

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE QUIMICA**



**ESTUDIO ECONOMICO DEL BARIO EN MEXICO**

178

**HERIBERTO GARCIA LOPEZ**

**QUIMICO**

**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  
AÑO 1976  
FECHA \_\_\_\_\_  
NRFC Alt.  
181



QUINIO

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE

SEGUN EL TEMA.

PRESIDENTE: ALBERTO OBREGON PEREZ.

V O C A L : JOSE L. PADILLA DE ALBA.

SECRETARIO: DARIO RENAN PEREZ PRIEGO.

1er. SUPLENTE: IRMA AGUILERA ORTIZ.

2do. SUPLENTE: ALFONSO FRANYUTTI ALTAMIRANO.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

INSTITUTO DE GEOLOGIA. U N A M .

SUSTENTANTE:

HERIBERTO GARCIA LOPEZ.

ASESOR:

DARIO RENAN PEREZ PRIEGO.

CON CARINO A QUIEN ME BRINDO APOYO, PARA LA CULMINACION  
DE MIS ESTUDIOS, MI ABUELITA:

GERTRUDIZ LOPEZ VDA. DE LOPEZ.

CON UN PROFUNDO RESPETO A MIS PADRES:

MIGUEL GARCIA ORTIZ Y

RAFAELA LOPEZ DE GARCIA.  
(q.e.p.d.)

EN AGRADECIMIENTO A SU APOYO MORAL, CON TODO CARINO A MI  
QUERIDA ESPOSA:

JOSEFINA HORTENSIA.

CON AMOR A MI HIJO:

HERIBERTO MIGUEL.

A MIS HERMANOS:

GREGORIO, ROSALBA, PORFIRIO, BLANCA, -  
ANTONIO, GERARDO, MIGUEL ANGEL.

A MIS MAESTROS, COMPAÑEROS Y AMIGOS.

CON UN PROFUNDO AGRADECIMIENTO Y ADMIRACION A MI HONORABLE JURADO.

# I N D I C E

Pags.

INTRODUCCION.....	
CAP. I: GENERALIDADES.....	
1.- Antecedentes.	
2.- Propiedades Físicas y Químicas del Bario.	
3.- Usos del Bario.	
4.- Mercado Nacional del Bario.	
CAP. II: METODOS DE OBTENCION DEL BARIO.....	
1.- Introducción.	
2.- Física y Química del Proceso Guntz.	
3.- Otros métodos de obtención.	
CAP. III: EQUIPO PARA EL PROYECTO.....	
1.- Objetivo y bases teóricas de los tratamientos al vacío.	
2.- Tratamiento térmicos en vacío.	
3.- Equipo y accesorios.	
CAP. IV: ASPECTOS ECONOMICOS.....	
1.- Cálculos estequiométricos.	
2.- Costo total del proyecto.	
3.- Aspectos económicos complementarios.	
4.- Punto de equilibrio.	
CAP. V: CONCLUSIONES Y OBERVACIONES.....	
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA. ....	

## INTRODUCCION.

Esta tesis tiene como objeto principal, estudiar el método apropiado para la obtención del bario, en la República Mexicana, y estudiar la posibilidad de establecer una planta productora de dicho metal.

Dado los diferentes usos del bario, su importación es actualmente muy importante, como consecuencia lógica del desarrollo industrial por el que atraviesa el país. Esta planta tratará de autosatisfacer la demanda del mercado nacional y posiblemente en forma más ambiciosa, en el futuro producir para la exportación.

En esta tesis se presentará el estudio del mercado nacional del bario, se establecerá el método más apropiado para la obtención del bario, el establecimiento de una pequeña planta y finalmente el costo del proyecto. Se hace notar que en el método para la obtención del bario, se partirá de la barita, un mineral muy abundante en el Territorio Mexicano, evitando así, en parte, la importación de materia prima.

Con toda esta información, se puede establecer la rentabilidad de la inversión y saber si es conveniente establecer esta planta en la República Mexicana, y basándose en criterios generales, si la rentabilidad de la inversión resulta mejorada en comparación a los valores de renta fija que actualmente circulan en el mercado mundial, se habrá dado un paso positivo para lo--

grar una considerable baja en el costo del bario.

En este estudio, se pretende desarrollar un método de obtención del bario, lo más eficaz y apegado a nuestras necesidades; conocer la posibilidad técnico-económica que justifique un mercado halagador; una capacidad adecuada basada en la demanda, y finalmente lograr una buena rentabilidad de inversión.

CAPITULO PRIMERO.

GENERALIDADES.

## 1.- ANTECEDENTES.

En 1808, E. J. Davy, realizó los primeros intentos para obtener bario, habiéndolo obtenido supuestamente, por descomposición electrolítica del hidróxido de bario húmedo, investigaciones posteriores demostraron que no logró obtener bario puro. Bunsen y Matthiesen, en cambio lograron obtener, en 1855, el bario completamente puro, por electrólisis del cloruro de bario. A principios del siglo XVII llamó la atención el "Espato Pesado" ó "Baritina", que es el más importante de los minerales del bario, porque en el año de 1602, un Bolonés, Vicente Casciorolus, calcinando una mezcla pulverulenta del mineral, carbón y barniz, obtuvo una masa fosforecente, llamada poco después por Scipios Begatello, "Lapis Solaris", y conocida más tarde con el nombre de "Piedras Luminosas de Bolonia", siendo descrita en 1622 en la Pharmacoepa Spagyrica. A este mineral se le denominó como "Espato de Bolonia", y fué considerado durante mucho tiempo como una clase de yeso, aún Markgraf, reconoció que el ácido sulfúrico era uno de sus componentes, y lo consideró como una combinación de este ácido con la cal.

En 1774, estudiando Scheele, una pirolusita que contenía barita, descubrió el compuesto sulfúrico de una base hasta entonces desconocida, que tenía las propiedades del "Espato de Bolonia" y cuya existencia ya había observado Gahn. Bermann --

llamó "Terra Ponderosa" a esta nueva tierra y Guyton de Morveau la denominó "Baryte", (del Griego, pesado), nombre que más tarde se convirtió finalmente en barita, de donde se deriva el nombre del bario, al metal extraído de dicha tierra, aún cuando este metal sea poco denso.

El bario se halla en la Naturaleza, principalmente en dos combinaciones: en el sulfato bórico, "Espato pesado" ó "Baritina"; y en el carbonato bórico "Witherita". Se le encuentra más raramente en forma de bario-celestina (sulfato de Ba, Sr y Ca); de Psilomelana (óxido de manganeso y bario con bióxido de manganeso); y de silicatos llamados mineralógicamente: Harmentona, - Brevisterita e Hialofano. Se encuentra también en el granito -- del Valle Kinzing, en algunas cenizas de madera (por ejemplo en la Haya), en algunas especies de Feldespatos, y también se encuentra en el agua de mar.

## 2.- PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL BARIO.

El bario es un metal alcalino terreo, es divalente, su símbolo químico es: "Ba", está localizado en el Grupo II A, período 6, de la Tabla Periódica de Elementos, entre el estroncio y el radio. Su abundancia es del 0.025 % de la Naturaleza.

Las principales propiedades físicas del bario las enumeramos a continuación:

Color.	Platinado.
Número Atómico.	56
Peso Atómico.	137.36
Punto de fusión.	850 °C
Punto de ebullición.	1140 °C
Gravedad Específica a 20 °C.	3.5 g/cm <sup>3</sup>
Calor latente de fusión.	1.83 Kcal/g-mol.
Calor latente de evaporación, a 298 °K.	41.47 Kcal/g-mol.
Resistividad eléctrica.	50.0 $\mu\Omega$ cm.

Dentro de las propiedades químicas, tenemos que el bario -- con el oxígeno forma un óxido y un peróxido, de los cuales se -- derivan los hidratos. Con el azufre se combina, y probablemente también con el fósforo, formando varios compuestos. Las sales -- de bario se caracterizan en general por su alta densidad, son -- blancas ó incoloras, cuando el ácido respectivo no tiene color: se disuelven en parte en el agua, en parte por adición de ácido clorhídrico ó nítrico; solo el sulfato bórico es insoluble en el agua y los ácidos diluidos. Las sales de bario solubles en el -- agua ó ácidos diluidos son venenosas.

El bario también forma aleaciones tales como: bario bismuto, que se obtiene haciendo actuar a la temperatura del rojo una aleación de sodio y bismuto sobre el cloruro de bario. Una aleación de bario y estaño es obtenida, calentando a elevada temperatura una mezcla de carbonato sódico, cloruro de bario y car---

bón con estaño en polvo. Estas aleaciones descomponen el agua a la temperatura ordinaria, aún cuando menos energía se produce, en comparación al bario puro.

En resumen el bario tiene muchos compuestos que ofrecen gran interés: compuestos orgánicos y compuestos inorgánicos (óxidos, hidróxidos, sulfuros, sulhidratos, fostátos, carburo, sales haloides y oxisales).

### 3.- USOS DEL BARIO.

El bario en México es utilizable en la creciente industria electrónica para la fabricación de bulbos, lámparas y cinescopios, utilizando al bario como un "getter".

En diferentes tipos de soldaduras y en gran diversidad de metales. En los laboratorios su aplicación como reactivo, por ejemplo como buen desoxidante para el cobre. También es empleado como material específico, como en el caso de bolas de acero cubiertas con una fina capa de bario, utilizables en los cojinetes de los ánodos rotatorios en tubos de Rayos X, al alto vacío y a altas temperaturas.

### 4.- MERCADO NACIONAL DEL BARIO.

Esta investigación económica del bario, fué realizada con datos obtenidos en la Secretaría de Industria y Comercio por medio del Instituto Mexicano de Comercio Exterior.

## IMPORTACION.

1970:	P A I S .	KG.	PESOS
	ALEM. REP. FED.	556	11 879
	E. E. U. U.	<u>6 157</u>	<u>320 264</u>
	TOTAL	6 713	332 143
1971:	ALEM. REP. FED.	18	619
	E. E. U. U.	<u>7 582</u>	<u>324 449</u>
	TOTALES	7 600	325 068
1972:	E. E. U. U.	<u>735</u>	<u>15 426</u>
	TOTAL.	735	15 426
1973:	E.E.U.U.	<u>3 092</u>	<u>76 424</u>
	TOTAL.	3 092	76 424
1974:	E. E. U. U.	<u>4 004</u>	<u>89 439</u>
	TOTAL.	4 004	89 439

1975: A la fecha aún no hay datos totales anuales.

El kilogramo de bario (95.0 % puro) comprado de E. E. U. -  
U. , tuvo los siguientes precios en los últimos años.

1970:.....	\$ 52.01
1971:.....	42.79
1972:.....	21.00
1973:.....	24.71

1974:.....\$ 22.33

1975:..... No datos.

De los datos se infiere que el barío, después de tener sensible baja en su importación, en 1972, está volviendo a subir paulatinamente.

Dado que utilizaremos como materia prima barita, se juzgó pertinente investigar datos sobre su exportación y a continuación, enlistamos esos datos.

1971:	P A I S .	KGS.	PESOS.
	E. E. U. U.	92 003 604	19 966 217
	GUATEMALA.	<u>2 000</u>	<u>1 620</u>
	TOTAL.	92 005 604	19 967 837
1972:			
	E. E. U. U.	131 737 711	31 449 447
	ECUADOR.	<u>525 000</u>	<u>133 750</u>
	TOTAL.	132 262 711	31 583 197
1973:			
	E. E. U.U.	<u>132 565 282</u>	<u>28 015 210</u>
	TOTAL.	132 565 282	28 015 210
1974:			
	E. E. U. U.	<u>125 108 265</u>	<u>29 314 788</u>
	TOTAL.	125 108 265	29 314 788

1975: A la fecha aún no hay datos totales anuales.

Como se podrá observar, exportamos una buena cantidad de -

barita, materia prima, para la obtención de bario. La barita es muy abundante en la República Mexicana, pues la encontramos en Coahuila, Chihuahua, Durango, Guerrero, Nuevo León, Michoacán y Puebla.

CAPITULO SEGUNDO.

METODO DE OBTENCION  
DEL BARIO.

## 1:- INTRODUCCION.

A pesar que el metal bario esta plena y extensamente distribuido, en comparación a otros elementos, en la naturaleza; aún no se ha podido encontrar un método sencillo y a un bajo costo, para prepararlo en su forma metálica. Esto es debido a la actividad química como evidencia por su gran afinidad por fluoruros, cloruros, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno y azufre. Como se ve forma estados muy estables con las sales, lo cual impide la separación del bario metálico por una electrólisis a partir de dichas sales.

El magnesio, calcio, bario y estroncio metálicos, se reducen cada uno a partir de sus respectivos óxidos. Prueba de esto puede ser encontrado en la activación del óxido de bario, después de reducido con magnesio, el cual conduce a la formación de la llamada mezcla Maquenne, usada para absorción de gases. Sin embargo, es imposible de extraer el metal reducido de los residuos, ello se debe según Guntz a la formación de un subóxido de bario; se ha establecido que en la reducción hay siempre formación de aleaciones de metal alcalino terreo con el magnesio, el cual es capaz de producir hidrógeno cuando esta en contacto con el agua. La reducción de metales alcalino térreos en sus óxidos respectivos con aluminio fué observada por Mallet (1877), pero recientes investigaciones han presentado que el producto final -

de esa reacción es una aleación de aluminio con el metal alcali no térreo. El silicio también ha sido sugerido como agente reductor, y los resultados obtenidos han sido los mismos.

Guntz, trabajó en un método para alcanzar la reducción del metal alcalino térreo, el cual consistía en calentar el resi---duo, bajo vacío, y así obtener el metal puro y no el subóxido.- El metal alcalino térreo es así destilado y condensado en una parte fría del aparato. Este método fué primeramente utilizable para la reducción del magnesio, después se sugirió el uso del silicio como agente reductor para el óxido de bario. El proceso dolomita-silicio para producción de magnesio fué basada en un trabajo de Martignon, quién en la última guerra trató infruc---tuosamente de reducir magnesio con carburo y aluminio a una escala comercial y fracasó debido a la falta de resistencia al ca---lor de las retortas de acero, lo cual no fué aprovechable en su oportunidad.

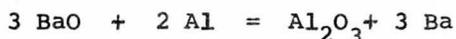
Los principales implicados en la reducción del óxido de ba---rio, así como los otros óxidos de metales alcalino-térreos, y con ciertas restricciones el óxido de litio, son los mismos. En la presente investigación, los experimentos están confinados a la reducción del óxido de bario, con aluminio y silicio, y el método a emplear será el Proceso Guntz.

## 2.- FISICA Y QUIMICA DEL PROCESO GUNTZ.

El bario es el menos volátil de los metales alcalino-te---

reos, su presión de vapor a 1200 °C (temperatura de reducción del óxido), es casi 50 mm Hg.

El proceso Guntz consiste en calentar óxido de bario con aluminio al vacío y cerca de 1200 °C y condensar los vapores de bario, la reacción es la siguiente:



Martignon sugirió posteriormente el uso de silicio en lugar de aluminio, o un ferrosilicio al 90%, pero requiere de temperatura de operación de 50 °C, más que el necesario para el aluminio.

Woehler ha demostrado que el óxido de bario es realmente reducido por el silicio con formación de una aleación 35% bario silicio, conteniendo siliciuro de bario ( $\text{BaSi}_3$ ), en un exceso de silicio. A altas temperaturas, obtenemos productos con alto contenido de bario, pero a partir del peróxido de bario ( $\text{BaO}_2$ ), y estos son llamados también siliciuros, que contienen hasta un 50% de bario. Woehler estudió las propiedades de los siliciuros y encontró que el siliciuro de bario ( $\text{BaSi}_3$ ), con 62% de bario, desprende este bario, cuando es calentado en vacío a 1200 °C. Esto indica que los siliciuros con alto contenido de bario, sufren desprendimientos de átomos de bario. El calor de formación del siliciuro de bario ( $\text{BaSi}_3$ ) es de 399.2 Cal., en cambio el calor de formación de óxido de bario ( $\text{BaO}$ ) es de 133.1 Cal. Sin embargo todos los siliciuros de los metales alcalino-térreos -

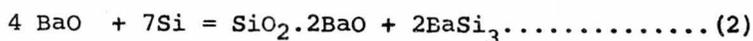
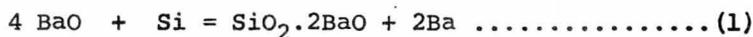
son térmicamente disociados a temperaturas elevadas, todos ellos disociados por el fierro, con producción de ferrosilicio ( $\text{FeSi}$ ), teniendo un calor de formación de solo 19.2 Cal, - este calor de formación es estable a elevadas temperaturas, por ello es altamente aprovechable cuando las aleaciones son silicio son calentadas. El aluminio tiene un comportamiento similar.

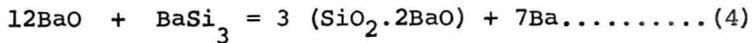
El óxido de bario puede ser fácilmente reducido por el aluminio en aleaciones conteniendo 36.0% de bario, esto ha sido posible por el Proceso Guntz.

Guntz sugirió el uso de óxido de bario ( $\text{BaO}$ ) con aluminio para formar óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y bario; Martignon anteriormente juzgó conveniente la formación de compuestos de doble óxido, sugirió usar óxido de bario con silicio, para obtener metasilicato de bario, sin embargo la eficiencia observada fué de solo 50%, es evidente que las condiciones para obtener la formación del ortosilicato de bario, prevalece.

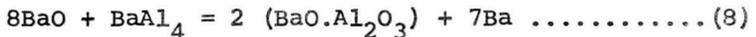
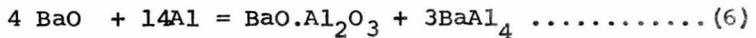
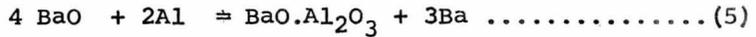
La química del Proceso Guntz, en el cual son producidos el monoaluminato u ortosilicato, pueden ser representados por las ecuaciones siguientes:

Reducción con silicio:





Reducción con aluminio:



En recientes investigaciones, se probó que cuando hay mezclas de óxidos de metales alcalino-térreos, y se agrega óxido de magnesio, y es calentado en presencia de silicio, en cualquier proporción, tenemos primero la formación del ortosilicato, por lo cual se concluye que, toda reducción con silicio, - primero formará, el ortosilicato; en análogas condiciones en presencia de aluminio, obtenemos el monoaluminato en primer término.

La tendencia a formarse el ortosilicato ha sido explicada, por la gran velocidad de cristalización de este compuesto; también se ha dicho que el óxido de metal alcalino-térreo se difunde más rápido através del ortosilicato que através del metasilicato.

Weyer explica que debido al mecanismo de difusión, el núcleo del silicio, en el ortosilicato, esta rodeado de una pequeña capa de metasilicato. Esta severación sirve para explicar la reacción entre el silicio y el óxido de un metal alcalino-térreo.

lino-térreo; una partícula de silicio, reacciona con el óxido de metal alcalino-térreo, el cual esta presente en exceso al -- empezar la reacción; una película de metasilicato es producida en la interface, por lo cual el ortosilicato se forma con más - óxido, através de esta explicación, se dice que, más óxido di-- fundido y mas ortosilicato producido, se obtiene, de la interfa se, para lo cual la sílice es propiamente suministrada por la- difusión através de la cubierta o corteza del metasilicato.

El ortosilicato es reducible a metasilicato, y también a - metal, pero el metasilicato es estable frente al silicio, por - tanto la capa ó película de metasilicato, es continuamente ---- transformada a ortosilicato, con difusión de óxido y reducción por contacto con el silicio. Esto tiene lugar solo en la inter- fase, y el ortosilicato producido va, en dirección opuesta al - flujo del óxido: la difusión del óxido del metal alcalino-térreo através del ortosilicato es el elemento principal, para regular la velocidad de reacción.

La adición de materiales tales como fluoruro de calcio --- ( $\text{CaF}_2$ ), que actúa como mineralizador, puede también tener una - influencia sobre la proporción de la difusión. Otros productos, tales como, fluoruros ó cloruros, han sido sugeridos para redu- cir, el tiempo de reacción, ó incrementar el producto. Las ecua- ciones 1 y 4 , descritas anteriormente, resumen los casos ante- riores.

De acuerdo a la ecuación 2, reducción con silicio, tenemos la formación de siliciuro de bario ( $\text{BaSi}_3$ ) y además el ortosilicato de bario ( $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{BaO}$ ). En la ecuación 3, vemos, que el bario liberado reacciona con el silicio, formando el siliciuro de bario, no hay duda de la formación de este último compuesto dado que Woehler utiliza este método para producir este compuesto específicamente. Sin embargo, solo una pequeña capa de este siliciuro de bario puede ser formada en la superficie de las partículas del silicio producida por la lentitud de la difusión, el punto de fusión de la aleación depende de su composición. En una operación a alta temperatura, esta aleación puede fundirse, así como acelerar la reacción por humedecimiento de la mezcla de reacción.

La capa de siliciuro de bario ( $\text{BaSi}_3$ ) reacciona con óxido de bario ( $\text{BaO}$ ), según la reacción 4, con la liberación del bario metálico. Danner emplea esta reacción 4, exclusivamente para reducir el óxido de bario a presión atmosférica con aluminio, produciendo aluminuro y continuando la reducción con este aluminio y el óxido de bario residual, con calentamiento de alta temperatura al vacío.

La reducción con aluminio, ecuaciones 4 al 8, tiene una pequeña diferencia en relación con la reducción con silicio, pues primero es formado el monoaluminato. Esto se ha demostrado por Grube y Heintz, inclusive hay algunas patentes que hacen referen

cia de ello. Se presume que el monoaluminato a la temperatura de operación, no es reducible por el aluminio, pero el dialuminato seguramente es el indicado, pues es el utilizado en la planta Ivanow, URRSS.

La reacción puede ser sintetizada como sigue: el aluminio reacciona con formación de aluminuro, el cual es completamente fundido a la temperatura de operación y por tanto nos da una mezcla; el monoaluminato es producido en la interface a través del cual, difundido, en el exceso de óxido de bario; esto se produce en un espacio opuesto a la dirección de difusión.

En las ecuaciones anteriores, no se consideró la hipótesis de Guntz, que el subóxido de bario es formado como un producto intermedio. Schriell examinó esta posibilidad y concluyó que el subóxido de bario no existe, pero que el bario disuelto, contiene óxido en gran proporción, en estas reacciones. La evaporación de bario, a partir del óxido de bario, convirtiendo paulatinamente, dificultades con la mezcla conteniendo menos de 2.5-mol por mol de óxido de bario.

Una ilustración de este último fenómeno descrito, es la reducción de dolomita con silicio, en condiciones casi semejantes, produce un ortosilicato de calcio, pero hay la formación de un compuesto intermedio, que es un doble silicato de magnesio y calcio.

En base a las anteriores ecuaciones, fueron sugeridas algunas cuestiones al Proceso Guntz; como la operación procede -- principalmente por la ecuación 4, la cual presenta que el óxido de bario ( $BaO$ ) es reducido por el Silicio, parece admisible empezar por una mezcla silicio-óxido de bario, sin embargo el siliciuro de bario comercial, es de bajo grado, cerca del 35% de bario, además se esperan pérdidas mayores en el rendimiento, pues este siliciuro de bario no es estable en el medio ambiente, conclusiones análogas se presenten con el aluminio.

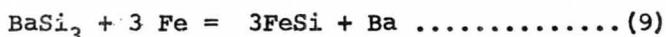
Guntz sugirió el uso del siliciuro de calcio ( $CaSi_2$ ), pero menciona que el resultado es la obtención de bario contaminado con calcio; es posible que la adición de óxido de calcio ( $CaO$ ), pueda ser usada para unir algo de la sílice como ortosilicato de calcio, en lugar de ortosilicato de bario, con el propósito de usar óxido de bario menos caro. El óxido de calcio es más -- difícil de reducir con silicio, que el óxido de bario, pero según Guntz, se espera alguna contaminación del bario con el calcio cuando se usa una mezcla de óxido de bario-óxido de calcio.

La adición de peróxido de bario ( $BaO_2$ ) cuando reducimos -- óxido de bario con silicio, es una práctica común y se dice que tiende a incrementar la eficiencia, ciertamente debido a las altas temperaturas a que se lleva a cabo esta operación, aunque -- esto esta asegurado con aluminio y principalmente con silicio, -- al vacío.

El proceso Guntz ha sido aplicado y con mucha fortuna para la reducción de otros óxidos de metales alcalino-térreos.

### 3.- OTROS METODOS DE OBTENCION DE BARIO METALICO.

Investigadores de la Dow Chemical Co. propusieron tres diferentes reacciones para la obtención del calcio en vacío y a temperatura elevada, las cuales pueden ser utilizables también, para la obtención de bario. Estas ecuaciones son desplazamientos del calcio por fierro en el siliciuro, la reacción de carburo con siliciuro, o con silicio, con formación de carburo de silicio y liberación de calcio. Con respecto al bario, las ecuaciones correspondientes son las siguientes:



A pesar que el ferrosilicio (FeSi) tiene un calor de formación de solo 19.2 Cal, pero la reacción trabaja mejor con el siliciuro de calcio según estos investigadores. El calor de formación del carburo de silicio (SiC) es el elemento decisivo, en las ecuaciones 10 y 11; este calor de formación es de 26.7 Cal, según Ruff y Geigar, y 43.5 Cal, según Brunner; todo depende de la estabilidad térmica del compuesto que participa en la reacción. El silicio reacciona con el carbono a 1 400 °C, temperatura indicada para estas reacciones, dadas por los investigado-

res de la Dow Chemical Co.

La electrólisis de cloruro de bario ( $\text{BaCl}_2$ ) no ha sido tan afortunada, como es el caso de las otras sales de metales alcalino-térreos para obtenerlos en sus formas metálicas respectivas. La solubilidad del bario en cloruro de bario (sobre 30% a  $900^\circ\text{C}$ ) parece ofrecer amplia oportunidad para una reacción reversible. Este método fué estudiado en Alemania utilizando cloruro de bario ( $\text{BaCl}_2$ ) y cloruro de potasio ( $\text{KCl}$ ), la electrólisis se llevó a cabo a bajas temperaturas, utilizando como recipiente para realizar este experimento, una cuba de fierro fundido, pero sin sistema de enfriamiento rápido; como ánodo sirvieron dos placas de carbón y como cátodo un electrodo de contacto, es decir, una barra de fierro, vertical, de un centímetro de diámetro, que se pudiera subir y bajar; la fusión se mantuvo por corriente eléctrica, sin embargo para la regulación adecuada de la fuente de electricidad se tuvo que cambiar la temperatura a cerca del punto de fusión del bario; y así se logró que el bario se depositara en el electrodo de contacto, la densidad de corriente fué de 20-50 Amperes. Finalmente se obtiene el bario en forma de barras de uno a dos centímetros de grosor y hasta 10 centímetros de longitud, Sin embargo el bario obtenido de esta manera tiene bajo grado de pureza. Además al llevar a cabo esta electrólisis tenemos grandes probabilidades de tener una dispersión coloidal ó como ya dijimos anteriormente, una reac--

ción reversible.

Caron hizo reaccionar cloruro de bario ( $\text{BaCl}_2$ ) con una aleación sodio-zinc, y obtuvo una mezcla de bario-zinc, posteriormente al destilar el zinc, se obtenia el bario metálico.

Todos los métodos, donde se utilicen solventes metálicos, para la obtención de bario, tienen la desventaja que su bajo grado de aleación tiene que ser sometido al proceso de disociación en temperaturas muy altas y a la acción de un buen vacío.

CAPITULO TERCERO.

EQUIPO PARA EL PROYECTO.

Como ya se precisó, esta planta tendrá carácter de satélite, o sea dependiente de una planta mayor, ya establecida y -- elaboradora de reactivos químicos.

Dado que la parte esencial de este proceso se basa en un método de calentamiento al vacío; el problema fundamental será conseguir un horno que reúna las condiciones tanto de temperatura como de vacío necesario para llevar a cabo la operación.

Los primeros hornos al vacío, contruídos para laboratorio a principios de este siglo, eran utilizados para la fusión de metales refractarios reactivos. Aunque existían en Europa, -- desde 1938, hornos industriales de fusión y de recocido de aceros al Carbono, solo después de la Segunda Guerra Mundial se -- desarrollaron industrialmente la elaboración y los tratamientos térmicos al vacío de los metales y aleaciones, y con más razón -- aquellos destinados especialmente a las : industrias nucleares y aeronáuticas.

La necesidad ha hecho aparecer en el mercado gran número de tipos de hornos que cubren toda una gama de temperaturas comprendidas entre 300 °C y 2 500°C, con vacíos del orden de  $1.10^{-6}$  Torr (1 Torr = 1 mm de Hg).

La existencia de dichos hornos y su facilidad los ha generalizado cada vez más para tratamientos que antes se hacían en atmosfera controlada. Conviene examinar, sin embargo, las ventajas que procura el vacío durante el calentamiento de los metales

y las dificultades que su aplicación puede presentar antes de utilizarlo para el tratamiento de un metal determinado.

#### OBJETIVO Y BASES TEORICAS DE LOS TRATAMIENTOS AL VACIO.

De una manera general, los tratamientos térmicos tienen por objeto mejorar las propiedades de los metales y aleaciones, y la utilización del vacío tiene por objeto evitar cualquier acción de los gases en los metales durante su calentamiento.

La acción de los gases en los metales se presenta en tres formas: adsorción, absorción y reacción.

A).- Adsorción; cuando las moléculas de gas permanecen fijas en la superficie del metal, se dice que se trata de un fenómeno de adsorción. La adsorción física o adsorción de Van der Waals, debida unicamente a las fuerzas de interacción entre moléculas, el enlace es débil y solo se produce con muy bajas temperaturas, se rompe fácilmente mediante la elevación de la temperatura o por disminución de la presión.

La adsorción química en la cual los átomos de la superficie del metal intercambian enlaces con los átomos del gas. Esta adsorción es selectiva y depende del gas y del metal. La cantidad de gas adsorbido varía con la presión a partir de las presiones muy bajas hasta cierto límite y luego ya no vuelve a aumentar. En la mayoría de los casos se forma una capa monomolecular en la superficie del sólido. El descenso de la presión no -

es suficiente para romper el enlace y con mucha frecuencia es necesario un calentamiento enérgico. Este tipo de adsorción -- parece ser la fase inicial de la agresión de un metal por un gas (oxidación cuando el gas es oxigenado).

B).- Absorción; cuando el gas de adsorción en la superficie del metal se disuelve formando una solución sólida, ó reacciona produciendo un compuesto definido, entonces es absorbido. La absorción del hidrógeno, que provoca una fragilidad en numerosos metales, es particularmente molesta. Los tratamientos al vacío permiten evitar la absorción e incluso eliminar los gases en un metal contaminado.

C).- Las reacciones químicas superficiales, se producen cuando el gas se encuentra en condiciones de temperatura y de presión tales que reacciona con el metal o con uno de los constituyentes de una aleación, la más conocida es la oxidación, cuyo mecanismo es la siguiente: a una temperatura determinada, el metal debe normalmente oxidarse si la presión parcial del oxígeno es más elevada que la presión de disociación del óxido; si es más débil, no será atacado ó el óxido ya formado podrá incluso disociarse. Estas reacciones obedecen a las leyes termodinámicas y por consiguiente se puede calcular teóricamente la condición de formación de los óxidos. La descarburación es una reacción muy importante, en particular en el tratamiento de las piezas mecanizadas.

Después de la acción de los gases en los metales debe observarse la acción del vacío en ellos, con este fin debe conocerse la tensión de vapor de los metales tratados y también -- la de los materiales utilizados en la construcción de los hornos.

#### TRATAMIENTOS TERMICOS EN VACIO.

Las principales ventajas del empleo del vacío son evitar la oxidación y, al mismo tiempo para los aceros, la descarbonación. Si para ciertos metales y aleaciones relativamente corrientes, como los aceros aleados inoxidables, el cobre y ciertas aleaciones cuprosas, el resultado puede ser obtenido mediante atmósferas controladas o en vacío; no ocurre lo mismo en metales como el titanio, circonio, uranio y tántalo, que reaccionan tan brutalmente con los gases que constituyen las atmósferas controladas, en el hidrógeno, nitrógeno, óxido de carbono, como el Oxígeno, en este caso el tratamiento en vacío es insustituible.

#### HORNOS AL VACIO.

Un horno al vacío se compone principalmente de:

I)- Un recinto que trabaja en caliente o en frío fabricado con acero ordinario, inoxidable o refractario, y eventualmente con cuarzo ó mullita.

II)- Un medio de caldeo exterior o menor al recinto, construido por resistencias o una bobina de inducción con los aparatos eléctricos y pirómetros de control y de regulación.

III)- Un grupo de bombeo y aparatos de medida del vacío.

Antes de pasar a los principales tipos de hornos al vacío utilizados, cabe examinar rápidamente cuales son los materiales de base utilizados para su construcción.

Para obtener los vacíos corrientemente exigidos de  $1.10^{-3}$  a  $1.10^{-5}$  Torr, es necesario utilizar materiales que en su temperatura de utilización posean las características:

A)- Un coeficiente de desgasificación muy débil (no debenser sensibles al vapor de agua).

B)- Una buena inercia química con relación a los demás materiales con los cuales estan en contacto.

C)- Una tensión de vapor débil.

D)- Buenas características mecánicas.

Se utilizarán con mucha frecuencia para los recintos, aceros inoxidables ó refractarios que podrán ser pulidos ó acero suave chapeado.

Para las llegadas de corriente, los devanados de inducción, los serpentines de refrigeración, se usa cobre. El latón solo puede ser utilizado en los lugares "fríos", pues contiene cinc, cuya tensión de vapor es ya muy elevada a baja temperatura. El aluminio puede ser utilizado por su cantidad de diamagnetismo.-

El vidrio, las cerámicas, la alúmina y el circonio como aislantes. Las materias plásticas, diferentes tipos de elastómeros y ciertos metales, para las juntas de estanqueidad.

El grafito es muy utilizado como elemento de caldeo, susceptible ó crisol y en forma de filtro como aislante térmico. Posee una tensión de vapor débil:  $1 \cdot 10^{-5}$  Torr a  $2\ 200^{\circ}\text{C}$  poco más ó menos, y una buena resistencia mecánica que, además crece con la temperatura.

Los principales tipos de hornos al vacío utilizados, se clasifican según su tipo de recinto, en dos grupos: hornos de pared fría y hornos de pared caliente.

I)- Hornos de pared caliente, así denominados porque el recinto en vacío es calentado exteriormente y debe resistir, en caliente, la presión atmosférica exterior.

El recinto es generalmente metálico (en los pequeños hornos de laboratorio, consiste en un tubo de materia refractaria). En ciertos hornos, está constituido por un tubo de cuarzo y el caldeo se hace generalmente por inducción con un devanado dispuesto alrededor.

El recinto es generalmente cilíndrico. Es denominado mufla, si su eje es horizontal, y si es vertical, convertidor ó campana, según la abertura, esta hacia abajo ó hacia arriba. Es fabricado con aleación cromoníquel de calidad adaptada a la temperatura y al ciclo de trabajo, de "Inconel" ó de aleaciones de caracterís-

ticas mecánicas todavía mas elevadas con las cuales es permitido trabajar a cerca de 1 150 °C, con vacío sencillo. Pero también se utiliza la técnica llamada del "horno de doble vacío", que consiste en hacer un vacío primario (algunos Torr) entre el recinto y la armadura del horno propiamente dicho, que debe ser estanca para suprimir las tensiones debidas a la presión atmosférica. El doble vacío permite realizar recintos de espesor menor y/o con materiales menos caros a temperaturas de trabajo equivalente.

En los hornos de doble vacío, los dos vacíos pueden ser producidos por dos cadenas de bombeo diferentes. Sin embargo, con ciertas disposiciones se puede utilizar un solo bombeo primario. La realización del horno se ajusta a las técnicas clásicas de los hornos eléctricos de resistencias.

Los hornos de pared caliente, debido a su construcción y al hecho de que la transferencia de energía solo se hace por radiación y por consiguiente es relativamente débil hasta temperaturas del orden de 700 °C, tienen una inercia térmica relativamente importante. Es siempre interesante, para obtener la mayor velocidad de subida de temperatura calentar el recinto en el horno caliente siempre que ello sea posible.

Pero el problema reside sobre todo en la refrigeración, en los hornos de vacío sencillo, se retira el recinto y se coloca en un puesto de refrigeración. Se puede acelerar el descenso de la

temperatura del recinto, para aumentar los intercambios carga-recinto, soplando aire con un ventilador o rociando el recinto.

En las bajas temperaturas, inferiores a 250-200°C, la refrigeración es muy lenta; puede mejorarse, si es necesario, admitiendo dentro del recinto un gas raro, como el argón, si la carga puede soportar su acción. Recordaremos que basta admitir una presión parcial, netamente inferior a la presión atmosférica, para obtener un intercambio muy próximo del que se obtiene a una atmósfera.

El horno de doble vacío no permite evidentemente, la salida del recinto antes que la temperatura haya llegado a cierto valor en la cual puede soportar la presión atmosférica. Estos hornos deben construirse siempre con refractarios de escasa -- inercia térmica. Los principales hornos de pared caliente serán, pues, del tipo:

- A)- pozo.
- B)- de elevador.
- C)- de campana móvil.
- D)- de mufla horizontal.

Esta última solución, en la cual la mufla trabaja muy mal, debe evitarse siempre que sea posible; no tiene nunca la longevidad de los convertidores de los hornos pozos; solo deben ser utilizados para cargas débiles.

II)- Hornos de pared fría, así denominados porque el recino

to en vacío es mantenido a baja temperatura generalmente mediante una circulación de agua. Los elementos calentadores van ubicados en el recinto en vacío.

Ante la incompatibilidad de los refractarios clásicos con bajas presiones, las pérdidas térmicas son limitadas, mediante pantallas metálicas, ó por medio de un filtro de granito. Estas pantallas rodean el cuerpo calentador y su número depende de -- las pérdidas admitidas.

El grafito es utilizado en barras enroscadas en placas intermedias o en forma de espiral mecanizada en un tubo. Las conexiones son piezas de cobre, refrigeradas por agua.

El grafito y más todavía los tres metales siguientes: molibdeno, tántalo y tungsteno, presentan una variación importante de resistibilidad en función a la temperatura, la alimentación eléctrica debe tenerse en cuenta y ser realizada a una tensión tal que el riesgo de efluvios entre resistor y piezas metálicas no sea posible.

El tipo de horno de pared fría se presta perfectamente al calentamiento por inducción. El crisol o un susceptor es colocado dentro de un inductor y el sistema calorífugo entre ambos es, en general, a base de filtro de grafito. También se puede utilizar un susceptor de tántalo. La alimentación es entonces realizada en media frecuencia por medio de convertidores rotativos - ó, mejor todavía, de onduladores estáticos.

La inercia térmica de estos hornos es relativamente débil y su puesta en temperaturas puede ser rápida. La refrigeración es también rápida en alta temperatura y sin embargo bastante lenta en muy baja temperatura. También en este caso se puede acelerar con admisión de argón, helio ó hidrógeno. También se puede reciclar el gas dentro del horno por medio de un ventilador haciéndole pasar sobre un intercambiador constituido por un soloide tubular refrigerado, dispuesto entre las pantallas y la cuba. También se puede hacer esta circulación en un intercambio exterior.

Muchos hornos de pared fría son verticales pero existen modelos horizontales que se encuentran mas especialmente entre los hornos equipados con recipientes de temple.

En conclusión, los hornos de pared fría permiten alcanzar temperaturas muy elevadas del orden de 2 600°C, con tiempos de ciclos relativamente cortos, mientras que los hornos de pared caliente tienen un límite de temperatura alrededor de 1 200 °C, y poseen una inercia mayor; sus pérdidas son proporcionalmente menos importantes y necesitan una potencia eléctrica menos elevada, Su precio es también más barato.

Estos últimos hornos descritos, permiten efectuar casi todos los tratamientos térmicos en vacío. Son indispensables para el tratamiento de los metales muy reactivos y constituyen una solución fácil cuando se quiere evitar la deterioración del estado de

superficie: oxidación, descarbonación, fragilización por hidrógeno, etc. ó si se quiere evitar el consumo de atmósfera ó --- riesgos de explosión en ciertos casos.

#### HORNO PARA EL PROYECTO.

Después de revisar en el mercado nacional, sobre los diferentes tipos de hornos, se seleccionó, un horno de tipo tubular horizontal, eléctrico.

Las dimensiones exteriores son: 37 pulgadas de largo, 20 -- pulgadas de alto y 14 pulgadas de ancho.

Las dimensiones interiores serán, las dimensiones que presente el refrigerante de aire colocado en el interior del horno, y en este caso será de 3 pulgadas de diámetro y 40 pulgadas de largo.

Este horno tubular horizontal trabaja con una corriente de 6.2 Kwatts de potencia. Este tipo de horno se presenta en la -- siguiente ilustración, # 1.

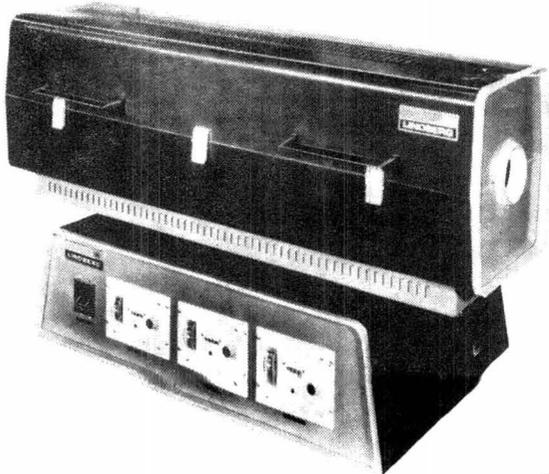


Ilustración #1.

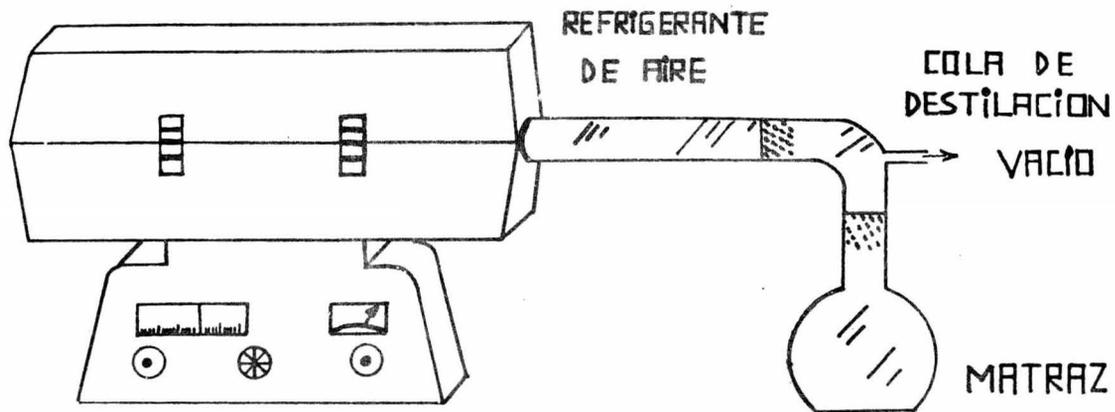
Este horno funcionará de la siguiente manera: albergará - en su interior un refrigerante de aire donde estarán alojados los reactivos. Un tapón esmerilado sellará un extremo del refrigerante de aire, mientras que por su otro extremo estará -- conectado a un sistema de destilación, perfectamente sellado - para integrarlo a la acción del vacío. Estas observaciones se pueden ver en figura # 1.

#### MUFLA:

La mufla la vamos a considerar como auxiliar del horno, -- ya que en este pequeño horno de laboratorio llevaremos a cabo la primera parte del proceso, ó sea la obtención del óxido de bario a partir de la barita, sometida a un calentamiento.

La mufla seleccionada para este proyecto tiene las siguientes características: trabaja con una corriente de 1 000 Kw, de -- potencia.

Las dimensiones de esta mufla en su interior son: 9 pulgadas de ancho, 9 pulgadas de largo y 14 pulgadas de alto; en su exterior son: 21 pulgadas de ancho, 21 pulgadas de largo y 24 - pulgadas de alto. Podemos observar este tipo de mufla en la --- siguiente ilustración, # 2.



HORNO

FAC. DE QUÍMICA

EQUIPO DE DESTILACION DEL BARIO.

FIG. 1

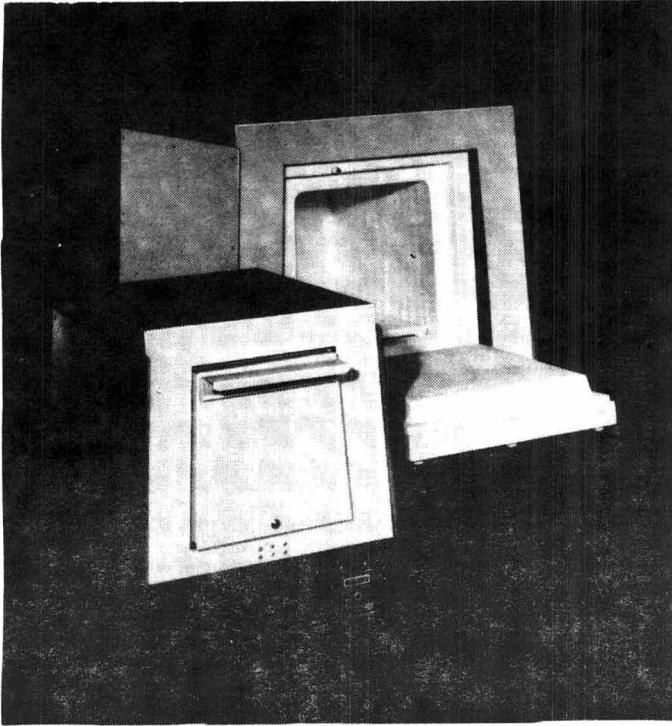


Ilustración #2.

## BOMBA DE VACIO.

En este proyecto se utilizará un bomba de embolo rotativo, que consiste en un cilindro que gira en el interior de una cámara cilíndrica provista de un resalte longitudinal existiendo -- entre este y la superficie de la cámara un juego de una centésima de milímetro solamente, este espacio comunica por un lado del resalte con una cámara en la cual se ha practicado ya un vacío--parcial . Al girar el rotór, su superficie acelera las molécu--las del aire que se hallan en contacto con él, originando así - una depresión por el lado de la admisión; luego aquellas molécu--las detenidas por el resalte, aumentan localmente presión junto

al orificio de escape que comunica con la bomba preliminar. Un diagrama de un bomba de vacío lo podemos observar en figura #2. La bomba escogida para este proyecto trabaja con una corriente de 1 HP.

#### ACCESORIOS.

Como equipo complementario, para este proyecto tenemos los siguientes accesorios:

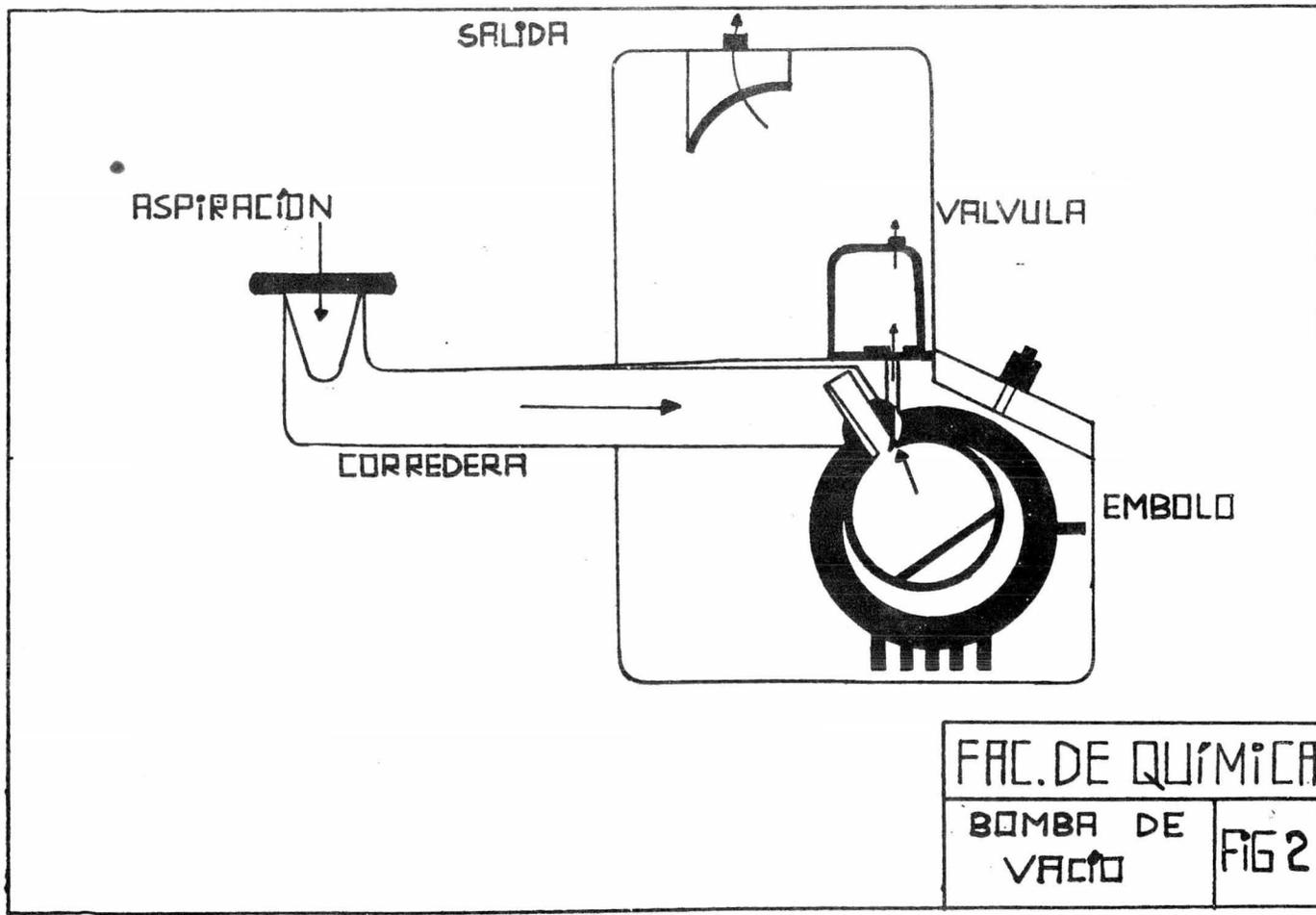
Crisoles para llevar a cabo el calentamiento de la barita, en la mufla y obtener el óxido de bario. Sus dimensiones son: - 3 pulgadas de diámetro y 6 pulgadas de altura.

Un refrigerante de aire para colocar en su interior los --- reactivos y posteriormente este refrigerante es introducido dentro del horno tubular horizontal. Y otro refrigerante más corto que funcionará como una extensión de primero, introducido en el horno, y que va conectado a la cola de destilación.

Una cola de destilación con conexión integrada para el sistema de vacío, conectada al matraz de bola.

Matraces de bola de un litro para recolectar el bario destilado.

Todo este sistema de destilación es de la medida 24/40, y sus conexiones deben ser del tipo esmerilado para obtener, así un sistema de vacío perfectamente sellado.



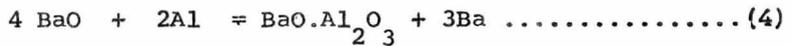
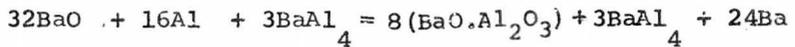
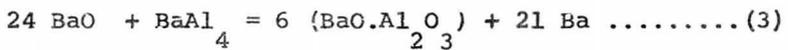
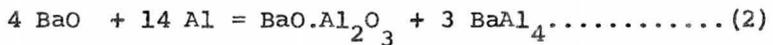
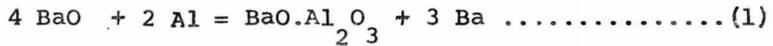
**CAPITULO CUARTO.**

**ASPECTOS ECONOMICOS.**

## 1.- CALCULOS ESTEQUIOMETRICOS.

En base a una producción anual de diez toneladas de bario, se harán los cálculos estequiométricos y se conocerá así la -- cantidad necesaria de materia prima para llevar a cabo este -- proyecto.

El Proceso Guntz, reporta un 94.1% de eficiencia en la -- reacción correspondiente a la obtención del bario.



$$613.44 + 53.94 = 255.30 + 412.08$$

$$412.08 \text{ -----}100\%$$

$$X \text{ -----}94.1\% \quad X = 387.77$$

En un 100% de eficiencia de la reacción se obtiene 412.08- de bario, pero el Proceso Guntz reporta un 94.1% entonces se -- obtiene 387.77, realmente, de bario.

Para la producción anual de diez toneladas de bario:

$$613.44 \text{ Kg BaO} \text{-----} 387.77 \text{ Kg Ba}$$

$$X \text{ -----} 10 \text{ 000 Kg Ba}$$

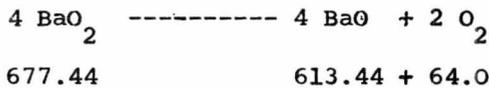
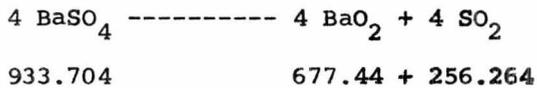
$$X = 15 \text{ 819.7 Kg BaO}$$

$$53.94 \text{ Kg Al} \text{ -----} 387.77 \text{ Kg Ba}$$

$$X \text{ -----} 10\,000 \text{ Kg Ba}$$

$$X = 1\,391.0 \text{ Kg Al}$$

Para obtener el óxido de bario se parte de la barita ----- (94-96% de BaSO), por lo tanto, la cantidad de barita necesaria para la producción de diez toneladas de bario, se calcula de la siguiente manera:



$$933.704 \text{ Kg BaSO}_4 \text{ -----} 613.44 \text{ Kg BaO}$$

$$X \text{ -----} 15\,819.70 \text{ Kg BaO}$$

$$X = 24\,078.83 \text{ Kg de BaSO}_4$$

$$96.00 \text{ Kg BaSO}_4 \text{ -----} 100 \text{ Kg Barita}$$

$$24\,078.83 \text{ Kg BaSO}_4 \text{ -----} X$$

$$X = 25\,084.60 \text{ Kg Barita}$$

Se dió un margen de 10% mayor, sobre la cantidad de materia prima necesaria, por efectos de rendimiento en el proyecto.

En conclusión, el costo de la metria prima para llevar a cabo este proyecto, es:

1 530.10 Kg Al	X \$ 11.74 Kg =	\$ 18 963.374
27 593.06 Kg barita	X \$ 0.25 Kg=	\$ <u>6 898.265</u>
TOTAL		\$ 25 862.639

## 2.- COSTO TOTAL DEL PROYECTO.

El cálculo del costo total del proyecto, se hizo en base a un producción de diez toneladas de bario, anuales.

### A: INVERSION FIJA.

Las cantidades que aparecen como costo del equipo, incluyen su instalación y sistemas auxiliares, todos los costos son en moneda nacional.

Horno.	\$ 70 000.00
Mufla.	6 100.00
Bomba de vacío.	8 200.00
Accesorios.	<u>8 000.00</u>
Costo de la planta, e inversión fija.	\$ 92 900.00

### B: CAPITAL DE TRABAJO.

Inventario de materia prima (para 1 mes).	\$ 2 155.22
Inventario de producto. (1 mes costo producción).	14 650.69
Cuentas por cobrar. (venta facturada, 2 meses).	59 446.20
Efectivo para 15 días.	<u>3 202.25</u>
T o t a l.	\$ 79 454.36

Nota. No hay cuentas por pagar, debido a que la misma planta-piloto será el proveedor.

## C: GASTOS DE PREOPERACION.

Gastos de preoperación y de arranque (25% <u>co</u> sto de la planta).	\$ 23 225.00
--	--------------

## INVERSION TOTAL.

	<u>\$ 195 579.36</u>
--	----------------------

## COSTOS DE PRODUCCION.

## A: COSTOS DIRECTOS.

Materia prima requerida.	\$ 25 862.54
Mano de obra directa.	36 000.00
Prestaciones. (20% salarios).	7 200.00
Servicios:	
electricidad.	6 991.60
a g u a .	<u>800.00</u>
T o t a l.	\$ 76 854.14

## B: COSTOS INDIRECTOS.

Jefe de producción.	\$ 60 000.00
Prestaciones. (20% salarios).	12 000.00
Mantenimiento. (4% inversión fija).	3 716.00
Seguros. (3% inversión fija).	2 787.00
Depreciación, equipo. (10 años).	9 290.00

Amortización (20 años). (preoperación y arranque).	\$ 1 161.25
R e n t a .	<u>10 000.00</u>
T o t a l .	\$98 954.25

COSTO TOTAL DE PRODUCCION. \$175 808.39

COSTO DE VENTA.

Los gastos de operación (gastos por: asesorías, administración, ventas, oficinas), se les considera en global \$36 000.00, dado que estos gastos en su totalidad son absorbidos por la planta piloto, correspondiendo esta parte al proyecto.

Costo total de producción	\$ 175 808.39
Gastos de operación.	<u>36 000.00</u>
Costo de venta.	\$ 211 808.39

VENTA DEL PRODUCTO.

	Kg/año	\$/Kg	\$/año
Bario metálico.	10 000	25.50	255 000.00
Aluminato de Bario.	6 580	16.00	105 280.00
Venta bruta			\$ 360 280.00
Descuentos y bonificaciones (1% venta bruta)			- 3 602.00
Venta facturada.			<u>\$ 356 677.20</u>
Impuesto Ingresos Mercantiles (3% venta facturada).			-10 700.32
Venta neta.			<u>\$ 345 976.88</u>

## UTILIDAD.

Venta neta.	\$ 345 976.88
Costo de venta.	<u>- 211 808.39</u>
Utilidad de operación.	\$ 134 168.49
Reparto de utilidades e Impuestos sobre la renta (50% utilidad de operación).	- 67 084.245
Utilidad neta.	<u>\$ 67 084.245</u>

## 3.- ASPECTOS ECONOMICOS COMPLEMENTARIOS.

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Inversión total}} \times 100$$

$$R = \frac{\$ 67 084.245}{\$ 195 579.360} \times 100 = 34.30 \%$$

## PUNTO DE EQUILIBRIO.

El punto de equilibrio, representa, el volumen de producción en el cual, los ingresos por venta son iguales a los costos de producción.

$$P.E. = \frac{\text{costos fijos.}}{\text{Venta neta} - \text{costos variables.}}$$

## COSTOS VARIABLES

Materia prima.	\$ 25 862.54
Servicios.	<u>7 791.60</u>
T o t a l.	\$ 33 654.14

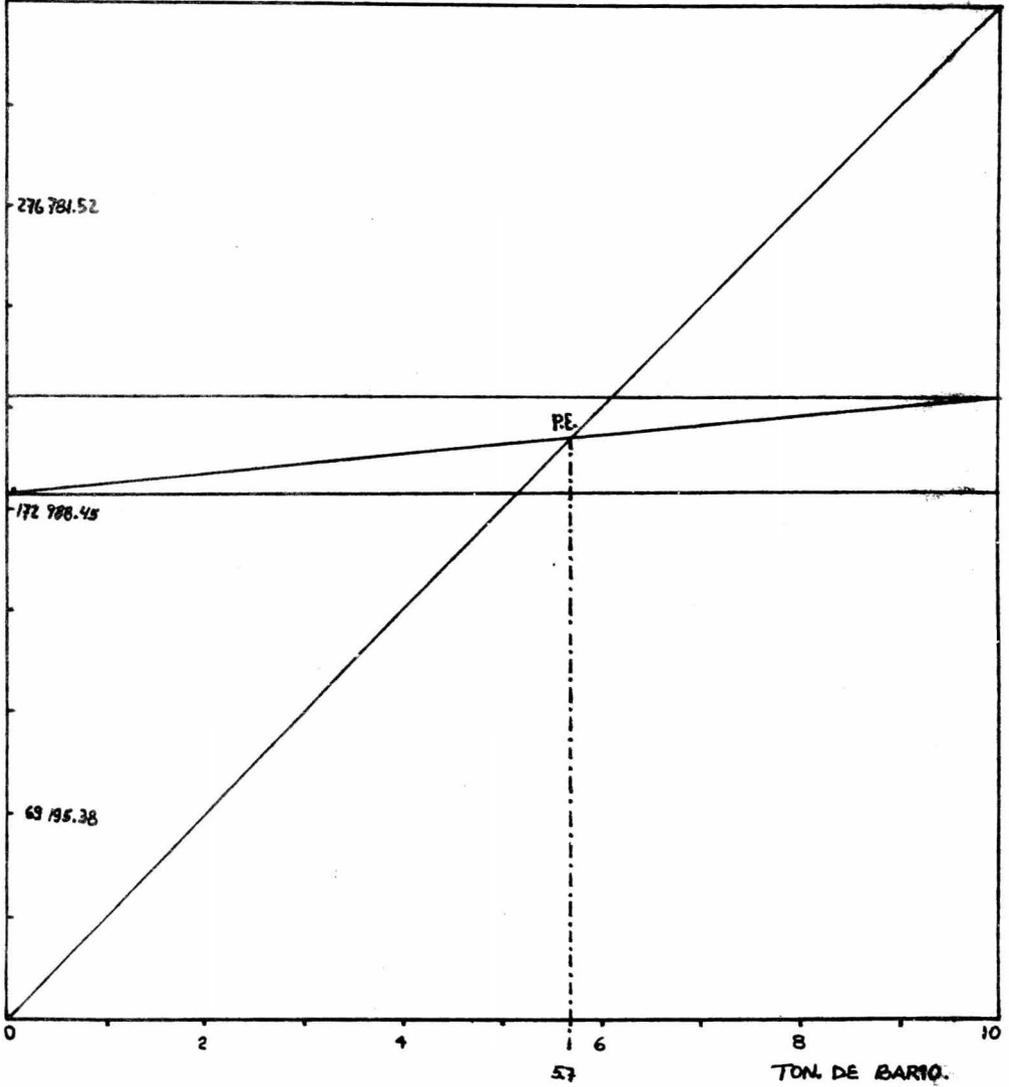
## COSTOS FIJOS.

Mano de obra directa.	\$ 36 000.00
Jefe de producción.	60 000.00
Prestaciones.	19 200.00
Mantenimiento.	3 716.00
Depreciación y amortización.	10 451.25
Seguros.	2 787.00
R e n t a .	10 000.00
Gastos de operación.	<u>36 000.00</u>
T o t a l	\$178 154.25

Costos variables.	\$ 33 654.14
Costos fijos.	<u>\$178 154.25</u>
Costo total.	\$211 808.39

$$P.E. = \frac{\$178\ 154.25}{\$312\ 322.74} \times 100 = 57.04\ %$$

Se puede observar el punto de equilibrio, también en la --  
gráfica anexa.

\$ VENTAS  
NETAS.

CAPITULO QUINTO.

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES.

En el Proceso Guntz se basó este proyecto, para la obtención del bario, debido a que su reacción principal parte del óxido de bario y este lo podemos obtener a partir de la barita; en cambio el proceso en el cual se parte de una electrólisis de cloruro de bario no es muy afortunado, en primer término -- porque obtenemos un bario de baja pureza y además la reacción se inicia con una sal que no se puede obtener de la Barita, en una forma sencilla, sin complicaciones; igualmente sucedió con los otros métodos, donde intervenían sales de bario.

El Proceso Guntz se puede llevar a cabo también con silicio ó ferrosilicio (FeSi). Se eligió el aluminio debido a que tiene un costo mas bajo que el silicio y el ferrosilicio; además se puede obtener un costo más bajo, si se utiliza aluminio industrial (deshecho), pues este proyecto se calculó tomando el precio del aluminio en polvo. Utilizando silicio ó ferrosilicio en las mismas condiciones como se ha utilizado el aluminio, se obtiene los mismos resultados.

En conclusión, el Proceso Guntz utilizando el aluminio -- como agente reductor, es el apropiado para el proyecto.

Respecto al equipo, se escogió un horno eléctrico tubular común, con un refrigerante de aire en su interior y este a su vez conectado a un sistema de destilación al vacío, evitando -- así el costo elevado de un horno que funcione al vacío.

En lugar de usar un sistema al vacío, se juzgó la posibi-

lidad de emplear un sistema de atmósfera inerte con nitrógeno; pero se observó que el nitrógeno reaccionaba con el bario liberado formando nitruro de bario, finalmente se deshecho la posibilidad de emplear una atmósfera inerte.

La bomba al vacío fué seleccionada del tipo de embolo rotativo, por ser la más económica y eficiente en lo que respecta a este proyecto. Hay otros tipos de bomba al vacío, por ejemplo del tipo de anillo hidráulico, pero es más caro su funcionamiento, pero se puede utilizar en este proyecto.

Observamos que la materia prima (barita) es del país, evitamos la importación, de este forma.

Se ha apuntado anteriormente que el montaje de este pequeño laboratorio debe integrarse a un laboratorio mayor ya establecido, y así tener un carácter económico funcional, este proyecto.

En conclusión general este proyecto es funcionalmente económico; lo podemos observar en los datos de utilidad neta y rentabilidad, que se reporta al respecto.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.

- Anuario Estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos. SIC, 1970-1974.
- Anuario Estadístico de la Minería Mexicana. SIC, 1971-1975.
- Anuario Estadístico de Importadores en los Estados Unidos Mexicanos, SIC, 1970-1974.
- Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology. 3, 77 (1964).
- Blas L., Agenda del Químico. España, 2a. ed. 1954.
- Von Neuman B. and Bergve C. Gewinnug von Strontiummetal and Bariummetal. Z. Elektrochemie. 20, 187, (1954).
- Kroll W. J. Processes for making Barium and its Alloys. Bureau of Mines Information Circular in United States. 7327 (1945).
- Guntz M. Sur un nouveau mode de préparation du Baryum. Comptes-Rendus des Academie des Sciences. 141, 1240 (1905).
- Matignon C Préparation du Baryum. Comptes Rendus des Academie des Sciences. 156, 1378 (1913).
- Ruquoi G. Hornos y Tratamientos Térmicos en Vacío. Heurtey Bulletin d' informations. 44, 18 (1968).
- Pauling L. General Chemistry. 2nd. ed. 1953.
- Rautenstrauch W. Economía de las Empresas Industriales. Nueva York (1953).
- White J. H. Inorganic Chemistry. London. 2a. ed. 1964.