

77



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

DESARROLLO DE UN PROCESO PARA ME-
JORAR LA CALIDAD DE CAOLINES, APLICABLE
A LA INDUSTRIA.

128

T E S I S

Que para obtener el título de

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a n

RAMIRO EUGENIO DOMINGUEZ DANACHE
JOSE RICARDO ESTRADAS ROMERO
HECTOR GARRIDO RODRIGUEZ

México, D. F.

1 9 7 6



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.

CLAS Tesis
ABO 1976 127
FECHA 11-1-77
PROC 11-1-77



QUÍMICA

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGÚN EL TEMA:

PRESIDENTE	PROF.	ALICIA BENITEZ DE ALTAMIRANO
VOCAL	"	ALBERTO OBREGON PEREZ
SECRETARIO	"	JORGE MARTINEZ MONTES
1ER. SUPLENTE	"	ENRIQUE BRAVO MEDINA
2º. SUPLENTE	"	GUILLERMO JOSE VALENZUELA

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

DEPARTAMENTO DE QUIMICA INORGANICA
FACULTAD DE QUIMICA UNAM

SUSTENTANTES:

RAMIRO EUGENIO DOMINGUEZ DANACHE
JOSE RICARDO ESTRADAS ROMERO
HECTOR GARRIDO RODRIGUEZ

ASESOR:

ALICIA BENITEZ DE ALTAMIRANO

A MIS PADRES:

POR SU COMPRENSIÓN

POR SU CONFIANZA

POR SU APOYO

POR TODO

A MIS HERMANOS:

RAFAEL

HORTENSIA

CRISTINA

RODRIGO

ROGELIO

LAURA

A ALICIA

RAMIRO

A MIS PADRES:

JOSÉ RICARDO Y MA. DEL SOCORRO

CON TODO MI CARÍÑO

A MIS HERMANOS:

ALBERTO

MA. DE LOS ANGELES

ALEJANDRO

RICARDO

À MIS PADRES:

CON CARÍÑO

Y GRATITUD

À MIS

QUERIDOS

HERMANOS

HÉCTOR

A LA MAESTRA ALICIA BENÍTEZ DE A.
POR SU ATINADA DIRECCIÓN DURANTE
EL DESARROLLO DE ESTA TESIS

AL I.Q. ALBERTO OBREGÓN PÉREZ
POR SU VALIOSA COLABORACIÓN

A LOS MAESTROS:

I.Q. GUILLERMO JOSÉ VALENZUELA

I.Q. ENRIQUE BRAVO MEDINA

A TODOS LOS MAESTROS QUE
INTERVINIERON EN NUESTRA
FORMACIÓN PROFESIONAL

A TODOS LOS COMPAÑEROS
QUE NOS BRINDARON SU
AMISTAD Y APOYO

A NUESTRO BUEN AMIGO
TRINIDAD HERNÁNDEZ R.
"DON TRINI"

INDICE

	PAG.
INTRODUCCION Y OBJETIVOS	1
CAPITULO I.- GENERALIDADES	2
DESCRIPCIÓN	
FORMACIÓN GEOLÓGICA	
CLASIFICACIÓN, TIPOS DE CAOLÍN	
Y FÓRMULAS	
COMPOSICIÓN DE ALGUNOS CAOLINES	
MEXICANOS	
CAPITULO II.- ESPECIFICACIONES	5
CAPITULO III.- ANALISIS ECONOMICO Y POTENCIAL	8
IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN	
PRODUCCIÓN Y CONSUMO APARENTE	
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	
CAPITULO IV.- ESTRUCTURA	16
TIPOS DE ENLACE	
NÚMERO DE VECINOS MÁS CERCANOS	
Y RADIOS IÓNICOS	
CAPITULO V.- TESIS	22
CAPITULO VI.- METODOS DE ANALISIS	23
CAPITULO VII.- EXPERIMENTACION Y RESULTADOS	31
PRUEBAS CON HIDROSULFITO DE SODIO	
PRUEBAS CON DIÓXIDO DE AZUFRE	
CAPITULO VIII.- ANALISIS DE PROCESOS ALTERNATIVOS	48
CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFIA	55

INTRODUCCION Y OBJETIVOS

MÉXICO ES UN PAÍS EN DESARROLLO, Y POR ESTA RAZÓN NECESITA -
CADA VEZ MÁS DE UNA MAYOR CANTIDAD DE PRODUCTOS DE MEJOR CALIDAD,
QUE NO LOS HAY O QUE NO SE PRODUCEN EN EL PAÍS, AUNQUE SE CUENTE
CON LA MATERIA PRIMA NECESARIA. EN ESTE ÚLTIMO CASO, UNA DE LAS -
CAUSAS QUE IMPIDE LA ELABORACIÓN DE ESTOS PRODUCTOS, ES LA CAREN-
CIA DE TECNOLOGÍA PROPIA Y EL ALTO COSTO DE LA TECNOLOGÍA EXTRAN-
JERA.

UNOS DE LOS PRODUCTOS QUE SE ENCUENTRAN EN ESTA SITUACIÓN, --
SON LAS ARCILLAS DE ALTA CALIDAD, LAS CUALES SE CONSUMEN EN GRAN-
DES VOLÚMENES Y EN FORMA CRECIENTE POR LA INDUSTRIA NACIONAL. EN
EL PAÍS EXISTEN YACIMIENTOS DE ESTAS ARCILLAS; SIN EMBARGO, MU --
CHAS DE ELLAS VIENEN ACOMPAÑADAS DE ÓXIDOS DE METALES TRANSICIO -
NALES, COMO EL TI, V, FE Y TAMBIÉN DE AS, SB, BI, PB, ETC. ESTOS
ÓXIDOS DAN CARACTERÍSTICAS TALES A LAS ARCILLAS (DISMINUYEN PUN-
TO DE FUSIÓN, ALTERAN DUREZA, DAN COLORACIÓN INDESEADA, ALGUNOS -
SON VENENOS, YA SEA EN PROCESOS QUÍMICOS O PARA EL HOMBRE, ETC.),
QUE SON DESECHADAS POR LAS INDUSTRIAS QUE LAS USAN, SUSTITUYÉNDO-
LAS POR ARCILLAS IMPORTADAS.

EL CAOLÍN ES UNA DE LAS ARCILLAS QUE PRESENTA LOS PROBLEMAS
MENCIONADOS.

EL PROPÓSITO DE ESTE TRABAJO ES, MEDIANTE LA EXPERIMENTACIÓN,
LOGRAR EL DESARROLLO DE UN NUEVO PROCESO QUE PERMITA MEJORAR LA -
CALIDAD DE LOS CAOLINES Y SENTAR LAS BASES PARA EL DESARROLLO DE
LA TECNOLOGÍA APROPIADA.

UNA VEZ ESTABLECIDO EL PROBLEMA, ES NECESARIO:

- 1.- INVESTIGAR SI SE CUENTA CON LA MATERIA PRIMA NECESARIA;
- 2.- REUNIR LA INFORMACIÓN NECESARIA EN CUANTO A SUS CARACTERÍSTI--
CAS FÍSICAS Y QUÍMICAS SE REFIERE;
- 3.- INVESTIGAR Y EVALUAR CUALITATIVAMENTE LOS PROCESOS EXISTENTES;
- 4.- CONSIDERAR LA POSIBILIDAD DE DESARROLLAR NUEVOS PROCESOS;
- 5.- LLEVAR A CABO LA EXPERIMENTACIÓN.

CAPITULO I

GENERALIDADES

LA PALABRA "CAOLÍN" O "KAOLÍN", PROCEDE DE KAO-LING, NOMBRE DE LA MONTAÑA SITUADA CERCA DE JAU-CHAU-FU, EN CHINA, DE DONDE SE EXTRAJO POR PRIMERA VEZ EL MINERAL.

DESCRIPCIÓN.-

EL CAOLÍN O ARCILLA CHINA, ES UN MINERAL BLANCO EN FORMA DE POLVO, EL CUAL CONSISTE PRINCIPALMENTE EN UN SILICATO DE ALUMINIO, COMPUESTO MICROCRISTALINO QUE SE APROXIMA AL MINERAL CAOLINITA, - CONTAMINADO CON CUARZO Y MICA FINAMENTE DIVIDIDOS, O TAMBIÉN CON RESIDUOS DE FELDESPATO O CENIZAS VOLCÁNICAS.

FORMACIÓN GEOLÓGICA.-

LA CAOLINITA COMUNMENTE SE ORIGINA 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 HIDROTHERMALES O POR INTemperismo EN LA SUPERFICIE. A ESTE CAOLÍN SE LE LLAMA "RESIDUAL " O "PRIMARIO".

COMO TODAS LAS ARCILLAS, EL CAOLÍN SE ENCUENTRA EN ROCAS DE TODAS LAS EDADES, DESDE EL ARQUEOZOICO HASTA LAS MÁS RECIENTES. - DEBE TENERSE PRESENTE QUE EL CAOLÍN PUEDE HABER SUFRIDO TRANSPORTE POR GRAVEDAD, VIENTO, CORRIENTES O HIELO, SIENDO DEPOSITADO -- JUNTO, O EN EL INTERIOR, DE OTRAS ROCAS SEDIMENTARIAS. AL CAOLÍN DE ESTE TIPO SE LE LLAMA "SEDIMENTARIO" O "SECUNDARIO".

CLASIFICACIÓN, TIPOS DE CAOLÍN Y FÓRMULAS.-

POR SU COMPOSICIÓN QUÍMICA, EL CAOLÍN QUEDA INCLUIDO DENTRO DE LOS SILICATOS. PERTENECE AL GRUPO DE SILICATOS CON ESTRUCTURA EN FORMA DE LÁMINA (FILOSILICATOS), A LOS CUALES CORRESPONDE LA FÓRMULA EMPÍRICA $(Si_2O_5)_N^{-2N}$. DE ACUERDO A ESTA BASE, LA FÓRMULA PARA EL MINERAL EN SU TOTALIDAD ES $Al_2(OH)_4Si_2O_5$.

SNELL Y ETTRE (*) CLASIFICAN AL CAOLÍN TOMANDO EN CUENTA SU ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN, E INCLUYEN LAS DISTINTAS ESPECIES DE -- CAOLÍN:

TIPO	GRUPO	SUBGRUPO	ESPECIES	FÓRMULA IDEAL
1:1	CAOLINITA-	CAOLINITAS	CAOLINITA	$Al_2O_3(2SiO_2)2H_2O$
(DOS CAPAS	SERPENTINA		NACRITA	" "
O LÁMINAS)			DICKITA	" "
			HALOISITA	" "
			ENDELITA	$Al_2O_3(2SiO_2)4H_2O$

LAS DISTINTAS ESPECIES DIFIEREN EN EL ARREGLO DE LAS CAPAS - SUCESIVAS EN QUE SE DISPONEN LOS CRISTALES.

FÓRMULAS ESTRUCTURALES: CAOLINITA $(OH)_8Al_4Si_4O_{10}$
 ENDELITA $(OH)_8Al_4Si_4O_{10}(4H_2O)$

LA CAOLINITA, Y EN UN MENOR GRADO LA HALOISITA, SON LOS MINERALES MÁS ABUNDANTES DEL GRUPO DEL CAOLÍN, Y SON TAMBIÉN LOS MÁS USADOS POR LA INDUSTRIA. LA NACRITA NO ES MUY ABUNDANTE.

LOS CAOLINES PUEDEN ENCONTRARSE EN UN AMPLIO RANGO DE PURE--ZAS Y CRISTALINIDAD; DE ACUERDO A ELLO SE SUBDIVIDEN EN ORDEN DE--CRECIENTE EN ARCILLAS CHINAS (CHINA CLAYS), ARCILLAS DE BOLA --(BALL CLAYS), ARCILLAS REFRACTARIAS (FIRE CLAYS), Y ARCILLAS PARA HACER GRES (**) (STONEWARE CLAYS).

(*) CLASIFICACIÓN BASADA EN EL ESQUEMA PROPUESTO POR EL COMITÉ DE NOMENCLATURA DE LA ASSOCIATION INTERNATIONALE POUR L'ETUDE -- DES ARGILES (AIPEA).

(**) GRES: PASTA HECHA CON ARCILLA DE BARRO COCIDO Y CUARZO, QUE DESPUÉS DE COCIDA A ELEVADA TEMPERATURA, ES RESISTENTE, IM--PERMEABLE Y REFRACTARIA.

COMPOSICIÓN DE ALGUNOS CAOLINES MEXICANOS:

COMPONENTE	CONTENIDO EN %		
	1	2	3
SiO_2	46.5	54.85	46.97
Al_2O_3	39.5	28.03	46.97
Fe_2O_3	----	0.71	0.62
MgO	----	0.35	0.17
CaO	----	0.10	0.39
K_2O	----	1.29	0.70
Na_2O	----	0.15	-----
TiO_2	----	0.15	-----
P_2O_5	----	0.07	-----
SO_3	----	7.04	-----
PÉRDIDA POR			
IGNICIÓN	14.0	8.42	13.47

1.- CAOLINITA TEÓRICA

2.- CAOLÍN DE APULCO

3.- CAOLÍN MICRONIZADO

EXTRACCIÓN.-

EL CAOLÍN, Y EN GENERAL TODAS LAS ARCILLAS, SE EXTRAEN PRINCIPALMENTE POR OPERACIÓN A CIELO ABIERTO, INCLUYENDO EXTRACCIÓN HIDRÁULICA, AUNQUE TAMBIÉN SE HACE MEDIANTE MINADO BAJO TIERRA.

CAPITULO II

ESPECIFICACIONES

LAS ESPECIFICACIONES OFICIALES PARA CAOLINES VARÍAN SEGÚN EL USO QUE SE LES VAYA A DAR, PUES CADA UNO APROVECHA UNA O MÁS PROPIEDADES DEL CAOLÍN.

DE ESTAS ESPECIFICACIONES LAS MÁS ESTRUCTAS SON LAS QUE SE - REFIEREN AL USO DEL CAOLÍN EN LA INDUSTRIA QUÍMICO-FARMACÉUTICA, YA QUE ES EN ELLA DONDE SE REQUIERE DE CAOLINES DE MAYOR CALIDAD, TANTO EN PROPIEDADES QUÍMICAS COMO EN FÍSICAS.

ESPECIFICACIONES DE CAOLÍN FARMACÉUTICO:

DESCRIPCIÓN	POLVO BLANCO O AMARILLENTO
SOLUBILIDAD	PASAR LA PRUEBA
IDENTIFICACIÓN	POSITIVA
PÉRDIDA POR CALCINACIÓN	MÁX. 15%
PÉRDIDA POR SECADO	MÁX. 1.5%
PH	ENTRE 6.5 Y 8
CLORUROS	MÁX. 400 PPM
SULFATOS	MÁX. 600 PPM
CARBONATOS	EXENTO
ARSÉNICO	MÁX. 2 PPM
CALCIO, MAGNESIO	MÁX. 0.04%, CALCULADO COMO CA
FIERRO	MÁX. 20 PPM
METALES PESADOS	MÁX. 30 PPM
COMPONENTES SOLUBLES EN ÁCIDOS	MÁX. 1%
CAPACIDAD DE ADSORCIÓN	MÍN. 10 MG DE AZUL DE METILENO
PODER ADHESIVO	PASAR LA PRUEBA
FINURA Y TAMAÑO DE PARTÍCULAS	99.95% PASAR POR TAMIZ 325
PARTÍCULAS DIÁM. MAYOR DE 10 μ	MÁX. 1.0086 G/ML
PARTÍCULAS DIÁM. MAYOR DE 3 μ	MÁX. 1.0063 G/ML
PARTÍCULAS GRUESAS	MÁX. 0.05%
VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN	2 HS MÁX. 99 ML
	24 HS MÁX. 87 ML
PRUEBA DE YODOCLORO-OXIQUINOLEÍNA	PASAR LA PRUEBA

CAOLÍN PARA PIGMENTOS (PIGMENTOS DE SILICATO DE ALUMINIO O CHINA CLAY):

SiO_2	43-47%
Al_2O_3	37-40%
PÉRDIDA POR INCANDESCENCIA	10-15%
HUMEDAD Y OTROS VOLÁTILES	1% MÁX.
PARTÍCULAS GRUESAS RETENIDAS EN MALLA No. 325	2% MÁX.

USO EN PAPEL (CAOLÍN LAVADO Y PREDISPERSADO PARA RECUBRIMIENTO):

SiO_2	44-46%	I	PH	6.5-7.5
Al_2O_3	37-40%	I	BRILLO (GE)	86-88%
Fe_2O_3	0.2-0.9%	I	DENSIDAD	2.58 g/ML
TiO_2	1-2%	I	ÍNDICE DE REFRACCIÓN	1.56
K_2O	MÁX. 0.2%	I	TAMAÑO DE PARTÍCULA:	
CaO	MÁX. 0.1%	I	MENOR DE 1 μ	65-70%
Na_2O	MÁX. 0.2%	I	MENOR DE 2 μ	80-95%
PÉRDIDA POR CALCINACIÓN A 900 °C				13-15%
HUMEDAD				25-30%
ÁREA DE RECUBRIMIENTO				12 m ² /g
VISCOSIDAD MÁX. (70% SÓLIDOS)				
	20 RPM			100-400
	1100 RPM			8-15

USO EN CERÁMICA:

SiO_2	46-48%	I	PH	6-6.5
Al_2O_3	37-38%	I	COLOR: CRUDO	BLANCO
Fe_2O_3	0.5-0.6%	I	QUEMADO	BLANCO BRILLANTE
TiO_2	0.05-0.6%	I	AGUA DE PLAST.	20%
MgO	0.1-0.2%	I	TAMAÑO DE PARTÍCULA:	
CaO	0.1-0.2%	I	MENOR DE 10 μ	90-96%
K_2O	0.2-1.4%	I	MENOR DE 2 μ	60-75%
Na_2O	0.05-0.2%	I	MÓDULO DE RUPTURA	55-205 LB/CM ²

USO EN CERÁMICA (CONTINUACIÓN):

PÉRDIDAS POR CALCINACIÓN	12.5-14%
ADSORCIÓN AL CONO 11	8%
CONTRACCIÓN AL QUEMADO A 1280 °C	12.8%
REFLECTANCIA	89%
CONO PIROMÉTRICO	35

USO COMO INERTE (CAOLÍN LAVADO Y CALCINADO, A VECES TRATADO
TÉRMICAMENTE):

SiO ₂	51-53%	I	PH	4.5-5.5
Al ₂ O ₃	42-45%	I	BRILLO (GE)	85-92%
TiO ₂	1.5-2.5%	I	ADSORCIÓN DE ACEITE	45-60 $\frac{\text{G DE ACEITE}}{100 \text{ G DE CAOLÍN}}$
DEMÁS COMPONENTES				MENOS DE 1%
HUMEDAD				0.5%
TAMAÑO DE PARTÍCULA:				
MENOR DE 10 μ				95%
MENOR DE 2 μ				50-70%
DENSIDAD				2.63 g/ML

CAPITULO III

ANÁLISIS ECONOMICO Y POTENCIAL

UNO DE LOS ASPECTOS MÁS IMPORTANTES EN EL DESARROLLO EXPERIMENTAL DE NUEVOS PROCESOS A NIVEL INDUSTRIAL ES EL ECONÓMICO; ES DECIR, QUÉ MERCADO TIENE UN PRODUCTO TANTO A NIVEL NACIONAL COMO INTERNACIONAL Y SI ESTO JUSTIFICA EL DESARROLLO EXPERIMENTAL, ASÍ COMO UN ESCALAMIENTO A NIVEL INDUSTRIAL.

UNA VEZ ESTABLECIDA ESTA JUSTIFICACIÓN, SE TIENE QUE LLEVAR A CABO UN ANÁLISIS POTENCIAL DE MATERIA PRIMA; EN ESTE CASO, VER SI SE CUENTA CON SUFICIENTES YACIMIENTOS DE CAOLÍN QUE RESPALDEN UNA INVERSIÓN.

NO OBSTANTE QUE EN MÉXICO SE CUENTA CON SUFICIENTES YACIMIENTOS DE CAOLÍN PARA SATISFACER LA DEMANDA DEL PRODUCTO, NO SIEMPRE SE ENCUENTRA EL MINERAL CON UNA PUREZA TAL QUE CUMPLA CON LAS ESPECIFICACIONES REQUERIDAS, YA QUE CONTIENE FIERRO TANTO EN FORMA MINERAL COMO ESTRUCTURAL, POR LO QUE HA SIDO NECESARIO IMPORTAR UNA CANTIDAD CONSIDERABLE DE CAOLINES DE ALTA CALIDAD, Y NUESTRO PROPÓSITO ES, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE MERCADO Y POTENCIAL, VER LA FACTIBILIDAD DE DESARROLLAR UN MÉTODO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS CAOLINES MEXICANOS Y PODER REDUCIR LAS IMPORTACIONES DE ESTAS ARCILLAS, ASÍ COMO INCREMENTAR SU VOLUMEN DE EXPORTACIÓN.

IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN.-

UNA REVISIÓN DE LOS VOLÚMENES DE IMPORTACIÓN A PARTIR DE 1969 REVELA QUE ÉSTOS SE HAN INCREMENTADO EN FORMA CONSIDERABLE EN LOS AÑOS SIGUIENTES (EXCEPTO EN 1971), PERO DE ALLÍ EN ADELANTE HA CRECIDO LA IMPORTACIÓN EN UNA FORMA CASI LINEAL, Y LIGERAMENTE MAYOR EN 1974. ESTO MUESTRA QUE HA HABIDO UN INCREMENTO EN LA DEMANDA DE CAOLINES DE MEJOR CALIDAD QUE LA DE LOS EXISTENTES EN MÉXICO, Y QUE EXISTE UNA TENDENCIA A AUMENTAR AÚN MÁS EL VOLUMEN DE IMPORTACIÓN, COMO SE PUEDE APRECIAR EN LA TABLA I Y EN LA GRÁFICA No. 1.

TABLA I.-

AÑO	IMPORTACIÓN (Ton)	(MILES DE PESOS)
1969	20 326.85	13 333.65
1970	23 316.64	16 693.88
1971	23 228.13	16 864.37
1972	28 979.83	22 592.41
1973	34 569.49	26 158.80
1974	41 026.81	

AÚN CUANDO LOS VOLÚMENES DE EXPORTACIÓN SE HAN INCREMENTADO A ÚLTIMAS FECHAS, EXCEPTO EN 1971 EN EL QUE HUBO UN DECREMENTO -- CONSIDERABLE, COMO SE OBSERVA EN LA GRÁFICA No.2, ESTOS NO SE COMPARAN CON LOS VOLÚMENES DE IMPORTACIÓN, COMO SE PUEDE APRECIAR EN LA TABLA II, YA QUE SE IMPORTAN APROXIMADAMENTE UNAS 135 VECES EL VOLUMEN DE EXPORTACIÓN.

TABLA II.-

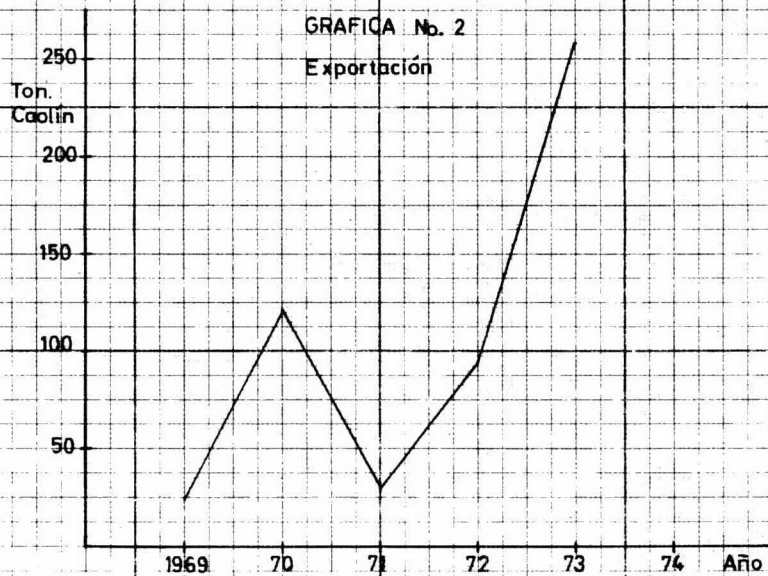
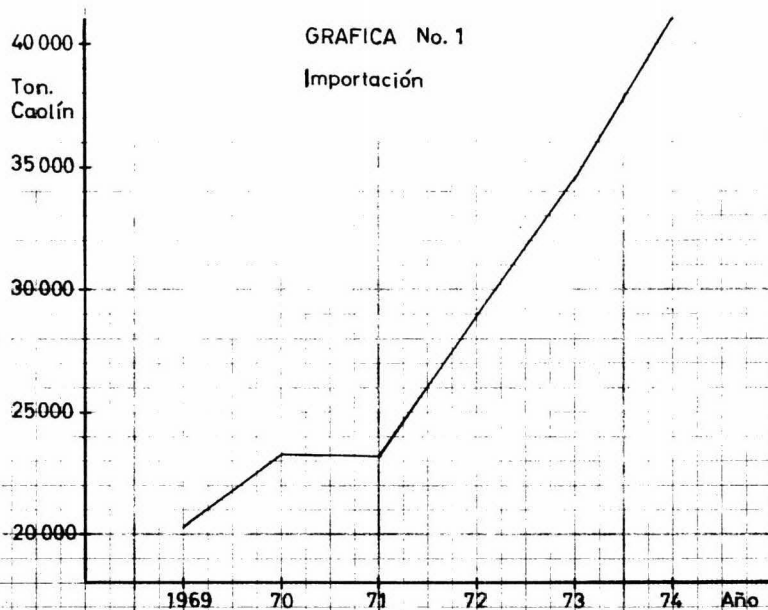
AÑO	EXPORTACIÓN (Ton)	(MILES DE PESOS)
1969	23.34	21.20
1970	120.93	51.08
1971	29.63	46.42
1972	94.09	76.48
1973	258.70	238.38

ANALIZANDO ESTA SITUACIÓN SE ESTABLECE UNA DE LAS JUSTIFICACIONES PARA LLEVAR A CABO UN DESARROLLO EXPERIMENTAL PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS CAOLINES.

PRODUCCIÓN Y CONSUMO APARENTE.-

LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE CAOLINES EN LOS AÑOS DE 1969 A 1972 SUFRIÓ UN DECREMENTO NOTABLE, COMO SE APRECIA EN LA GRÁFICA No.3, REESTABILIZÁNDOSE EN LOS AÑOS DE 1973 Y 1974; ALCANZANDO NUEVAMENTE LA MAGNITUD PRODUCIDA EN 1969; COMO SE MUESTRA EN LA TABLA III.

EL CONSUMO APARENTE, ASÍ COMO LA PRODUCCIÓN NACIONAL, TAMBIÉN SUFRIÓ UN DECREMENTO (AUNQUE NO TAN MARCADO), EN LOS AÑOS DE --



1969 A 1971, REESTABILIZÁNDOSE EN LOS AÑOS DE 1972 Y 1973, COMO - SE APRECIA EN LA GRÁFICA No.4, ALCANZANDO UN VOLUMEN MAYOR QUE EL CONSUMO DE 1969, COMO SE MUESTRA EN LA TABLA III.

TABLA III.-

AÑO	PRODUCCIÓN (TON)	CONSUMO AP. (TON)
1969	89 732.0	110 035.7
1970	78 548.0	101 744.0
1971	72 587.0	95 785.4
1972	71 891.0	100 777.0
1973	94 364.0	128 675.3
1974	93 372.0	

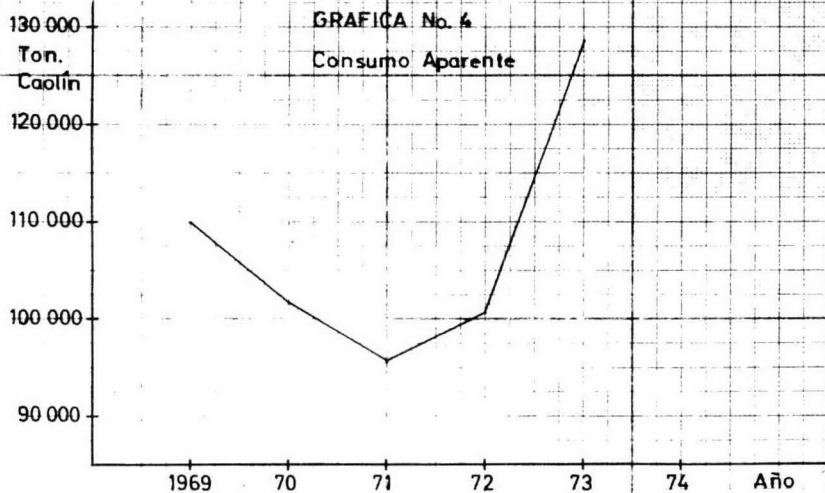
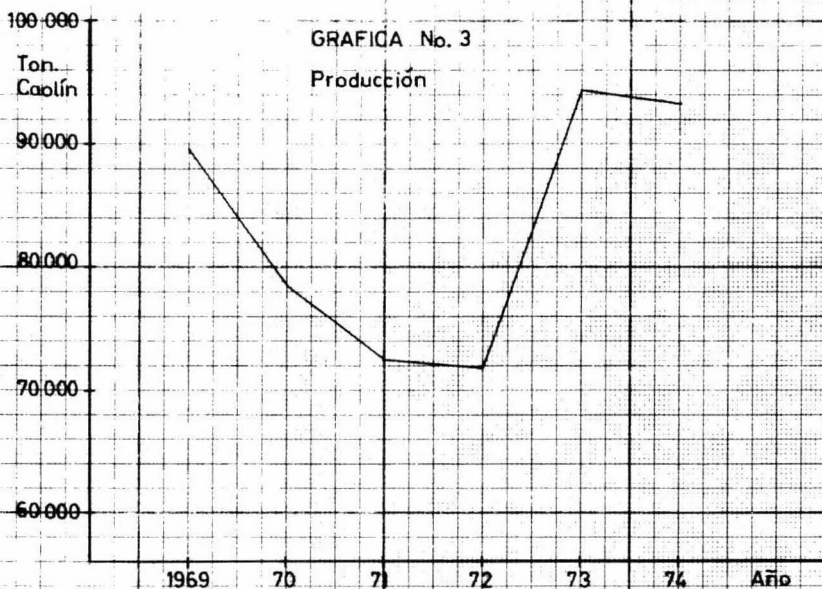
COMPARANDO LA PRODUCCIÓN, EL CONSUMO APARENTE Y LAS IMPORTACIONES, SE OBSERVA QUE MIENTRAS LA PRODUCCIÓN Y EL CONSUMO APARENTE TUVIERON DESCENSOS NOTABLES, LAS IMPORTACIONES SE MANTUVIERON ESTABLES Y EN FORMA ASCENDENTE, Y QUE EL PORCENTAJE QUE REPRESENTA EL VOLUMEN DE IMPORTACIÓN CON RESPECTO AL CONSUMO APARENTE AUMENTA CADA AÑO COMO SE MUESTRA EN LA TABLA IV.

TABLA IV.-

AÑO	IMPORT./CONSUMO AP.(%)
1969	18.47
1970	22.92
1971	24.25
1972	28.75
1973	31.89

ESTO QUIERE DECIR QUE EXISTEN NUMEROSAS INDUSTRIAS QUE RE -- QUIEREN DE CAOLINES DE MEJOR CALIDAD, (COMO EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA, CERÁMICA, PAPEL, PIGMENTOS, ETC.), QUE HAN AUMENTADO SU PRODUCCIÓN, Y QUE HAN SURGIDO NUEVOS PRODUCTOS TALES COMO LOS LADRILLOS REFRACTARIOS Y PORCELANAS FINAS QUE TAMBIÉN REQUIEREN - DE UNA MEJOR CALIDAD EN LOS CAOLINES.

DE AQUÍ SURGE, NUEVAMENTE, LA NECESIDAD DE DESARROLLAR UN --



PROCESO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS CAOLINES Y DISMINUIR EL VO
LUMEN DE IMPORTACIÓN, QUE YA EN EL AÑO DE 1973 REPRESENTA UNA TER
CERA PARTE DEL CONSUMO APARENTE NACIONAL, ASÍ COMO AUMENTAR EL VO
LUMEN DE EXPORTACIÓN QUE HASTA LA FECHA NO ES SIGNIFICATIVO, YA -
QUE EN 1973 REPRESENTÓ SOLAMENTE EL 0.27 % DE LA PRODUCCIÓN NACIO
NAL.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. (ZONAS CAOLINÍFERAS).-

EN MÉXICO SE CUENTA CON YACIMIENTOS DE CAOLÍN DISTRIBUIDOS -
EN VARIOS ESTADOS DE LA REPÚBLICA, SIENDO LOS MÁS IMPORTANTES EN
CUANTO A SU CAPACIDAD LOS ESTADOS DE GUANAJUATO, HIDALGO, QUERÉTA
RO, PUEBLA Y MORELOS. ESTOS ESTADOS TIENEN UNA CAPACIDAD POTEN --
CIAL LO SUFICIENTEMENTE GRANDE PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN NACIO-
NAL.

LAS PRINCIPALES ZONAS CAOLINÍFERAS SE DETALLAN EN LA TABLA -
V , Y UNA LOCALIZACIÓN AÚN MÁS DETALLADA SE DESCRIBE A CONTINUA-
CIÓN, ENUMERANDO LOS MUNICIPIOS DE LOS ESTADOS MÁS IMPORTANTES, -
HACIENDO UNA RELACIÓN ENTRE LA SUPERFICIE MINERA TOTAL DEL MUNICI
PIO Y EL PORCENTAJE DE SUPERFICIE MINERA QUE CONTIENE CAOLÍN.

TABLA V .- DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE CAOLÍN EN
LA REPÚBLICA MEXICANA.

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

TABLA V (CONT.)-.

CUAUTLA	MORELOS
AYALA	MORELOS
STA. MARÍA CHIMALAYA	OAXACA
CADEREYTA	QUERÉTARO

MUNICIPIOS CAOLINÍFEROS EN LOS TRES ESTADOS PRINCIPALES.-

ESTADO DE GUANAJUATO

MUNICIPIO	SUP. MINERA DE CAOLÍN (HA)	SUP. MINERA TOTAL (HA)	%
COMONFORT	1368.00	1669.00	82.00
GUANAJUATO	66.00	7989.69	0.83
OCAMPO	9.00	18.00	50.00
SAN FELIPE	16.00	2677.56	0.60
SAN JOSÉ ITURBIDE	353.00	4121.50	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

MUNICIPIO	SUP. MINERA DE CAOLÍN (HA)	SUP. MINERA TOTAL (HA)	%
AGUA BLANCA ITURBIDE	538.15	538.15	100.00
CUAUTEPEC	202.64	544.58	37.21
FCO. I. MADERO	14.00	42.00	33.33
MEZTITLÁN	60.00	60.00	100.00
PACHUCA	54.00	4107.98	1.31
SINGUILUCAN	21.00	21.00	100.00
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	8726.49	0.10

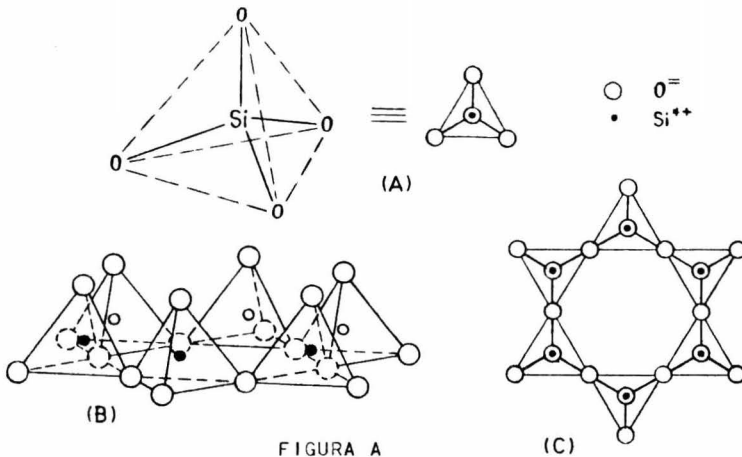
TABLA V. (CONT.).-
 ESTADO DE QUERÉTARO

MUNICIPIO	SUP. MINERA DE	SUP. MINERA	%
	CAOLÍN (HA)	TOTAL (HA)	
AMEALCO	12.00	12.00	100.00
CADEREYTA	346.00	8336.68	4.15
EZEQUIEL MONTES	200.00	416.67	48.00
TEQUISQUIAPAN	234.71	685.71	34.52

CAPITULO IV ESTRUCTURA

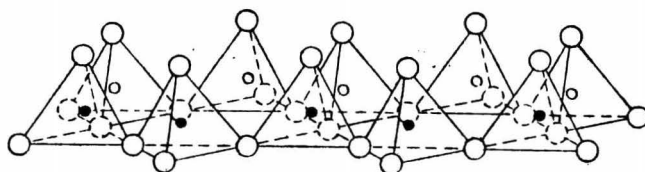
DE ACUERDO A LOS ESTUDIOS CON RAYOS X, LOS MINERALES DE CAOLÍN TIENEN REDES CRISTALINAS DE DOS CAPAS, O ESTRUCTURA 1:1; ESTO ES, UNA LÁMINA DE SÍLICE TETRAÉDRICA Y UNA LÁMINA OCTAEDRAL DE -- ALÚMINA-GIBSITA, COMBINADAS ENTRE SÍ EN UNA SOLA UNIDAD.

LA UNIDAD FUNDAMENTAL DE LA CAOLINITA CONSTA DE DOS UNIDADES ESTRUCTURALES. LA PRIMERA UNIDAD ESTÁ CONSTITUÍDA POR TETRAEDROS DE SILICIO. CADA TETRAEDRO TIENE UN ÁTOMO DE SILICIO EN LA POSI-- CIÓN CENTRAL, EL CUAL EQUIDISTA DE CUATRO ÁTOMOS DE OXÍGENO, NECESARIOS PARA BALANCEAR LA ESTRUCTURA (FIG. A, (A)). LA DISTANCIA OXÍGENO-SILICIO ES DE 1.6 Å Y LA DISTANCIA OXÍGENO-OXÍGENO ES DE 2.7 Å. LA MAYORÍA DE LOS CATIONES SON DEMASIADO GRANDES PARA REEM PLAZAR EL SILICIO DE LOS TETRAEDROS, AUNQUE EL ALUMINIO TIENE UN UN TAMAÑO TAL, RELATIVO AL OXÍGENO, QUE PUEDE ENTRAR EN HUECOS -- TETRAÉDRICOS.

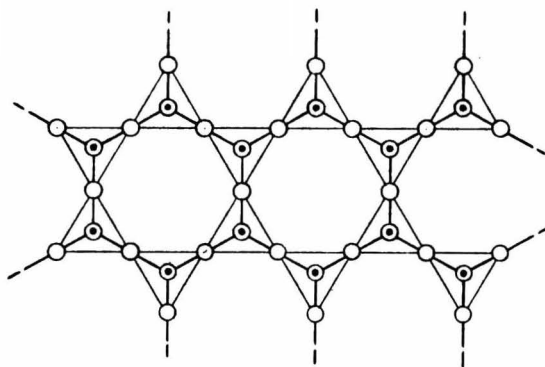


- A) UNIDAD TETRAEDRAL DE SiO_4
- B) GRUPO DE SEIS TETRAEDROS ARREGLADOS FORMANDO UN HEXÁGONO
- C) PROYECCIÓN DEL HEXÁGONO EN EL PLANO

LOS TETRAEDROS DEL SILICIO COMPARTEN TRES DE SUS VÉRTICES EN TRE SÍ, QUEDANDO UN IÓN OXÍGENO DISPONIBLE PARA FORMAR ENLACES, Y ESTÁN ARREGLADOS EN TAL FORMA QUE SUS CÚSPIDES APUNTAN EN UNA SO- LA DIRECCIÓN, Y SUS BASES SE ENCUENTRAN EN UN MISMO PLANO (FIG. A, (B) Y (C)). LOS GRUPOS DE TETRAEDROS ESTÁN ACOMODADOS EN FOR- MA DE RED HEXAGONAL, LA CUAL ES REPETIDA INDEFINIDAMENTE HASTA FOR- MAR UNA LÁMINA DE COMPOSICIÓN $\text{Si}_4\text{O}_6(\text{OH})_4$. (FIG. B). EN EL CENTRO DE CADA HEXÁGONO HAY UN HIDROXILO, EN EL MISMO PLANO DE LOS OXÍGE- NOS DE LAS CÚSPIDES; DICHS HIDROXILOS PERTENECEN A LA OTRA CAPA DE LA ESTRUCTURA.



(A)



(B)

FIGURA B

- A) DOS HEXÁGONOS DE TETRAEDROS DE SiO_4 EN PERSPECTIVA
 B) PORCIÓN DE UNA LÁMINA DE SÍLICE TETRAÉDRICA (PROYECCIÓN EN EL PLANO)

LA SEGUNDA UNIDAD ESTRUCTURAL ESTÁ FORMADA POR ÁTOMOS DE ALUMINIO OCTAÉDRICAMENTE COORDINADOS POR DOS OXÍGENOS Y UN HIDROXILO POR ABAJO, Y POR TRES HIDROXILOS POR ARRIBA. EL ÁTOMO CENTRAL DE ALUMINIO, QUE PUEDE ESTAR SUSTITUIDO POR FIERRO O MAGNESIO, ESTÁ FIJO EN COORDINACIÓN OCTAEDRAL DE TAL MANERA QUE EQUIDISTA APROXIMADAMENTE DE LOS SEIS OXÍGENOS O HIDROXILOS (FIG. C, (A)).

LAS DISTANCIAS OH - OH SON DE $2.94 \text{ \AA}$. LAS DISTANCIAS AL - O O AL - OH SON DE $2.08 \text{ \AA}$, Y EL HUECO OCTAEDRAL TIENE UN RADIO MÍNIMO DE $0.70 \text{ \AA}$. LA DIMENSIÓN DE LA UNIDAD ES DE $5.05 \text{ \AA}$ EN LAS ESTRUCTURAS DE ESTAS ARCILLAS.

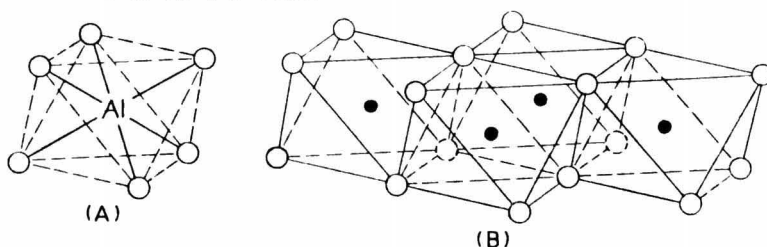
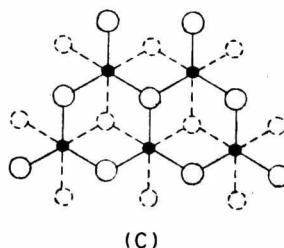


FIGURA 2

- A) UNIDAD OCTAEDRAL SIMPLE
- B) ESTRUCTURA PLANAR DE LAS UNIDADES OCTAEDRALES
- C) PROYECCIÓN EN EL PLANO DE UNA PORCIÓN DE LÁMINA OCTAEDRAL (SÓLO SE INDICAN LOS ENLACES)



CUANDO EL ALUMINIO ESTÁ PRESENTE, LA ESTRUCTURA ES UNA ESTRUCTURA DE GIBSITA, CUYA FÓRMULA ES $\text{Al}_2(\text{OH})_6$. CUANDO EL MAGNESIO ESTÁ PRESENTE, LA ESTRUCTURA ES LA DE LA BRUCITA Y TIENE LA FÓRMULA $\text{Mg}(\text{OH})_6$.

LAS UNIDADES OCTAEDRALES ESTÁN ACOMODADAS DE TAL FORMA QUE, EN CONJUNTO, DAN COMO RESULTADO UNA ESTRUCTURA PLANAR (FIG. C, - (B) Y (C)). LOS ÁTOMOS DE OXÍGENO Y LOS HIDROXILOS ESTÁN DISPUESTOS EN DOS CAPAS PARALELAS, UNA DE LAS CUALES ESTÁ COMPUESTA EXCLU-

SIVAMENTE POR HIDROXILOS, MIENTRAS QUE LA OTRA CONTIENE TANTO oxí GENOS COMO HIDROXILOS Y ES COMÚN A LAS DOS LÁMINAS DEL MINERAL.

LA ESTRUCTURA FUNDAMENTAL DE LA CAOLINITA ESTÁ CONSTITUIDA - POR UNA SOLA LÁMINA TETRAEDRAL DE SILICIO Y UNA SOLA LÁMINA DE -- ALÚMINA OCTAEDRAL, COMBINADAS ENTRE SÍ EN UNA SOLA UNIDAD, DE TAL FORMA QUE LAS CÚSPIDES DE LOS TETRAEDROS DE SÍLICE Y UNA DE LAS - CAPAS DE LA LÁMINA OCTAEDRAL, FORMAN UNA CAPA COMÚN (FIG. D). - EN LA MEDIDA EN QUE SE MANTIENE LA ELECTRONEUTRALIDAD, MEDIANTE - EL AJUSTE DEL NÚMERO Y/O CARGAS DE LOS CATIONES, LA ESTRUCTURA -- PERMANECE PERFECTAMENTE ESTABLE.

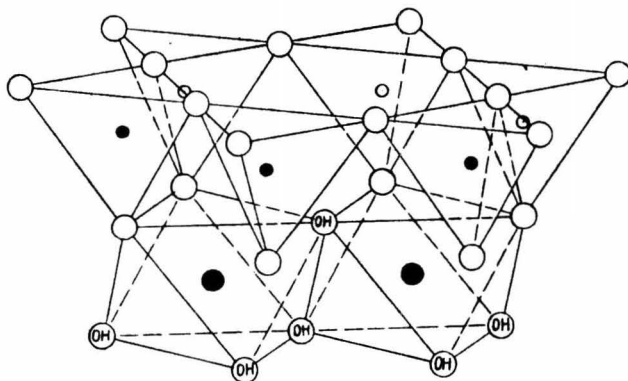
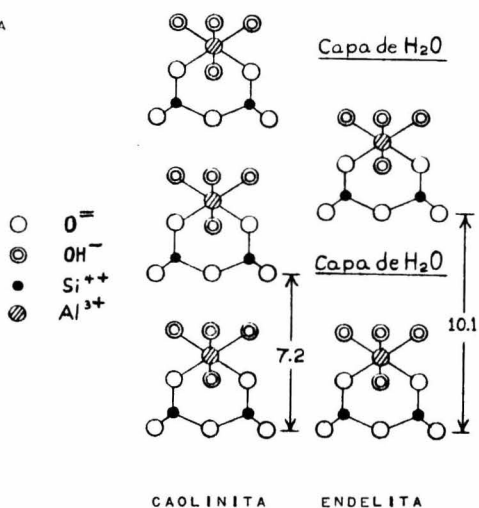


FIGURA D

DIAGRAMA DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE CAOLINITA, SEGÚN GRUNER (1932)

EN EL MINERAL, LAS DIVERSAS LÁMINAS DE ESTRUCTURA 1:1 SE ENCUENTRAN SUPERPUESITAS ENTRE SÍ EN CAPAS (FIG. E). EN LA CAOLINITA, LA DISTANCIA DE LA BASE DE UNA CAPA A LA BASE DE LA CAPA SUBSIGUIENTE, ES DE 7.2 Å; SU FÓRMULA GENERAL POR CELDILLA UNITARIA ES: $(OH)_8Al_4Si_4O_{10}$. EN LA ENDELITA, LAS LÁMINAS DEL MINERAL SE ALTERNAN CON CAPAS DE AGUA, SIENDO LA DISTANCIA DE BASE A BASE DE 10.1 Å, Y SU FÓRMULA GENERAL ES: $(OH)_8Al_4Si_4O_{10}(4H_2O)$.

FIGURA E
REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA
DE LA SUCESIÓN DE CAPAS
EN LA CAOLINITA Y EN
LA ENDELITA



LA LÁMINA DE CAOLINITA PRESENTA TENDENCIA A CURVARSE DEBIDO A SU ASIMETRÍA. LAS LÁMINAS ADYACENTES SE MANTIENEN UNIDAS EXCLUSIVAMENTE POR FUERZAS DE VAN DER WAALS. ESTO EXPLICA LA MARCADA AVERSIÓN DEL CAOLÍN A FORMAR CRISTALES GRANDES.

TIPOS DE ENLACE.-

LOS ENLACES ENTRE LOS ÁTOMOS QUE CONSTITUYEN EL CAOLÍN, SON APROXIMADAMENTE MITAD IÓNICOS Y MITAD COVALENTES, COMO SE MUESTRA EN LA TABLA VI.

TABLA VI.-

ENLACE	DIFERENCIA DE ELECTRONEGATIVIDADES	% DE CARÁCTER IÓNICO (PAULING)
O - Si	1.7	50
O - Al	2.0	63
O - Fe	1.7	50

NÚMERO DE VECINOS MÁS CERCANOS Y RADIOS IÓNICOS.-

AUNQUE LOS ENLACES PRESENTES EN LA ESTRUCTURA NO SON MARCADAMENTE IÓNICOS, LOS RADIOS IÓNICOS QUE REPORTA LA LITERATURA DAN UNA APROXIMACIÓN MUY CERCANA A LAS DISTANCIAS INTERATÓMICAS REALES.

EN BASE A LAS DISTANCIAS INTERATÓMICAS Y POR INSPECCIÓN DE LA ESTRUCTURA (FIG. D), SE PUEDE ESTABLECER EL NÚMERO DE COORDINACIÓN O NÚMERO DE VECINOS MÁS CERCANOS, DE LOS DIVERSOS IONES. LOS IONES OXÍGENO DE LA BASE DE LOS TETRAEDROS TIENEN UN NÚMERO DE -- COORDINACIÓN DE DOS; CADA UNO COORDINA CON DOS ÁTOMOS DE SILICIO. LOS OXÍGENOS DE LAS CÚSPIDES COORDINAN CON UN ÁTOMO DE SILICIO -- POR ARRIBA Y CON TRES ÁTOMOS DE ALUMINIO POR ABAJO; SU NÚMERO DE COORDINACIÓN ES DE CUATRO. LOS HIDROXILOS COORDINAN CON TRES ÁTOMOS DE ALUMINIO CADA UNO. LA TABLA VII MUESTRA EL NÚMERO DE COORDINACIÓN Y EL RADIO IÓNICO DE CADA IÓN.

TABLA VII.-

IÓN	No. DE COORDINACIÓN	RADIO IÓNICO EN Å (SEGÚN SHANNON Y PREWITT)
AL (III)	6	0.53
Si (IV)	4	0.26
O ⁻²	2	1.35
	4	1.38
OH ⁻	3	0.98
Fe (III)	6	0.65
Fe (II)	6	0.78

SE CONSTRUYERON MODELOS A ESCALA DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES DE SÍLICE Y DE ALÚMINA, Y DE LA CAPA DE LA CAOLINITA EN SU TOTALIDAD, CON EL FÍN DE VISUALIZAR DE UNA MANERA MÁS REAL SU FORMA; TODOS ELLOS FUERON DONADOS AL DEPARTAMENTO DE QUÍMICA INORGÁNICA DE LA FACULTAD.

CAPITULO V

TESIS

EXISTEN DIVERSOS MÉTODOS PARA EXTRAER FIERRO DEL CAOLÍN, LOS CUALES SE PUEDEN CLASIFICAR EN MÉTODOS QUÍMICOS Y MÉTODOS FÍSICOS.

LOS MÉTODOS QUÍMICOS EXTRAEN FIERRO, TANTO ESTRUCTURAL COMO EL QUE ACOMPAÑA AL CAOLÍN COMO IMPUREZA EN FORMA MINERAL. LOS REACTIVOS USADOS, COMO SON EL HCL, EN ALTAS CONCENTRACIONES Y EN CALIENTE, Y EL HF, TANTO EN FRÍO COMO EN CALIENTE, TIENEN LA DESVENTAJA DE ATACAR LA ESTRUCTURA DEL CAOLÍN, DESTRUYÉNDOLO.

DENTRO DE LOS PROCESOS FÍSICOS, SE ENCUENTRAN LOS DE CENTRIFUGACIÓN, FLOTACIÓN Y SEPARACIÓN MAGNÉTICA. ESTOS PROCESOS ELIMINAN EXCLUSIVAMENTE LAS IMPUREZAS DE FIERRO QUE ACOMPAÑAN AL CAOLÍN EN FORMA MINERAL, Y NO TIENEN EFECTO SOBRE EL FIERRO ESTRUCTURAL. CUMPLEN ENTONCES CON EL OBJETIVO DE ELIMINACIÓN SÓLO EN FORMA PARCIAL. SURGE ASÍ LA NECESIDAD DE DESARROLLAR UN PROCESO QUE ELIMINE AMBOS TIPOS DE FIERRO EN UN GRADO SATISFACTORIO Y QUE NO DESTROYA LA ARCILLA.

BASÁNDOSE EN EL ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA DEL CAOLÍN, SE OBSERVA QUE EL ÁTOMO DE Fe (III), CUYO RADIO IÓNICO ES DE 0.65 Å, QUEDA RODEADO ESTRECHAMENTE POR SUS ÁTOMOS VECINOS EN UN HUECO OCTAEDRAL CON UN RADIO MÍNIMO DE 0.70 Å; ESTO DIÓ LAS BASES PARA PENSAR EN LA POSIBILIDAD DE QUE AL AUMENTAR EL RADIO DEL IÓN A 0.78 Å POR UNA REDUCCIÓN A Fe (II), SE LLEGARÍA A FRACTURAR LA ESTRUCTURA EN ESOS PUNTOS, PERMITIENDO LA LIBERACIÓN DEL IÓN. A ESTE EFECTO SE AÑADE LA DISMINUCIÓN EN LA CARGA NUCLEAR EFECTIVA DEL IÓN FIERRO, LO CUAL DISMINUYE SU PODER DE ATRACCIÓN SOBRE SUS VECINOS.

PRIMERO SE ESCOGIÓ AL HIDROSULFITO DE SODIO COMO EL REDUCTOR ADECUADO, EN BASE A SU DOBLE PODER REDUCTOR; CON ÉL FUERON HECHAS LAS PRUEBAS INICIALES A NIVEL LABORATORIO, PERO CONSIDERANDO QUE ESTE PRODUCTO A NIVEL INDUSTRIAL TIENE UN ALTO COSTO, SE PROCEDIÓ A HACER LAS PRUEBAS, TAMBIÉN A NIVEL LABORATORIO, CON DIÓXIDO DE AZUFRE COMO REDUCTOR.

CAPITULO VI

METODOS DE ANALISIS

ANTES DE INICIAR LA EXPERIMENTACIÓN, ES CONVENIENTE HACER UNA REVISIÓN DE LOS MÉTODOS ANALÍTICOS EXISTENTES, TANTO FÍSICOS - COMO QUÍMICOS QUE PUEDEN NECESITARSE DURANTE EL DESARROLLO DE ESTA EXPERIMENTACIÓN, Y QUE SE ENCUENTRAN RELACIONADOS CON LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS QUE DEBE TENER EL CAOLÍN DE ACUERDO - CON SUS ESPECIFICACIONES.

LA MAYORÍA DE LAS APLICACIONES INDUSTRIALES DE LAS ARCILLAS Y DE LOS MINERALES ARCILLOSOS, DEPENDEN DE UNA SERIE DE PROPIEDADES FÍSICAS Y DE SUPERFICIE, QUE SON RELATIVAMENTE INDEPENDIENTES DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA EXACTA. PARA ESTOS USOS, UN ANÁLISIS -- QUÍMICO RARAMENTE ES DE INTERÉS Y UN ANÁLISIS MÍNIMO ES SUFICIENTE PARA CONFIRMAR LA IDENTIDAD MINERALÓGICA, UNIFORMIDAD DE COMPOSICIÓN, E IDENTIFICAR LOS CONSTITUYENTES PRINCIPALES.

LAS ARCILLAS USADAS EN COSMÉTICOS, FÁRMACOS, ALIMENTOS Y RECUBRIMIENTOS DE ENVOLTURAS PARA PROTECCIÓN DE ALIMENTOS, ESTAN SUJETOS A ESTRUCTURA LIMITACIÓN EN EL CONTENIDO DE METALES PESADOS, - LOS CUALES SON VENENOS ACUMULATIVOS. TODAS LAS ARCILLAS USADAS EN ESTAS O EN SIMILARES INDUSTRIAS, DEBEN ANALIZARSE EN EL CONTENIDO DE TRAZAS DE ELEMENTOS INDESEABLES, EN EL RANGO DE LAS PARTES POR MILLÓN, AUNQUE NO SE REQUIERE UN ANÁLISIS QUÍMICO COMPLETO.

LAS MISMAS CONSIDERACIONES SE EXTIENDEN AL USO DE ARCILLAS - COMO CATALIZADORES O COMO MATERIA PRIMA PARA SU FABRICACIÓN; DEBEN ESTAR LIBRES DE ELEMENTOS QUE SEAN VENENOS PARA LOS CATALIZADORES. A ESTE RESPECTO ES IMPORTANTE LA PRESENCIA DE VANADIO, NIQUEL, COBRE Y FIERRO, ASÍ COMO LA DE MUCHOS DE LOS SULFUROS.

LAS PRUEBAS FÍSICAS PRELIMINARES PARA UNA IDENTIFICACIÓN INCLUYEN INSPECCIÓN VISUAL Y OBSERVACIÓN DEL COLOR, ESTRUCTURA Y -- TEXTURA, DUREZA, PLASTICIDAD, TAMAÑO DE GRANO, CONTRACCIÓN EN EL SECADO Y/O COCIDO, Y POROSIDAD.

LA DIFRACCIÓN DE RAYOS X, ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL, MICROSCOPIA ELECTRÓNICA Y PRUEBAS QUÍMICAS CUALITATIVAS, SE USAN -

PARA DISTINGUIR ENTRE ARCILLAS Y NO ARCILLAS, Y PARA ESTIMAR LA CANTIDAD Y TIPO DE LAS IMPUREZAS NO ARCILLOSAS.

EXISTEN VARIOS MÉTODOS DE ANÁLISIS, TANTO FÍSICOS COMO QUÍMICOS, QUE SON BASTANTE SENCILLOS, QUE RELATIVAMENTE NO REQUIEREN DE EQUIPO Y MATERIALES COSTOSOS, Y QUE SON LO SUFICIENTEMENTE PRECISOS Y SE AJUSTAN A LOS RANGOS DE CONCENTRACIONES REQUERIDOS POR LAS DISTINTAS ESPECIFICACIONES DE CAOLINES SEGÚN SU APLICACIÓN INDUSTRIAL, INCLUYENDO LAS DEL CAMPO DE LOS FÁRMACOS, SIENDO ESTAS ÚLTIMAS LAS MÁS RIGUROSAS.

ES DE MENCIONARSE QUE ALGUNOS DE ESTOS MÉTODOS SON LOS APROBADOS POR LA DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS DE LA SECRETARÍA DE INDUSTRIA Y COMERCIO COMO MÉTODOS OFICIALES DE ANÁLISIS, Y QUE SON LOS QUE AÚN SE ENCUENTRAN VIGENTES.

DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS SOLUBLES EN ÁCIDO CLORHÍDRICO EN CAOLINES (DGN. K-117-1965).-

ESTE MÉTODO APROVECHA LAS PROPIEDADES DISOLVENTES DEL ÁCIDO CLORHÍDRICO SOBRE ALGUNAS SUSTANCIAS A LA TEMPERATURA DE EBULlicIÓN, Y ES VÁLIDO PARA LA DETERMINACIÓN DE CUALQUIER CANTIDAD DE SUSTANCIAS SOLUBLES EN ÁCIDO CLORHÍDRICO.

EN UN MATRAZ CON BOCA ESMERILADA, DE 250 ML, EQUIPADO CON UN REFRIGERANTE EN POSICIÓN DE REFLUJO, SE TRANSFIEREN 2 G DE MUESTRA LIBRES DE HUMEDAD Y 100 ML DE ÁCIDO CLORHÍDRICO 0.5 N. SE CALIENTA A REFLUJO DURANTE 5 MINUTOS, SE ENFRÍA A 20 °C, Y SE FILTRA A TRAVÉS DE UN PAPEL FILTRO. LOS PRIMEROS 20 ML SE DESECHAN Y DEL FILTRADO QUE FLUYA DESPUÉS SE TOMAN 50 ML, SE EVAPORA HASTA SEQUEDAD EN UN CRISOL DE PORCELANA EN BAÑO MARÍA, SE CALCINA Y SE PESA.

RESULTADOS:

EL PESO DEL RESIDUO MULTIPLICADO POR MIL DA DIRECTAMENTE LOS MG/G DE SUSTANCIA SOLUBLE.

DETERMINACIÓN DE FIERRO SOLUBLE EN ÁCIDO (COMO Fe_2O_3) EN POLVOS (DGN. K-174-1965).-

ESTE MÉTODO SE BASA EN LA FORMACIÓN Y CALCINACIÓN DE UN PRE-

CIPITADO DE HIDRÓXIDO DE FIERRO, Y ES VÁLIDO PARA CONTENIDO DE -- FIERRO SOLUBLE EN POLVOS.

SE PESA UNA MUESTRA DE 5 G Y SE PASA A UN VASO DE 250 ML, SE ADICIONAN 50 ML DE ÁCIDO CLORHÍDRICO 0.5 N CON UNA BURETA, SE CUBRE EL VASO CON UN VIDRIO DE RELOJ Y SE DIGIERE EL CONTENIDO EN UN BAÑO MARÍA DURANTE MEDIA HORA. SE FILTRA LA SOLUCIÓN A TRAVÉS DE UN CRISOL DE GOOCH TARADO, SE LAVA EL RESIDUO CUIDADOSAMENTE CON AGUA Y SE SECA.

SE AGREGA AL FILTRADO UNAS GOTAS DE ANARANJADO DE METILO COMO INDICADOR, SE HACE LA SOLUCIÓN MARCADAMENTE AMONIACAL POR LA ADICIÓN DE HIDRÓXIDO DE AMONIO CONCENTRADO Y SE PONE EN BAÑO MARÍA DURANTE MEDIA HORA. SE FILTRA A TRAVÉS DE PAPEL FILTRO Y SE LAVA EL PRECIPITADO CON AGUA CALIENTE. SE PASA EL FILTRO JUNTO CON EL PRECIPITADO A UN CRISOL DE PORCELANA TARADO, SE CALIENTA SUAVEMENTE AL PRINCIPIO SOBRE FLAMA BAJA Y FINALMENTE SE AUMENTA EL CALOR A TODA LA FLAMA DEL MECHERO DE GAS, HASTA IGNICIÓN Y PESO CONSTANTE. SE ENFRÍA EN UN DESECADOR Y SE PESA COMO R_2O_3 .

$$\frac{\text{PESO DEL PPDO.} \times 100}{\text{PESO DE LA MUESTRA}} = \% R_2O_3 \quad (Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2)$$

SI EL PORCENTAJE DE R_2O_3 ES MAYOR DE 0.75 % EL PRECIPITADO SE PURIFICA TRATÁNDOLO EN UN CRISOL CON 3 ML DE ÁCIDO CLORHÍDRICO CONCENTRADO Y 1 ML DE ÁCIDO NÍTRICO CONCENTRADO. SE CALIENTA EN BAÑO MARÍA HASTA QUE EL PRECIPITADO ESTÉ COMPLETAMENTE DISUELTO. SE TRANSFIERE LA SOLUCIÓN A UN VASO DE 250 ML CON LA AYUDA DE UN PEQUEÑO VOLUMEN DE AGUA. LA SOLUCIÓN FINAL DEBE TENER UN VOLUMEN DE 25 A 30 ML. SE AGREGAN 10 ML DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO AL 33.3 % Y SE CALIENTA LA SOLUCIÓN A EBULLICIÓN.

SE DILUYE A 150 ML CON AGUA CALIENTE Y SE DEJA ASENTAR EL PRECIPITADO. SE FILTRA A TRAVÉS DE PAPEL FILTRO Y SE LAVA EL PRECIPITADO CUIDADOSAMENTE CON AGUA CALIENTE. SE TRANSFIERE EL PAPEL CON EL PRECIPITADO A UN CRISOL DE PORCELANA TARADO. SE SECA Y SE CALCINA HASTA IGNICIÓN Y PESO CONSTANTE. SE ENFRÍA EN UN DESECADOR Y SE PESA COMO ÓXIDO FÉRRICO.

SI EL ÓXIDO DE FIERRO PARECE ESTAR EN CONDICIÓN REDUCIDA, SE ADICIONAN UNA O DOS GOTAS DE ÁCIDO NÍTRICO CONCENTRADO, SE CALIEN

TA SUAVEMENTE A SEQUEZAD Y FINALMENTE A IGNICIÓN Y PESO CONSTANTE.

RESULTADOS:

$$\% \text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{P_1 \times 100}{P_2}$$

DONDE:

P_1 = PESO DEL ÓXIDO FÉRRICO EN GRAMOS

P_2 = PESO DE LA MUESTRA EN GRAMOS

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN (DGN. K-134-1965)

LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE UN POLVO DISPERSADO EN UN LÍQUIDO ESTÁ EN RELACIÓN DE SU TAMAÑO DE PARTÍCULAS Y SU PESO ESPECÍFICO, ASÍ COMO CON EL GRADO DE AGITACIÓN PROPORCIONADA. ESTE MÉTODO SE BASA EN LA DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE ASENTAMIENTO TOMANDO EN CUENTA LOS FACTORES ANTERIORES, Y ES VÁLIDO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN EN POLVOS FINOS NO SOLUBLES EN AGUA.

EQUIPO.- PROBETA DE 100 ML, DE 30 MM DE DIÁMETRO EXTERIOR, 24 MM DE DIÁMETRO INTERNO Y 180 MM DE ALTURA. MATERIAL COMÚN DE LABORATORIO.

EN LA PROBETA DE 100 ML SE COLOCAN 20 G DE MUESTRA LIBRE DE HUMEDAD, SE LE AGREGA AGUA DESTILADA HASTA COMPLETAR A 100 ML, SE AGITA ENÉRGICAMENTE DURANTE 2 MINUTOS, Y SE DEJA REPOSAR DURANTE 2 HORAS.

RESULTADOS:

SE HACEN OBSERVACIONES A LAS 2 Y A LAS 24 HORAS.

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE DE POLVOS FINOS (DGN. K-138-1965).-

ESTE MÉTODO SE BASA EN DETERMINAR EL VOLUMEN APARENTE DEL POLVO Y RELACIONARLO CON EL PESO DEL MISMO, Y ES VÁLIDO PARA DETERMINAR CUALQUIER VALOR DE LA DENSIDAD APARENTE.

EQUIPO.- CAJA DE GOLPEO, PROBETA GRADUADA DE 250 ML, TAMIZ CON MALLA No.60.

SE PESA UNA MUESTRA DE 40 G, SE CIERNE A TRAVÉS DEL TAMIZ --

POR MEDIO DE UN PINCEL Y SIN DERRAMARSE SE TRANSFIERE A LA PROBETA GRADUADA. SE TAPA LA PROBETA CON UN TAPÓN DE HULE Y SE INTRODUCE EN LA CAJA DE GOLPEO, SE LE DAN 50 GOLPES HACIENDO RECORRER A LA PROBETA LA DISTANCIA LIMITADA POR LAS DIMENSIONES DE LA CAJA. SE GOLPEA A INTERVALOS DE 2 SEGUNDOS HACIENDO USO DE UN CRONÓMETRO, SE SUBE LA PROBETA SIN AGITAR ENTRE UNO Y OTRO GOLPE.

SE LEE EL VOLUMEN OCUPADO POR LA MUESTRA, Y SE CONTINÚA ESTE PROCEDIMIENTO HASTA QUE EL VOLUMEN PERMANEZCA CONSTANTE.

RESULTADOS:

$$D_A = \frac{P}{V}$$

DONDE:

D_A = DENSIDAD APARENTE EN G/ML

P = PESO DE LA MUESTRA EN G

V = VOLUMEN APARENTE FINAL DE LA MUESTRA EN ML

DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN Y TAMAÑO DE PARTÍCULAS (DGN. K-141-1965).-

ESTE MÉTODO SE BASA EN EL HECHO DE QUE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE PARTÍCULAS DISPERSADAS EN UN LÍQUIDO ES PROPORCIONAL A SU PESO, VOLUMEN Y FORMA. ESTE MÉTODO ES APLICABLE A POLVOS FINOS INSOLUBLES EN EL AGUA COMO EL CAOLÍN, Y ES VÁLIDO PARA PARTÍCULAS CON UN DIÁMETRO ENTRE 0.5 Y 74 MICRAS.

DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS GRUESAS.- EN UNA PROBETA DE 100 ML SE COLOCAN 5 G DE MUESTRA SECA, SE LE AGREGAN 60 ML DE SOLUCIÓN DE - PIROFOSFATO TETRASÓDICO AL 3.5 % EN AGUA DESTILADA, SE MEZCLA Y - SE DEJA EN REPOSO DURANTE 5 MINUTOS. SE SACAN 50 ML DE ESTA DISPERSIÓN CON UNA PIPETA, INTRODUCIENDO LA PUNTA DE ELLA 5 CM ABAJO DEL NIVEL DEL LÍQUIDO. AL LÍQUIDO RESTANTE SE LE AGREGAN 50 ML DE AGUA DESTILADA, SE AGITA, SE DEJA EN REPOSO DURANTE 5 MINUTOS Y - SE VUELVEN A SACAR 50 ML DE LA MANERA ANTES DESCRITA. ESTA OPERACIÓN SE REPITE HASTA TENER UN VOLUMEN DE 400 ML.

EL LÍQUIDO QUE QUEDA EN LA PROBETA SE PASA A UNA CÁPSULA Y - SE EVAPORA EN BAÑO MARÍA CASI HASTA SEQUEDAD, DESPUÉS DE LO CUAL SE PAGA A LA ESTUFA A 105 °C Y SE SECA HASTA PESO CONSTANTE.

DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS MAYORES DE 10 MICRAS.— EN UNA PROBETA DE 1000 ML SE COLUCAN 20 G DE MUESTRA SECA, SE LE AGREGA AGUA HASTA APOCARAR A 1000 ML, SE AGITA FUERTEMENTE DURANTE 2 MINUTOS, Y SE DEJA EN REPOSO DURANTE 20 MINUTOS. CON UNA PIPETA SE SACAN 25 ML DEL LÍQUIDO INTRODUCIENDO LA PUNTA 10 CM ABAJO DEL NIVEL DEL LÍQUIDO, SE TRANSFIEREN A UN VASO DE PRECIPITADOS LIMPIO, SECO Y TARADO, Y SE PESA.

DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS MAYORES DE 3 MICRAS.— LA MUESTRA TOMADA EN EL ENSAYO ANTERIOR SE REGRESA A LA PROBETA, SE AGITA FUERTEMENTE DURANTE 2 MINUTOS Y SE DEJA EN REPOSO DURANTE 3 1/2 HORAS. CON UNA PIPETA SE EXTRAEN 25 ML DE SOLUCIÓN INTRODUCIENDO LA PUNTA DE ELLA 10 CM ABAJO DEL NIVEL DEL LÍQUIDO, SE PASAN A UN VASO DE PRECIPITADOS LIMPIO, SECO Y TARADO, Y SE PESA.

RESULTADOS:

PARTÍCULAS GRUESAS.— SE OBTIENE EL PESO DEL RESIDUO POR DIFERENCIA Y SE REPORTA EN MG.

PARTÍCULAS MAYORES DE 3 Y 10 MICRAS.— POR DIFERENCIA SE OBTIENE EL PESO TOTAL DEL LÍQUIDO Y A PARTIR DE ESTE SE SACA EL PESO POR ML, LOS RESULTADOS SE REPORTAN EN G/ML.

DETERMINACIÓN DE LA FINURA DE POLVOS POR MEDIO DEL TAMIZ No.80 M (No.200). (DGN. C-150-1973).—

FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA MALLA.— EL FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA MALLA ES LA DIFERENCIA ENTRE LA CANTIDAD DE RESIDUO INDICADO POR LA FINURA ESPECIFICADA DE LA MUESTRA PATRÓN (ESFERAS DE VIDRIO — CALIBRADAS No.1018 DEL NATIONAL BUREAU OF STANDARDS DE LOS ESTADOS UNIDOS), EXPRESADO COMO PORCENTAJE DEL PRIMER RESIDUO.

PROCEDIMIENTO.— SE PONE UNA MUESTRA DE POLVO DE 50 G EN EL TAMIZ CON LA CHAROLA COLOCADA Y PREVIAMENTE LIMPIOS. NO SE DEBEN USAR — RONDANAS, MUNICIONES O MONEDAS PARA AYUDAR AL TAMIZADO. SE SOSTIENE EL TAMIZ SIN TAPA CON AMBAS MANOS, Y SE TAMIZA CON UN MOVIMIENTO SUAVE DE LA MUÑECA HASTA QUE LA MAYOR PARTE DEL MATERIAL FINO HAYA PASADO A TRAVÉS DE LA MALLA, Y EL RESIDUO SE VEA LIBRE DE FINOS.

ESTA OPERACIÓN USUALMENTE REQUIERE SOLO DE 3 A 4 MINUTOS. SE COLOCA LA TAPA DEL TAMIZ Y SE RETIRA LA CHAROLA, SE GOLPEA SUAVEMENTE EL LADO DEL TAMIZ DE TAL FORMA QUE EL POLVO ADHERIDO SE SEPARE, Y LA PARTE INFERIOR DEL TAMIZ DEBE QUEDAR LIMPIA. SE VACÍA LA CHAROLA, SE LIMPIA COMPLETAMENTE CON UN PAÑO Y SE REEMPLAZA EN EL TAMIZ QUITANDO CUIDADOSAMENTE LA TAPA, SE REGRESA CUALQUIER MATERIAL GRUESO QUE SE HAYA ATRAPADO EN LA TAPA DURANTE EL GOLPEADO DEL TAMIZ. SE CONTINÚA EL TAMIZADO SIN LA TAPA DURANTE 5 O 10 MINUTOS DEPENDIENDO DE LA CONDICIÓN DEL POLVO.

EL MOVIMIENTO SUAVE NO PRESENTA PELIGRO QUE SE PROYECTEN PARTÍCULAS DEL RESIDUO, EL CUAL SE MANTIENE BIEN EXTENDIDO EN EL TAMIZ. SE REEMPLAZA LA TAPA Y SE CONTINÚA EL TAMIZADO.

SI EL TAMIZADO HA SIDO CORRECTO NO DEBE APRECIARSE POLVO EN EL RESIDUO NI ADHERIDO EN EL TAMIZ O EN LA CHAROLA.

RESULTADOS:

$$R_C = R_M (100 + C) / P$$

$$F = 100 - R_C$$

$$C = (R_P - R_T) (100) / R_T$$

DONDE:

F = FINURA DEL POLVO EXPRESADO COMO PORCENTAJE
CORREGIDO QUE PASÓ POR LA MALLA

R_C = RESIDUO CORREGIDO EN PORCIENTO

R_M = RESIDUO DE LA MUESTRA RETENIDO EN LA MALLA
EXPRESADO EN GRAMOS

C = FACTOR DE CORRECCIÓN EL CUAL PUEDE SER POSITIVO O NEGATIVO

R_P = RESIDUO STANDARD DE LA MUESTRA PATRÓN

R_T = RESIDUO DE LA MUESTRA PATRÓN EN EL TAMIZ
POR CALIBRAR

P = PESO DE LA MUESTRA

DETERMINACIÓN DE LA FINURA DE POLVOS POR MEDIO DEL
TAMIZ No.130 M (No.325). (DGN. C-150-1973).-

FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA MALLA.- EL FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA MALLA ES LA DIFERENCIA ENTRE LA CANTIDAD DE RESIDUO OBTENIDO Y LA

CANTIDAD DEL RESIDUO INDICADO POR LA FINURA ESPECIFICADA DE LA MUESTRA PATRÓN, EXPRESADO COMO PORCENTAJE DEL PRIMER RESIDUO. LA CALIBRACIÓN SE EFECTUARÁ DE ACUERDO AL PROCEDIMIENTO, EMPLEANDO UN GRAMO DE MUESTRA PATRÓN.

PROCEDIMIENTO.- SE COLOCA UN GRAMO DE LA MUESTRA DEL MATERIAL POR ENSAYAR SOBRE LA CRIBA LIMPIA Y SECA, SE MOJA LA MUESTRA COMPLETAMENTE CON UNA CORRIENTE SUAVE DE AGUA, AJUSTÁNDOSE LA PRESIÓN EN EL CHIFLÓN A $0.7 \pm 0.05 \text{ Kg/cm}^2$, SE MANTIENE LA CORRIENTE DE AGUA DURANTE UN MINUTO, GIRANDO LA CRIBA CON MOVIMIENTO CIRCULAR EN UN PLANO HORIZONTAL A RAZÓN DE UN MOVIMIENTO POR SEGUNDO BAJO LA CORRIENTE DE AGUA. INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE RETIRAR LA CRIBA DEL CHIFLÓN, SE LAVA CON APROXIMADAMENTE 50 ML DE AGUA DESTILADA O DESIONIZADA, TENIENDO CUIDADO DE NO PERDER RESIDUO ALGUNO. SE SECA LA SUPERFICIE INFERIOR SUAVEMENTE CON UN PAÑO HÚMEDO Y LIMPIO.

SE COLOCA LA CRIBA SOBRE UNA PARRILLA DE TAL MANERA QUE EL AIRE PASE LIBREMENTE ABAJO DE ELLA. UNA VEZ SECA, SE DEJA ENFRIAR Y SE RETIRA EL RESIDUO DE LA MALLA POR MEDIO DE UNA BROCHA FINA. EL RESIDUO SE PESA EN UNA BALANZA ANALÍTICA.

DESPUÉS DE 10 DETERMINACIONES ES NECESARIO LAVAR LA MALLA, MEDIANTE SU INMERSIÓN RÁPIDA EN UNA SOLUCIÓN DE ÁCIDO CLORHÍDRICO 1 : 10 E INMEDIATAMENTE DESPUÉS SE ENJUAGA CON AGUA DESTILADA O DESIONIZADA, PARA REMOVER PARTÍCULAS RETENIDAS EN LA MALLA.

DESPUÉS DE 100 DETERMINACIONES LA CRIBA DEBE SER RECALIBRADA.

RESULTADOS:

$$R_c = R_m (100 + C)$$

$$F = 100 - R_c$$

DONDE:

F = FINURA DEL MATERIAL EXPRESADA COMO PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA No.130 M (No.325)

R_c = RESIDUO CORREGIDO EN PORCIENTO

R_m = RESIDUO DE LA MUESTRA RETENIDO EN LA MALLA No.130 M

C = FACTOR DE CORRECCIÓN, EL CUAL PUEDE SER POSITIVO O NEGATIVO

CAPITULO VII

EXPERIMENTACION Y RESULTADOS

PRUEBAS CON HIDROSULFITO DE SODIO.-

CON EL PROPÓSITO DE REDUCIR EL FIERRO EXISTENTE EN EL CAOLÍN, SE LE SOMETIÓ A LA ACCIÓN DEL HIDROSULFITO DE SODIO ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), EN SOLUCIONES DE DIFERENTE CONCENTRACIÓN. LA TABLA VIII MUESTRA LA FORMA COMO SE PREPARARON LAS MUESTRAS.

TABLA VIII.-

VASO	G CAOLÍN	CONC. ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)	ML $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ (SOL)
1	10	0.1 M	10
2	10	0.2 M	10
3	10	0.3 M	10
4	10	0.4 M	10
5	10	0.5 M	10
6	10	0.6 M	10
7	10	0.7 M	10
8	10	0.8 M	10

LAS REDUCCIONES INDICADAS SE HICIERON CON EL PROPÓSITO DE DE TERMINAR LA CONCENTRACIÓN MÁS ADECUADA, A TEMPERATURA AMBIENTE, - PARA TRATAR EL CAOLÍN.

DESPUÉS DE TRES DÍAS DE REPOSO, LAS MUESTRAS SE SECARON Y -- PRESENTARON CUARTEADURAS.

EL FIERRO SE SEPARÓ DEL CAOLÍN COMO SULFATO DE Fe (II) , PARTE DEL CUAL SE OXIDÓ A Fe (III) , IMPARTIENDO UNA COLORACIÓN CREMA QUE FUÉ AUMENTANDO EN INTENSIDAD GRADUALMENTE, DEL PRIMERO AL ÚLTIMO VASO. TAMBIÉN SE OBSERVÓ QUE, POR LA ACCIÓN DEL AIRE, SE FORMÓ UN ANILLO DE ÓXIDO DE Fe (III) , EN LA PARTE SUPERIOR DEL VASO, Y QUE SE CONSIDERA QUE PUDO ELUIRSE DE LA SOLUCIÓN SOBRENADANTE, A TRAVÉS DE LA FINA CAPA DE CAOLÍN FORMADA POR LA AGITACIÓN.

SE COLOCÓ UNA PEQUEÑA MUESTRA DEL CAOLÍN TOMADO DE CADA VASO EN TUBOS DE ENSAYE, SE LES AGREGÓ AGUA DESTILADA Y SE AGITARON. - AL ASENTARSE EL SÓLIDO, EL LÍQUIDO QUEDÓ TURBIO, EN GRADO CRECIENTE

TE DE ACUERDO A LA CONCENTRACIÓN. AL FILTRAR ESTAS MUESTRAS, LAS SOLUCIONES QUEDARON TURBIAS Y, PUESTO QUE UNA MUESTRA DE CAOLÍN - CON AGUA, AGITADA Y FILTRADA, DÁ UNA SOLUCIÓN TRANSPARENTE, SE -- PUEDE SUPONER QUE EL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA DEL CAOLÍN SE VIÓ AFECADO POR EL TRATAMIENTO CON EL REDUCTOR.

SE HICIERON PRUEBAS PARA SULFATOS (CON BaCl_2), Y PARA $\text{Fe}^{(III)}$ (CON KSCN), EN EL POLVO QUE QUEDÓ EN LA PARED DE LOS VASOS, DANDO POSITIVAS TODAS LAS PRUEBAS.

EN LA MUESTRA NO. 5 SE OBSERVÓ AL CUARTO DÍA UN POLVO DE APARIENCIA POROSA, CONSISTENTE Y COLOR CREMA. LAS MUESTRAS 6, 7 Y 8 MOSTRARON POCO DESPUÉS EL MISMO FENÓMENO.

LAS MUESTRAS SE LAVARON CON VARIAS PORCIONES DE AGUA ACIDULADA CON HCL (1:10) Y SE FILTRARON EN UN EMBUDO SHOOT, USANDO VACÍO. LA CANTIDAD DE AGUA USADA EN EL LAVADO SE MUESTRA EN LA TABLA IX.

TABLA IX.-

MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
ML DE AGUA ACIDULADA	175	250	325	275	240	100	340	340

AL HACER LOS LAVADOS SE USÓ UN AGITADOR MECÁNICO, CON EL FÍN DE EVITAR, EN LO POSIBLE, LA OCLUSIÓN DEL FIERRO DEL CAOLÍN. PARA ASEGURAR QUE TODO EL FIERRO SE HABÍA EXTRAÍDO (INCLUSO COMO $\text{Fe}^{(II)}$), A UNAS GOTAS DE LAS AGUAS DE LAVADO SE LES AGREGÓ 1 O 2 GOTAS DE HNO_3 CONCENTRADO, PARA OBTENER TODO EL FIERRO OXIDADO, - Y SE IDENTIFICÓ CON KSCN , HASTA QUE ESTA PRUEBA NO DIERA COLOR.

EN NINGUNO DE LOS CASOS, LAS AGUAS DE LAVADO RESULTARON TRANSPARENTES; ESTO DÁ UNA IDEA DE LA FINURA DE LAS PARTÍCULAS PRESENTES QUE LOGRAN CRUZAR EL FILTRO SHOOT.

ANÁLISIS DE LAS AGUAS DE LAVADO.-

LAS AGUAS DE LAVADO SE AFORARON A 500 ML CON AGUA DESTILADA, TOMANDO ALÍCUOTAS DE 10 ML PARA EFECTUAR LAS DETERMINACIONES.

SE ESCOGIÓ EL MÉTODO COLORIMÉTRICO POR SER EL MÁS CONFIABLE,

SENCILLO Y DE FÁCIL REPETICIÓN. ESTE MÉTODO SE PUEDE HACER CON TIOCIANATO DE POTASIO (COLORACIÓN ROJA, Fe (III)), O CON ORTOFENANTROLINA (COLORACIÓN ROJA Fe (II) ; COLORACIÓN AZUL Fe (III)).

EN UN PRINCIPIO SE ESCOGIÓ EL MÉTODO DEL TIOCIANATO DE POTASIO, QUE ES MÁS RÁPIDO.

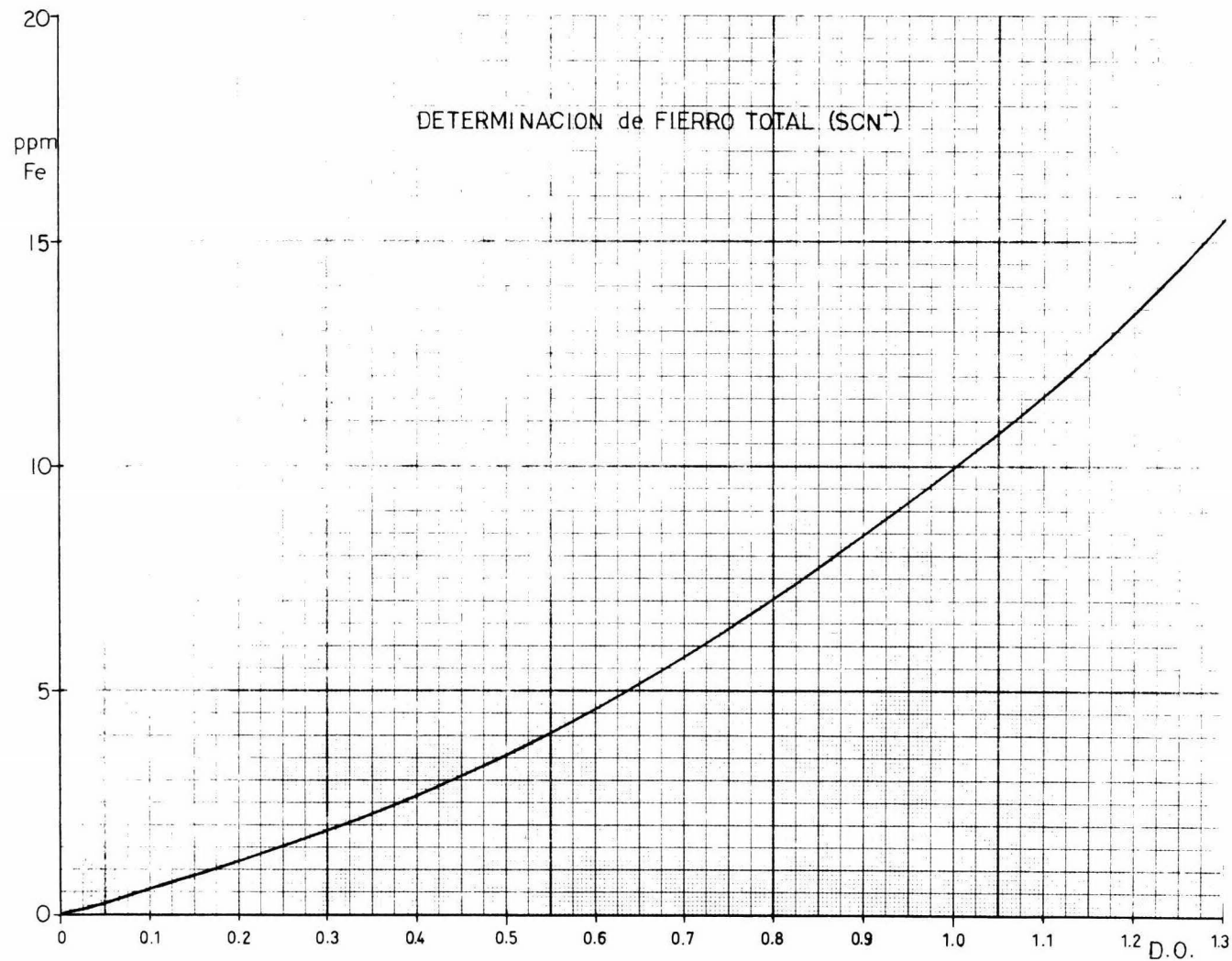
PARA ESTE MÉTODO SE DEBE ASEGURAR QUE TODO EL FIERRO PRESENTE ESTÉ COMO Fe (III) , PARA LO CUAL SE AÑADEN 1 O 2 GOTAS DE HNO_3 -- CONCENTRADO COMO AGENTE OXIDANTE. ESTE PROCESO PRESENTÓ EL INCONVENIENTE DE QUE EL HNO_3 ATACA AL SCN^- , DESCOMPONIÉNDOSE EL PRODUCTO COLORIDO CON EL TIEMPO, POR LO QUE SE DECIDIÓ CAMBIAR AL AGENTE OXIDANTE A H_2O_2 (PERHYDROL 30%), YA QUE TIENE LAS VENTAJAS DE QUE SUS PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN SON H_2O Y O_2 , Y ADEMÁS, LA ACCIÓN OXIDANTE ES INMEDIATA.

PARA LAS LECTURAS SE USÓ UN ESPECTROFOTÓMETRO BECKMAN B, CON UNA LONGITUD DE ONDA DE 470 NM. PARA INTERPRETAR LOS DATOS DE "DENSIDAD OPTICA" (D.O.), SE USÓ LA GRÁFICA No. 5 "DETERMINACIÓN DE $\text{Fe TOTAL (SCN}^-)$ ", DEL LIBRO "MÉTODOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE ROCAS Y MATERIALES SIMILARES" POR EL I. Q. ALBERTO OBREGÓN PÉREZ.

TABLA X.- LECTURA DE LAS MUESTRAS

MUESTRA	AGUAS DE LAVADO ML	KSCN 1M ML	H_2O_2 GOTAS	D.O.	PPM Fe (III) TUBO	EXTRAÍDO
1	10	1	1	0.67	6	300
2	10	1	1	0.74	7.37	368
3	10	1	1	0.86	8.745	437.25
4	10	1	1	0.78	7.535	376.75
5	10	1	1	0.70	6.38	319
6	10	1	1	0.66	5.583	291.5
7	10	1	1	0.70	6.38	319
8	10	1	1	0.62	5.385	266.75

DE ACUERDO A LOS RESULTADOS, LA MUESTRA No. 3 ES LA QUE MÁS Fe (III) TIENE, ES DECIR, DE LA QUE MÁS FIERRO SE EXTRAJO, POR LO QUE LAS DEMÁS PRUEBAS SE HACEN CON MUESTRAS DE CAOLÍN QUE HAYAN -



SIDO TRATADAS CON UNA SOLUCIÓN DE HIDROSULFITO DE SODIO 0.3 M.

EL SIGUIENTE PASO FUÉ DETERMINAR EL TIEMPO ÓPTIMO DE EXTRACCIÓN, PARA LO CUAL SE TOMARON CINCO MUESTRAS DE CAOLÍN DE 10 G -- CADA UNA. TODAS FUERON TRATADAS CON SOLUCIÓN DE HIDROSULFITO DE SODIO CON AGITACIÓN CONTÍNUA.

LA CANTIDAD DE AGUA USADA PARA EL LAVADO DE LAS MUESTRAS SE ANOTÓ EN LA TABLA XI.

LAS LECTURAS DE DENSIDAD ÓPTICA SE HICIERON EN ESTE CASO EN UN ESPECTROFOTÓMETRO "DR. LANGE" A 470 NM DE LONGITUD DE ONDA. LOS RESULTADOS SE MUESTRAN EN LA TABLA XII.

TABLA XI.-

TIEMPO DE PROCESO H	0.5	1	2	3	4
ML DE AGUA ACIDULADA	250	270	250	260	300

TABLA XII.-

TIEMPO H	AGUAS DE LAVADO ML	KSCN 1M ML	H_2O_2 GOTAS	D.O.	PPM FE (III)	
					TUBO	EXTRAÍDO
0.5	10	1	2	1.187	14.465	723.25
1	10	1	2	1.207	14.85	742.5
2	10	1	2	1.284	16.62	830.5
3	10	1	2	1.187	14.465	723.25
4	10	1	2	1.187	14.465	723.25

SE PUEDE VER, POR LOS RESULTADOS, QUE EL TIEMPO DE PROCESO -- NO ALTERA LOS DATOS FINALES; SIN EMBARGO, LA AGITACIÓN SÍ AYUDA A UNA REACCIÓN MÁS EFECTIVA, YA QUE SE LOGRA EXTRAER MÁS FIERRO DE ESTA FORMA.

PARA ASEGURAR QUE EL FIERRO SE EXTRAJO POR EL REDUCTOR Y NO POR EL HCL, SE TOMÓ UNA MUESTRA DE 10 G DE CAOLÍN Y SE LAVÓ CON -- AGUA ACIDULADA DE LAS MISMAS CONDICIONES QUE PARA LOS CASOS ANTERIORES. SE OBTUVO UN VOLUMEN DE POCO MENOS DE 250 ML DE AGUAS DE LAVADO Y SE PREPARÓ UN TUBO PARA LECTURA COLORIMÉTRICA, COMPARAN-

DO CON UNA DE LAS MUESTRAS ANTERIORES. LA CONCENTRACIÓN OBTENIDA FUÉ NOTORIAMENTE MENOR QUE LA DE LA MUESTRA TRATADA, POR LO TANTO, LA EXTRACCIÓN DEL FIERRO SE DEBE A LA ACCIÓN DEL AGENTE REDUCTOR.

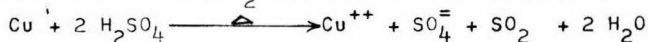
PRUEBAS CON DIÓXIDO DE AZUFRE.-

SE CONSTRUYÓ UN APARATO EN EL LABORATORIO, USANDO DIÓXIDO DE AZUFRE (SO_2) COMO REDUCTOR, PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN Y TIEMPO DE PROCESO. LA FIGURA F MUESTRA EL MODELO UTILIZADO.

UNA VEZ ASEGURADO QUE NO HABÍA FUGAS EN EL APARATO, SE PROCEDIÓ AL TRATAMIENTO DEL CAOLÍN:

EN EL MATRAZ DE TRES BOCAS SE PUSO LA MUESTRA DEL CAOLÍN Y AGUA EN VOLUMEN DE POCO MÁS DEL DOBLE QUE EL OCUPADO POR EL CAOLÍN. A CONTINUACIÓN SE HIZO BURBUJEAR EL SO_2 , DEJANDO ESCAPAR EL AIRE ENCERRADO EN EL SISTEMA Y SE PROCEDIÓ A SATURAR LA SUSPENSIÓN, CON AGITACIÓN MAGNÉTICA CONTÍNUA. UNA VEZ PERCIBIDO EL FUERTE OLOR -- DEL SO_2 , SE CERRÓ EL SISTEMA, DEJANDO QUE LA PRESIÓN AUMENTARA UN POCO, REGULÁNDOLA POR MEDIO DEL CAPILAR DE ESCAPE, MANTENIÉNDOSE POCO MÁS O MENOS CONSTANTE.

PARA GENERAR EL SO_2 SE RECURRIÓ A LA REACCIÓN:



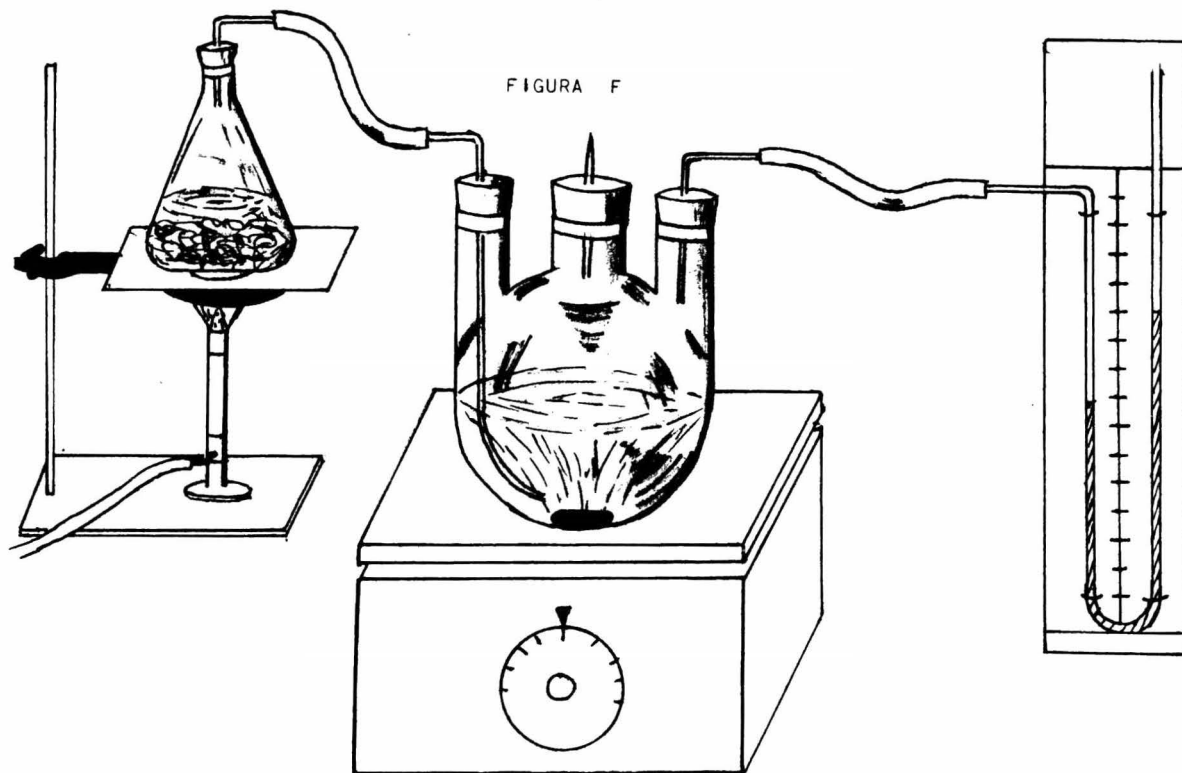
EL COBRE SE USÓ EN FORMA DE LIMADURAS, PREVIAMENTE DECAPADO CON HCL DILUÍDO, Y EL H_2SO_4 SE USÓ CONCENTRADO Y EN CALIENTE.

EL PROCESO DE REDUCCIÓN DEL FIERRO DEL CAOLÍN SE LLEVÓ A CABO A TEMPERATURA AMBIENTE Y A UNA PRESIÓN DE 13 A 55 MM HG, COMO SE MUESTRA EN LA TABLA XIII.

TERMINADO EL PROCESO, SE LAVÓ EL CAOLÍN CON AGUA ACIDULADA -- CON HCL Y SE FILTRÓ EN UN FILTRO SHOOT USANDO VACÍO, DE IGUAL FORMA QUE CON EL TRATAMIENTO CON $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$.

LAS LECTURAS COLORIMÉTRICAS SE HICIERON CON EL MÉTODO DEL -- TIOCIANATO DE POTASIO EN UN ESPECTROFOTÓMETRO DR. LANGE CON UNA LONGITUD DE ONDA DE 470 NM.

DEBE HACERSE NOTAR QUE DURANTE EL PROCESO SE DETECTÓ FIERRO METÁLICO ADHERIDO A LA BARRA MAGNÉTICA DEL AGITADOR; ESTE FIERRO PROVIENE DE LOS MOLINOS METÁLICOS USADOS PARA PULVERIZAR AL CAOLÍN



Y NO DE LA REDUCCIÓN HECHA, YA QUE LOS POTENCIALES DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN INDICAN QUE EL SO_2 SÓLO REDUCE AL FIERRO DE Fe (III) A Fe (II) .

TABLA XIII.-

NO. MUESTRA	TIEMPO H	ΔP (APRÓX) MM Hg	VOL AGUAS DE LAVADO ML
5s	0.5	13-15	600
8s	0.75	13-17	450
7s	1.0	35-50	530
6s	1.5	45-55	600

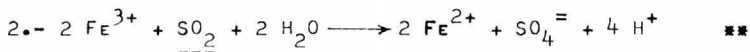
TABLA XIV.- LECTURA COLORIMÉTRICA DE LAS MUESTRAS.-

MUESTRA	PESO g	D.O.	PPM Fe (III) TUBO	PPM Fe (III) EXTRAÍDO
5s	50	0.5607	4.565	456.5
8s	35.1	0.432	3.245	462.25
7s	50	0.585	4.873	487.3
6s	50	0.602	5.09	509.3

PARA HACER ESTAS LECTURAS, LAS AGUAS DE LAVADO SE AFORARON A 1 L, SE TOMÓ UNA ALÍCUOTA DE 20 ML, SE AFORÓ A 100 ML, TOMÁNDOSE UNA ALÍCUOTA DE 10 ML PARA LAS LECTURAS.

LAS REACCIONES QUÍMICAS QUE SE LLEVAN A CABO SON:

A) CUANDO SE USA $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$:



B) CUANDO SE USA SO_2 , LA REACCIÓN 2.- ES LA QUE SE LLEVA A CABO.

** ESTAS REACCIONES EXPLICAN EL DOBLE PODER REDUCTOR DEL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$.

PRUEBA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA.-

ESTA PRUEBA SE HIZO DESPUÉS DEL TRATAMIENTO CON LOS REDUCTORES, PARA COMPROBAR SI SE PRODUCE UNA PULVERIZACIÓN QUÍMICA, DEBIDO AL RESQUEBRAJAMIENTO DE LAS PARTÍCULAS DEL CAOLÍN, SIN ALTERAR SU ESTRUCTURA.

SE USARON LAS MALLAS NOS. 140 Y 200. LA TABLA XV MUESTRA LA CANTIDAD DE POLVO RETENIDA EN CADA MALLA.

TABLA XV.-

MUESTRA DE CAOLÍN	CANTIDAD RETENIDA %			TOTAL
	MALLA 140	MALLA 200	CHAROLA	
TRATADO CON $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$	0.63	5.23	94.13	99.99
TRATADO CON SO_2	0.20	4.1	95.6	99.90
SIN TRATAR	0.90	5.3	93.7	99.90

EL ANÁLISIS DE ESTOS DATOS DEMUESTRA QUE EFECTIVAMENTE HUBO UNA FRAGMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA RÍGIDA DEL CAOLÍN, LOGRÁNDOSE ASÍ PARTÍCULAS MÁS FINAS.

DENSIDAD APARENTE.-

ESTA PRUEBA CONSISTE EN MEDIR EL VOLUMEN QUE OCUPA UNA MASA DETERMINADA DE CAOLÍN. ESTE MÉTODO SE DESCRIBE EN UNA NORMA DE LA S.I.C. LA TABLA XVI MUESTRA LOS RESULTADOS.

TABLA XVI.-

MUESTRA DE CAOLÍN	PESO G	VOL. FINAL ML	DENSIDAD G/ML
SIN TRATAR	40	44	0.9091
TRATADO CON $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$	24.321	30	0.8107
TRATADO CON SO_2	28.275	30	0.9425

TABLA XVII.- HUMEDAD DE LAS MUESTRAS

MUESTRA DE CAOLÍN	PESO INICIAL	PESO FINAL	AGUA PERDIDA	% H
	G	G	G	
SIN TRATAR	30.8980	26.0905	4.8075	15.56
TRATADO CON $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$	6.0070	5.8030	0.2040	4.39

TABLA XVII.- HUMEDAD DE LAS MUESTRAS (CONT.)

MUESTRA DE CAOLÍN	PESO INICIAL G	PESO FINAL g	AGUA PERDIDA G	% H
TRATADO CON SO_2	10.30	10.0669	0.2331	2.26

PARA MEDIR EL PH SE HIZO UNA SUSPENSIÓN AL 10%, PESO SOBRE -
VOLUMEN, SEGÚN LA ESPECIFICACIÓN PARA CAOLINES.

TABLA XVIII.- PH DE LAS MUESTRAS

MUESTRA	PH
CAOLÍN SIN TRATAR	6 - 6.8
CAOLÍN TRATADO CON $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$	6 - 6.5
CAOLÍN TRATADO CON SO_2	5.5-6.5

LA TABLA XIX MUESTRA LA CANTIDAD DE FIERRO EXTRAÍDA CON LOS
DOS REDUCTORES.

TABLA XIX.-

TRATAMIENTO	PPM FE	% EXTRAÍDO (FE/FE TOTAL)
-----	2500	-----
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$	748.55	29.94
SO_2	478.8	19.15

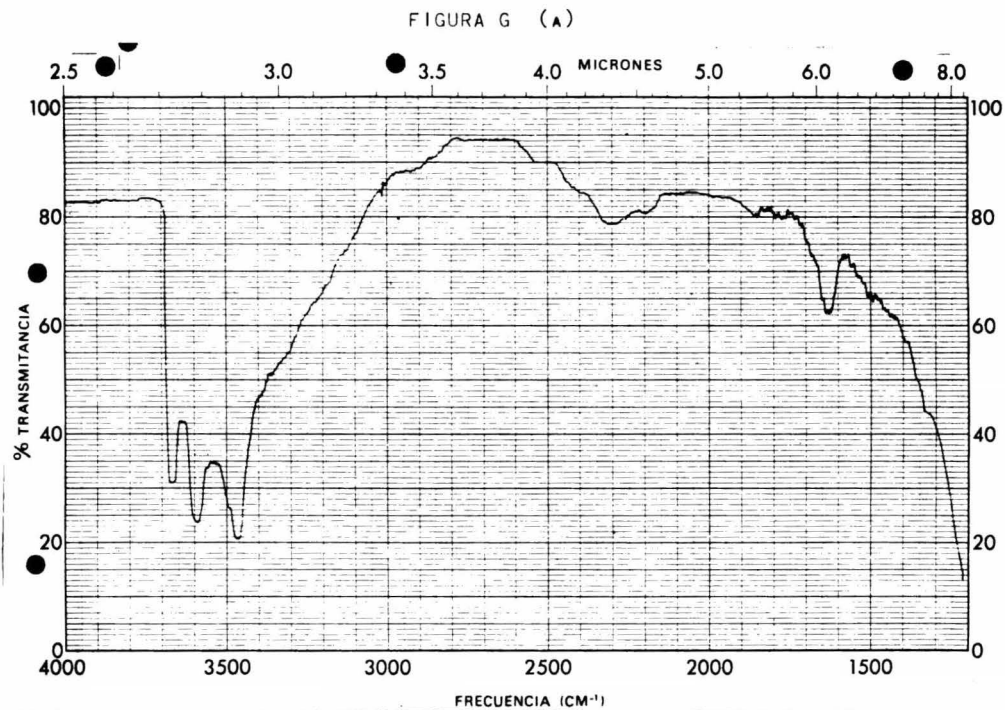
PARA VER SI LOS REDUCTORES USADOS ALTERARON LA ESTRUCTURA DEL
CAOLÍN, SE HICIERON ANÁLISIS POR RAYOS INFRARROJOS; LOS ESPECTROS
ASÍ OBTENIDOS PARA LAS MUESTRAS TRATADAS SE COMPARARON CON EL ES-
PECTRO DESARROLLADO PARA UNA MUESTRA SIN TRATAR, APRECIÁNDOSE QUE
NO HUBO CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE LOS CAOLINES TRATADOS. LAS VA-
RIACIONES ENCONTRADAS FUERON A UNA FRECUENCIA DE 3500 cm^{-1} , QUE -
CORRESPONDEN A LOS IONES OH^- ; ESTO HACE SUPONER QUE LA ESTRUCTURA
SE FRACTURÓ POR EL LADO DE ESTOS IONES.

LA FIGURA G MUESTRA ESTOS ESPECTROS. EL ANÁLISIS DE ELLOS -
DEMUESTRA QUE LA ESTRUCTURA SIGUE SIENDO LA MISMA, ES DECIR, QUE
EL CAOLÍN NO FUÉ AFECTADO POR EL PROCESO QUÍMICO EN SU ESTRUCTURA
FUNDAMENTAL.

ASIMISMO, SE HICIERON ANÁLISIS POR RAYOS X, LOS CUALES RATIFICARON LOS RESULTADOS YA OBTENIDOS, ES DECIR, LOS ESPECTROS DEMUESTRAN QUE LA ESTRUCTURA FUNDAMENTAL DEL CAOLÍN NO SE ALTERÓ.

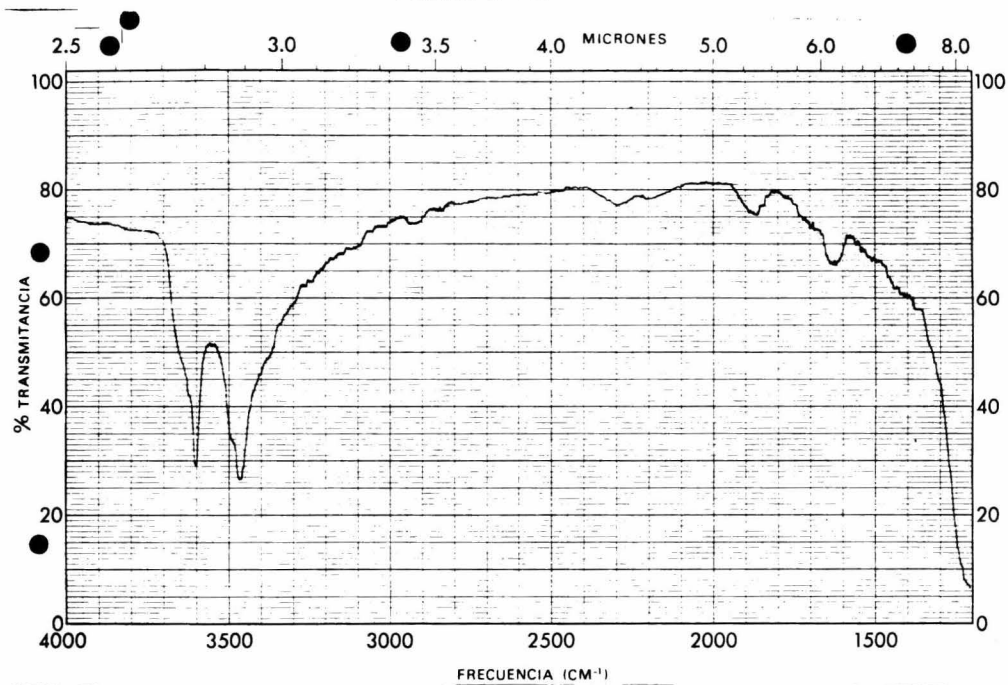
ES RECOMENDABLE HACER UN ESTUDIO DE RECUPERACIÓN DE SO_2 , PARA PODER RECIRCULARLO, CON EL FÍN DE MINIMIZAR EL CONSUMO DEL MISMO, Y ASIMISMO OTRO ESTUDIO PARA RECUPERACIÓN DEL AGUA MEDIANTE TRATAMIENTO QUÍMICO, PUDIÉNDO ASÍ RECIRCULARSE, LO CUAL REPRESENTARÍA UN CONSIDERABLE AHORRO EN SERVICIOS, YA QUE EL PROCESO LA REQUIERE EN GRAN CANTIDAD; ADEMÁS, PARA LOGRAR QUE EL AGUA DE DESECHO ESTÉ LO MENOS CONTAMINADA POSIBLE.

SE SUGIERE TAMBIÉN HACER EXPERIMENTACIÓN VARIANDO LA PRESIÓN Y LA TEMPERATURA EN EQUIPO ADECUADO, PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LA EXTRACCIÓN. SE PROPONE ADEMÁS, EXPERIMENTAR CON OTRAS ARCILLAS EL PROCESO APLICADO AL CAOLÍN.



CAOLIN APULCO SIN TRATAR

FIGURA G (a)



CAOLIN APULCO TRATADO CON

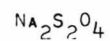
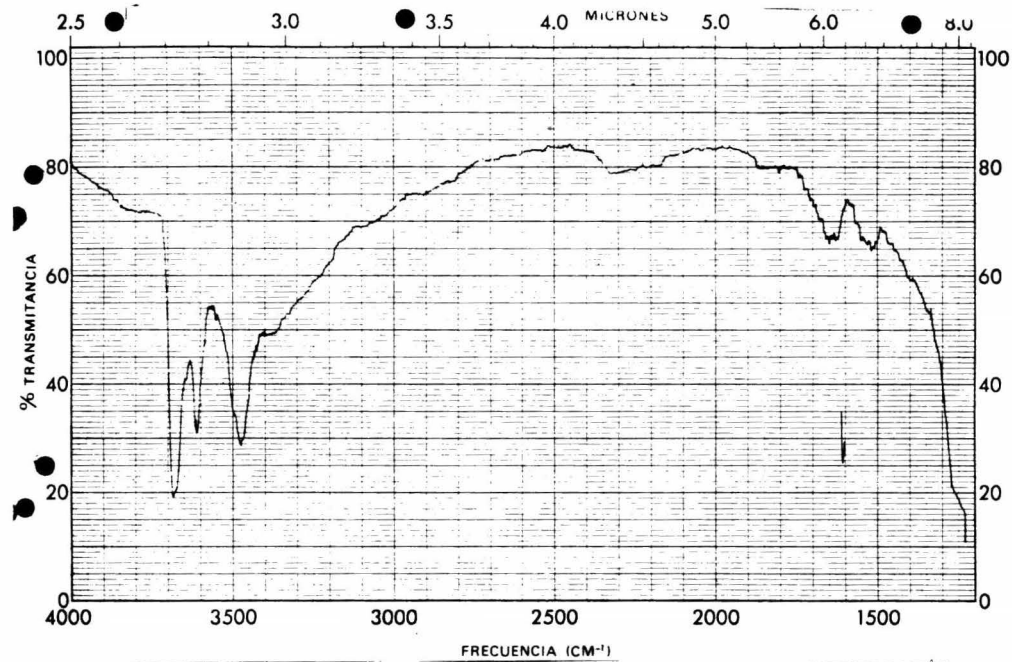


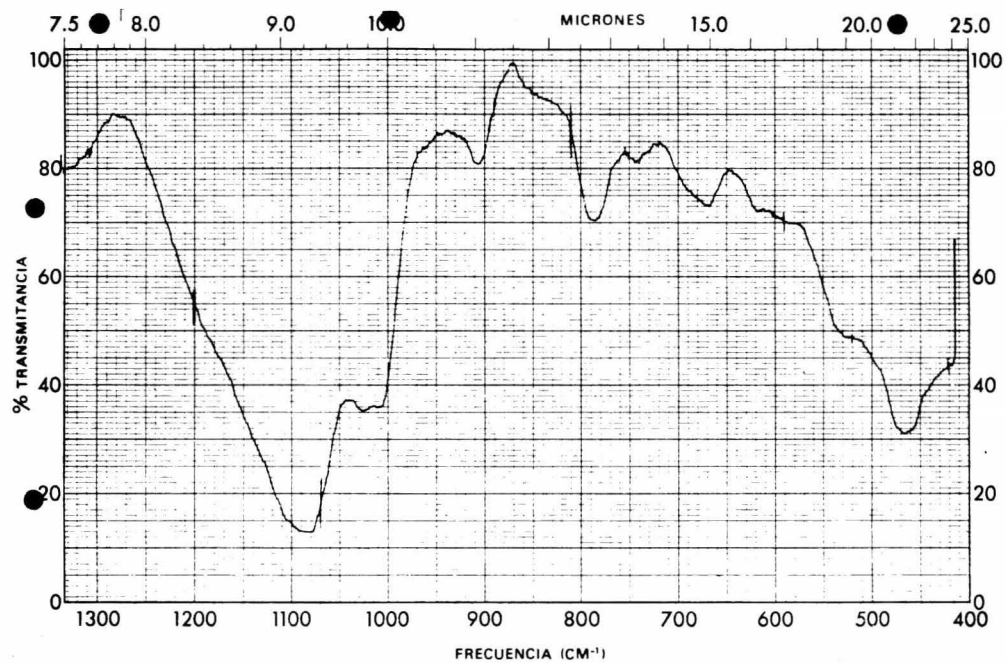
FIGURA G (c)



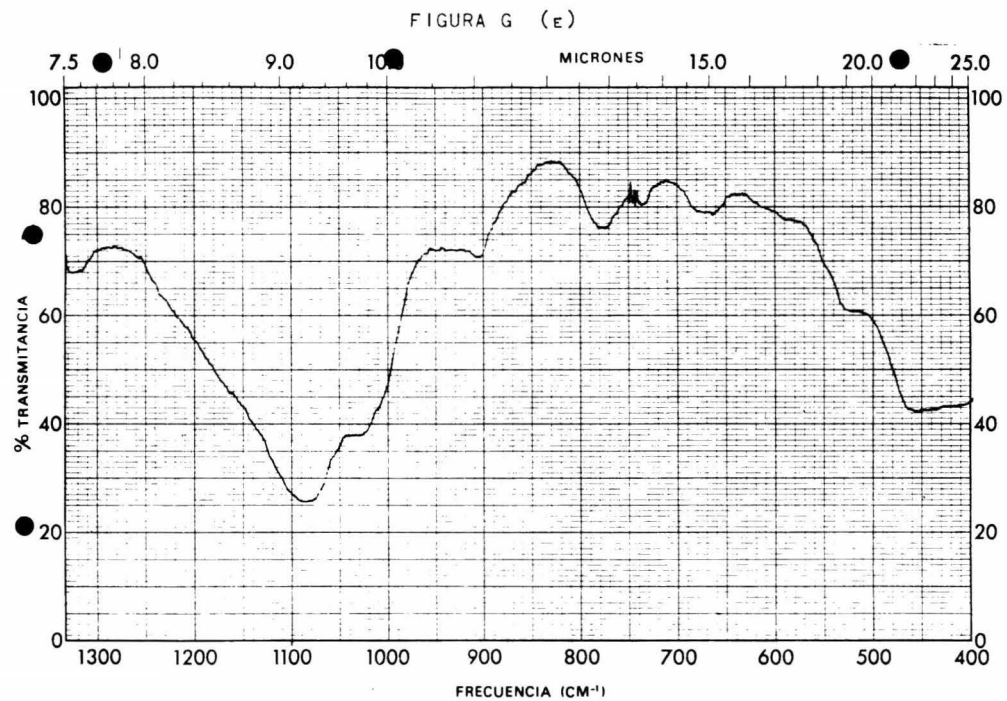
CAOLIN APULCO TRATADO CON



FIGURA G (d)



CAOLIN APULCO SIN TRATAR



CAOLIN APULCO TRATADO CON

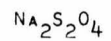
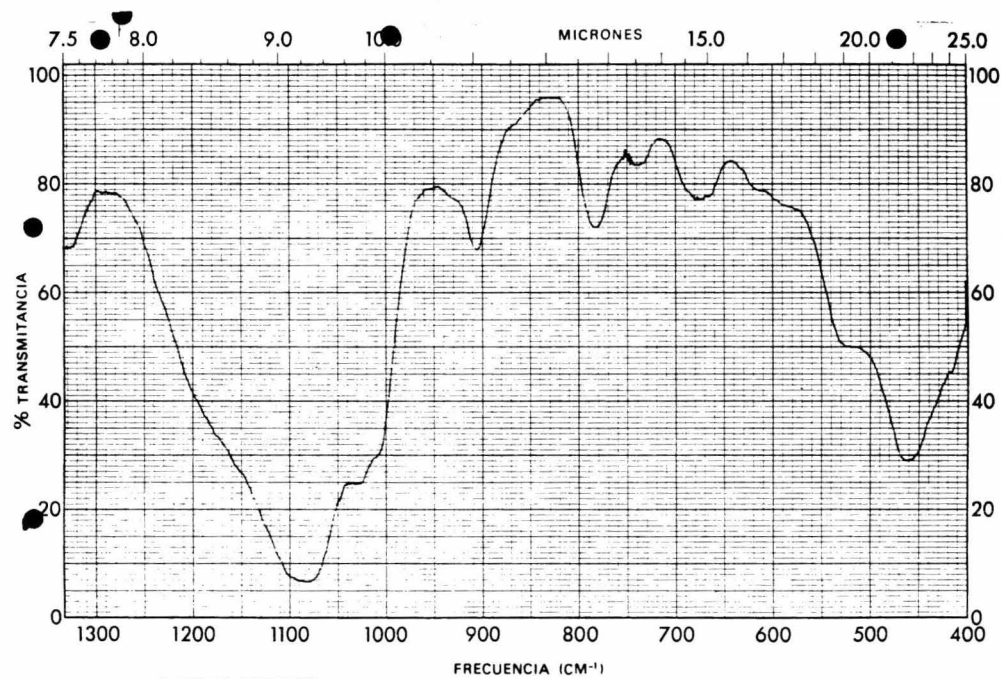


FIGURA G (F)



CAOLIN APULCO TRATADO CON
 SO_2

CAPITULO VIII

ANALISIS DE PROCESOS ALTERNATIVOS

CON LOS DATOS EXPERIMENTALES YA DETERMINADOS, SE PROCEDIÓ A ANALIZAR LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA DETERMINAR LA MÁS ADECUADA, USANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS MORFOLÓGICO.

EN ESTE TIPO DE ANÁLISIS, LA IDEA BÁSICA ES IDENTIFICAR LOS PRINCIPALES OBJETIVOS O CRITERIOS DE ÉXITO, QUE SERÁN USADOS PARA JUZGAR EL VALOR DE CUALQUIER SOLUCIÓN PROPUESTA AL PROBLEMA. ENSEGUIDA SE IDENTIFICAN CADA UNA DE LAS FUNCIONES PRINCIPALES QUE DEBEN INCORPORARSE A CUALQUIER SOLUCIÓN O PROCESO CON EL OBJETO DE CONCEBIR UN NÚMERO DE MÉTODOS DIFERENTES O ALTERNATIVAS PARA ALCANZAR CADA FUNCIÓN. AL FINAL SE OBTIENE UNA SERIE DE ALTERNATIVAS, INCLUSO CONTRADICTORIAS, QUE AYUDAN A LLEGAR A LOS OBJETIVOS, SIENDO EL PROBLEMA FINAL LA INTEGRACIÓN DE ESTAS ALTERNATIVAS, CUESTIÓN QUE YA NO CORRESPONDE AL ANÁLISIS MORFOLÓGICO.

LAS COMBINACIONES DE ALTERNATIVAS MÁS PROMETEDORAS PUEDEN CONVERTIRSE EN SUBPROBLEMAS ESPECÍFICOS QUE SE ANALIZAN MEDIANTE ANÁLISIS MORFOLÓGICO NUEVAMENTE.

ESTE ANÁLISIS PROVEE UNA ESTRUCTURA LÓGICA QUE PUEDE REEMPLAZAR IDEAS AL AZAR, ASEGURA QUE TODOS LOS PROCESOS ALTERNATIVOS SEAN CONSIDERADOS, Y OFRECE LA POSIBILIDAD DE INCLUIR NUEVAS IDEAS QUE REPRESENTEN COMBINACIONES O ALTERNATIVAS QUE NO HAN SIDO PREVIAMENTE CONSIDERADAS.

EN LAS SIGUIENTES FIGURAS, SE PRESENTA EL DIAGRAMA DEL ANÁLISIS MORFOLÓGICO QUE CONSIDERA DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE LA EXTRACCIÓN DE FIERRO DEL CAOLÍN O, EN OTRAS PALABRAS, MEJORAR LA CALIDAD DE ESTA ARCILLA.

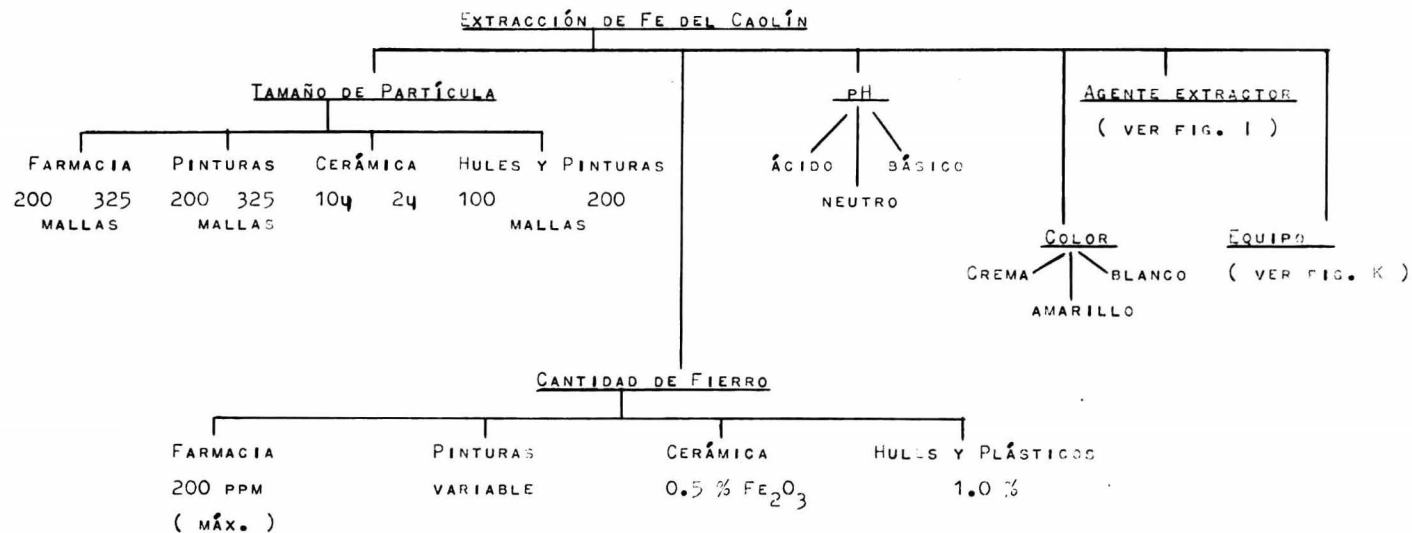


FIGURA H .- ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE LA EXTRACCIÓN DEL FE DEL CAOLÍN

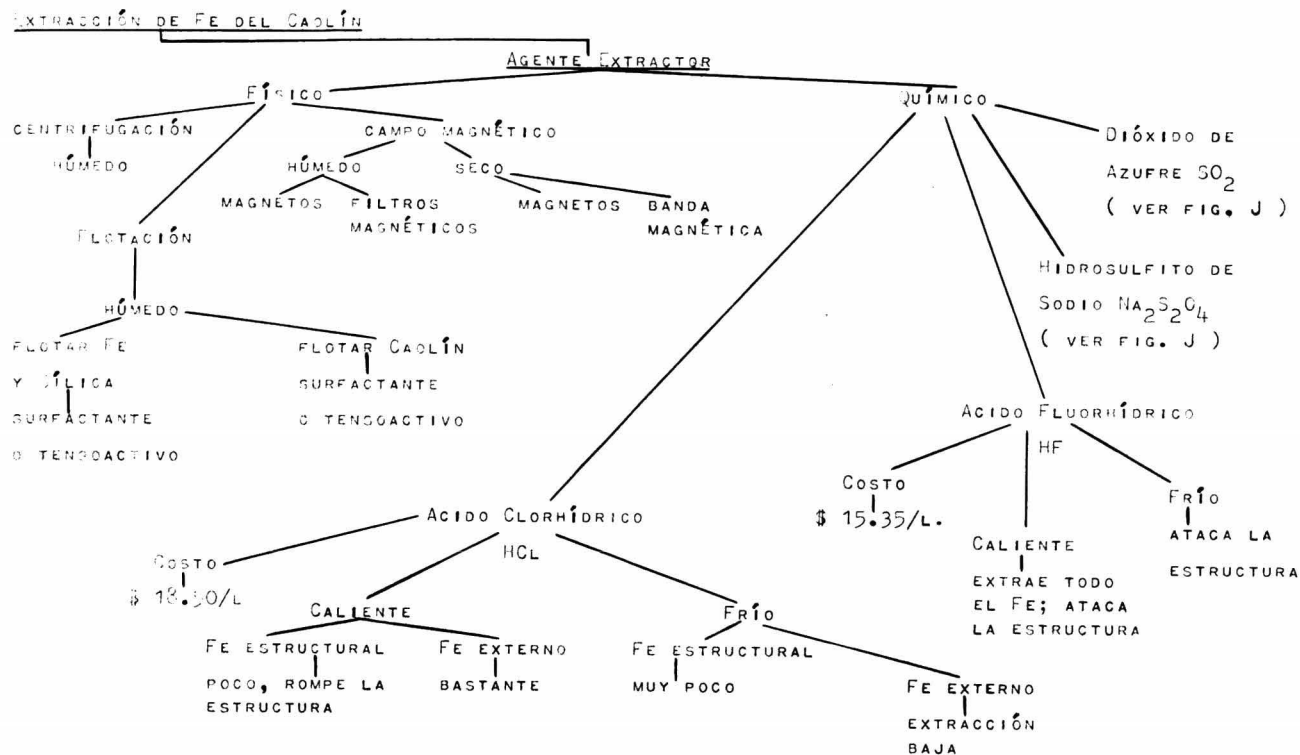


FIGURA 1 .- ANÁLISIS MORFOLÓGICO DEL AGENTE EXTRACTOR DE FE DEL CAOLÍN

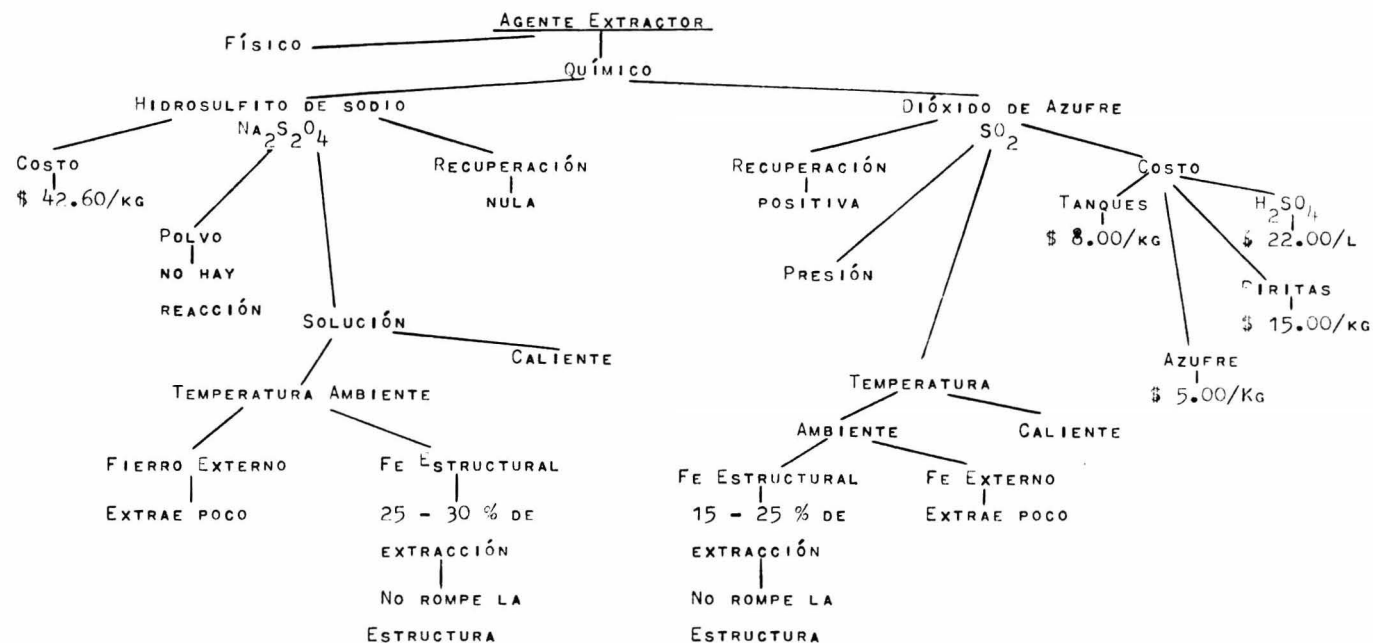


FIGURA J .- ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE LOS REACTIVOS PARA LA
EXTRACCIÓN DE FIERRO

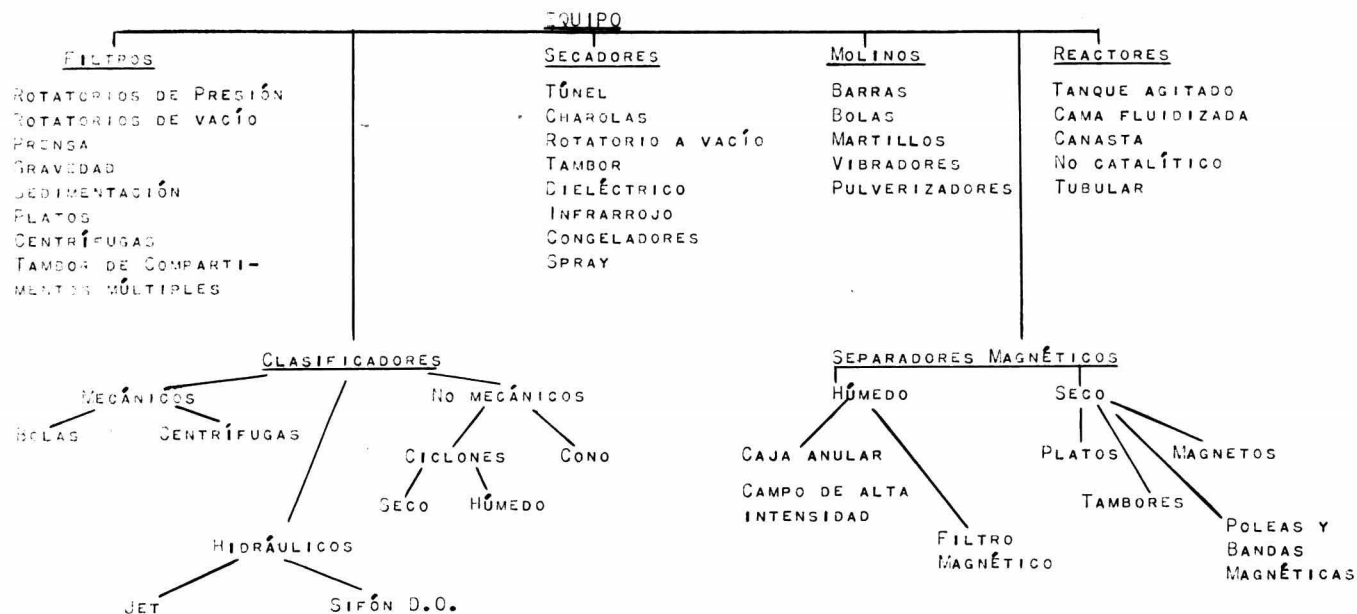


FIGURA K .- ANÁLISIS MORFOLÓGICO DEL EQUIPO

CONCLUSIONES

LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES COMPROBARON LA REDUCCIÓN DE LOS IONES Fe (III) A Fe (II) , LA EXTRACCIÓN DE ÉSTOS ÚLTIMOS DE LA ESTRUCTURA DEL CAOLÍN Y LA FRACTURA DE LAS PARTÍCULAS, FENÓMENOS -- PROPUESTOS EN LA TESIS.

ESTOS RESULTADOS MUESTRAN, ADEMÁS, LA POSIBILIDAD DE QUE, EN CUALQUIER ESTRUCTURA RÍGIDA QUE TENGA IONES CONTAMINANTES QUE PRESENTEN VARIOS ESTADOS DE OXIDACIÓN, PUEDAN SER EXTRAÍDOS MEDIANTE UNA OXIDACIÓN O UNA REDUCCIÓN, SEGÚN EL CASO, PUDIÉNDOSE OBTENER ADEMÁS, UNA DISMINUCIÓN EN EL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA, EN EL CASO DE LA REDUCCIÓN QUÍMICA.

DE ACUERDO A LOS TIEMPOS EXPERIMENTADOS, SE OBSERVÓ QUE LA REACCIÓN QUÍMICA DEL PROCESO ES PRÁCTICAMENTE INMEDIATA, Y QUE LA AGITACIÓN MECÁNICA ADECUADA AUMENTA LA EFICIENCIA DE LA EXTRACCIÓN.

SE PROPUSO LA CONVENIENCIA DE REALIZAR ESTUDIOS PARA LA RECUPERACIÓN DE SO_2 Y PARA TRATAMIENTO DE AGUAS, CON EL FÍN DE REDUCIR LOS COSTOS DEL PROCESO.

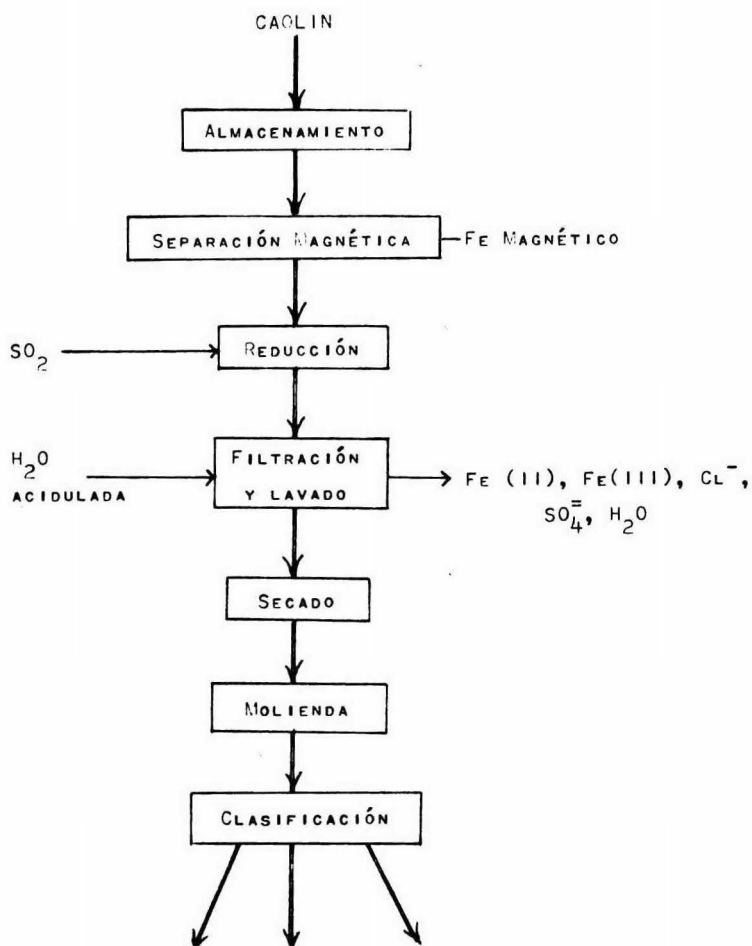
SE PROPUSO TAMBIÉN EXPERIMENTAR A OTRAS PRESIONES Y TEMPERATURAS, ASÍ COMO APLICAR EL PROCESO A OTRAS ARCILLAS.

LOS ANÁLISIS MEDIANTE RAYOS INFRARROJOS Y RAYOS X, DEMOSTRARON QUE LA ARCILLA NO SUFRIÓ CAMBIOS EN SU ESTRUCTURA FUNDAMENTAL CON EL PROCESO; SÓLO HUBO UNA DISMINUCIÓN EN EL TAMAÑO DE PARTÍCULA, DEBIDO A LA RUPTURA DE LOS CRISTALES EN LOS PUNTOS EN QUE SE HALLABAN PRESENTES IONES FIERRO.

EL CONTENIDO DE FIERRO ESTRUCTURAL DEL MINERAL, BAJÓ EN UN 25 A 30%.

POR SUS CARACTERÍSTICAS, LA ARCILLA TRATADA PUEDE TENER APLICACIÓN EN LAS INDUSTRIAS CERÁMICA Y DEL PAPEL. EN CASO DE MEJORAR LA EFICIENCIA DE LA EXTRACCIÓN AL MODIFICAR LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN, TAMBIÉN SERÍA APLICABLE A LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA.

EL DIAGRAMA DE FLUJO BÁSICO DEL PROCESO ES:



BIBLIOGRAFIA

LIBROS:

BUDWORTH, D. W.,

AN INTRODUCTION TO CERAMIC SCIENCE,

PERGAMON PRESS, OXFORD, G. B., 1^A Ed., (1970).

GROGGINS, P. H.,

UNIT PROCESSES IN ORGANIC SYNTHESIS,

MC GRAW HILL-KOGAKUSHA, TOKIO, 5^A Ed., (1952).

HUHEEY, J. E.,

INORGANIC CHEMISTRY: PRINCIPLES OF STRUCTURE AND REACTIVITY,

HARPER AND ROW PUBL., N. Y., (1972).

JOHNSTONE, S. G.,

MINERALS FOR THE CHEMICAL AND ALLIED INDUSTRIES,

JOHN WILEY AND SONS INC., N. Y., (1934).

KIRK, R. E. AND D. F. OTTMER,

ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY,

5, 6, 9, 15, 17,

INTERSCIENCE PUBLISHERS, N. Y. , LONDON, SYDNEY, TORONTO,

(1963-1972).

OBREGÓN PÉREZ, A.,

MÉTODOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE ROCAS Y MATERIALES SIMILARES,

INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM, (1973).

PARTINGTON, J. R.,

QUÍMICA INORGÁNICA,

ED. PORRÚA, S. A., MÉXICO, D. F., (1959).

PERRY, R. H. AND C. H. CHILTON,

CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK, 5^A Ed.,

MC GRAW HILL-KOGAKUSHA, LTD., TOKIO, JAPAN, (1975).

SISLER, H. H.,
COLLEGE CHEMISTRY,
MAC MILLAN, N. Y., 3^A Ed., (1962).

SNELL
ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMICAL ANALYSIS,
4, 9, 10, 17,
INTERSCIENCE PUBLISHERS, N. Y., LONDON, SYDNEY, TORONTO,
(1966-1974).

TESIS:

ARRUBARENA MARTÍNEZ, P. I.,
CARACTERIZACIÓN DE CAOLINES INORGÁNICOS EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA,
TESIS UNAM, MÉXICO, (1974).

ARTÍCULOS Y REFERENCIAS:

BAUTZE, H. AND W. MENGLER,
INCREASING THE WHITENESS OF KAOLIN BY CONVERTING ITS IRON IMPURITIES TO WHITE IRON PHOSPHATE,
PAT. GER. (EAST) 75, 265 (CL. C 04 B) 05 AUG 1970.

CONSEJO DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, DEPTO. DE ESTUDIOS -
ECONÓMICOS,
CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS MINERALES DE IMPORTACIÓN POR LA INDUSTRIA NACIONAL,
MÉXICO, D. F. , JULIO, (1972).

DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADÍSTICA,
ANUARIOS ESTADÍSTICOS DEL COMERCIO EXTERIOR,
SRÍA. DE INDUSTRIA Y COMERCIO, MÉXICO, D. F.,
(1969 A 1974).

KING, C. J.,
UNDERSTANDING AND CONCEIVING CHEMICAL PROCESSES,
AIChE NOMOGRAPH SERIES, 70 (8), 3-30 (1974).

KUCHARSKA, L. AND Z. SWIECKI,
REMOVAL OF IRON COMPOUNDS FROM POLISH KAOLINS,
CHEMIA STOSOWANA, 16 (1), 49-66 (1972).

REGISTRO PÚBLICO DE MINERÍA,
CONCESIONES MINERAS VIGENTES HASTA EL 31 DE DICIEMBRE DE 1974,
DIRECCIÓN GENERAL DE MINAS,
MÉXICO, D. F.