietileno de un litro, - se afora y se deja reposar hasta tener un asentamiento total del precipitado, en el cu3l est3n el fierro y el titanio.

NOTA: Al comenzar a fundir la muestra debe hacerse a fuego lento para evitar la proyecci3n del hidr3xido de sodio que arrastrar3a consigo algo de muestra.

4.3.2.- DETERMINACION DE SILICE, POR MEDICION DEL COLOR -

AMARILLO DEL ACIDO SILICOMOLIBDICO:

REACTIVOS:

Soluci3n de molibdato de sodio. Con una concentraci3n de 5mg de MoO_3 por cada mililitro de soluci3n.

Soluci3n de 3cido n3trico al 25%.

Soluci3n de 3cido tart3rico al 10%.

PROCEDIMIENTO:

Se toma una alícuota de 50ml de la solución contenida en la botella de polietileno, se lleva a un matraz aforado de 100ml, se le agregan 20ml de la solución de molibdato, en seguida 5ml de agua, 5ml de ácido nítrico al 25% y se deja reposar por espacio de 30min, para permitir el mejor desarrollo del color amarillo del ácido silicomolíbido, que no se forma si se añaden al mismo tiempo el ácido nítrico y el ácido tartárico.

Se forma así una solución amarilla con cierto tono verdoso, que al día siguiente es más intensa, se añade después el ácido tartárico y se afora al volumen dejando en reposo durante 15 min, para luego hacerse la lectura con el filtro de 420mm.

4.3.3.- DETERMINACION DE ALUMINIO:

Método de retitulación con iones zinc y naranja de Xilenol.

El principal objeto de éste método, es determinar cuantitativamente en forma rápida y a bajo costo el contenido de alúmina, sin necesidad de efectuar separaciones químicas de éste que resulta más tardado y costoso.

El presente método está basado en la formación de un complejo de alúmina con un reactivo llamado - Komplexon (ácido etilen diamino tetracético, en su sal disódica , cuya fórmula es: $C_{10}H_{14}O_8N_2Na_2 + 2H_2O$) la cuál se pone en exceso. Este exceso - se titula con solución 0,025 molar de zinc.

REACTIVOS:

Acido nítrico al 25%

Solución EDTA 0.025M

Solución reguladora de acetato de amonio

Solución de zinc 0.025M

Solución de Naranja de Xilenol.

PROCEDIMIENTO:

Se toma una alícuota de 200ml de la solución original, se lleva a un matríz Erlenmeyer de 500ml. Ya que la solución es completamente alcalina se ponen unas gotas de fenolftaleina y se va agregando ácido nítrico al 25% gota a gota hasta el vire del indicador. Se tiene así una solución ligeramente ácida - necesaria para efectuar la determinación, 15ml del ácido son suficientes para lograrlo. Se agrega en_

tonces con una bureta, un exceso de 20ml de la solución de EDTA. Se lleva a una parrilla a fuego lento durante 5 min., y después a ebullición durante 15 min. exactamente. Se retira inmediatamente de la parrilla y así caliente se ajusta el PH de 5 a 6 con 15ml aproximadamente de acetato de amonio. Se deja enfriar perfectamente, se agrega 1ml de naranja de Xilenol y se titula con la solución valorada de zinc.

El punto final de la reacción está dado por el vire que va de amarillo a un color canela.

4.3.4.- DETERMINACION DE FIERRO:

Método colorimétrico con tiocianato de sodio ó de potasio.

REACTIVOS:

Solución de ácido nítrico al 25%

Solución de tiocianato de potasio 3M.

PROCEDIMIENTO:

Se agita bien la botella de polietileno que contiene a la solución original, con el fin de remover el

precipitado de fierro que está asentado en el fondo, en el cual se llevará a cabo la determinación de fierro. Se toma de ésta suspensión una alícuota de 10ml y se pasa a un matráz aforado de 100ml, se adicionan 10ml de solución de ácido nítrico al 25%, a fin de tener una solución ligeramente ácida necesaria para formar la coloración roja del tiocianato de fierro.

Se agregan entonces, 60ml de agua destilada e inmediatamente 10ml de la solución de tiocianato de potasio 5M, se afora al volumen, se agita con el fin de uniformar la solución y se deja reposar durante 15 ó 20 min. La coloración roja brillante debida a la formación del compuesto de fierro, aparece inmediatamente después de adicionar el tiocianato de potasio. Se llena la celda del colorímetro con ésta solución y se hacen las lecturas con el filtro de 470m μ c.

5. RESULTADOS EXPERIMENTALES

COMPOSICION QUIMICA DEL
CAOLIN TRATADO

SiO ₂	47.38%
AL ₂ O ₃	30.11
FE ₂ O ₃	2.86
TiO ₂	0.66
H ₂ O ⁺	11.00
H ₂ O ⁻	<u>7.86</u>
	99.87%

Los resultados obtenidos en la corrida A y en la corrida B, así como las condiciones experimentales para los mismos, se dan en los siguientes cuadros:

MUESTRA	PESADA (G)	MEDIO	TEMP. DE	TIEMPO DE	LICORES			% AL ₂ O ₃ EXTRAIDA
		LIXIVIANTE HCL CONC. (ML)	LIXIVIACION (°C)	LIXIVIACION (MIN)	% FE ₂ O ₃	% TIO ₂	% AL ₂ O ₃	
1	10	50	70	15	0.51	0.11	4.89	16.24
2	10	50	70	30	0.54	0.12	5.43	18.03
3	10	50	70	60	0.61	0.13	7.67	25.47
4	10	50	70	90	0.63	0.14	8.44	28.03
5	10	50	70	120	0.65	0.15	9.03	29.99

CUADRO No. 3 RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS LICORES DE LA
CORRIDA A, (CAOLÍN SIN PREVIA CALCINACIÓN)
VARIABLE EL TIEMPO DE LIXIVIACIÓN.

MUESTRA	PESADA (G)	TIEMPO DE LIXIVIACION (MIN)	SOLIDOS			
			% Fe_2O_3	% TiO_2	% Al_2O_3	% SiO_2
6	0.5	15	2.33	0.54	25.03	52.26
7	0.5	30	2.30	0.53	24.37	53.64
8	0.5	60	2.25	0.52	22.23	55.16
9	0.5	90	2.23	0.51	21.46	55.28
10	0.5	120	2.21	0.50	20.99	55.28

CUADRO No. 4 RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS SÓLIDOS DE LA
CORRIDA A, (CAOLÍN SIN PREVIA CALCINACIÓN)
VARIABLE EL TIEMPO DE LIXIVIACIÓN.

MUESTRA	PESADA (G)	MEDIO	TEMP. DE	TIEMPO DE	LICORES			% AL ₂ O ₃ EXTRAIDA
		LIXIVIANTE HCL CONC. (ML)	LIXIVIACION (°C)	LIXIVIACION (MIN)	% FE ₂ O ₃	% TI ₂ O ₃	% AL ₂ O ₃	
11	10	50	70	15	0.09	0.02	5.18	17.20
12	10	50	70	30	0.11	0.03	5.72	18.99
13	10	50	70	60	0.25	0.05	7.96	26.43
14	10	50	70	90	0.42	0.10	11.87	39.42
15	10	50	70	120	0.94	0.21	15.37	51.04

CUADRO No. 5 RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS LICORES DE LA CORRIDA B,
(CAOLÍN CON PREVIA CALCINACIÓN A 850°C, 16 HRS.),
VARIABLE EL TIEMPO DE LIXIVIACIÓN.

MUESTRA	PESADA (G)	TIEMPO DE LIXIVIACION (MIN)	SOLIDOS			
			% Fe ₂ O ₃	% TiO ₂	% Al ₂ O ₃	% SiO ₂
16	0.5	15	2.76	0.64	24.80	56.86
17	0.5	30	2.73	0.63	24.27	57.88
18	0.5	60	2.60	0.60	22.00	60.22
19	0.5	90	2.43	0.56	18.11	63.40
20	0.5	120	1.91	0.45	14.64	67.28

CUADRO No. 6 RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS SÓLIDOS DE LA CORRIDA B,
(CAOLÍN CON PREVIA CALCINACIÓN A 850°C, 16 HRS.).
VARIABLE EL TIEMPO DE LIXIVIACIÓN.

5.1.- INTERPRETACION DE RESULTADOS:

5.1.2.- EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE LIXIVIACION:

La temperatura de lixiviación a la que se trabajó durante este proceso (70°C), obviamente no se puede decir que es la temperatura óptima para obtener los resultados de extracción más favorables, ya que no se experimentó la lixiviación de las muestras con diferentes temperaturas para poder afirmar que esta temperatura de lixiviación es la más favorable para la extracción de alúmina, sin embargo, a esta temperatura de 70°C, se logró una extracción de alúmina de 15.37% en la muestra 15 en la corrida B, - que significa más del 50% de la alúmina total contenida en el caolín (30.11%), pero hay que tener en cuenta, que el tiempo de lixiviación para obtener esta extracción fué de 120 minutos, lo cual quiere decir, que es necesario efectuar la lixiviación a temperaturas más elevadas, y a partir de esto, determinar cual es la temperatura óptima a la que se logra obtener la extracción más favorable en el menor tiempo de lixiviación posible.

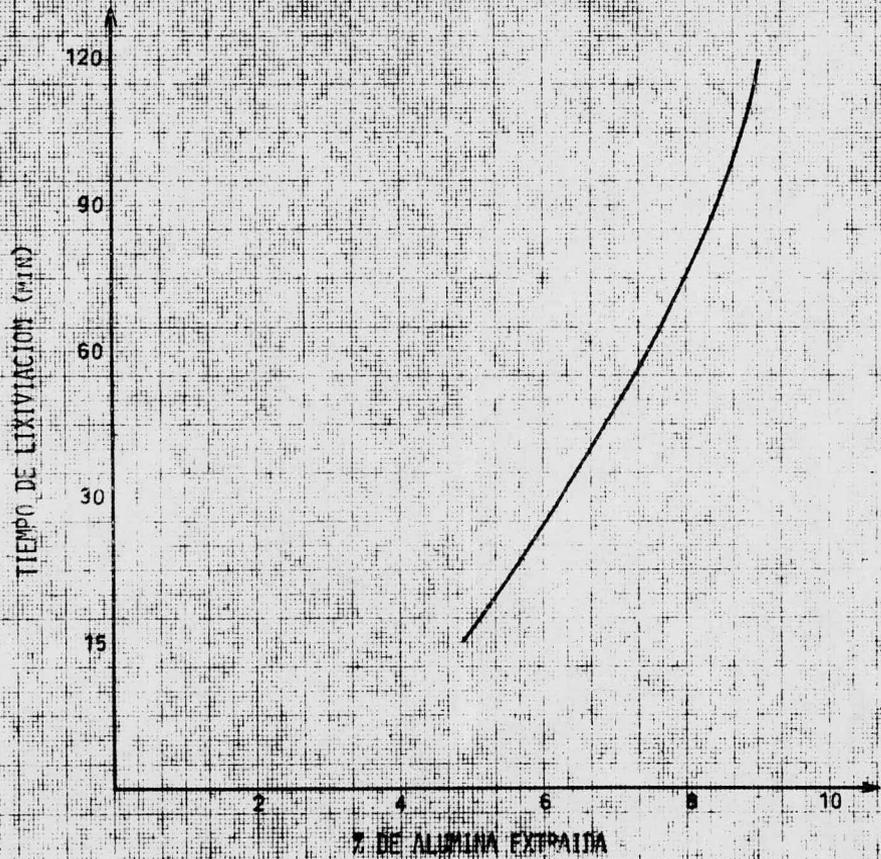
5.1.3.- EFECTO DEL TIEMPO DE LIXIVIACION:

A partir de los resultados experimentales obtenidos, puede verse la influencia decisiva que tiene el tiempo de lixivación en el proceso.

En las gráficas Nos. 1 y 2 que se refieren a los licores de la corrida A (caolín sin previa calcinación) y corrida B (caolín calcinado a 850°C, 16 hrs.) respectivamente, se graficó el tiempo de lixivación - contra por ciento de alúmina extraída, se puede ver claramente como al incrementarse el tiempo de lixivación, se incrementa el por ciento de extracción de alúmina, y como consecuencia de esto, se tiene un incremento en la eficiencia del proceso.

En la corrida B, se tiene un mayor porcentaje de extracción de alúmina que en la corrida A, sobre todo, en los tiempos de lixivación de 90 y 120 minutos (CUADROS NOS. 3 y 5), ya que en la corrida B, en el tiempo de lixivación de 90 min., se tiene un porcentaje de extracción de alúmina de 11.87%, mientras que en la corrida A, se tiene un porcentaje de extracción de alúmina de 8.44%, habiendo una diferencia de extracción del 3.43%.

LICORES (CORRIDA A)

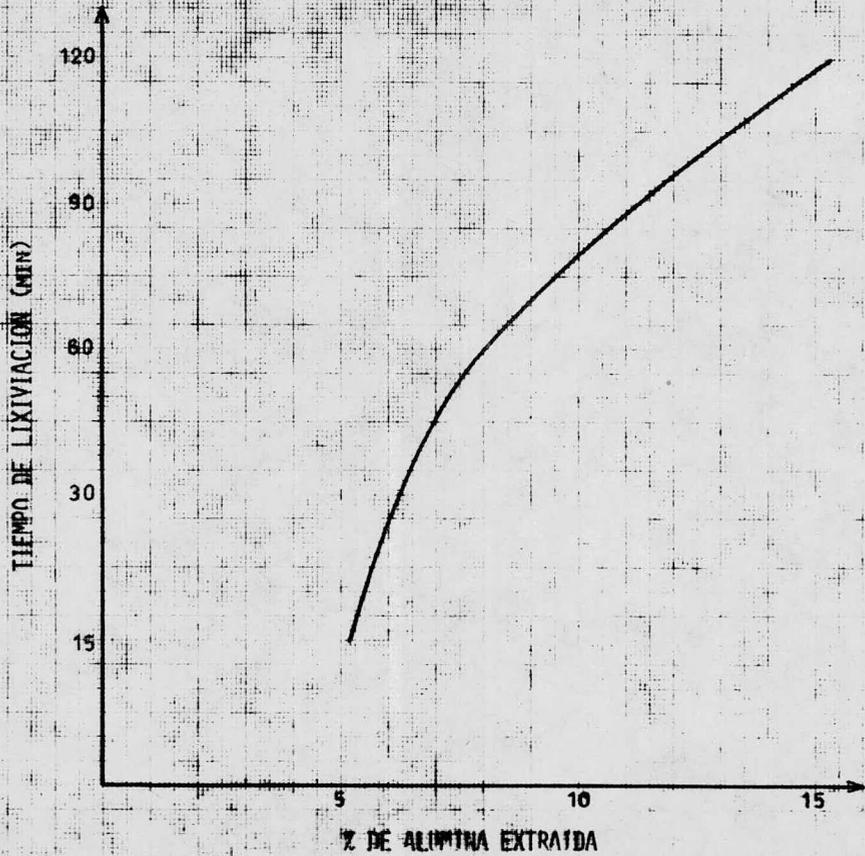


GRAFICA No. 1

En el tiempo de lixiviación de 120 minutos en la corrida B (CUADRO No. 5), se tiene el mayor porcentaje de extracción de alúmina, siendo este de 15.37%, lo cual quiere decir, que se está extrayendo un poco más del 50% de la alúmina total contenida en el caolín, que es de 30.11% de alúmina, por lo tanto, se tiene una eficiencia en el proceso de 51.04%.

En la corrida A, en el tiempo de lixiviación de 120 minutos (CUADRO No. 3), se tiene un porcentaje de extracción de 9.03, lo que significa una eficiencia en el proceso de extracción de 29.99%, que comparada con la eficiencia obtenida a este tiempo en la corrida B (51.04%), nos hace inclinarse a experimentar con caolines calcinados para obtener resultados más favorables.

LICORES (CORRIDA B)



GRAFICA No. 2

5.2.- ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL:

El método de análisis térmico diferencial determina mediante aparatos adecuados la temperatura a la - cuál, las reacciones térmicas tienen lugar en un ma_ terial cuando éste es calentado continuamente a una temperatura elevada y también el carácter general de tales reacciones.

En el caso de minerales arcillosos, el análisis tér_ mico diferencial muestra las características de las reacciones endotérmicas (desviación hacia abajo) de_ bidas a la deshidratación y a la pérdida de estruc_ tura cristalina y reacciones exotérmicas (desviación hacia arriba) debidas a la formación de nuevas fases a temperaturas elevadas.

En la siguiente gráfica, se tiene la curva del análi_ sis térmico diferencial para el caolín tratado en es_ te estudio experimental.

En la curva señalada con el # 2, se tiene una peque_ ña reacción endotérmica inicial, que induce una peque_ ña cantidad de agua presente entre las capas y caoli_

nita desordenada. La reacción endotérmica tiene lugar entre las temperaturas de 400 y 600°C y la reacción exotérmica entre 950 y 1000°C.

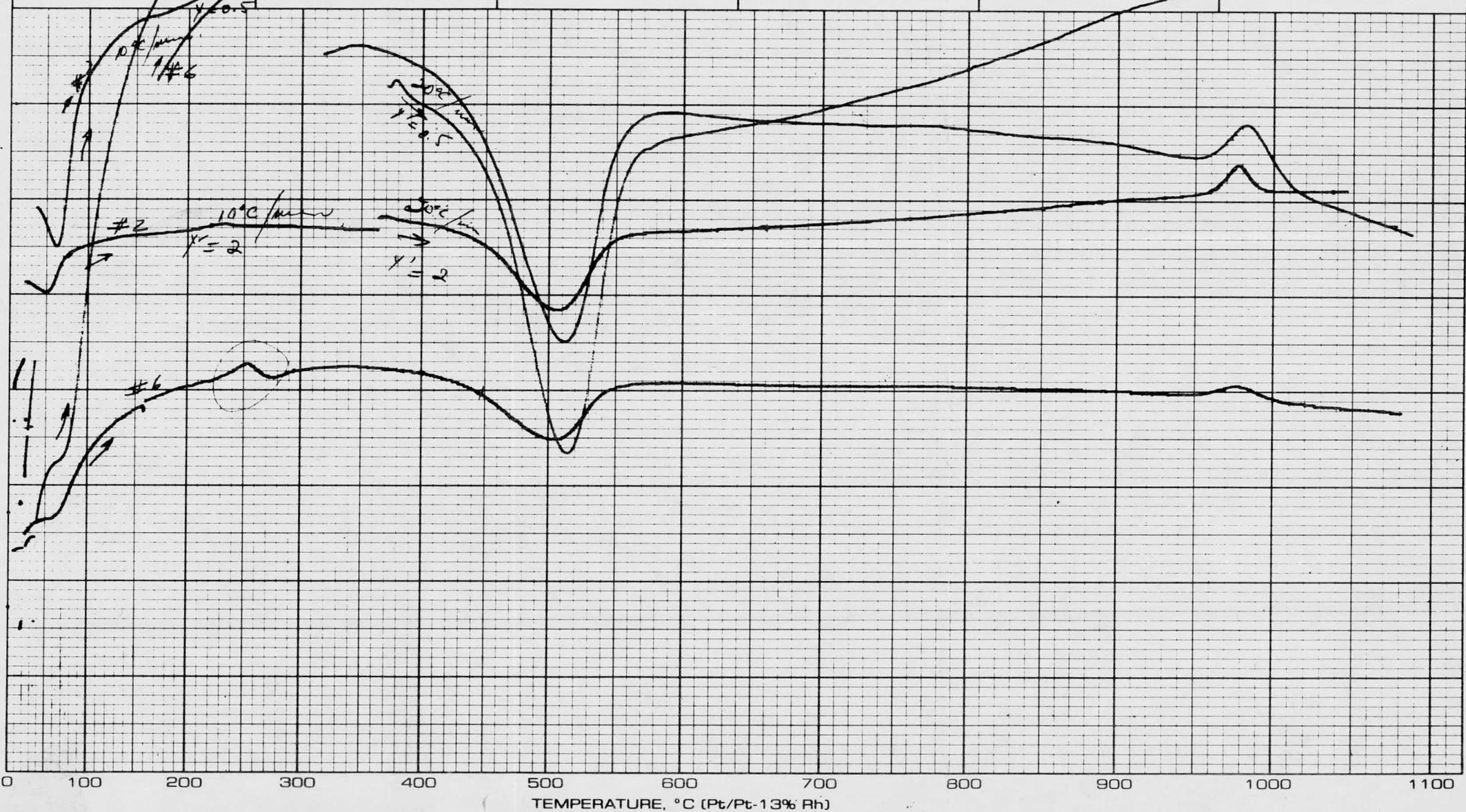
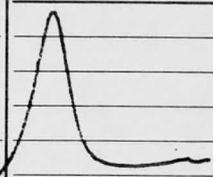
RUN NO. 15 DATE 13-5-77
 OPERATOR
 SAMPLE: muestra # 2
 (factor in run 5)
 ATM. air @
 FLOW RATE

T-AXIS
 SCALE, mv/in. 0.8 ✓
 PROG. RATE, °C/min
 HEAT ✓ COOL ___ ISO ___
 SHIFT in 0 ✓
 $y = 0.5$ $y' = 2$

DTA-DSC
 SCALE, °C/in
 [mcal/sec]/in
 WEIGHT, mg
 REFERENCE Al₂O₃

TGA
 SCALE, mg/in
 SUPPRESSION, mg
 WEIGHT, mg
 TIME CONST., sec
 dY, (mg/min)/in

TMA
 SCALE, mils/in
 MODE
 SAMPLE SIZE
 LOAD g
 dY, (10X), (mils/min)/in



DUPONT Instruments

MEASURED VARIABLE

5.3.- ANALISIS POR DIFRACCION DE RAYOS-X:

5.3.1.- RESULTADOS CON TRATAMIENTO TERMICO:

100°C— α -CUARZO(SiO_2), α -CRISTOBALITA(SiO_2),
CAOLINITA DESORDENADA($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$).

230°C— α -CUARZO(SiO_2), α -CRISTOBALITA(SiO_2),
CAOLINITA DESORDENADA Y/O METAHALOISITA.

300°C— α -CUARZO, α -CRISTOBALITA, CAOLINITA DESOR_
DENADA Y/O METAHALOISITA.

550°C— α -CUARZO, α -CRISTOBALITA.

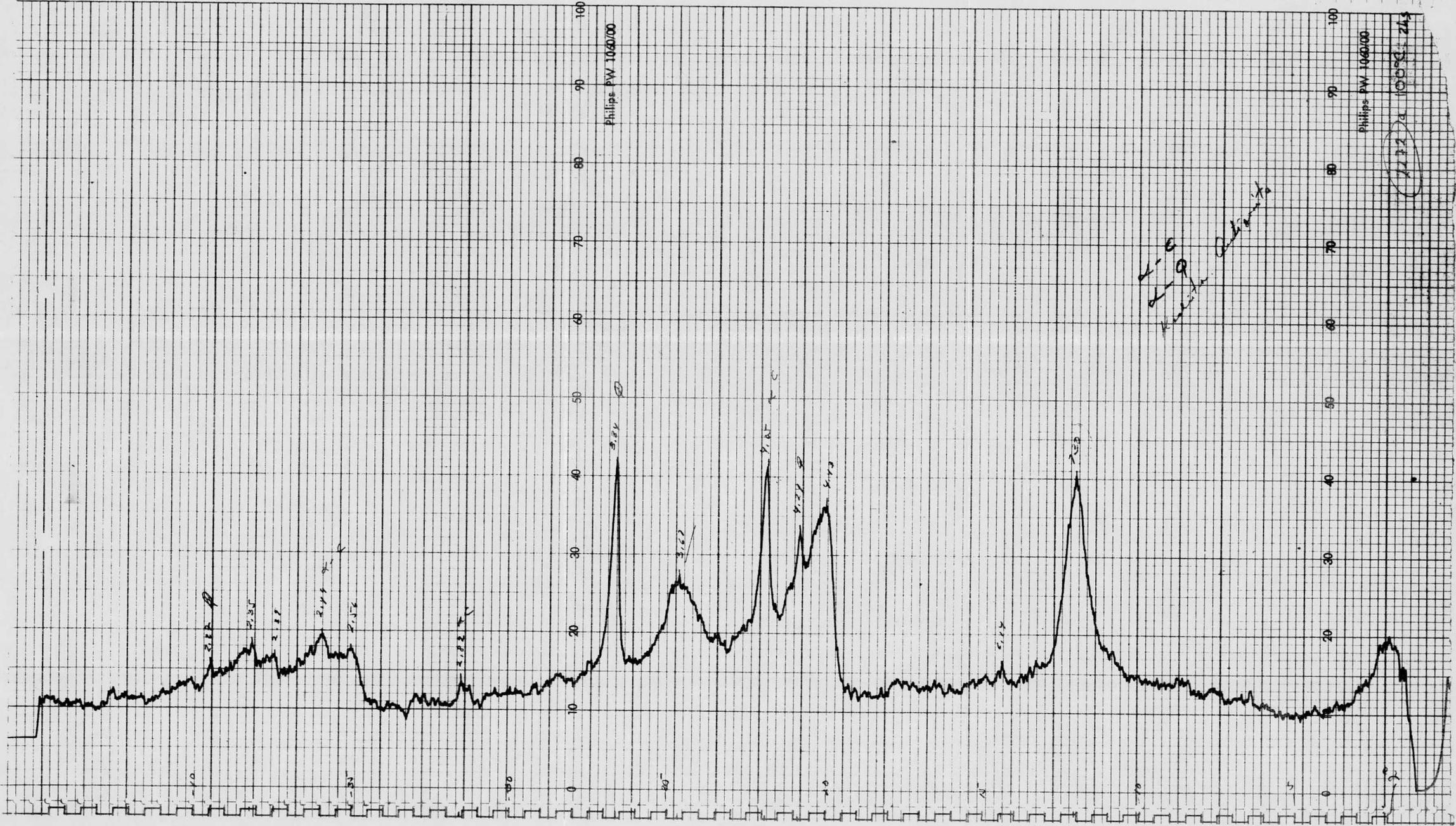
760°C— α -CUARZO, α -CRISTOBALITA.

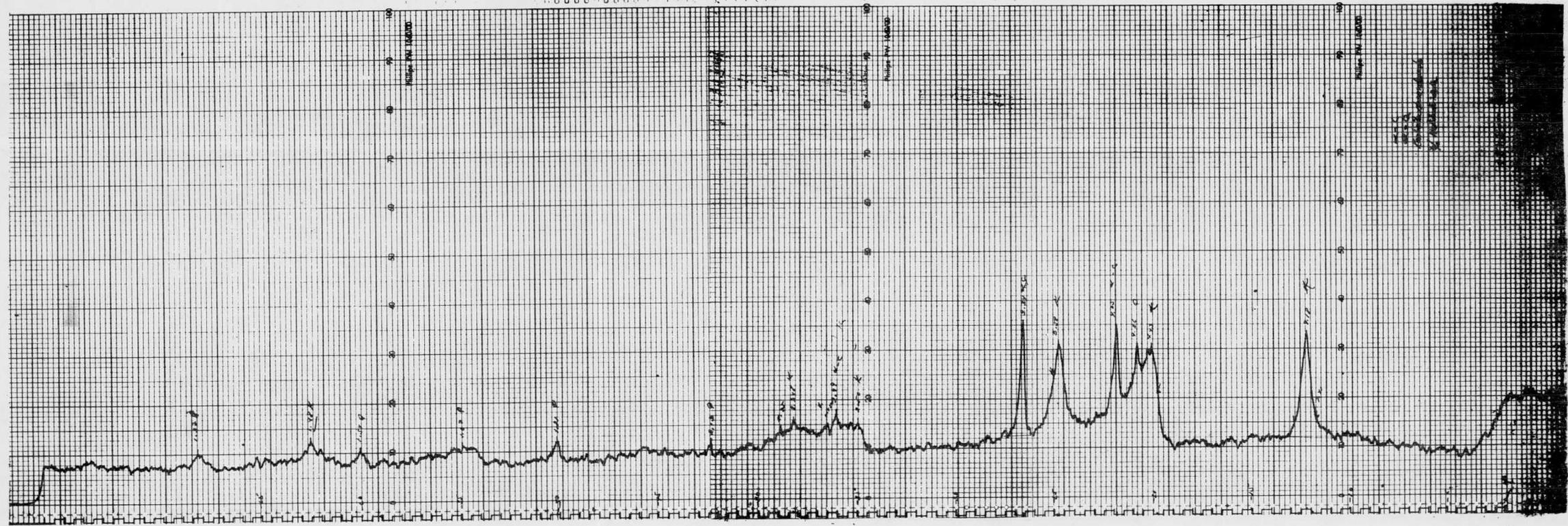
950°C— α -CUARZO, α -CRISTOBALITA.

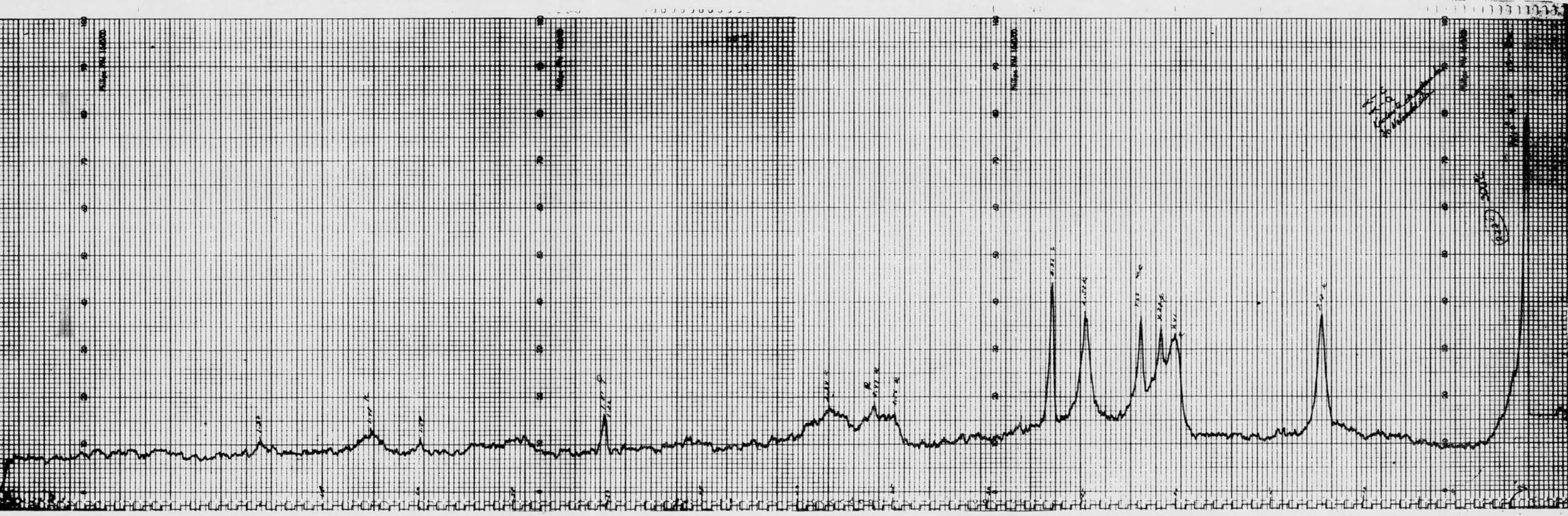
1200°C— α -CUARZO, α -CRISTOBALITA, MULITA ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$).

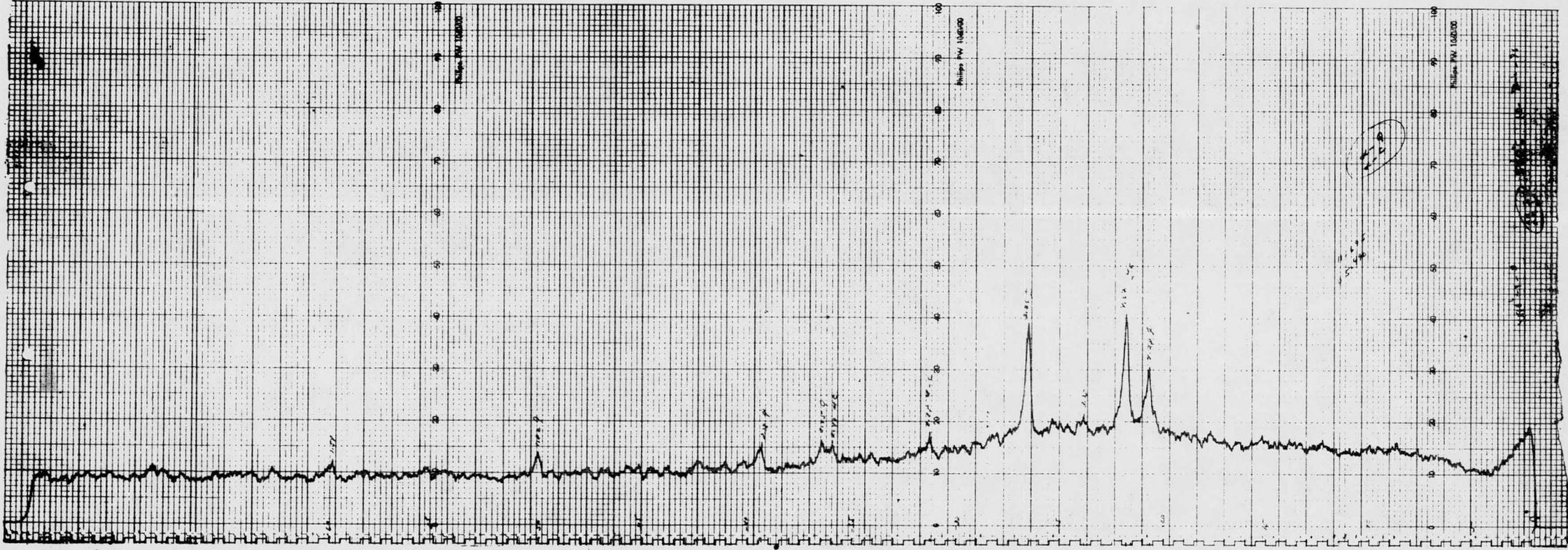
OBSERVACIONES: PARA CONFIRMAR LA PRESENCIA DE METAHA_
LOISITA SE SUGIERE EMPLEAR MICROSCOPIA ELECTRÓNICA.

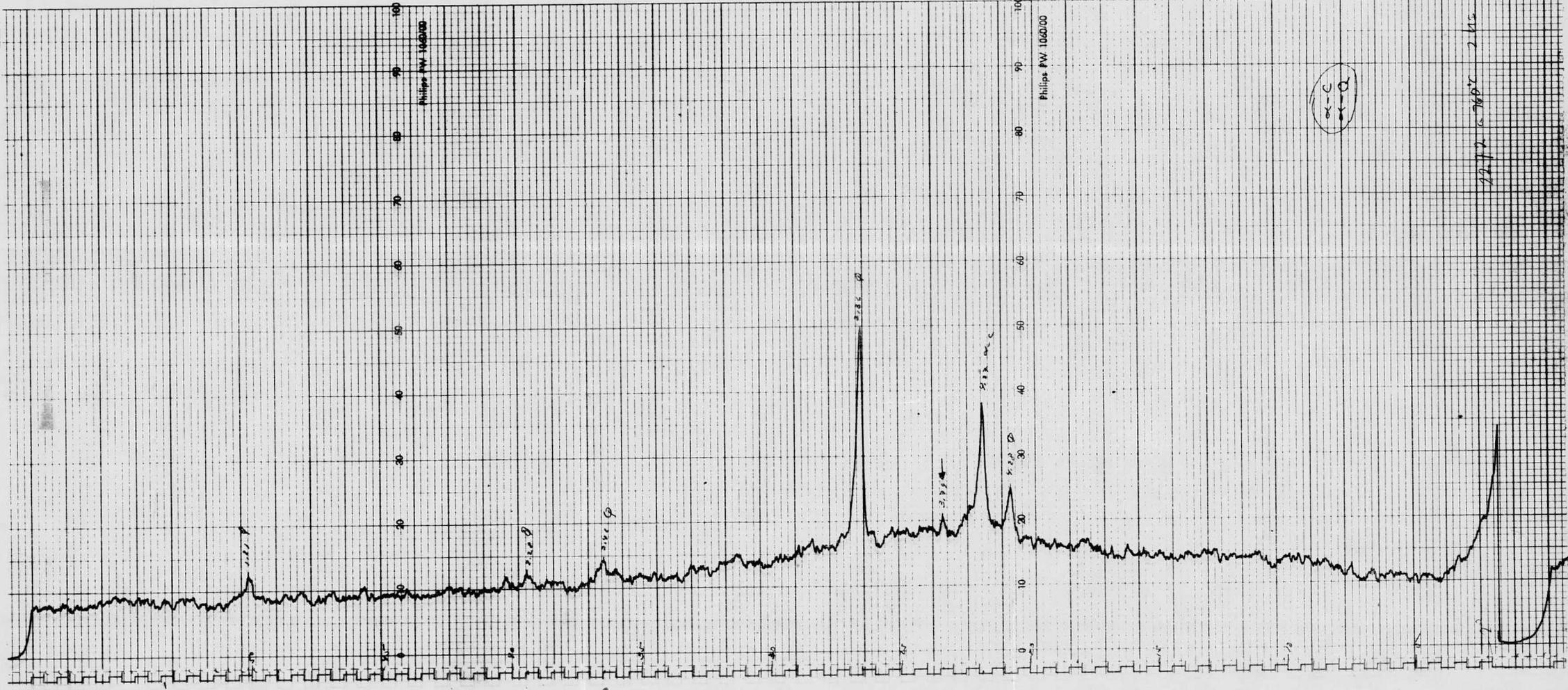
5.3.2. DIFRACTOGRAMAS—R-X



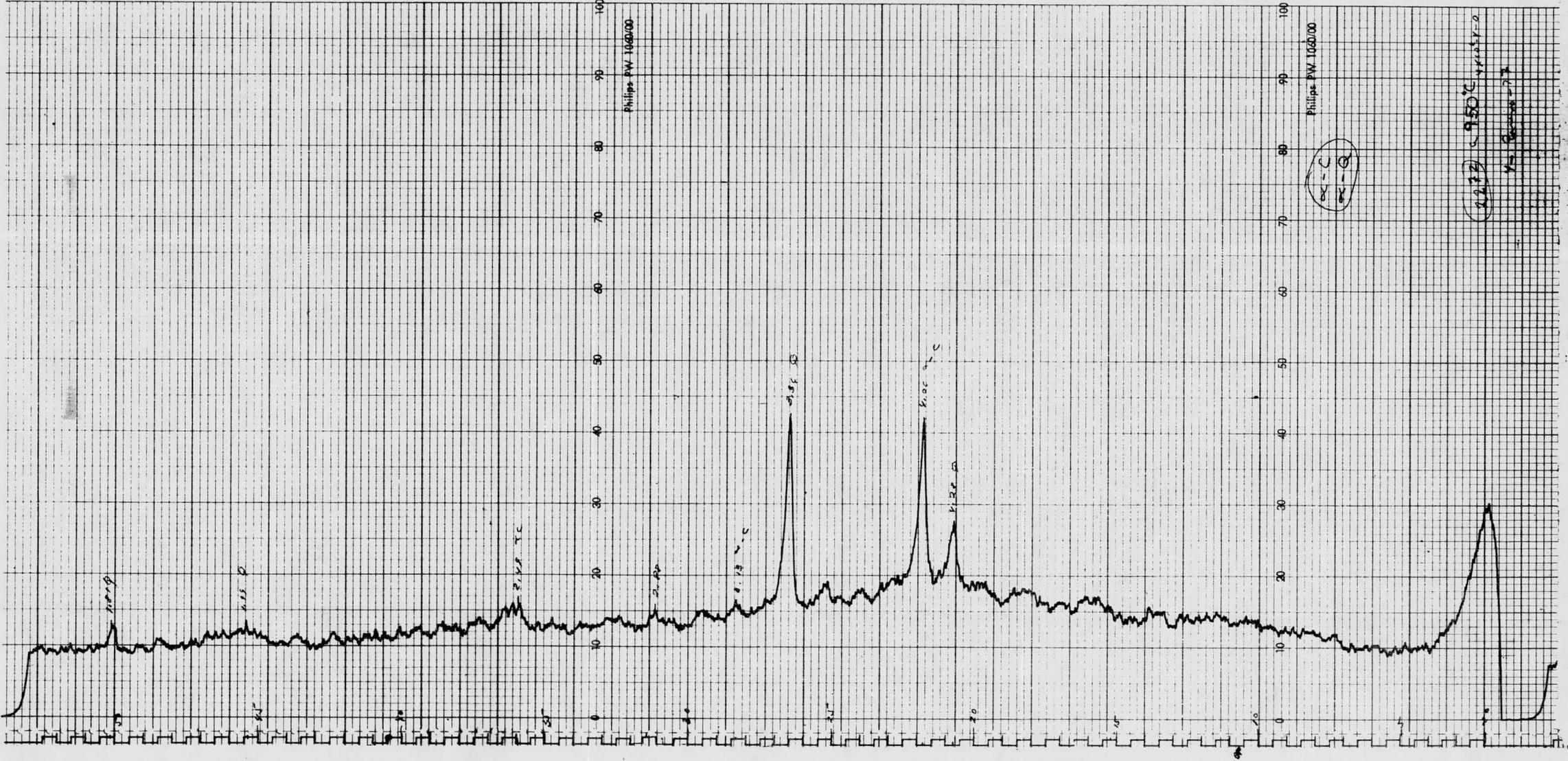


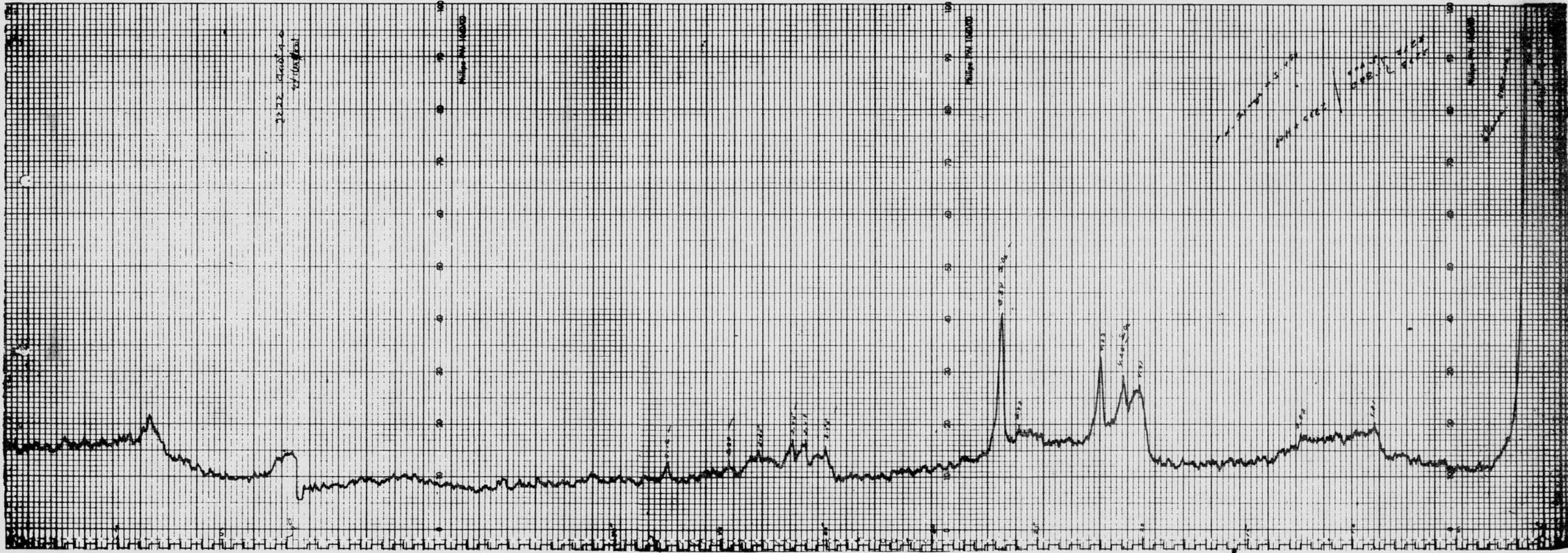






22.72 C 76.1 2.15





6. CONCLUSIONES

6.- CONCLUSIONES:

Tomando en cuenta los resultados experimentales obtenidos, sin tener las condiciones experimentales ideales, así como el equipo adecuado para lograr resultados de extracción más favorables en el proceso que pudieran tener aplicación industrial, se logró con caolín calcinado a 850°C durante 16 horas (corrida B) a una temperatura de lixiviación constante de 70°C y un tiempo de lixiviación de 120 minutos, extraer de los sólidos, un porcentaje de alúmina de 15.37%, que para esta clase de minerales no metálicos y para el número de experimentos realizados en este proceso en las condiciones experimentales citadas, es un resultado favorable que merece la pena seguirse experimentando hasta encontrar las condiciones experimentales ideales que nos lleven a resultados de extracción que tengan aplicación industrial, esto es, basándose en que el 15.37% de extracción de alúmina, le da al proceso una eficiencia del 51.04%, que es un poco más del 50% de la alúmina total contenida en el caolín (30.11%).

Las condiciones experimentales que se deben mejorar para la obtención de mejores resultados son: La temperatura de lixiviación, el tiempo de lixiviación y el tiempo de calcinación.

Es necesario fijar, en que tiempo de calcinación y a que temperatura de lixiviación, se logran obtener resultados más favorables de extracción en menor - tiempo de lixiviación posible, recomendándose para estos experimentos, agitadores mecánicos, con el - fin de tener una agitación más uniforme en las muestras durante la lixiviación.

Por supuesto, los experimentos se deben llevar a cabo con caolines calcinados, puesto que se tienen mejores resultados en estos que en los caolines sin - previa calcinación.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- GRIM, RALPH E.
CLAY MINERALOGY
McGRAW HILL BOOK CO. INC.
N.Y. 1968

- 2.- KIRK, R.E. AND D.F. OTHMER
ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY
4, 5, 9.
INTERSCIENCE PUBLISHERS, N.Y., LONDON, SYDNEY, TORONTO
(1963-1972)

- 3.- OBREGON PEREZ, A.
METODOS DE ANALISIS QUIMICO DE ROCAS Y MATERIALES SIMILARES
INSTITUTO DE GEOLOGIA. U.N.A.M. (1973)

- 4.- LONGMAN AND DE BUSSY
MATERIALS AND TECHNOLOGY
2, 3.
INTERSCIENCE PUBLISHERS, (1970)

- 5.- EVALUACION DE MATERIALES ARCILLOSOS POR ANALISIS QUIMICO
GONZALEZ TERAN M.
TESIS PROFESIONAL, U.N.A.M., 1969

- 6.- SNELL-ETTRE
ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMICAL ANALYSIS
4, 9, 10.
INTERSCIENCE PUBLISHERS, N.Y., LONDON, SIDNEY, TORONTO
(1966-1974)

- 7.- RILEY P.J.
THE RAPID ANALYSIS OF SILICATE ROCKS AND MINERALS
ANALYTICA CHEMICAL 19 (1958)

- 8.- VOGEL A.I.
QUANTITATIVE INORGANIC ANALYSIS THEORY AND PRACTICE
LONGMANS, GREEN R. CO.
LONDON (1953)

- 9.- ANALISIS QUIMICO DE MUESTRAS DE EXPLORACION DE BAUXITAS
Y LATERITAS.
PARIENTE MINERO, C.
TESIS PROFESIONAL, U.N.A.M., 1970