

República de Cuba

MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO

Facultad de Metalúrgia

TRABAJO DE DIPLOMA

Tema: Obtención de Rutilo

Diplomante: Williams Parra Pérez *W. Parra*

Tutor : Dtor. Eulicer Fernandez *E. Fernandez*

Ing. Maria E. Ramirez *M. Ramirez*

Moa - 1994

AÑO 36 DE LA REVOLUCION

DEDICATORIA

DEDICATORIA

A mis queridos padres, esposa e hijo quienes siempre me tendieron la mano cuando intenté flaquear, y con su ejemplo y amor me educaron y ayudaron a seguir adelante bajo cualquier circunstancia.

A la revolución que me brindó la oportunidad de poder ser hoy en día profesional. A todos ellos dedico este trabajo.

A G R A D E C I M I E N T O

AGRADECIMIENTO

Quiero hacer llegar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que con su ayuda desinteresada facilitaron la realización de este trabajo y - en especial a mis tutores Dr. Eulicer Fernandez y Ing. María Ramirez Pérez de quienes recibí el - apoyo y orientación necesaria para la ejecución - de esta tarea propuesta.

R E S U M E N

RESUMEN

En el presente trabajo de Diploma se analiza una tecnología para la obtención de Rutilo Sintético a partir de material detrítico procedente del Río-Cañete. El mismo tiene un contenido de 30 % de Ilmenita.

La tecnología empleada se denomina Proceso del Sulfato la cual consta de las siguientes operaciones.

1. Lixiviación del mineral molido
2. Clarificación de la solución
3. Precipitación del óxido de Titanio Hidratado
4. Filtración y lavado del precipitado
5. Calcinación
6. Tratamiento de acabado y pulverización del pigmento de (TiO_2)

Nuestro objetivo radica en realizar un estudio preliminar de las tres primeras operaciones por considerarlas las más importantes, para la cual se realiza una valoración termodinámica sobre la posibilidad de ocurrencia de las principales reacciones, así como el cálculo estequiométrico del consumo de H_2SO_4 en el proceso de lixiviación, luego de variar la clarificación de la solución se hace un estudio del proceso de precipitación a partir de la determinación del PH de precipitación del Ti^{4+} ,

Fe^{2+} , Fe^{3+} . obteniéndose como resultado un precipi-
tado de color amarillento con un contenido de -
hierro igual a 8,79 %.

I N D I C E

Pág.

Resumen	
Introducción	
I- Breve Información Sobre el Titanio	1
1.1- Descubrimiento y Reserva ..	1
1.2- Aplicaciones	2
1.3- Mineralología	4
II- Característica de las Mate- rias Primas Empleadas	7
2.1- Arenas de Playa Mejias	7
2.2- Análisis Granulométrico ...	7
2.3- Análisis Mineralógico	9
2.4- Río Cañete	10
2.5- Análisis Granulométrico ...	10
2.6- Análisis Mineralógico	10
III- Parte Experimental	11
3.1- Cálculo Termodinámico	12
3.2- Cálculo Estequiométrico ...	15
3.3- Lixiviación	18
3.4- Clarificación	19
3.5- Precipitación	19
3.6- Cálculo de la Extracción ..	21
3.7- Cálculo Económico	21
IV - Análisis de los Resultados.	22
4.1- Lixiviación	22
4.2- Precipitación	22
Conclusiones	
Recomendaciones	
Bibliografía	
Anexos	

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

INTRODUCCIÓN:

La política económica de nuestro país está encaminada a la creación de la base técnico material - del socialismo, esta política en estos tiempos de período especial está orientada a reorganizar y desarrollar la economía en aras de superar su deformación estructural desarrollar la industria nacional, diversificar e incrementar la producción así como aumentar los rubros exportables, el volumen de las exportaciones y a la vez sustituir importaciones.

Nuestro país invierte anualmente cerca de dos millones de dolares en la compra de pigmentos de Titanio (TiO_2) para la fabricación de lozas de Cerámica, producción de pinturas y otros usos; el presente Trabajo de Diploma tiene como objetivo - realizar un estudio preliminar de las operaciones fundamentales del proceso del Sulfato [4] , el - cuál puede emplearse para la producción de pigmentos a base de Titanio a partir de materia prima nacional (Ilmenítica) procedente del Rio Cañete, - este trabajo tiene la importancia de que se pueden obtener pequeñas producciones de Rutilo Sintético, las cuales se podrían emplear en la fabricación de varillas de soldar, así como en la producción de - diferentes objetos de Cerámica.

C A P I T U L O # 1

I- Breve información sobre el Titanio (descubrimiento, reserva, utilización y mineralogía).

1.1 Descubrimiento y Reserva del Titanio.

El Titanio fue descubierto en 1795, sus reservas en los países capitalistas desarrollados y en los países en desarrollo en 1980 eran calculadas en $263,2 \cdot 10^6$ toneladas de Titanio o su equivalente $438,7 \cdot 10^6$ toneladas de Rutilo. Las reservas mayores se encuentran en los países capitalistas desarrollados (58,7 %) en lo fundamental estas se encuentran en forma de Ilmenitas, en los países desarrollados las reservas de Ilmenitas son tres veces mayores que en los países en desarrollo sin embargo en estos las reservas de Rutilo son 1,3 veces mayores que en los primeros.

Las mayores reservas de Ilmenitas se encuentran en la India (23,6 %), Canadá (23 %) y Noruega (18,8 %).

Las reservas fundamentales de Titanio en forma de Anatasa se encuentran en Brasil con un (74,8 %) de todas las reservas de Rutilo

Los yacimientos de Rutilo que más se explotan en la actualidad se encuentran en Australia con un (7,5 %) e India con un (6,1 %).

La producción de pigmentos de Rutilo comenzó en 1908 y desde entonces el volumen se ha incrementado considerablemente, en 1981 se produjeron -

$2,34.10^6$ toneladas de las cuales 34,1 fueron -
en USA, en 1990 se produjeron $2,45.10^6$ tonela-
das.

La producción Titanio Metálico se inició en -
1945, en 1947 se produjeron 2 toneladas en USA
y en 1980 24000 toneladas, en todos los países
capitalistas la producción en 1981 fue de -
53 500 ton. (USA, Japón, Gran Bretaña) y en -
1985 se produjo 80 000 ton.

La producción mundial de concentrados de Ilme-
nitas y de Rutilo en los últimos años de la dé-
cada del 80 y principios de la década del 90 -
se muestran en las tablas [1 y 2] de los -
anexos.

1.2 Aplicaciones del Titanio

El Titanio encuentra amplia demanda en la meta-
lúrgia ferrosa donde se usa en calidad de -
desoxidante y desgasificador. En la producción
de acero para carriles y otros tipos, se intro-
duce en forma de ferrotitanio en cantidad de -
0,03-0,2 %.

En aleaciones con diferentes metales (Al, Mg,-
Cu, Cr, Ni, Co, Mo, W y otros) le proporciona a las
mismas elevadas propiedades mecánicas, en par-
ticular elevada resistencia, baja densidad -
(el doble menor que la del hierro) y elevadas
propiedades anticorrosivas.

El Tetracloruro de Titanio ($TiCl_4$) se utiliza -
como semiproducto en la producción de Titanio, e-
incluso para formar cortinas de humo como señaliza-
ción, gracias a su capacidad de hidrolizarse rápi-
damente en presencia de aire húmedo.

De aleaciones a base de Titanio se construyen par-
te del fuselaje de los aviones y elementos de los
motores de reacción. En la construcción de los -
cohetes parte del cuerpo de los motores, los depó-
sitos de hidrógeno líquido y otros elementos con-
hechos de Titanio

Las aleaciones de Titanio se utilizan para la cong-
trucción de barcos, en la automovilística para el-
transporte ferroviario.

Gracias a la estabilidad contra la corrosión el -
Titanio y sus aleaciones se usan en la construc-
ción de equipos en la industria química en la pro-
ducción de equipos de medicina etc.

El óxido de Titanio natural lo introducen en la -
composición del revestimiento de los electrodos -
para la soldadura eléctrica, la elevada constante
dieléctrica en forma de Rutilo condiciona su utili-
zación para la preparación de dieléctricos sólidos,
en la producción de condensadores, equipos de -
radio y otros.

La aplicación más importante del Titanio en forma -
de Rutilo es en la preparación de pigmentos blancos
comúnmente llamados blanco de Titanio que poseen -
elevado poder de revestimiento y son no tóxicos.

Las pinturas a base de estos pigmentos son utiliza-
das para pintar barcos, automóviles, también son
introducidos en la composición de esmaltes, resinas
y masas de papel.

1.3 Mineralogía

El Titanio en calidad de componente principal se -
encuentra en un número considerable de minerales, -
los minerales principales de Titanio son 85,5 de -
ellos 50 son silicatos y el resto óxidos y óxidos -
complejos.

La mayoría de los minerales de Titanio son acceso-
rios sin embargo la Ilmenita Rutilo, Anatasa, -
Esfera, Perovskita, Loparita y algunos otros minera-
les de Titanio pueden formar manifestaciones gran-
des.

En la actualidad sólo dos minerales poseen signifi-
cado industrial que son la Ilmenita y el Rutilo.

La Ilmenita se distribuye más ampliamente en las -
yacimientos magmáticos y el Rutilo en los metamorfo-
génicos, en calidad de minerales accesorios ellos -
se encuentran frecuentemente en las rocas ígneas.

Entre las formaciones sedimentarias las manifestaciones mayores son los placeres de Ilmenitas y Rutilo.

Ilmenita: FeTiO_3 (Fe-36,8 %, Ti-31,6 % y O_2 -31,66%) impurezas Mg, Mn, Al, Ca, Cr, V, Co, Se, Nb, y Ta. - durezas 5 - 6 HB, peso específico 4,70 - 4,78 g/cm³.

Se encuentra en granos de forma irregular, color negro de hierro, cristales parcialmente romboédricos.

La génesis de la Ilmenita en lo fundamental es magmática y sus manifestaciones se vinculan con las rocas básicas especialmente se conocen también en pegmatitas e hidrotermalitas de rocas alcalinas.

Se distribuye ampliamente en las rocas de intemperismo y placeres.

Rutilo : TiO_2 (Ti - 60 % O_2 - 40 % en pesos) impurezas Fe, Nb, Ta, Cr, V, Sn, Se. variedades Ilmenorutilo hasta 36 % $(\text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_5$ Nigrina hasta 11 % de Fe. dureza 6 HB, peso específico 4,3 g/cm³. hábito cristalino prismático tetragonal y muela de codo.

El Rutilo es un mineral típicamente postmagmático se encuentra en Eclogitas, Neises, Esquistos Cristalinos, en filones de tipo Alpino, se distribuye ampliamente en los placeres.

El Titanio contenido en las rocas madres de la Ilmenita y el Rutilo, no experimenta transformaciones sustanciales en el proceso de intemperismo ya que ambos minerales son muy estables por eso en los flujos de agua el Titanio se traslada fundamentalmente en forma mecánica como minerales propios de Titanio.

Como se aprecia en la tabla [3] las mayores concentraciones se localizan en las rocas básicas (Gabroídes y Basaltos) y las más bajas (Granitos y Rocas Ultrabásicas).

Entre las rocas Metamórficas las de mayor contenido de Titanio son las Anfíbolitas (0,82 %) y Eclogitas (0,76 %).

Otros minerales principales de Titanio así como tipos industriales de yacimientos se reflejan en las tablas [4 y 5] que aparecen en los anexos.

C A P I T U L O # 2

II- Características de las Materias Primas Empleadas

2.1 Arenas de Playa Mejías.

Los yacimientos de Playa Mejías se ubican al Noroeste de la Provincia de Holguín, limitado al Norte con el Océano Atlántico, al Sur con el Macizo Montañoso Mayarí - Baracoa, al Este con el poblado de Mca y al Oeste con el poblado de Mayarí.

El yacimiento se enmarca en la zona comprendida por los Municipios de Sagua de Tánamo y Frank País.

2.2 Análisis Granulométrico.

Para realizar el estudio granulométrico de las arenas y seleccionar la clase más representativa se realizaron los análisis experimentales. Este análisis consistió en la toma de 50 gramos aproximados de material arenoso perteneciente a cada sector y sin previo tratamiento someterlo a tamizado con ayuda de un juego de tamices de 0,14, 0,28, 0,3, 0,4 y 0,5 mm, de este análisis resultó que el material es de granulometría fina por cuanto el contenido en las clases mayores de 0,3 es insignificante, por tal motivo se seleccionaron para realizar el estudio las siguientes clases granulométricas.

Clase I $< 0,14$ mm

Clase II $0,14 - 0,28$ mm

Clase III $> 0,28$ mm

Como resultado de la forma o grado de elaboración y la -
composición granulométrica de las arenas muestreadas, pue-
de señalarse el gran transporte y elaboración sufridas -
por las mismas.

En general los granos son de dimensiones pequeñas con -
variadas formas, predominando las que van desde redondea-
dos a subángulosos aunque se observan granos con formas -
ángulosas (Cromitas , Ilmenitas) .

El grado de redondeamiento de los granos es variable de--
pendiendo de la composición mineralógica y el hábito cris-
talinos de estos, así como de las características de la -
velocidad y constancia de los flujos de agua que los trans-
portan, tenemos que minerales como los Anfíboles y el Ru-
tilo conservan su forma original (alargados y en forma -
de pequeñas agujas), mientras que otros como el Olivino,
Epidota, Granate, Esfera y Cuarzo presentan un grado de -
redondeamiento mayor.

La composición granulométrica de las arenas de Playa Me-
jias presenta muy poca variación para los distintos secto-
res, estas arenas presentan granulométrias muy finas. -
observandose un predominio de la fracción + 0,14 -0,28 mm
en menor cantidad la fracción menor de 0,14 mm, mientras-
que la clase mayor de 0,28 mm es muy pequeña prácticamen-
te insignificante (ver gráfico # [1] de los anexos).

Una muestra de 50 gramos del placer Mejias fue analizada-
en la academia de minas de Freiberg cuyos resultados se -
muestran en la tabla # [6] que aparece en los anexos.

Como se puede apreciar en los resultados obtenidos por la academia de minas de Freiberg el 80 % aproximadamente de estas arenas está representada por la fracción más 0,1 - 0,25mm y el resto con excepción de la menor de 0,1 mm es insignificante.

2.3 Análisis Mineralógico.

Para realizar el análisis mineralógico de las arenas de Playa Mejías se utilizó el esquema de beneficio que se muestra en la figura [2] de los anexos.

La determinación de los minerales en cada fracción (magnética, electromagnética, diamagnética pesada y ligera) - se realizó empleando los siguientes métodos.

1. Determinación bajo la lupa binocular Tehnival-2 de fabricación Alemana.
2. Medición de constantes ópticas por el método de inmersión (para minerales transparentes).
3. Análisis röntgeno - estructural.
4. Reacciones microquímicas.
5. Análisis espectral de emisión semicuantitativa.

Los resultados del análisis mineralógico cualitativo y cuantitativo se muestran en las tablas [7 y 8] que aparecen en los anexos.

Para mayor información sobre los aspectos geológicos y mineralógicos de las arenas del placer Mejías puede remitirse a la fuente [2] citada en la bibliografía.

2.4 Río Cañete.

La cuenca hidrográfica del Río Cañete y sus alrededores limita al Norte con los poblados de Cañete y Cupey, al Sur con la parte alta del Río Yamanigüey, al Este con el poblado de Yamanigüey y al Oeste con el Río Quesigüa.

2.5 Análisis Granulométrico.

Para seleccionar las clases más representativas para el análisis mineralógico se procedió a la realización de trabajos experimentales en los que se emplearon los siguientes tamices 0,1, 0,2, 0,4, 0,5, 0,7 y 1mm, de los resultados obtenidos de los análisis granulométricos se demuestra que la clase más representativas son las siguientes:

Clase 1 + 0,1- 0,5mm

Clase 2 + 0,5- 1 mm

2.6 Análisis Mineralógico

Para realizar el análisis mineralógico de las arenas de Río Cañete se utilizó el esquema de beneficio que se muestra en la figura [3] de los anexos.

La determinación de los minerales presente en cada fracción se realizó por los siguientes métodos

1. Análisis Mineralógico bajo la lupa binocular.
2. Análisis Espectral semicuantitativas
3. Reacciones Microquímicas.

Los resultados del análisis mineralógico cualitativo se muestran en la tabla # [9] de los anexos

C A P I T U L O # 3

III- Parte Experimental.

3. El objetivo de nuestro trabajo consiste en realizar un estudio preliminar de las principales operaciones que se llevan a cabo en la tecnología para la producción de Rutilo Sintético llamado proceso del Sulfato [4] , las cuales son las siguientes:

1. Lixiviación del material molido.
2. Clarificación de la solución.
3. Precipitación de óxido de Titanio Hidratado.

Esta tecnología fue tomada en la fuente [4] en la cual aparece de una forma vacía donde no se hace referencia a parámetros tecnológicos, tales como PH, T, consumo de ácido etc.

Lo primero que se hizo fue un estudio mineralógico sobre las materias primas a emplear en el análisis el cual aparece reflejado en el Capítulo # 2.

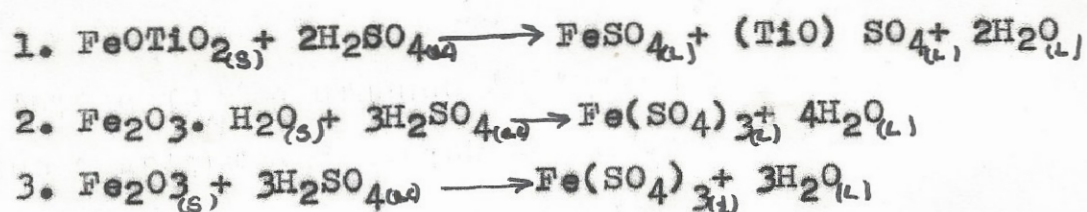
Se trabajó con dos materias primas distintas una procedente de Playa Mejias y la otra del Río Cañete, primero se realizaron pruebas con las arenas de Playa Mejias las cuales se dececharon al comprobar mediante análisis espectral que las muestras con las cuales estaba trabajando eran practicamente estériles de Titanio, a la otra materia prima tambien se le hizo análisis espectral del cual se conoció que estas poseian un contenido de más de 30 % de Ilmenita.

Del análisis mineralógico se concluyó que la materia prima del Rio Cañete esta constituida principalmente de Ilmenita y óxidos e hidróxidos de hierro en forma de Hematita y Goethita principalmente el contenido de otros minerales es insignificante, a partir de estos resultados se comenzó a trabajar.

Para realizar la lixiviación del material primero se conoció la termodinámica del proceso, así como el cálculo estequiométrico del consumo de ácido sulfúrico.

3.1 Cálculo Termodinámico.

Las principales reacciones que ocurren son las siguientes:



Para realizar el análisis sobre la ocurrencia y extensión de las principales reacciones que se verifican en el proceso de lixiviación se usó la siguiente metodología de cálculo.

El método termodinámico usado fue el método de Gibbs - Helmholtz el cual se expresa en la siguiente forma:

$$\Delta G_t^\circ = \Delta H_t^\circ - T\Delta S_t^\circ, \text{ KJ/mole}$$

Donde:

ΔG_t - es el cambio de energía libre del sistema a cualquier temperatura, en Kj/mole.

ΔS_t - es el cambio de entropía a cualquier temperatura, Kj/kmole

ΔH_t - es el cambio de entalpia a cualquier temperatura, Kj/mole

T - temperatura, K

Los cálculos de los parámetros termodinámicos S_t y H_t se realizaron según la ecuación de Kirchhoff en la cual el cambio de entalpia se expresa:

$$\Delta H_t^\circ = \Delta H_{298}^\circ + \int_{298}^T \Delta C_p dt, \text{ Kj/mole}$$

Donde:

ΔH_{298}° - es el cambio de entalpia en condiciones normales T= 298 K y P= 1 atm, Kj/mole

T - temperatura a la cual se realiza el cálculo, K.

ΔC_p - variación en la capacidad calorífica, Kj/Kmole

Y el cambio de entropía

$$\Delta S_t^\circ = S_{298}^\circ + \int_{298}^T C_p / T dt, \text{ Kj/Kmole}$$

Donde:

ΔS_{298}° - es la variación de entropía en condiciones normales T = 298 K y P = 1 atm, Kj/Kmole

ΔC_p - es la variación en la capacidad calorífica, Kj/Kmole

Para el cálculo de las magnitudes estándares ΔH_{298}° y ΔS_{298}° se utilizaron las siguientes expresiones.

$$\Delta H_{298}^{\circ} = \sum n \Delta H_p^{\circ} - \sum n \Delta H_r^{\circ}, \text{ Kj/ mole}$$

Donde:

ΔH_p° - es la suma algebraica de las entalpia de las -
sustancias producto , en Kj/mole

ΔH_r° - es la suma algebraica de las entalpia de las -
sustancias reaccionantes, Kj/mole

N - número de moles

$$\Delta S_{298}^{\circ} = \sum n \Delta S_p^{\circ} - \sum n \Delta S_r^{\circ}, \text{ Kj/Kmole}$$

Donde:

ΔS_p° - es la suma algebraica de las entropia de las-
sustancias producto, Kj/Kmole

ΔS_r° - es la suma algebraica de las entropia de las-
sustancias reaccionantes, Kj/Kmole

n - número de moles.

El cálculo de la capacidad calorifica se realizó -
según:

$$\Delta C_p = \sum n \Delta C_{pp} - \sum n C_{pr}, \text{ Kj/Kmole}$$

Donde:

ΔC_{pp} - es la suma algebraica de las capacidades calo-
ficas de las sustancias producto, Kj/Kmole

ΔC_{pr} - es la suma algebraica de las capacidades -
calorificas de las sustancias reaccionantes Kj/Kmole

N - número de mole

Los datos termodinámicos usados para el cálculo así -
como los resultados del mismo aparecen en las tablas -
[10 y 11] de los anexos.

3.2 Cálculo estequiométrico del consumo de H_2SO_4

Datos Necesarios para el cálculo

$$MM-Fe = 56$$

$$\rho = 1,84 \text{ g/cm}^3$$

$$MM-Ti = 48$$

$$MM-O_2 = 16$$

$$MM-H = 1$$

$$MM-S = 32$$

Para realizar el cálculo se consideró una masa inicial-
de 100 gramos



Conociendo que en el material inicial existe un 30 % --
de Ilmenita.

$$Ley = \frac{m_e}{m_t} \cdot 100, \%$$

Donde:

m_e - masa del elemento

m_t - masa total

Despejando.

$$m_{FeOTiO_2} = \frac{Ley \cdot m_t}{100}, \text{ sustituyendo}$$

$$m_{FeOTiO_2} = \frac{30 \cdot 100}{100} = 30 \text{ g.}$$

Luego por relación estequiométrica se puede conocer el
 H_2SO_4 para la lixiviación de la Ilmenita

$$\frac{n_{\text{FeTiO}_3}}{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{1}{-2} \quad \text{como} \quad n = \frac{m}{MM}$$

Donde:

n = a cantidad de sustancia

m = a masa del compuesto

MM = a masa molar del compuesto

Sustituyendo

$$\frac{m_{\text{FeTiO}_3}}{MM_{\text{FeTiO}_3}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{2MM_{\text{H}_2\text{SO}_4}}, \text{ despejando}$$

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{FeTiO}_3} \cdot 2MM_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{MM_{\text{FeTiO}_3}}$$

Para hallar la masa molar del FeTiO_3 y del H_2SO_4

FeTiO_3

Fe: $56 \cdot 1 = 56$

O: $16 \cdot 3 = 48$

Ti: $48 \cdot 1 = 48$

152 g/mole

H_2SO_4

H: $1 \cdot 2 = 2$

S: $32 \cdot 1 = 32$

O: $16 \cdot 4 = 64$

98 g/mole

Sustituyendo

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{30 \cdot 196}{152} = 38,6 \text{ gramos}$$

Conociendo que:

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Donde:

V = volumen, m^3

m = a la masa en gramos

ρ = Densidad, gramos/ cm^3

Sustituyendo

$$V = \frac{38.6}{1.84} = 20.97 \text{ cm}^3$$

Asumiendo que en el mineral existe un 70 % de hierro el que se encuentra en forma de Hematita.



$$m_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{70 \cdot 100}{100} = 70 \text{ gramos}$$

Por relación estequiométrica se puede calcular el

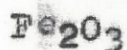
H_2SO_4 para la lixiviación de la Hematita

$$\frac{n_{\text{Fe}_2\text{O}_3}}{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{m_{\text{Fe}_2\text{O}_3}}{MM_{\text{Fe}_2\text{O}_3}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{3MM_{\text{H}_2\text{SO}_4}}, \text{ despejando}$$

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{Fe}_2\text{O}_3} \cdot 3MM_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{MM_{\text{Fe}_2\text{O}_3}}$$

Para calcular la masa molar de la Hematita



$$\text{Fe} : 56 \cdot 2 = 112$$

$$\text{O} : 16 \cdot 3 = 48$$

160 g/mole, sustituyendo

$$m_{H_2SO_4} = \frac{70 \cdot 294}{160} = 128,6 \text{ g, luego}$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{128,6}{1,84} = 69,9 \text{ cm}^3$$

$$V_{H_2SO_4} = 20,97 + 69,9 = 90,87 \text{ cm}^3$$

Después de saber la posibilidad de ocurrencia de las principales reacciones y haber hecho el cálculo del consumo de ácido se podía empezar a lixiviar el material.

3.3 Lixiviación.

Se tomó una muestra de 40 gramos de un concentrado de Ilmenita procedente de Rio Cañete el cual fue pulverizado.

El mineral fué sometido a disolución ácida en un Beaker a temperatura igual 200 ° donde se agitó con un agitador de vidrio durante un tiempo de dos horas para estos se emplearon 100 ml de H_2SO_4 concentrado - aquí se trabajó con un exceso de ácido para que la reacción fuese completa y rápida, además podrían existir otros elementos consumidores de H_2SO_4 los cuales no se tuvieron en cuenta en el cálculo del ácido necesario, luego de la lixiviación se procedió al proceso de separación líquido - sólido ya que todo el material no se lixivía, para esto se usó el método decantación.

3.4 Clarificación

Después de la separación líquido-sólido en la solución se encontraban algunas materias en suspensión para viabilizar la separación y asentamiento como agente cuagulante se usó el Na_2S en proporción de un gramo, posterior a la sedimentación de estas partículas que se encontraban en suspensión se le añadió agua a la solución para poderlo filtrar ya que este licor ácido destruye el papel de filtro, posterior a la filtración el licor clarificado fue llevado a la precipitación.

3.5 Precipitación

Para realizar esta etapa se procedió al cálculo del PH de precipitación del Ti^{4+} , Fe^{2+} y Fe^{3+}

Cálculo del PH de precipitación.

Datos:

$$K_w = 10^{-14}$$

$$L_{\text{TiO}(\text{OH})_2} = 1 \cdot 10^{-30}$$

$$L_{\text{Fe}(\text{OH})_2} = 1,64 \cdot 10^{-14}$$

$$L_{\text{Fe}(\text{OH})_3} = 1,1 \cdot 10^{-36}$$

$$\text{PH} = \frac{1}{n} (\lg L - n \lg K_w - \lg a_{\text{met}})$$

Donde:

n - Valencia de metal

L - constante del producto de solubilidad

K_w - Constante iónica del agua

a_{met} - Actividad del metal

$$PH_{Ti^{4+}} = 1/4 (\lg 1. \cdot 10^{-30} - 4 \lg 10^{-14}) = 5,7$$

$$PH_{Fe^{2+}} = 1/2 (\lg 1,64 \cdot 10^{-14} - 2 \lg 10^{-14}) = 6,6$$

$$PH_{Fe^{3+}} = 1/3 (\lg 1,1 \cdot 10^{-36} - 3 \lg 10^{-14}) = 1,3$$

Con el cálculo del PH de precipitación del Ti^{4+} , Fe^{2+} y Fe^{3+} se procedió a la precipitación.

En esta etapa se realizaron dos ensayos, el primero se realizó a un PH = 2 - 3, se tomaron 50 ml de agua la cual se puso a ebullir luego se añadió 100 ml de licor lo cuales se mezclaron con la ayuda de la agitación manual realizada con un agitador de vidrio, sin obtener ningún resultado en el segundo ensayo se reajustó el PH = 6- añadiendo $NaOH$ y verificando en un papel indicador, se pusieron a ebullir 50 ml de agua y se le añadió 100 ml de solución batiendo intensamente la solución con un agitador de vidrio apareció un precipitado de color amarillento, la solución fue filtrada y lavado el precipitado, este se seco en la estufa a una $T = 75^{\circ}C$, el precipitado seco fue llevado a la fabrica "P.S.A", donde se le hizo análisis de hierro el cuál arrojó que poseía un contenido de $Fe = 8,79 \%$.

3.6 Cálculo de Extracción Durante la Lixiviación

Después de realizado el proceso de lixiviación se le realizó análisis químico (de Titanio e Hierro), al material inicial y a las colas producto de la lixiviación del cual se pudo conocer que en el material inicial existía un contenido de Titanio igual a 7,9 % de hierro un contenido mayor del 20 % y en las colas un contenido de Ti = 6,8 % e hierro igual a 19,8 % con estos resultados se procedió al cálculo de la extracción utilizando las siguientes expresión de cálculo.

$$\phi = \frac{C_i - C_f}{C_i} \cdot 100, \%$$

Donde:

C_i - Concentración en el material inicial, %

C_f - Concentración en las colas de alixiviación

Sustituyendo

$$\phi = \frac{7,9-6,8}{6,8} = 13,9 \%$$

3.7 Durante los expe

3.7 Cálculo Económico

Durante los experimentos se consumieron 100 ml de H_2SO_4 y 200 g. de NaOH los cuales tienen un costo de 57 \$ y 12,90 \$ respectivamente para un costo total de \$ 69.

C A P I T U L O # 4

IV- Análisis de los Resultados

4.1 Lixivación.

Según el cálculo termodinámico aplicamos el método de Gibbs - Helmholtz se puede argumentar que las reacciones que tienen mayor probabilidad de ocurrencia durante el proceso de lixiviación es la disolución de la Ilmenita con un $G = -2855263,3$ Kj/mole y la lixiviación de la Hematita con un $G = -150,2$ Kj/mole viendose favorecida la primera con el aumento de la temperatura, en la práctica bajo las condiciones con que se trabajó $T = 200$ c y $P = 1$ atm se logro una extracción igual a un 13,9 % de Titanio, del hierro no se puede calcular con exactitud la extracción porque en el material inicial existe mucho hierro mayor del 25 % y el equipo donde se realizó el análisis químico no registra contenidos superiores a estos, pero si se pudo conocer que en las colas de alixiviación existía un 19,8 % de hierro .

4.2 Precipitación.

Según los cálculos teóricos realizados considerando la $a_{met} = 1$ PH de precipitación del Ti^{4+} es 5,7, Fe^{2+} PH = 6,6 y Fe^{3+} PH= 1,3, como se puede apreciar esta es una etapa difícil donde hay que controlar muy bien el PH del medio para evitar la precipitación conjunta del Ti^{4+} y el Fe^{2+} en la práctica a un PH cercano a 6 se obtuvo un precipitado amarillento al cual se le

realizó análisis de hierro y el mismo arrojó un contenido de Fe = 8,79 %.

C O N C L U S I O N E S

Conclusiones:

De los resultados obtenidos durante la realización - del Trabajo de Diploma se puede concluir lo siguiente:

- 1.- La lixiviación del Titanio bajo las condiciones - en que se realizó el trabajo $T = 200^{\circ}C$ y $P = 1 atm$ es muy pobre solo de 1 %.
- 2.- La precipitación es una etapa crítica donde hay - que controlar muy bien el PH del medio para evitar la precipitación de impurezas junto con el - Titanio.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES:

- 1.- Realizar estudios futuros utilizando otras condiciones durante la lexivación, mayor presión y mayor temperatura.
- 2.- Realizar un análisis químico integral de - las arenas de Rio Cañete y Playa Mejías.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BETEJTIR, A " Curso de Mineralogía " . Segunda edición. Moscú, Editorial MIR 1970.
- 2.- CAUTO R. J " Estudio de la Distribución de los principales Elementos y Minerales Meniferos acompañante del Placer Mejias " Trabajo de Diploma 1989.
- 3.- DANA, J " Manual de Mineralogía " Tercera Edición 1969.
- 4.- FORTIN .T " Revista Tecnológica # 3 Página - 27 - 28 Noviembre de 1962
- 5.- GONZALEZ .M " Estudio y Evaluación de los Concentrados Ilmeniticos de Río Cañete y sus Alrededores. Trabajo de Diploma Moa 1992.
- 6.- LVOVOY .VN " Metalúrgia Termiquímica " Moscú, Metalúrgia 1982.
- 7.- ZELIKMAN A.N " Teoría de los Procesos Hidrometalurgicos, Metalúrgia

A N E X O S

TABLA # 1

Producción Mundial de Concentrado de Ilmenita y Titanio
(en Miles de Toneladas).

Países	1989	1990	1991	1992
Australia	988,0	1040,0	853,000	915,000
Canadá	832,0	850,0	563,000	500,000
Malasia	258,0	250,0	163,000	200,000
Sudafrica	616,0	640,0	687,000	690,000
CEI	230,0	230,0	235,000	235,000
EUA	755,0	755,0	751,000	849,000
Otros(Brasil, India, China, Sir Lanka)	314,0	320,0	382,000	410,000
Noruega	392,0	400,0	237,000	250,000
Total	3,630,0	3,730,0	3,100,000	3,200,000

TABLA # 2

Producción de Rutilo (Miles de Toneladas).

Países	1989	1990	1991	1992
Australia	253,0	285,0	191,000	180,000
Sierra Leona	122,0	125,0	146,000	130,000
Sudafrica	56,0	70,0	71,000	75,000
CEI	10,0	10,0	9,000	10,000
Brasil, India , Sir Lanka	11,0	13,0	13,000	15,000
Total	452,0	503,0	430,000	410,000

TABLA # 3

Contenido de Titanio (en masa %) en diferentes tipos de rocas Igneas y Sedimentaria.

Rocas	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Ultrabásica	0,006	0,03	0,03	0,30	-
Gabro	0,58	1,38	0,9	0,68	-
Diorita	0,5	-	0,8	0,60	-
Granito	0,23	0,12-0,34	0,23	0,17	-
Sienita y Sienita Nefelínicos	0,52	0,35	-	0,41	-
Basalto	0,82	-	-	0,9-1	-
Basaltos: Tobíticos	-	-	-	1,2	-
Arcillas Argilitas y Esquistos Arcillosos	-	0,46	0,45	0,47	0,44
Arenas Aleurolitas, Areniscas	-	0,15	-	0,3	0,2
Carbonatadas	-	0,04	-	0,12	0,04
Andesitas	0,46	-	-	0,5	-

(1) Daly
(1936)

(2) Ture
kian(1961)

(3) Veno
gradov
(1962)

(4) Benis
(1972)

(5)

TABLA # 4

Otros Minerales Principales de Titanio.

Minerales	TiO ₂ (%)	Algunas propiedades físicas de interés	Tipo genético Principal.
A- Anatasa (TiO ₂)	94,05- 99,05	Cristales bipiramidales carmelita - hasta negro D= 5 - 6HB Ge= 3,9 g/Cm ³	Corteza de intemperismo Brasil
B- Leucóxeno (fundamentalmente producto de la alteración hipergénica de la Ilmenita)	97,59- 61,90	Granos aislados a veces redondeados - blanco grisáceo amarillo hasta carmelita D= 5 - 6HB Ge= 3,7 - 4,2 g/Cm ³	Placeres (Australia) Arenisca (Ex URSS)
C- Laparita (Na,Co,Ca)	38,3 - 41	Frecuentemente Cristales cúbicos negro hasta gris-negrusco. D= 5,5-6 HB D= 5,5-6 Ge= Ge= 4,75-4,89 g/ Cm ³	Magnéticos en Sienitas Nefelíticos (Ex URSS)
D- Perouskita (CaTiO ₃)	38,7 - 57,75	Generalmente cristales cúbicos gris - negrusco y rojo	Piroxenitas y alivinitos Nefelíticos (Ex URSS)
E* Tetanita, Esfera (Ca TiSiO ₄)	32,57-	Cristales aplastados e inclinados - amarillentos. Ge= 3,3 - 3,6 D= 5-6 HB	Recas alcalinas (Ex URSS)

TABLA # 5

TIPOS INDUSTRIALES DE YACIMIENTOS.

Tipo de Yacimiento	Componentes Industriales Principales y Accesorio	TiO ₂ (%)	Ejemplos	
Magmáticas	Ilmenito -Titanomagnetico en Gabros.	Fe, Ti, F ,Se a veces P	12 - 18	Urales ex URSS
	Ilmenito -Titanomagneticos -Ilmenitico en gabro - No ritas y Tractolitas.	Ti, Fe, V ,Se a veces P	7 - 23	USA, Noruega ex URSS
	Ilmenito -Hematiticos en - anortositas	Ti, V	32	Canadá
	Loparíticas en luyaukitas, Fayalitas y ortitas	Tk, Nb, Ta, Ti	1 - 3	Ex URSS
Exógenos	Corteza de intemperismo con Ilmenita, anatasa y Rutilo (residuales)	Ti, V, Se	3 - 20	Ex URSS - Brasil
	Placeres Aluviales, Aluviales lacostres y Aluviales - deluviales de Ilmenita y Rutilo.	Ti, V, Se	0,5 - 20	Ex URSS - Sierra Leona
	Marino costeros de Ilmenita Leucoxeno y Rutilo (antiguos y contemporaneos)	Ti, Zr, Tk, Se, a veces Sn y Th	0,5 - 35	Australia, India, Ex URSS
Metamorficos	Areniscas con Leucoxeno o - Ilmenita.	Ti, Nb?, Zr	8 -10	EX URSS
	Ilmenito - Magnetiticos en-gabro - antibolitas	Ti, Fe, V, Se, a veces Cu y Co	12	Finlandia

TABLA # 6

Composición Granulométrica según la Academia de Minas de Freiberg.

No.	Diametro de los granos (mm)	Contenido en cada fracción(%)
1	0 - 0 - 1	18,66
2	0,1 - 0,2	75,41
3	0,2 - 0,25	5,48
4	0,25- 0,4	0,33
5	0,4 - 1,0	0,07
6	1,0	0,05

TABLA # 7

Análisis Cualitativo de Playa Mejias.

Tipo de Fracción	Minerales
Fracción Ferromagnética	Magnetita, Ilmenita , - Titanomagnetita, Horn-- blenda, Leucoxeno , - Granate, Hematita. %
Diamagnética y Paramagnética	Picotita, Ilmenita, Eng tatita, Diopsido, Grana te, Titanita, Limonita, Turmalina, Leucoxeno, He- matita, Barita, Augita, - epidoto, Distena.

TABLA # 8

Análisis Miperológico Cuantitativo de Playa Mejías.

Minerales	%
Ilmenita	26,3
Leucóxeno	2
Titanita	0,54
Magnetita	19,1
Titanomagnetita	0,7
Hematita	1,5
Limonita	1,0
Picotita	11,2
Cromita	6,5
Enstatita	8,9
Diopsido	7,2
Augita	1
Hornblenda	1,3
Granate	3,3
Distema	2,8
Epigota	4,7
Turmalina	0,7
Barita	1,3

TABLA # 9

Análisis Mineralógico Cualitativo de Rio Cañete.

Tipo de Fracción	Minerales
Magnética	Magnetitas, Óxido e Hidróxido de Hierro.
Electromagnética	Ilmenita, Óxidos e Hidróxidos de Hierro.
No Magnética	Plageoclasas, Cuarzo, Granate.

TABLA # 10

Datos Termodinámicos Usados.

Elementos	$\Delta H(\text{KJ/mole})$	$\Delta S(\text{KJ/mole})$	$CP=a+bt+ct^{-2} \text{ KJ/Kmole}$		
			a	$b \times 10^3$	$c \times 10^5$
Fe_2O_3	- 831,7	0,087	0,09	0,07	- 0,014
FeSO_4	- 925,9	0,12	0,09	-	-
$\text{FeO} \cdot \text{TiO}_3$	- 29,74	0,058	0,05	0,006	- 0,008
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	-2586,6	0,30	0,27	-	-
H_2O	- 286,2	0,070	0,07	-	-
H_2SO_4	- 814,0	0,156	0,001	-	-
$\text{TiO}(\text{SO}_4)$	- 943,1	0,05	0,07	-	-
$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	- 826,6	0,09	0,008	0,00016	-

TABLA # 11

Resultado del Cálculo Termodinámico.

No.	ΔH_{reest} (KJ/mole)	ΔG (KJ /mole)
1	- 4722478,77	- 150,2
2	- 11162,475	2057,8
3	- 1282538,3	- 2855263,3

GRAFICO # 1

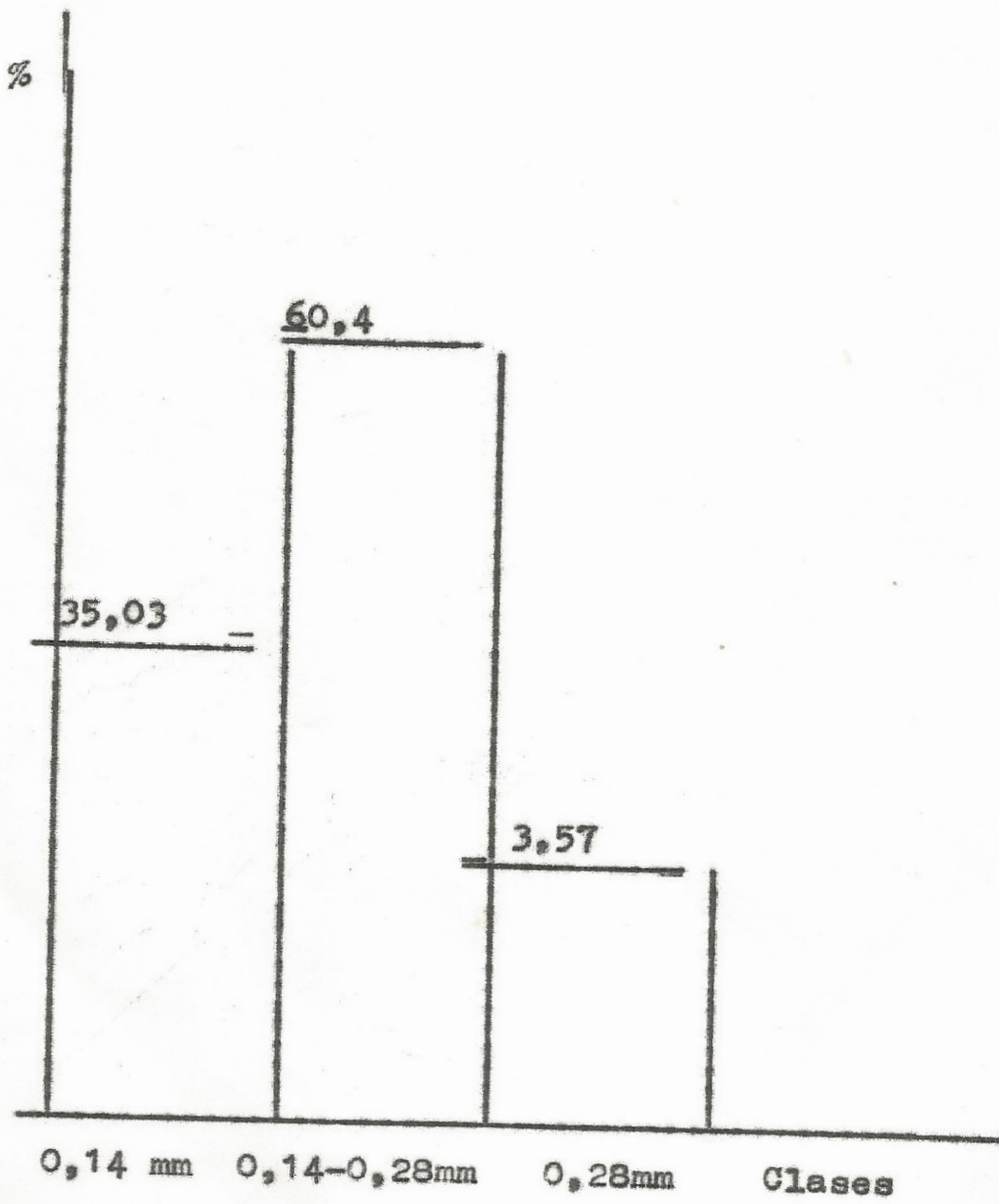


GRAFICO # 2

Esquema de beneficio usado para el análisis mineralógico
(Playa Mejías).

METODOLOGIA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS:

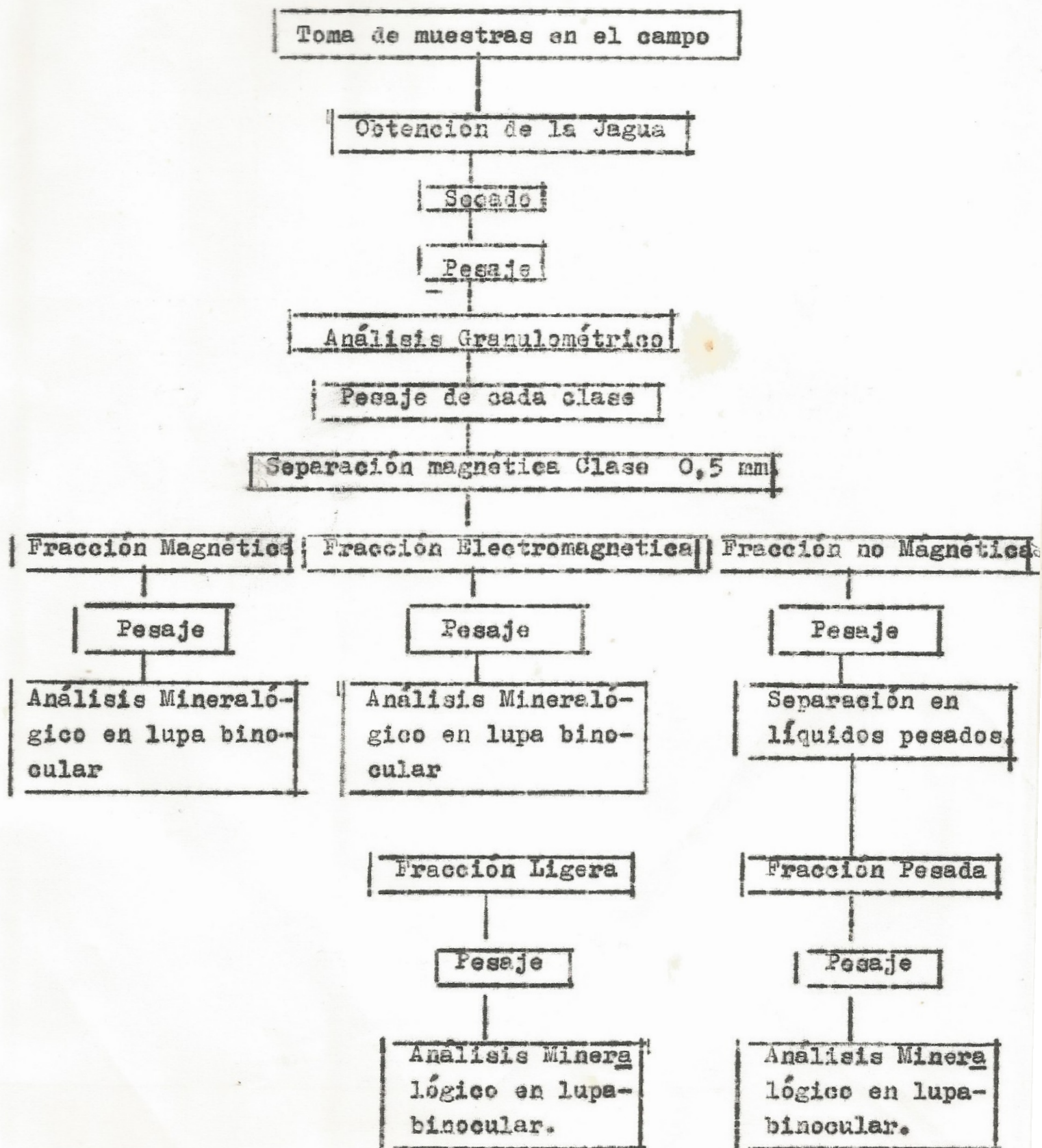


GRAFICO # 3

Esquema de beneficio usado para análisis mineralógico
(Rio Cañete)

