

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**



**CONCENTRACION DE GRAFITO CRISTALINO  
EN MINERALES DE BAJA LEY**

**T E S I S**

que para obtener el título de:

**INGENIERO QUIMICO METALURGICO**

p r e s e n t a :

**LEONOR FLORES RUIZ**

**1978**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

LAB TESIS 1978  
AÑO M.C. 1964  
FECHA \_\_\_\_\_  
PREC \_\_\_\_\_  
S \_\_\_\_\_

1570



JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA

PRESIDENTE            PROF. MANUEL GALVIÑO RIVERA           

VOCAL            PROF. ALBERTO OBREGON PEREZ           

SECRETARIO            PROF. JUAN RICARDO ALBARRAN LUNA           

1er SUPLENTE            PROF. ENRIQUE CURIEL PEYNA           

2do. SUPLENTE            PROF. MARCO ANTONIO CHAMORRO DIAZ           

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA           

           COMISION DE FOMENTO MINERO           

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSTENTANTE           

           LEONOR FLORES RUIZ           

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA           

           PROF. JUAN RICARDO ALBARRAN LUNA.

A MIS PADRES :

SR. ERASMO FLORES MARTINEZ  
SRA. LORENZA RUIZ DE FLORES  
CON AMOR Y GRATITUD  
A QUIENES TODO DEBO  
PORQUE TODO ME LO DIERON.

A MIS HERMANOS :

LUCIA Y ERASMO.  
CON CARÍÑO.

A MIS SOBRINOS :

ODETTE Y ANTONIO  
CON AMOR.

MI AGRADECIMIENTO SINCERO A LAS SIGUIENTES PERSONAS:

ING. LUIS ESPINOSA DE LEON.  
ING. HOMERO MONJARDIN LOPEZ.  
ING. JUAN RICARDO ALBARRAN LUNA.  
ING. ARTURO MORALES CADENA.  
Q.I. CECILIA LOPEZ ZAPIEN.  
Q.M. RAQUEL FLORES DE CRUZ.  
SRITA. YOLANDA ARTEAGA MARTINEZ.  
SRA. CONSUELO ORTIZ TREJO.

A TODO EL PERSONAL QUE LABORA EN LA  
COMISION DE FOMENTO MINERO.

G R A C I A S .

A MARCOS MEJIA BRAVO  
CON MI AGRADECIMIENTO Y CARÍÑO.

.... EL FRACASO NO ME SOBRECÓGERA NUNCA  
SI MI DETERMINACION PARA ALCANZAR  
EL EXITO ES LO SUFICIENTEMENTE  
PODEROSA.

## I N D I C E

	Pág.
CAPITULO I    INTRODUCCION.....	2
CAPITULO II    GENERALIDADES	
1.- Historia .....	5
2.- Propiedades y Aplicaciones .....	7
CAPITULO III    APRECIACION DE MERCADO .....	14
CAPITULO IV    PROCESO METALURGICO .....	20
1.- Caracterización del Mineral .....	21
2.- Estudio Metalurgico .....	23
3.- Selección del Proceso .....	40
CAPITULO V    ANALISIS QUIMICO .....	48
CAPITULO VI    CONCLUSIONES .....	61
BIBLIOGRAFIA .....	65



CAPITULO I

## I N T R O D U C C I O N .

Entre los minerales que forman rocas, el Grafito es uno - de los principales representantes. Existe en pocos lugares suceptibles de explotación provechosa ó sea que nunca se halla en condiciones comerciales.

La formación natural de Grafito, es uno de los muchos procesos de la naturaleza a los que no se ha podido dar explicación satisfactoria, no faltan teorías pero queda mucho por investigar para dar una explicación del problema.

En algunos casos se descubre más de una clase de Grafito, pero la clasificación más útil es la común en la industria, que se funda en su manera de formación de lo que resultan dos variedades - físicamente diferentes:

- 1.- Amorfo
- 2.- Cristalino

Las importantes minas de Grafito en México están ubicadas en el Estado de Sonora y son de mucha importancia en la producción mundial, específicamente de Grafito Amorfo. El mineral tiene aproximadamente 80% de carbón promedio y es muy homogéneo.

Entre muchos otros Yacimientos conocidos de Grafito en México, se encuentra el ubicado en el Estado de Oaxaca. Este Grafito ha sido identificado como Grafito cristalino y del cual se trata

rá en el presente estudio.

Sabido es que un Grafito con menos de 80% de Carbón no tiene valor comercial ó puede decirse que es cero.

En este caso se trata de un mineral de baja concentración de carbón, por lo tanto se desarrollará la posibilidad de seleccionar un método de concentración para beneficiar el Grafito de baja ley y obtener un producto comercial.

Por otra parte se desarrolla también al final de éste estudio los métodos de Análisis Químico de mineral de Grafito.

C A P I T U L O    I I

GENERALIDADES

1.- Historia

2.- Propiedades y Aplicaciones

## 1.- Historia.

El Carbón se encuentra en la naturaleza en tres estados de alotropía, perfectamente determinados que son: Diamante, Grafito y - Carbón Amorfo.

El Grafito es por tanto una de estas formas se conoció antiguamente con el nombre de Plombagina ó Lápiz Plomo por creerse en la Edad Media que éste contenía Plomo.

Representa después del Diamante la forma más estable del - Carbono, alcanzando su mayor estabilidad por encima de 340°C.

Cristaliza en el sistema héagonal, su forma física depende de su génesis y sus propiedades dependen de su forma natural y de los minerales con que esté asociado.

Por mucho tiempo se confundió el Grafito con otros minera- les de aspecto semejante, principalmente con la Molibdenita.

Gessner fue el primero que lo reconoció como un mineral -- genuino. Scheel en 1779 demostró que el Grafito se oxida y se con- vierte en Bióxido de Carbono. Algún tiempo después Werner le dió el nombre de Grafito del griego Gráphein - Escribir.

Todo el Grafito es cristalino, aún cuando comercialmente - se hacen grandes divisiones, el mineral constituido por cristales - se le denomina Grafito Cristalino en tanto que al mineral de varie-

dad criptocristalina se le conoce como Grafito Amorfo.

La variedad Cristalina proviene de dos tipos de depósitos uno de los cuales consiste en rocas con disseminaciones de escamas de Grafito, del cual se obtiene el Grafito en escamas, el otro tipo de depósitos es en vetas siendo el Yacimiento más importante el que se ha localizado en Ceilán donde se produce el Grafito en terrones.

Industrialmente se produce sintético el que se elabora -- por proceso de horno eléctrico, utilizándose en la mayoría de los - casos como materia prima el coque.

El Grafito artificial no puede competir con el natural en muchas de sus aplicaciones, debido por una parte a las dificultades que se encuentran para alcanzar los grados y especificaciones requeridas en los diferentes usos de este mineral y por la otra el alto costo de producción en relación a los precios de ventas prevalecientes para el Grafito natural.

## 2.- Propiedades y Aplicaciones.

Su color es variable entre el negro intenso y el gris acero, dotado de cierto brillo, la dureza del Grafito es escasa oscila entre 0.5 y 1.5 en la escala de Mohs, cuando es de buena calidad se presenta untuoso al tacto, su peso específico puede considerarse en un rango de 2.3 a 2.5.

Es un buen conductor de la electricidad y su conductivi--dad aumenta con la temperatura.

El Grafito es un material de laboratorio extraordinaria--mente útil, debido a su inactividad química (excepto con el Oxígeno a temperaturas elevadas), alto punto de fusión, etc.

El cristal de Grafito está compuesto de hojas ó láminas - paralelas de átomos de Carbón, cada átomo se encuentra rodeado por otros tres formando un sistema de anillos hexagonales.

Es resistente a los oxidantes tales como mezclas de Acido Nítrico caliente y Clorato de Potasio , por ésta propiedad menciona da es posible producir Grafito de alta pureza ya que las impurezas- e inclusiones en el cristal de Grafito pueden ser eliminadas median te ataques químicos.

El Grafito tiene muchas aplicaciones en la Industria Quí- mica para fabricar:

REFRACTARIOS: Se usa el Grafito en proporciones variables y por regla general se usa la variedad cristalina, ésta debe contener 85% - mínimo de Carbón.

Las propiedades del Grafito que hacen posible su aplicación en la fabricación de refractarios se mencionan a continuación: gran conductividad térmica, su conductividad eléctrica, poca dilatación por el calor, su propiedad refractaria, gran resistencia contra ataques de metales y fundentes.

CRISOLES: La misma naturaleza reductora del Carbón hacen que sean adecuados para fundir metales, puesto que se impide su oxidación.

Los crisoles usados en la fabricación de aceros y algunas aleaciones no ferrosas tienen una pequeña cantidad de Grafito por ejemplo 6%.

La cantidad de Grafito de los crisoles empleados en la producción de acero disminuye a la vez que aumenta la calidad del acero pues el Grafito es rápidamente absorbido por el metal causando defectos en su estructura.

TAPONES Y BOQUILLAS: Las ventajas que tiene el Grafito en la elaboración de tapones y boquillas son; su resistencia contra el choque térmico y contra la erosión y corrosión causada por el metal fundido.



Para formar el cuerpo del tapón se requiere un porcentaje óptimo de Grafito a efecto de aprovechar las antedichas propiedades pero manteniéndolo en grado mínimo la conductividad térmica.

**CALDERAS:** El Grafito impide la formación de costras en las calderas la acción del Grafito es la inafectabilidad por variaciones de temperatura, ya que pequeñas partículas de Grafito penetran a través de grietas en las costras formadas en el revestimiento y la superficie de la pared de la caldera provocando un afloramiento de la costra y así ser fácilmente eliminada.

**PINTURAS:** El Grafito es también componente de ciertas pinturas industriales y sirve no sólo como pigmento, sino como medio de protección.

Se fabrican con él pinturas que deban resistir la acción corrosiva de gases sulfurosos, ácidos, álcalis, etc.

Cuando son debidamente preparadas estas pinturas dan excelente protección a superficies metálicas, techos en atmósferas de humo y estructuras de acero, como por ejemplo puentes.

**LUBRICANTES:** Se usa como lubricante Grafito seco, en polvo ó en forma sólida en el caso en que sean inadecuados los lubricantes húmedos a causa del polvo ó materias extrañas ó cuando es necesario que el lubricante sea químicamente inerte.

Para lubricación a altas temperaturas no se conoce ningún sustituto del Grafito.

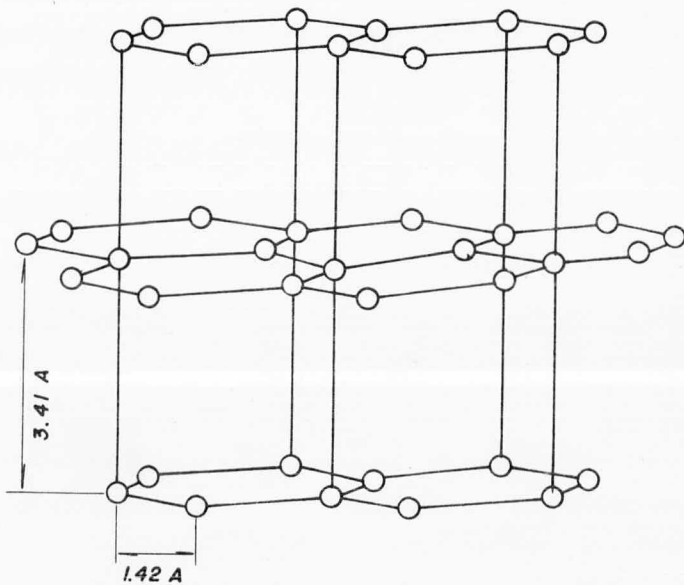
ARTICULOS ELECTRICOS: Una de las aplicaciones importantes del Grafito está en la fabricación de pilas secas.

En algunos acumuladores se usa como electrolito alcalino el Grafito en escamas, que hace que la pirolusita mala conductora - de la electricidad, se vuelva buena conductora en virtud de la mezcla íntima.

La conductividad eléctrica es requisito indispensable, -- pues cuanto mayor es la conductividad tanta más capacidad tiene la pila.

OTRAS APLICACIONES: Entre otras aplicaciones del Grafito pueden mencionarse las siguientes: la mayor parte de las minas para lápices - se hacen de Grafito natural escogido por su tamaño de partícula y - tipo; resistencia de aparatos radioreceptores; revestimiento de bulbos de rayos catódicos; el Grafito se emplea también como electro--dos en los procesos de electrodeposición tal como en la reducción del Aluminio; en la fabricación de los electrodos de los hornos - - eléctricos empleados para la obtención de acero al carbono; loa ánodos para la producción electrolítica de Cloro, Sosa Cáustica, Magnesio y Sodio; escobillas de motores y generadores; los ánodos y las rejillas de los tubos electrónicos; reflectores y columnas térmicas para reactores nucleares.

Es tanta la aplicación que tiene el Grafito en la Industria Eléctrica, Química, Metalurgica, Espacial y Nuclear, incluyendo otras, que sería difícil hacer mención de todas.



**UNAM**

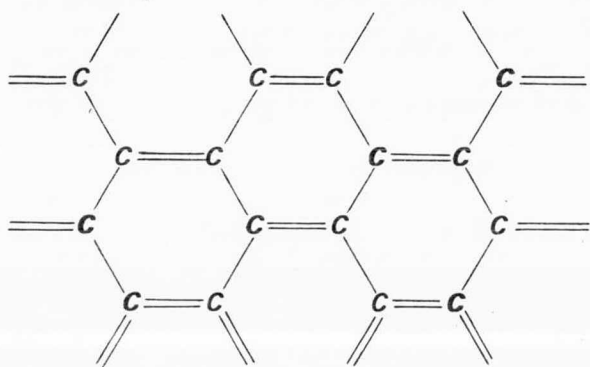
FACULTAD DE  
QUIMICA I.Q.M.

Disposición de los átomos de  
carbono en un cristal de grafito

Tesis Profesional Leonor Flores R.

Figura · II 1

1978



**UNAM**

FACULTAD DE  
QUIMICA I.Q.M.

*Enlace de valencia en una  
lamina de grafito.*

*Tesis Profesional* | *Leonor Flores R.*

*Figura · II 2*

*1978*

C A P I T U L O    I I I

APRECIACION DE MERCADO

## Consumo de Grafito.

El consumo de Grafito, se ha canalizado a través de los -  
usos y elaboración de:

Revestimientos de Hornos de fundición.

Manufactura de Acero

Industria de Refractarios

Elaboración de Crisoles y Retortas

Fabricación de :

Lubricantes

Baterías

Electrodos

Escobillas para motores

Pinturas, etc.

En cada uno de los puntos citados, se emplea el Grafito -  
en sus diferentes formas y bajo ciertas especificaciones, aunque ca  
si siempre estas especificaciones caen dentro de un margen más ó me  
nos elástico para la fabricación de un mismo producto, por ejemplo:  
Ford Motor Company S.A. consume Grafito bajo las siguientes especi-  
ficaciones.

Humedad 0.0%

% Carbón 82.0% mínimo

Clasificación - 1/2 Pulgada 92 % mínimo

- 20 Mallas 2 % máximo

El Grafito natural, es un elemento pequeño pero importante ya que se conocen pocos sustitutos de él y para algunas aplicaciones no tiene ningún sucedáneo.

El consumo nacional de Grafito, en todas sus formas asciende de aproximadamente a 1 400 toneladas por año, de las cuales 200 toneladas corresponden a Grafito Amorfo, siendo los principales consumidores:

Industria Eléctrica de México, S.A.

Hojalata y Lámina, S.A.

Super-Winchester

Ray-O-Vac de México

Talleres Universales

Altos Hornos de México, S.A.

Eagle Pencil Company de México

Lapicera Mexicana

El consumo de Grafito Cristalino, es de aproximadamente - 200 toneladas anuales, las cuales provienen del exterior y son adquiridas por las compañías:

Redima, S.A.

Eagle Pencil Company de México

Química Orgánica, S.A.

Representaciones Técnicas

Mex - Bestos, S.A.



Los consumidores nacionales que requieren en sus procesos productivos Grafito de variedad Cristalina adquieren éste producto del exterior a un precio que fluctúa entre \$5000.00 a \$925.00 la tonelada métrica.

Producción Nacional, Importación y Exportación.

La producción Nacional de Grafito, está orientada más que al consumo interno al mercado exterior, dirigiéndose concretamente a cubrir las necesidades de las industrias de los Estados Unidos de Norte América. Como puede observarse en el cuadro siguiente:

A Ñ O	T O N E L A D A S
1964	30 337
1965	40 414
1966	38 752
1967	40 690
1968	52 694
1969	42 920
1970	55 648
1971	50 916
1972	55 110
1973	65 392
1974	62 251
1975	62 251

De la producción de 1973, que fue de 65 392 toneladas 8 968 toneladas aproximadamente fueron de consumo interno ó sea que en México se consume Grafito cerca de 13.7 % de la producción total esto no quiere decir que se esté consumiendo el Grafito suficiente para las necesidades del País, ya que se importan productos hechos a base de Grafito como son: crisoles, electrodos, puntillas, ollas de colado, etc, como se muestra a continuación en el siguiente cuadro.

GRAFITO, en forma de:	1 9 6 8	
	Toneladas	Pesos
Crisoles	2.7	15 786
Electrodos	139.0	804 209
Plombagina	5.3	30 695
Puntillas	1.0	5 262
Tapones de Olla	4.0	21 048
T O T A L	152.0	877 000

A la producción nacional de Grafito contribuyen las siguientes compañías mineras:

Cía de San José, S.A. de C.V.

Grafito de Sonora, S.A.

Grafito Superior, S.A.

Grafitos Mexicanos, S.A.

Estas compañías en forma variable exportan sus productos a Estados Unidos de Norte América.

Este Grafito es exportado sin ninguna preparación ni clasificación mecánica, en tamaños que van de 2 pulgadas a finos, el contenido de Carbón oscila entre 80 % y 85 % y a precios que están entre 850 y 900 pesos la tonelada.

El siguiente cuadro reporta el volumen y valor de las exportaciones de Grafito mexicano:

AÑO	TONELADAS	VALOR, miles de pesos
1971	41 492	25 726
1972	42 273	26 209
1973	56 424	34 983

C A P I T U L O : IV

PROCESO METALURGICO

- 1.- Caracterización del Mineral
- 2.- Estudio Metalurgico
- 3.- Selección del Proceso.

## 1.- Caracterización del Mineral

## ESTUDIO MACROSCOPICO.

Este estudio define al mineral, como: roca de color crema con puntos grises, se encuentra constituida por Cuarzo, Feldespatos, Mica, Limonita, Arcilla y Grafito.

## ANALISIS CUALITATIVO ESPECTROGRAFICO.

En el siguiente cuadro se muestra la composición elemental del mineral:

PROPORCION ESTIMADA	ELEMENTOS
Abundantes: mayor de 10 %	Si
Menores entre: 1.0 y 10 %	Fe y Al
Escasos, entre: 0.1 y 1.0%	Mg, Ca, Ba, Na, K
Mínimos, entre: 0.01 y 0.1%	Mn, Ti, Ni, Sr, Zn, Pb, Cu.
Huellas, menos de 0.01 %	V

Por Análisis Químico Complementario fue determinado:

C

Menos de 10 %

## ESTUDIO POR DIFRACCION DE RAYOS X

Las fases cristalinas identificadas bajo este principio, -  
son reportadas a continuación, en orden descendente de la proporción  
estimada:

PROPORCION ESTIMADA	ESPECIE MINERAL
MAYOR	Cuarzo
MEDIANA	Feldespatos, Grafito.
MENOR	Montmorillonita, Mica.

## ANALISIS QUIMICO CUANTITATIVO .

Elemento ó Compuesto	Análisis %
C	4.25
SiO <sub>2</sub>	74.28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.84
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.40
MgO	1.76
CaO	1.40

## 2.- ESTUDIO METALURGICO .

Siendo el objeto del presente estudio llegar a la concentración de Grafito Cristalino, mediante un proceso de flotación, se hicieron las determinaciones de los parámetros necesarios, mismos - que se condujeron mediante las siguientes pruebas:

## 2.1.- VARIACION DE MOLIENDA.

Las primeras pruebas realizadas se refieren a la variación de molienda, para ello contamos con el estudio de liberación del Grafito y la matriz. Este estudio reporta el siguiente resultado:

PRODUCTO	PESO %	GRAFITO		LIBERACION	
		ANALISIS	DISTRIB.	RELATIVA	TOTAL
- 100 + 150	32.6	3.53	28.6	71.3	20.4
- 150 + 200	17.4	4.25	18.3	78.6	14.6
+ 200	<u>50.0</u>	4.28	<u>53.1</u>	82.6	<u>44.0</u>
	<u>100.0</u>		<u>100.0</u>		<u>79.0</u>
CALCULADA		4.03			

Estos resultados nos indican, que será necesario recurrir a moliendas finas, es decir, donde hay mayor liberación de Grafito y el proceso de flotación pueda reportarnos resultados positivos, - ésto puede ser al inicio de la operación ó por remolienda de un con centrado primario, de aquí que éstas pruebas se hallan realizado a moliendas relativamente gruesas.

Estas pruebas se realizaron en un molino de bolas, en circuito abierto, escogiéndose tres mallas diferentes, siendo éstas -- las variables principales.

El molino se conserva lleno de bolas sólo hasta la mitad, éstas son de acero, el molino se mantiene accionado a tal velocidad que la caída en cascada de las bolas y su acción de rodamiento produce el máximo efecto de molienda sobre el mineral, por impacto se rompe el mineral y el rodamiento que sufren las bolas hacen que éstas desintegren las partículas a base de un desgaste por fricción.

A continuación se anotan las condiciones de operación de estas pruebas:

CONDICIONES DE OPERACION	
Molienda Variable	-35, -48, -65
Molino de bolas	8" x 8"
Reactivos:	
Diesel	500 g/ton.
Aceite de Pino	25 g/ton.
Tiempos:	
Acondicionamiento	6 minutos
Flotación	5 minutos
p <sup>H</sup> natural	7.0
Temperatura	Ambiente
Aire	7.3 litros/min.
Velocidad del impulsor	1000 r.p.m.



Este cuadro muestra los resultados de las pruebas anteriores.

PRUEBA	MOLIENDA MALLAS	PRODUCTO	PESO %	R.C.	GRAFITO %	
					ANALISIS	DISTRIB.
1	-35	Concent.	6.5	15.4	56.10	94.1
		Medios	2.2	45.5	0.10	0.1
		Colas	91.3		0.27	5.8
			100.0			100.0
CABEZA CALCULADA					3.90	
2	-48	Concent.	6.0	16.6	62.10	93.5
		Medios	0.3		4.48	1.8
		Colas	93.7		0.20	4.7
			100.0			100.0
CABEZA CALCULADA					3.98	
3	-65	Concent.	4.9	20.4	73.45	94.7
		Medios	3.9		1.00	1.0
		Colas	91.2		0.18	4.3
			100.0			100.0
CABEZA CALCULADA					3.80	

CONDICIONES DE OPERACION	
Molienda Variable	-35, -48, -65
Molino de bolas	8" x 8"
<b>Reactivos:</b>	
Diesel	500 g/ton.
Aceite de Pino	25 g/ton.
<b>Tiempos:</b>	
Acondicionamiento	6 minutos
Flotación	5 minutos
p <sup>H</sup> natural	7.0
Temperatura	Ambiente
Aire	7.3 litros/min.
Velocidad del impulsor	1000 r. p. m.

El siguiente cuadro muestra los resultados de éstas-  
pruebas.

Por lo que respecta a la recuperación de Grafito, los resultados muestran que ésta se mantiene constante en un 94 % sin llegar a realizar una molienda fina, no así el análisis químico indica que la pureza del concentrado si es consecuencia del grado de liberación del Grafito.

## 2.2.- NUMERO DE LIMPIAS.

De la serie anterior se eligió, como una constante, la molienda a -48 mallas, ya que no hay prácticamente ninguna diferencia en la recuperación.

Las siguientes pruebas se proyectaron para determinar hasta donde es posible concentrar el Grafito sin recurrir a remoliendas, esta serie consistió en nueve pruebas de flotación, obteniéndose de cada una un concentrado primario, al conjunto de estos se le efectuaron nueve limpieas.

Se menciona a continuación las Condiciones de Operación: así como los resultados, los cuales nos indican que no es posible obtener un concentrado de Grafito de alta pureza sin recurrir a una molienda fina que permita su liberación y en consecuencia su concentración.

CONDICIONES DE OPERACION.	
Molienda	-48 Mallas
Molino de bolas	8" x 8"
<b>Reactivos:</b>	
Diesel	600 g/ton.
Aceite de Pino	25 g/ton.
<b>Tiempos:</b>	
Acondicionamiento	6 minutos
Flotación	10 minutos
p <sup>H</sup> natural	7.0
No. de Limpias	9, sin reactivos.
Tiempo de Flotación	1a. limpia 8 minutos 2a a 9a, 3 minutos
Veloc. del Impulsor	1000 r. p. m.
Aire	7.3 litros/min.

PRODUCTO	PESO %	R.C.	ANALISIS %		DISTRIB. %	
			CENIZAS	GRAFITO	CENIZAS	GRAFITO
Concentrado	4.40	22.7	14.73	80.00	0.7	93.6
Medios 1	8.50		92.31	1.47	8.7	3.0
" 2	1.70		88.65	2.41	1.6	1.0
" 3	0.50		86.30	2.70	0.5	0.3
" 4	0.30		83.09	5.72	0.3	0.4
" 5	0.15		81.12	6.42	0.1	0.2
" 6	0.13		76.02	12.85	0.1	0.4
" 7	0.10		74.29	14.68	0.1	0.4
" 8	0.06		79.21	9.84	0.05	0.1
" 9	0.06		72.49	15.36	0.05	0.2
Colas	84.10		94.26	0.52	87.8	10.4
	100.00				100.00	100.0

## 2.3.- VARIACIONES DE REACTIVOS .

Por lo general para lograr, la concentración por flotación de minerales como el Grafito, no es difícil la promoción y activación de las partículas a flotar, sino más bien, la separación por depresión de la ganga que se desea eliminar.

Con este objeto se llevó a cabo la selección de los reactivos a emplear, realizándose pruebas para seleccionar el Colector y Espumantes apropiados.

SELECCION DEL COLECTOR		
PRUEBA	COLECTOR	CANTIDAD: g/ton.
1	Diesel	500
2	Kerosena	500
3	Fuel Oil	500

Las constantes consideradas son las siguientes:

CONSTANTES	
Molienda	-48 mallas
Acondicionamiento	6 minutos
Flotación	5 minutos
p <sup>H</sup> natural	7.0
Veloc. Impulsor	1000 r. p. m.
Aire	7.3 litros/min.
Temperatura	Ambiente
Limpie	Sin reactivo
Flotación	2 minutos

De las tres pruebas, se seleccionó el Petróleo Diáfano - Kerosena colector con el que se obtuvo mejor concentración de Grafito al mismo tiempo que una mayor recuperación, como se consigna en el cuadro siguiente:

## SELECCION DEL COLECTOR.

PRUEBA	COLECTOR	PRODUCTO	PESO %	R. C.	ANALISIS 1		DISTRIB. 1	
					CENIZAS	GRAFITO	CENIZAS	GRAFITO
1	Diesel	Concent.	6.0	15.6	31.4	62.1	2.1	88.5
		Medios	0.3	333.3	86.7	4.48	0.3	0.3
		Colas	93.7		94.8	0.5	97.6	11.2
			100.0				100.0	100.0
		CABEZA CALCULADA			91.8	4.2		
2	Kerosena	Concent.	5.6	35.7	27.08	66.64	1.7	90.9
		Medios	5.3		91.75	0.16	5.3	0.2
		Colas	89.1		95.65	0.41	93.0	8.9
			100.0				100.0	100.0
		CABEZA CALCULADA			91.0	4.1		
3	Fuel Oil	Concent.	4.8	41.6	30.35	60.99	1.6	88.9
		Medios	7.4		91.79	0.49	7.4	1.1
		Colas	87.8		94.59	0.40	91.0	12.0
			100.0				100.0	100.0
		CABEZA CALCULADA			91.3	3.5		



## SELECCION DEL ESPUMANTE .

Las constantes consideradas son las mismas que se emplearon en la prueba anterior, incluyendo ahora el Petróleo Diáfano.

Para esta prueba los Espumantes escogidos fueron los siguientes:

ESPUMANTE	CANTIDAD : g/ton.
Aceite de Pino (Carrasco)	25
E - 70	25
Aceite de Pino (Mardupol)	25
Montanol c	25

La selección de un reactivo se basa en su eficiencia para obtener la combinación máxima de ley y recuperación en el producto final, en los siguientes resultados se observa una mayor recuperación en las pruebas 3 y 4 pero una ley considerablemente baja, de aquí que se halla considerado la prueba No. 1 para seleccionar el Espumante, como se muestra a continuación.

PRUEBA	ESPUMANTE	PRODUCTO	LEGO %	R.C	ANÁLISIS %		DIFUSIÓ.	
					CENIZAS	GRAFITO	CENIZAS	GRAFITO
1	A. Pino Carrasco	Concent.	6.0	15.5	31.40	52.10	2.1	88.50
		Medios	0.3		86.7	4.48	0.3	0.20
		Colas	93.7		94.8	0.51	97.2	11.20
			100.0					100.0
		CABEZA CALCULADA		91.0	4.2			
2	E - 70	Concent.	6.3	15.9	34.23	58.89	2.4	85.60
		Medios	4.0		89.95	0.75	3.9	0.05
		Colas	89.7		95.64	0.69	93.7	14.35
			100.0					100.0
		CABEZA CALCULADA		91.5	4.3			
3	A. Pino Mardupol	Concent.	6.6	15.1	37.57	54.95	2.7	92.70
		Medios	3.6		89.01	0.68	3.5	0.60
		Colas	89.8		96.12	0.29	93.8	6.70
			100.0				100.0	100.00
		CABEZA CALCULADA		92.00	3.9			
4	Montanol C	Concent.	6.3	15.9	34.6	58.69	2.4	92.8
		Medios	3.5		89.51	0.22	3.4	0.2
		Colas	90.2		96.08	0.31	94.2	7.0
			100.0				100.0	100.0
		CABEZA CALCULADA		92.0	4.0			

Las pruebas anteriores han permitido determinar las siguientes constantes:

CONSTANTES	
Molienda	-48 mallas
Molino de bolas	8" x 8"
Tiempo de molienda	15 min/ kg
Reactivos:	
Colector	Petróleo Diáfano
Espumante	A. Pino Carrasco
Tiempo:	
Acondicionamiento	6 minutos
Flotación	10 minutos
p <sup>H</sup> natural	7.0
Veloc. Impulsor	1000 r.p.m.
Aire	7.3 litros/min.

Así mismo los resultados muestran una ley de 60 % a 70 % en los concentrados primarios y una recuperación desde 85 % a 94 %. Estos resultados como las constantes de todas las pruebas anteriores servirán de base para las operaciones siguientes encaminadas a mejorar el concentrado.

## 2.4 PRUEBAS TENDIENTES A MEJORAR EL CONCENTRADO

## PRIMARIO .

Después de realizar las series de pruebas anteriores, podemos concluir que no es posible obtener un concentrado de Grafito con valor comercial, sin recurrir a moliendas finas ó remolienda de un concentrado primario con este objeto se proyectó la siguiente -- prueba tendiente a mejorar este concentrado, considerando todas las constantes ya determinadas, agregando solamente Silicato de Sodio - al 10 % como depresor.

El concentrado primario sometido a esta serie de operaciones, que a continuación se describen fue obtenido de nueve pruebas de flotación las cuales se hicieron con la siguiente dosificación:

CONSTANTES	
Reactivo	Cantidad
Silicato de Sodio	100 g/ton.
Petróleo Diáfano	600 g/ton.
A. Pino Carrasco	25 g/ton.
Tiempo de Flotación	10 min.

Este concentrado al ser estudiado microscópicamente, indica la falta de liberación del Grafito, por lo cual se optó por la siguiente prueba.

#### REMOLIENDA DEL CONCENTRADO PRIMARIO .

Una propiedad inherente del Grafito es su maleabilidad, - tendiendo a formar plaquetas, por lo cual no se hace factible su finura en mallas, pudiéndose referir únicamente a remolienda del concentrado; el tiempo de remolienda fue de 9.2 minutos y dilución 1;1

Posteriormente se efectuó una serie de nueve limpiezas, con esta prueba se obtuvo una concentración de Grafito de 87.34 %.

Este concentrado lo mismo que las cenizas se analizaron - por Rayos - X y después de conocer las impurezas que le acompañan, se proyectó otra prueba de remolienda, manteniendo las mismas constantes, aumentando únicamente la finura la cual fue de 15 minutos.

Los resultados de estas dos pruebas se muestran a continuación:

## CALCULOS DE LA RECULIENDA DE 9.2 MINUTOS.

PRODUCTO	PESO %	R.C.	ANALISIS %		DISTRIB. %	
			CENIZAS	GRAFITO	CENIZAS	GRAFITO
Concent.	4.1	24.4	9.14	97.34	0.4	94.30
Medios 1	11.6		93.47	0.01	11.7	0.03
" 2	1.7		86.60	0.71	1.6	0.30
" 3	0.3		93.84	2.10	0.3	0.20
" 4	0.2		77.38	7.26	0.16	0.40
" 5	0.1		71.73	11.73	0.08	0.30
" 6	0.06		73.05	11.53	0.05	0.20
" 7	0.06		66.46	18.07	0.04	0.30
" 8	0.06		65.03	18.37	0.04	0.30
" 9	0.04		59.62	24.29	0.03	0.27
Colas	81.78		96.91	0.16	85.60	3.40
	100.00				100.00	100.00
CABEZA CALCULADA			92.60	3.80		

## CALCULOS DE LA REMOLIENDA DE 15 MINUTOS.

PRODUCTO	PESO %	R. C.	ANALISIS	DISTRIB.
			% C. FIJO	% C. FIJO
Concentrado	3.9	25.6	90.6	88.2
Medios 1	10.3		0.4	1.0
" 2	0.9		0.4	0.1
" 3	0.1		8.7	0.2
" 4	0.1		22.5	0.5
" 5	0.1		23.5	0.6
" 6	0.1		23.9	0.6
" 7	0.1		35.3	0.9
" 8	0.1		33.8	0.9
" 9	0.1		36.5	0.9
Colas	84.2		0.29	6.1
	100.0			100.0
CABEZAS CALCULADA			4.00	

En la última remolienda los resultados muestran que sólo pudo aumentarse la ley de Grafito en un 4 %.

### 3.- SELECCION DEL PROCESO

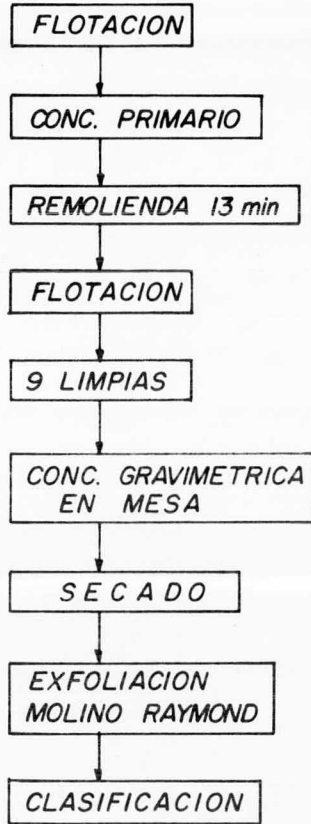
Atendiendo los resultados del Estudio Metalurgico desarrollado, se presenta la elaboración del siguiente esquema de tratamiento que permitirá obtener un concentrado de Grafito arriba de 80 %.

Este esquema presenta también una Concentración Gravimétrica en Mesa Wilfley, se seleccionó este proceso porque el estudio microscopico permite observar, que las impurezas que acompañan al Grafito han sido obtenidas en el proceso de flotación por arrastre mecánico.

Finalmente se incluye una operación de sacudimiento empleado un molino Raymond de martillos de alta velocidad y descarga abierta, con el objeto de aumentar la sensibilidad de liberación.

A continuación se señala la secuencia de operación de este esquema, así como los resultados.





<b>UNAM</b>	FACULTAD DE QUIMICA I.Q.M.
Esquema de tratamiento para la concentración de grafito	
Tesis Profesional	Leonor Flores R.
Figura · 3	1978

## 3.1.- FLOTACION PRIMARIA

Esta flotación se realizó bajo las siguientes condiciones de operación:

CONDICIONES DE OPERACION	
Carga	9 Kg.
Molino de bolas	8" x 8"
Molienda	-48 mallas
Tiempo de molienda	15 min/Kg.
Reactivos:	
Silicato de Sodio	100 g/ton
Petróleo Diáfano	600 g/ton
A. Pino Carrasco	25 g/ton
Tiempo:	
Acondicionamiento	6 min/3 Kg
Flotación	10 min/3 Kg
p <sup>H</sup> natural	7.0
Veloc. Impulsor	1000 r.p.m.
Aire	7.3 litros/min
Temperatura	Ambiente

A continuación se presenta el balance metalurgico de esta prueba:

OPERACION	PRODUCTO	PESO %	R. C.	GRAFITO %	
				ANALISIS	DISTRIB.
FLOTACION PRIMARIA	Concent.	6.05	16.52	64.60	92.43
	Medios	4.52		0.62	0.69
	Colas	89.33		0.32	6.88
		100.00			100.00
	CABEZAS CALCULADA			4.22	

Este concentrado de 64.60 % de Grafito, como lo muestra el esquema es el:

3.2.- CONCENTRADO PRIMARIO

Este fue sometido a una

3.3.- REMOLIENDA DURANTE 13 MINUTOS

Pasando nuevamente a

3.4.- FLOTACION

Con el objeto de darle

3.5.- NUEVE LIMPIAS

Las condiciones en que se realizaron se anota a continuación así como los resultados:

CONDICIONES DE OPERACION	
Tiempo de Remolienda	13 minutos
Número de limpieas	Nueve
Reactivo:	
Silicato de Sodio	25 g/ton
Tiempo de flotación:	
1a limpia	7 minutos
2da a 5a limpia	4 minutos
6a a 9a limpia	3 minutos
Acondicionamiento	3 min/limpia
p <sup>H</sup> natural	7.0
Aire	7.3 litros/min
Veloc. Impulsor	1000 r. p. m.
Temperatura	Ambiente

El siguiente cuadro reporta el balance metalurgico:

## BALANCE METALURGICO FLOTACION - LIMPIA.

PRODUCTO	PESO %	R. C.	GRAFITO %	
			ANALISIS	DISTRIB.
Conc. Limpio	3.89	25.71	91.90	86.04
Medios R - 1	1.75		1.43	0.60
" R - 2	0.20		11.57	0.56
" R - 3	0.06		35.16	0.50
" R - 4	0.09		47.40	1.03
" R - 5	0.06		51.93	0.75
" R - 6	0.05		65.30	0.79
" R - 7	0.05		61.58	0.74
" R - 8	0.04		75.49	0.73
" R - 9	0.04		72.59	0.69

El concentrado limpio de flotación pasó a:

## 3.6.- CONCENTRACION GRAVIMETRICA EN MESA

Los resultados obtenidos son los siguientes:

## BALANCE METALURGICO CONCENTRACION GRAVIMETRICA.

PRODUCTO	PESO %	R. C.	GRAFITO %	
			ANALISIS	DISTRIB.
Concentrado	86.6	1.15	93.19	88.90
Medios	7.2		85.40	6.77
Colas	6.2		63.31	3.32
	100.0			100.00
CONCENTRADO DE FLOTACION CALC.			90.80	

El concentrado de mesa fue sometido a :

3.7.- EXFOLIACION - MOLINO RAYMOND

Finalmente este producto se le efectuó una

3.8.- CLASIFICACION

Este último balance se reporta en el siguiente cuadro:

## BALANCE METALURGICO. EXFOLIACION

PRODUCTO	PESO %	GRAFITO %	
		ANALISIS	DISTRIBUCION
-48	13.68	92.56	13.72
-48 + 80	23.95	93.44	24.25
-80 + 100	9.10	93.53	9.22
-100 + 150	17.68	92.67	17.76
-150 + 200	10.89	95.96	11.32
-200 + 250	6.15	94.55	6.30
-250 + 270	3.10	90.13	3.03
-270 + 325	5.77	96.38	5.40
-325	9.68	85.75	9.00
	100.00		100.00
CONC. DE MESA CALCULADO		92.27	

Los resultados obtenidos a través de estas series de pruebas nos muestran que si es posible obtener un concentrado de Grafito de alta ley, el concentrado de mesa no muestra mucha diferencia en lo que respecta a la distribución, comparado con el concentrado primario limpio, esto puede atribuirse a la falta de continuidad en la operación.

C A P I T U L O : V .

A N A L I S I S Q U I M I C O .



En este capítulo se señala, la secuencia de pasos, para realizar el Análisis Químico Cuantitativo de mineral de Grafito.

Los compuestos y elementos analizados son los siguientes:

C, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO y CaO.

A continuación se describe cada uno de los métodos empleados:

#### ANALISIS DE CARBON.

El análisis de Carbón está basado, en la cantidad que dicho elemento se encuentre presente en la muestra. En éste estudio se emplearon dos métodos diferentes.

El primer método se aplica a minerales con porcentajes de Carbón: mayor de 0.1 % hasta 10 % máximo.

El segundo método es aplicable a minerales que lo contengan desde 10 % hasta arriba del 90 %

En muestras de cabezas el Grafito se encuentra en pequeño porcentaje, por lo que se aplicó el primer método que a continuación se menciona.

Pesar de 1 a 3 gramos de muestra pasarla a un vaso de precipitado de 250 c.c.

Añadir 50 c.c. de HNO<sub>3</sub>, preparado 3:5, tapar con un vidrio

de reloj y calentar sobre asbesto durante 30 minutos agitando ocasionalmente.

Añadir de 1 a 2 c.c. de HF y hervir nuevamente durante 4 ó 5 minutos.

Filtar en un Gooch, previamente preparado con asbesto y - calcinado. Lavando con agua caliente, después con solución de KOH caliente. Lavar nuevamente con agua caliente en seguida con HCl caliente y finalmente con agua caliente.

Secar a 100°C. durante dos horas, pesar y calcinar a 1 100° hasta que todo el carbón se haya calcinado enfriar y pesar nuevamente.

$$\% \text{ Carbón Fijo} = \frac{(\text{Peso antes de calcinar} - \text{Peso después de calcinar})}{\text{Peso antes de calcinar}} \times 100$$

KOH: Hidróxido de potasio preparado a 120 gramos/litro.

HCl: Acido Clorhídrico, preparado 1:20

El segundo método se aplicó para analizar carbón de los - productos obtenidos durante el Estudio Metalurgico.

Este método comprende el análisis de Humedad, Materia Volátil Cenizas y Azufre.

HUMEDAD: Se pesan dos gramos de muestra, se ponen en un vidrio de reloj y se meten a la estufa a  $100 \pm 2^\circ\text{C}$  hasta que su peso sea constante.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Pérdida de Peso}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

MATERIA VOLÁTIL: Se pesa 1 gramo de muestra, se pone en un crisol de porcelana y se tapa, luego se mete a un horno vertical a  $925^\circ\text{C}$  por espacio de 7 minutos. Se enfría y se pesa.

$$\% \text{ Materia Volátil} = \left( \frac{\text{Pérdida de Peso}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \right) - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Azufre})$$

CENIZAS: Se pesa 1 gramo de muestra, se pone en un crisol de porcelana y se calcina en la mufla a  $100^\circ\text{C}$  y se vuelve a pesar.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Peso de las Cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

AZUFRE: Se pesan 0.5 gramos de muestra, se coloca en la bomba de peróxido, se añade una medida de Peróxido de Sodio (aproximadamente 15 gramos), 1 gramo de Perclorato de Potasio y 0.300 gramos de Acido Cítrico.

Se mezcla perfectamente bien; se coloca el fusible y se tapa a que quede herméticamente cerrado, se coloca en el baño de agua corriente y se dispara.

Cuando la bomba esté a temperatura ambiente se saca del baño se abre lavando bien la tapa con agua caliente y recibiendo el --

lavado en un vaso de precipitados de 600 c.c. en donde se coloca - también la masa fundida.

Cuando se haya disuelto completamente, se lava la bomba - con agua destilada; se añade unas gotas de Anaranjado de Metilo y se neutraliza con HCl concentrado añadiendo 1 c.c. en exceso . Se filtra sobre papel fino, recibiendo el filtrado en un vaso de 600- c.c. y lavando bien el residuo que quedó, con agua caliente.

Se añade agua de Bromo para oxidar el Azufre y se coloca - sobre la parrilla para eliminar el exceso de agua de Bromo por ebu llición.

Luego se añade Anaranjado de Metilo y NaOH al 10 % hasta - reacción alcalina, seguida de HCl concentrado hasta reacción lige - ramente acída; se calienta y se precipita el Azufre con 20 c.c. de  $BaCl_2$  al 10 %.

Se coloca en la parrilla sobre un asbesto hasta que todo - el  $BaSO_4$  haya precipitado y la solución esté clara.

Se filtra sobre un filtro fino lavando 6 veces con agua - caliente, se calcina y se pesa.

$$\% \text{ Azufre} = \text{Peso del } BaSO_4 \times 0.1374 \times 2 \times 100$$

Determinado lo anterior puede calcularse la cantidad de - Carbón fijo presente en la muestra:

$\% \text{ Carbón Fijo} = 100 - (\% \text{ Cenizas} + \% \text{ Materia Volátil} + \% \text{ Azufre})$

ANALISIS DE  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  y  $\text{MgO}$ .

Esta determinación se realiza sobre las cenizas del mineral de Grafito, ó sea en un crisol de porcelana se calcina 1 gramo de muestra a  $1\ 100^\circ\text{C}$ , en estas cenizas se analiza lo anteriormente señalado, como se detalla a continuación.

El total de cenizas, se funde en un crisol de platino con mezcla de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y  $\text{K}_2\text{CO}_3$  (1:1). Se enfría y se disuelve en un vaso de precipitados de 400 c.c. con 30 c.c. de  $\text{HCl}$  concentrado y -- 100 c.c. de agua destilada y se lleva a sequedad total para insolubilizar la Sílice.

Se recupera con 30 c.c. de  $\text{HCl}$  concentrado y 30 c.c. de agua destilada, se calienta suavemente, se tritura la Sílice y se diluye a 100 c.c. con agua destilada, se calienta casi a ebullición

Filtrar sobre filtro fino, lavando 10 veces con agua destilada caliente, recibiendo el filtrado en vaso de precipitados de 400 c.c. El filtrado contiene el Fierro, Aluminio, Calcio y Magnesio. El precipitado se calcina en crisol de arcilla a  $900^\circ\text{C}$  y se pesa como  $\text{SiO}_2$ .

$\% \text{ SiO}_2 = \text{Peso del Precipitado} \times 100$

En el filtrado se precipitan el Fierro y el Aluminio con  $\text{NH}_4\text{OH}$  concentrado hasta reacción justamente alcalina, añadiendo 2- ó 3 gotas en exceso y se lleva a ebullición por un minuto.

Se filtra en filtro corriente, lavando el precipitado de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  y  $\text{Al}(\text{OH})_3$  unas 6 veces con agua destilada caliente y recibiendo el filtrado en vaso de precipitados de 400 c.c. Esta solución contiene el Calcio y Magnesio.

Se redisuelve el precipitado con 10 c.c. de  $\text{HCl}$  concentrado y la menor cantidad posible de agua destilada; se precipita el Fierro con  $\text{NaOH}$  al 50%, añadiendo 5 c.c. en exceso, pasando el Aluminio en solución y se lleva a ebullición durante 10 minutos.

Enfriar y filtrar, recibiendo el filtrado en matraz aforado a 250 c.c. el  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  se redisuelve con 10 c.c. de  $\text{HCl}$  concentrado y agua destilada, se añade plomo metálico suficiente para - efectuar la reducción del Fierro, lo que se logra hirviendo durante 30 minutos.

Se decanta la solución pasándola a un vaso de 400 c.c. se enfría a temperatura ambiente, se añaden 15 c.c. de mezcla de ácidos, 5 gotas de Difenilamina y se titula con  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0.1N hasta -- coloración violeta permanente.

$$\% \text{Fe}_2\text{O}_3 = V \times \text{Fs}^* \times \text{Fg}$$

En donde:

V = Volúmen de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  gastados en la titulación.

Fs\* = Factor de la solución titulante.

Fg = Factor Gravimétrico.

$$\text{Fg} = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{2 \text{ Fe}} = 1.4297$$

\* Al final de éste capítulo se explicará la preparación de todas las soluciones empleadas.

La solución que contiene el Aluminio, se afora a 250 c.c. y se toma una alícuota de 25 c.c. en matraz Erlenmeyer de 300 c.c. se neutraliza con Acido Acético, usando Fenolftaleína como indicador.

Se trata con 10 c.c. de solución EDTA 0.05 M, 10 c.c. de solución Buffer y se lleva a ebullición durante 3 minutos.

Se enfría se añade el mismo volúmen de Alcohol Etílico, 1 c.c. de Ditizona y se titula con solución de  $\text{ZnSO}_4$  0.05 M hasta -- que vire a rojo; suponiendo que para fines de cálculo:

La equivalencia entre las soluciones de EDTA y  $\text{ZnSO}_4$  es , para pesadas de 0.5 gramos: 10 c.c. de EDTA - 9.95 c.c. de  $\text{ZnSO}_4$ .

Aforo = 250 c.c.

Alícuota= 25 c.c.

Volúmen de EDTA	=	10 c.c.
Volúmen de $ZnSO_4$	=	Y
Fs	=	Factor de la solución
9.95 - Y	=	Z
% $Al_2O_3$	=	10 x Z x Fs

La solución que contiene el Calcio y Magnesio, se le añaden 20 c.c. de Oxalato de Amonio al 8 % y se deja asentar el precipitado de  $CaC_2O_4$  sobre asbesto.

Se filtra recibiendo el filtrado en vaso de 600 c.c. lavando el precipitado 10 veces con agua destilada caliente.

Luego se pasa el precipitado de  $CaC_2O_4$  al mismo vaso en donde se precipitó, el cual contendrá 200 c.c. de agua destilada y 10 c.c. de  $H_2SO_4$  concentrado.

Se calienta a  $80^\circ C$  y se titula con solución de  $KMnO_4$  0.1 N hasta el primer tinte rosa que permanezca por 30 segundos.

$$\% CaO = \text{Volúmen de } KMnO_4 \times Fs$$

La solución del vaso de 600 c.c. la cual contiene el Magnesio se acidula con HCl concentrado, usando Anaranjado de Metilo como indicador y añadiendo 1 c.c. de HCl en exceso.



Se agregan 25 c.c. de Fosfato de Amonio al 8 % y 30 c.c.- de  $\text{NH}_4\text{OH}$  concentrado, se agita durante 5 minutos y se deja reposar durante 12 horas.

Se filtra en filtro fino, lavando el precipitado 12 veces con solución de  $\text{NH}_4\text{OH}$  al 2 %. Se calcina en crisol de arcilla a  $900^\circ\text{C}$  y se pesa como  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  Pirofosfato de Magnesio.

$$\% \text{ MgO} = \text{Peso del Precipitado} \times \text{Fg} \times 100$$

$$\text{Fg} = \frac{2 \text{ MgO}}{\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7} = 0.3622$$

'solución: Mezcla de Acidos, se prepara mezclando 150 c.c. de --  
 $H_3PO_4$  más 150 c.c. de  $H_2SO_4$ , completando a 1 litro con  
agua destilada.

Solución Buffer: está compuesta de 77 gramos de Acetato de Amonio-  
60 c.c. de Acido Acético, 940 c.c. de agua desti-  
lada.

Solución de Ditizona: Indicador, se pesan 25 miligramos de Ditizo-  
na y se disuelven en 100 c.c. de Acetona.

Solución de Difenilamina: Indicador interno para titulación en la  
determinación de Fierro. Disolver 1.0-  
gramos de Difenilamina en 100 c.c. de -  
 $H_2SO_4$ .

Solución de:

Anaranjado de Metilo;      Indicador para alcalimetría y acidimetrí  
a. Disolver 0.1 gramo de Anaranjado de  
Metilo en 100 c.c. de agua destilada ca  
liente.

Solución de Fenolftaleina: Indicador para alcalimetría y acidime-  
tría. Disolver 1.0 gramos de Fenolfta  
leina en 100 c.c. de Alcohol.

## Solución de Dicromato de Potasio.

Disolver 4.903 gramos de esta sal en agua destilada, aforando a 1000 c.c. Para valorar esta solución deberá pesarse una -- cantidad determinada de de Fierro cuya pureza sea conocida y di-- solverlo en un vaso de 250 c.c. con 20 c.c. de HCl hasta lograr -- una completa disolución; diluir con agua destilada a un volúmen -- aproximado de 200 c.c. Agregar granalla fina de Plomo metálico en cantidad suficiente para lograr la reducción total del Fe, que se llevará a cabo en caliente. Decantar la solución, enfriar, añadir 15 c.c. de mezcla de ácidos, agregar unas gotas de difenilamina y titular con la solución de Dicromato de Postasio. El primer tinte violeta y permanente será el punto final.

El factor para la solución se obtiene:

$$F_s = \frac{\text{mg de Fe contenidos en la pesada original}}{\text{Mililitros de Dicromato gastados en la titulación.}}$$

C A P I T U L O VI.  
CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFIA

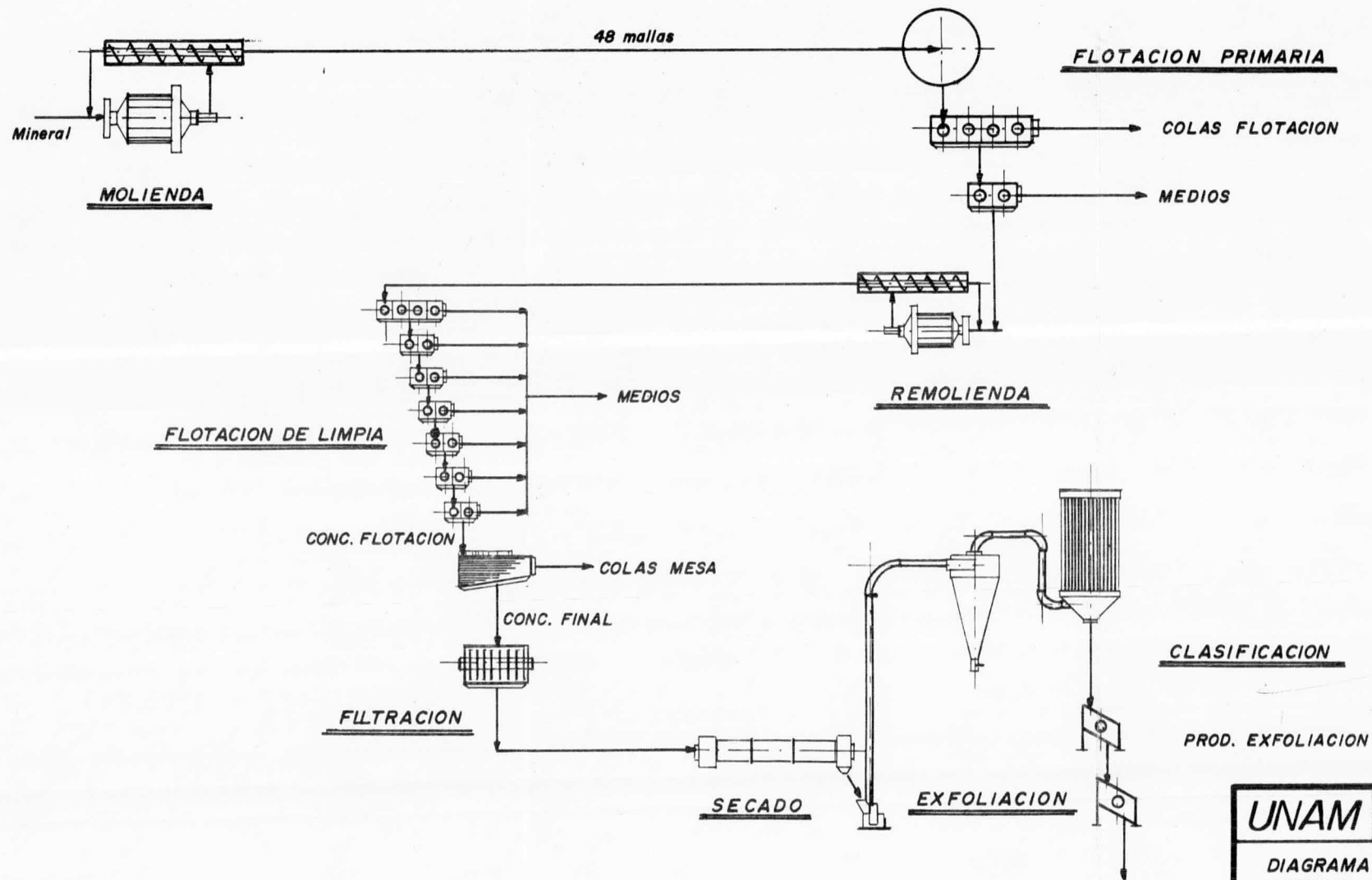
## CONCLUSIONES.

El Grafito, contenido en el mineral, sólo una pequeña - parte corresponde al Cristalino, éste tiende a laminarse por efecto de molienda, por lo cual no debe ser molido finamente para su beneficio.

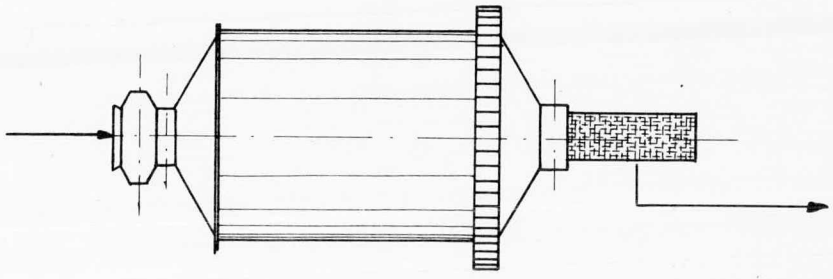
Este mineral se adapta al Proceso de Flotación y permite por este medio, llegar a obtener un concentrado de alta pureza. Este concentrado al ser tratado en mesa, deposita resultados poco favorables, debido a la falta de continuidad en la operación.

Como ya se mencionó, el Grafito, durante el proceso se lamina, reteniendo, pequeños cristales de Cuarzo ú otras impurezas, -- por lo que, el concentrado seco, se somete a Molienda Raymond, obteniendo así, una serie de productos con alto contenido de Grafito

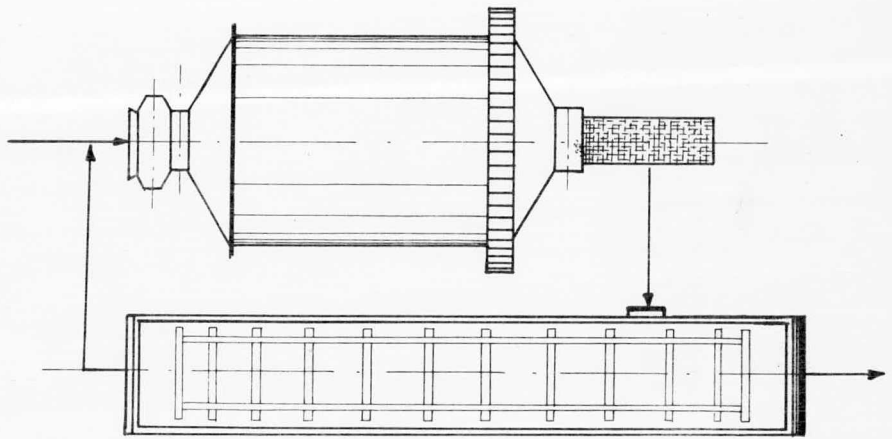
Finalmente: se recomienda la operación, conforme a las pruebas realizadas, de la cual se anexa un Diagrama de Flujo.



<b>UNAM</b>	FACULTAD DE QUIMICA I.Q.M.
DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCION DE GRAFITO DE ALTA PUREZA	
Tesis Profesional	Leonor Flores R.
Figura 4	1978



(1)



(2)

<b>UNAM</b>	FACULTAD DE QUIMICA I.Q.M.
Circuito de Molienda (1) ABIERTO (2) CERRADO	
Tesis Profesional	Leonor Flores R.
Figura · 5	1978

## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Enciclopedia de Tecnología Química.  
Kirk - Othmer  
Volum 9.
- 2.- Ingeniería Metalúrgica.  
Reinhardt Schuhmann  
Tomo I
- 3.- Equipos de Extracción y de Preparación de Minerales.  
Jean Costes.  
Editores Técnicos Asociados S.A.  
Barcelona.
- 4.- Primer Simposium Metalúrgico de Tecamachalco.  
Comisión de Fomento Minero.  
México 1976.
- 5.- Teoría y Práctica de Trituración y Molienda.  
Comisión de Fomento Minero.  
México 1972.
- 6.- Análisis de Minerales.  
Comisión de Fomento Minero.  
5a Edición 1977.
- 7.- Concentración de Minerales por Flotación.  
Philip Rabone  
Comisión de Fomento Minero.  
México 1975.



- 8.- Minerals Yearbok.  
Vol. I  
Metals, Minerals and Fuels.  
1972.
- 9.- Anuario Estadístico de la Minería Mexicana  
Consejo de Recursos Naturales No. Renovables  
1975.
- 10.- Handbook of Mineral Dressing.  
Taggart  
John Wiley and Sons, Inc.
- 11.- Cámara Minera de México.  
Rev. Vol. I  
Nos. 2, 4, 8, 10, 14, 16.
- 12.- Información Directa.