



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN



OBTENCIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO A PARTIR DE DESPERDICIOS INDUSTRIALES

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA

ALFREDO RUBÉN NAVARRO ESTRELLA

DIRECTOR DE TESIS

Q. ANA MARÍA VELAZQUEZ SÁNCHEZ

CUAUTILÁN IZCALLI, EDO. DE MÉX.

1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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 está 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR.
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de
Exámenes Profesionales

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FEF-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Obtención de Sulfato de Aluminio a partir de Residuos Industriales.

que presenta el pasante: Alfredo Rubén Navarro Estrella
con número de cuenta: 3004610-7 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Químico

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 8 de octubre de 1993

PRESIDENTE QFB José de Jesús Pérez Saavedra

VOCAL IQ Ana María Velázquez Sánchez

SECRETARIO IQ Eligio Pastor Rivero Martínez

PRIMER SUPLENTE IQ José Franco Pérez Arévalo

SEGUNDO SUPLENTE M.enC. Ricardo P. Hernández García

NACER Y MORIR

PUNTO DE PARTIDA Y META

ILUSION Y DESESPERACION

ALBORADA Y OCASO.

A MIS PADRES CON RESPETO Y CARINO

MANUEL NAVARRO CALDERON

CANDELARIA ESTRELLA CRUZ.

EL VERDADERO AMOR SUPONE SIEMPRE

LA RENUNCIA A LA PROPIA COMODIDAD PERSONAL

A ESTHER POR SU AMOR

SU GRAN COMPRESION Y APOYO.

POR UNA NUEVA VIDA.

QUE MOTIVA A LUCHAR

POR UN MAÑANA MEJOR

A MIS HIJOS:

LAURA

EDUARDO

ALFREDO.

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

DE GENTE BIEN NACIDA ES AGRADECER, LOS BENEFICIOS QUE RECIBIMOS.

A DIOS:

POR HABERME PERMITIDO REALIZAR UNO DE MIS GRANDES
DESEOS.

GRACIAS: A MIS PADRES

A MI MADRE

CON CARINO

A MI PADRE

CON RESPETO

CON TODO EL CARIÑO Y RESPETO QUE SE MERECEAN, POR DARMEN LA
VIDA, LA EDUCACION Y POR EL APOYO NECESARIO PARA LA CULMINACION
DE ESTE TRABAJO, LO CUAL CONSTITUYE LA MEJOR DE LAS HERENCIAS.

GRACIAS:

A MIS HERMANOS

MANUEL, ANGEL Y JESUS POR LA FRATERNIDAD QUE NOS UNE,
SU SENTIDO DE RESPONSABILIDAD Y SU CONSTANTE APOYO MORAL DURANTE
TODOS ESTOS AÑOS.

A MIS AMIGOS:

CON RESPETO DON JORGE, JESUS E., TONITA, SALVADOR,
ALEJANDRA P.

PORQUE CON USTEDES APRENDI EL VALOR DE LA AMISTAD.

RECONOCIMIENTOS.

LA MISION DE LA CIENCIA CONSISTE
EN SUSTITUIR LA APARIENCIAS
CON LOS HECHOS Y LAS SUPOSICIONES
CON DEMOSTRACIONES.

A LA PROF. ANA MARIA VELAZQUEZ SANCHEZ.
POR SUS ACERTADOS CONSEJOS, SU APOYO,
PLENA DISPOSICION, DESINTERESADA AMISTAD
Y AYUDA.

A FUNCO: ING. CARLOS E. VILLAREAL.
G.R.M. SRA. ANTONIETA PACHECO G.
AGUA CLEAN: QUIMICA ALEJANDRA PACHECO G.
POR LA AYUDA PRESTADA DURENTE EL
DESARROLLO DE ESTE TRABAJO.

A TODOS MIS PROFESORES
POR SUS ENSEANZAS.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS
QUE DE ALGUNA U OTRA FORMA
AYUDARON A LA REALIZACION
DE ESTA TESIS.

AL HONORABLE JURADO
A NUESTRA QUERIDA ESCUELA
F.E.S. CUAUTITLAN.

A NUESTRA MAXIMA CASA DE ESTUDIOS
LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

OBJETIVO

OBTENER SULFATO DE ALUMINIO A PARTIR DEL ALUMINIO RECUPERADO DE LA MAQUILA DE ENVOLTURAS, EMPLEADAS TANTO EN LA INDUSTRIA FARMACEUTICA COMO EN LA ALIMENTICIA. A NIVEL LABORATORIO.

EL PRESENTE TRABAJO SE REALIZO EN:

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLAN

TECNICA METALURGICA FUNCO, S.A. DE C.V.

AGUA CLEAN, S.A. DE C.V.

BAJO LA DIRECCION DE LA QUIMICA: ANA MARIA VELAZQUEZ SANCHEZ.

I N D I C E

PAGINA

CAPITULO I

Introducción	1
--------------	---

CAPITULO II

Generalidades	3
---------------	---

2.1	Datos históricos	3
2.2	Aluminio	4
2.3	Propiedades físicas del aluminio	7
2.4	Propiedades químicas del aluminio	10
2.5	Reacciones del aluminio	12
2.5.1	Reacciones con oxígeno y agua	12
2.5.2	Reacciones redox	14
2.5.3	Reacciones con ácidos	15
2.5.4	Reacciones con bases	17
2.5.5	Reacciones con halógenos	18
2.5.6	Otras reacciones	19
2.5.7	Reacciones con carbono	19

CAPITULO III

Usos del aluminio		20
3.1	Industria de alimentos	21
3.2	Industria Biotecnológica	22
3.3	Industria Metalúrgica	22
3.4	Aplicaciones Estructurales	24
3.5	Industria Eléctrica	26
3.6	Otros usos del aluminio	28
3.7	Industrias químicas	35
	3.7.1 Acetatos de aluminio	35
	3.7.2 Acetatos básicos de aluminio	35
	3.7.3 Alcoholatos de aluminio	36
	3.7.4 Formiato de aluminio	36
	3.7.5 Haluros de aluminio	37
3.8	Alumbres	37
	3.8.1 Alumbres de amonio	38
	3.8.2 Alumbres potásico	39
	3.8.3 Alumbres sódico	40
	3.8.4 Sulfato de aluminio	41
	3.8.4.1 Usos	44

CAPITULO IV

4.1	Parte experimental	46
4.1.1	Reacción via formación de Aluminato	46
4.1.2	Reacción directa con ácido sulfúrico	50
4.2	Técnicas de análisis	53
4.2.1	Determinación gravimétrica de un sulfato	53
4.2.2	Determinación de aluminio	60
4.2.3	Diagramas de flujo de determinaciones de laboratorio	65

CAPITULO V

5.1	Análisis de resultados	66
5.2	Conclusiones	67
	Bibliografía	68

CAPITULO I

INTRODUCCION

Dada la importancia que tiene crear una infraestructura de asimilación tecnológica y conocer nuestra industria, para resolver problemas reales con optimización de recursos y aprovechamiento total de éstos. En la actualidad la recuperación de materiales, juega un papel preponderante.

Así el aluminio, representa un buen ejemplo para trabajar en su recuperación a partir de desechos de envolturas de alimentos y medicamentos, obteniendo compuestos derivados de él.

El sulfato de aluminio es un ejemplo de ello y se emplea en la fabricación del papel, como coagulante en el tratamiento de aguas de plantas potabilizadoras, tratamiento de aguas residuales, industriales y municipales, reactivo en sistemas contra incendios, como astringente en desodorantes, etc.

Las principales fuentes de abastecimiento de desperdicio son las maquiladoras de envases aluminizados como: Celloprint, Artes Gráficas Unidas, Galas de México, Grupo Tec Pac y Delapak.

Estas compañías generan 30 toneladas mensuales de desecho, el cual se pretende recuperar.

Su costo promedio es de N\$ 0.090 por kilogramo.

De este desperdicio puede llevarse a cabo dos recuperaciones:

1) Aluminio.

2) PVC (plástico).

En este trabajo nos avocaremos a la recuperación del aluminio sintetizando sulfato de aluminio, por dos vías;

a) Producción del aluminato como intermediario.

b) Directamente, con H_2SO_4 .

El desarrollo experimental se llevó a cabo a nivel laboratorio, se realizaron algunas corridas a nivel planta piloto y actualmente tanto la recuperación de aluminio como la síntesis de sulfato de aluminio se llevan a cabo a nivel industrial.

CAPITULO II

GENERALIDADES

2.1 DATOS HISTORICOS

En 1754 Marggraf demostró que la alúmina era una tierra diferente de la cal. Humphrey Davy, en 1807, trató de separar el elemento metálico de la alúmina, pero sin éxito; hasta 1825 Hans Christian Ørsted calentó cloruro de aluminio con amalgama de potasio, separó el mercurio por destilación y obtuvo aluminio metálico en forma de polvo con brillo metálico.

En 1845, Friedrich Wöhler empleó potasio metálico como reductor y obtuvo partículas pequeñas de aluminio lo bastante grandes para comprobar que el aluminio era un metal ligero y dúctil con peso específico de 2.5 a 2.7 g/ml (d_{20}). Para lograr la producción en cantidades que permitieran determinar algunas de sus propiedades útiles y sus aplicaciones potenciales, fueron necesarias las investigaciones experimentales de Henri Sainte-Claire Deville, quien, en 1854 descubrió que sustituyendo el potasio con sodio metálico y usando cloruro de sodio y alúmina como fundente protector se podía producir aluminio en gran escala.

Con el tiempo se perfeccionó de diversas maneras el procedimiento pero el aluminio continuó siendo un metal muy caro que sólo se empleaba en joyería.

En 1886 Charles Martín Halla de Oberlin, Ohio, descubrió el proceso electrolítico para producir aluminio con alúmina disuelta en criolita fundida, en la misma época Paul L. T. Meroult realizó en Europa, el mismo descubrimiento. Este proceso es el que se emplea hoy con perfeccionamiento del equipo y la técnica para obtener aluminio. (1)

2.2.-ALUMINIO

El término Aluminio proviene del latín Alumen, Alumbre.

El aluminio está situado en la familia III A de la tabla periódica que corresponde a los metales.

De este grupo el aluminio es el más importante, ocupa el tercer lugar en abundancia de la corteza terrestre.

Se le encuentra en silicatos, tales como la mica el asbesto, el caolín (o arcilla) y muchos más. Las piedras preciosas, como el rubí, el zafiro, la turquesa, son compuestos cristalinos de aluminio cuyos colores son contaminaciones con otros iones.

Se encuentra el aluminio en grandes depósitos de óxidos hidratados como: diásporo ($Al_2O_3 \cdot H_2O$) y Gibsita ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$).

La bauxita es el mineral principal de donde se obtiene el aluminio de forma comercial. Este mineral es una mezcla de diásporo y gibsita.

El carácter ácido-base del aluminio se aprovecha para eliminar las impurezas, principalmente de hierro, sílice y titanio. Eso se hace mediante el proceso Bayer, en el cual la bauxita se trata con una solución fuertemente alcalina, que disuelve el aluminio dando, el ión octaédrico, fig. 1

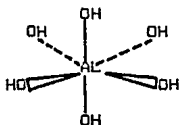
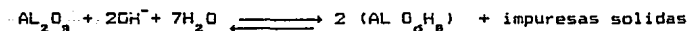


Fig. 1 ion octaédrico de aluminio

La reacción principal es:



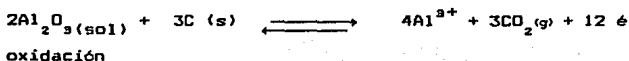
Cuando la solución se diluye, disminuye el pH y se precipita el óxido de aluminio hidratado.

Calentando este precipitado se elimina el agua de hidratación y se obtiene Al_2O_3 en forma apropiada para ser refinada (Proceso Hall). Originalmente, el Al_2O_3 se mezclaba con criolita fundida (Na_3AlF_6) y se electroliza entre electrodos de

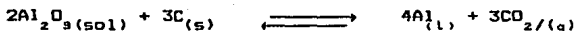
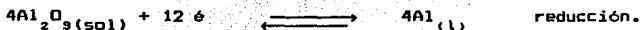
carbón. En la producción industrial moderna, una mezcla de Al_2O_3 y criolita se carga en el interior de una pila de acero recubierta internamente de carbón, este recubrimiento hace el papel de cátodo; el ánodo está formado por una serie de unidades metálicas, recubiertas de carbón que se sumergen en la mezcla fundida desde la parte superior de la pila. Estas unidades van descendiendo continuamente a fin de que siempre estén sumergidas en la mezcla, ya que, se consumen en la reacción.

Las reacciones que ocurren son:

Reacción en el ánodo;



Reacción en el cátodo.



El electrolito ofrece suficiente resistencia al paso de la corriente eléctrica, manteniendo el aluminio fundido en el fondo de la pila que se puede eliminar periódicamente.

Si el proceso Bayer no antecede al proceso Hall, se requiere una purificación final, ésta se lleva a cabo mediante el proceso Hoopes. Se forman 3 capas sucesivas en el fondo de una celda

electrolítica cuyo cuerpo sirve de ánodo; una aleación de aluminio, cobre y silicio forma la capa inferior. La segunda capa se encuentra flotando sobre la primera, y está formada por las sales de los fluoruros de sodio, aluminio, bario, y óxido de aluminio.

La capa superior, está formada por aluminio 99.85% puro. Es aquí donde se sumergen los cátodos de carbón. (2)

2.3.- PROPIEDADES FÍSICAS DEL ALUMINIO

El aluminio es un elemento metálico, de brillo y color argentino.

Es relativamente blando sin embargo tanto el metal como sus aleaciones tienen la suficiente dureza como para poder usarlos como metales estructurales.

Sus características más notables son:

- Poco peso específico.
- Es buen conductor eléctrico, y térmico.
- Gran refractibilidad de la luz y de la energía radiante.
- No magnético.
- Tiene buena resistencia contra las acciones atmosféricas.
- Es dúctil, fácil de ser labrado y fácil de conseguirse en todas sus formas comerciales.

La pureza del aluminio obtenida del proceso Hall- Heroult es hasta del 99.9%. El material contiene proporciones mínimas de hierro y silicio que van en la alúmina. Esto no es un inconveniente pues el hierro y el silicio hacen las veces de elementos de aleación y aumentan la resistencia y la utilidad del metal para muchos fines.

El aluminio cuya pureza es de 99.0 a 99.3% se conoce como aluminio comercial o metal 2S y con éste se fabrican artículos laminados, y forjados.

El aluminio comercial tiene tinte azulado que le dá el hierro y el silicio.

En la tabla No.1 se muestran las propiedades físicas de tres calidades de aluminio en el intervalo de 99.0, hasta el metal más puro que se puede obtener, 99.9 %. (2)

TABLA No. 1 PROPIEDADES FISICAS (1)

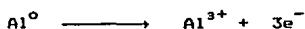
PROPIEDADES	ALUMINIO % DE PUREZA		
	99.9	+ 99.5	99 a 99.3
²⁰ d (g/ml) *	2.6989	2.709	2.71
²⁵ d *	2.6978		
⁷⁰⁰ d *		2.37	
Concentración de solidificación %		6.6	
Parámetros de malla, A. a 25 °C.			
Célula cúbica de cara centrada	4.0413		
P. f. °C	660.2		657
P. eb. °C	2057		
Calor de combinación (2Al + 3/2 O ₂) Kcal	399		
Calor específico a 100 °C, cal/g.	0.2226		
Calor latente de fusión cal/g.	94.6		
Coef. de dilatación térmico:			
20 - 100 °C	23.8 x 10 ⁻⁶		24 x 10 ⁻⁶
20 - 600 °C	27.6 x 10 ⁻⁶		28 x 10 ⁻⁶
Resistibilidad a 20 °C			
Microohmios - cm	2.6540	2.828	
Conductibilidad a 20 °C, % de Cu ^a	64.94	60.97	
Coef. de Tem. en la resistibilidad a 20 °C	0.0043	0.004	
Conduc. term. cal/seg/cm ² /°C/cm		0.52	
Reflectibilidad %	90		
Luz de filamento de Volfranio			
2500 A	85		
10000 A	95		
Emisión term a 37.8 °C, %	3		
Susceptibilidad magnética, unidades C. G. S.			0.58 x 10 ⁻⁶

^a) Los conductores de Aluminio se hacen con el metal de 99.5% de pureza.

^b) Patron internacional de cobre recocido = 100%

2.4. - PROPIEDADES QUÍMICAS DEL ALUMINIO

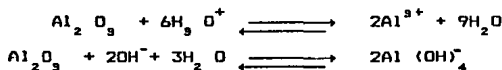
El aluminio de símbolo Al, número atómico 13 y cuyo peso atómico es de 26.97 g/mol. Tiene valencia 3, sólo tiene una forma isotrópica estable conocida. Su potencial electroquímico es de -1.67 v.



Su configuración electrónica es $1\text{S}^2 2\text{S}^2 2\text{P}^6 3\text{S}^2 3\text{P}^1$.

El aluminio es un anfótero, (puede actuar como ácido o como base en presencia del agua). Con oxígeno el aluminio forma el óxido de aluminio Al_2O_3 .

El óxido de aluminio (Al_2O_3), es un sólido duro, abrasivo que puede reaccionar tanto con soluciones ácidas como con básicas, de acuerdo con las siguientes reacciones.



El ión Al^{3+} está solvatado con una capa octaédrica de moléculas de agua. Fig. No. 2

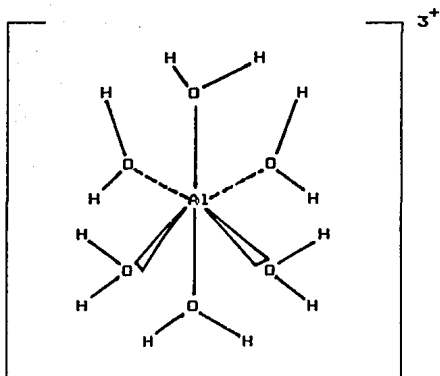


Fig.2. Representación del ion aluminio 3^+ solvatado

El aluminio resiste el ataque de agentes atmosféricos y de muchos medios químicos ésta resistencia se debe a la capa protectora de óxido que se forma por la acción de aire, esta película empieza a formarse de inmediato en la superficie producida por el corte. Aunque esta película de óxido es delgada (menos de 1/40 de micra de espesor); es impermeable y sumamente protectora. Si se calienta el aluminio, crece un tanto el espesor de la película y ésta conserva su propiedad protectora hasta llegar al punto de fusión del metal.

Cuando se funde el aluminio, se forma la película de óxido

en la superficie del metal fundido y lo protege de la oxidación rápida; es tan protectora esta película, que no se efectúa la combustión y es imposible que arda el aluminio laminado, ni siquiera con la llama oxidante, el metal se funde pero no arde.

Esta es la razón por la cual no se puede cortar el metal con llama oxiacetilénica, como el hierro o el acero, pues con la llama caliente sólo se consigue fundirlo.

En forma de polvo muy fino, el aluminio arde en el aire y cuando se dispersa en concentraciones adecuadas (más de unos 40 gramos por m²) forma con el aire una mezcla explosiva, y muy exotérmica.

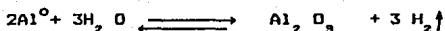
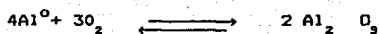
Sin embargo, cuando se reduce la concentración de oxígeno a menos del 10 % no hay formación de mezcla explosiva.(2)

2.5.- REACCIONES DEL ALUMINIO

2.5.1.- REACCIONES CON OXIGENO Y AGUA

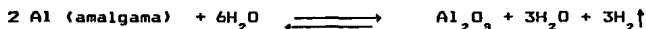
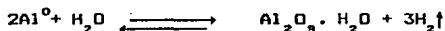
En varios aspectos las reacciones más importantes del aluminio metálico son las que se llevan a cabo con el oxígeno y el agua.

La reacción es autolimitada a causa de la formación de una película impermeable de óxido.



Cuando la película se forma en agua caliente ó hirviendo, contiene el monohidrato.

El agua reacciona fácilmente con amalgamas de aluminio- (combinación de Al^0 con Hg^{2+} ó Cu^{2+}) por que no se forma película protectora sobre la combinación de los metales.



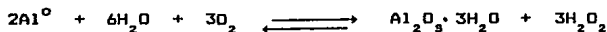
Muchas reacciones del aluminio metálico que son termodinámicamente posibles, sólo se efectúan en grado mínimo a causa de la existencia o la formación de la película de óxido.

A temperatura alta ó en presencia de ciertos reactivos, es posible que se desintegre la película y se efectúe libremente la reacción.

En presencia de reactivos oxidantes o en medio oxidante, a menudo permanece intacta la película y la velocidad de la reacción es mínima.

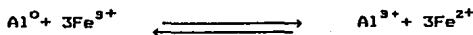
Una superficie sin la capa de óxido de aluminio reacciona con agua y oxígeno para formar indicios de peróxido de hidrógeno.

(1) (3)

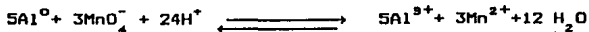
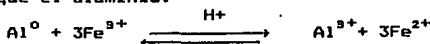


2.5.2. - REACCIONES REDOX.

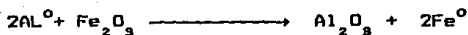
La posición que ocupa el aluminio en la serie electroquímica indica que son posibles las siguientes reacciones.



Se puede reducir muchos elementos a estados de oxidación menor que el aluminio.



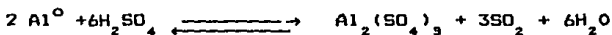
Cuando en una mezcla homogénea de aluminio y óxido de hierro se inicia la combustión, ó ignición, se produce una reacción violenta. (1) (3)



2.5.3. - REACCION CON ACIDOS

El ácido clorhídrico concentrado ataca fácilmente al aluminio; las soluciones diluidas lo atacan más lentamente, el calor acelera esta reacción.

El ácido sulfúrico frío no ataca el metal, pero en caliente reacciona según la siguiente ecuación.

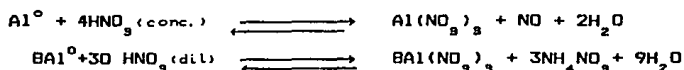


La tabla 2 muestra el grado de corrosión del aluminio en algunos de los ácidos más comunes y de distinta concentración.

**TABLA No. 2. CORROSION DEL ALUMINIO
POR DIFERENTES ACIDOS A
DIFERENTES CONCENTRACIONES. (2)**

ACIDOS		penetración en años por milímetros, con concentraciones de acidos expresados en porcentajes.							
		1%	5%	10%	20%	50%	75%	95%	100%
Acético		0.0252	0.033	0.0279	0.0203	0.019	0.019	0.0127	0.0025
Sulfúrico		0.2032	0.6096	1.016	1.905	4.064	1.016	14.224	0.500
Nítrico		0.254	1.016	1.905	2.0194	0.0020	0.4572	0.0762	0.025
Fosfórico		0.0500	1.016	1.905	3.040	5.000	5.042	-----	-----
Clorhídrico		0.4310	-----	-----	2.500	-----	-----	-----	-----

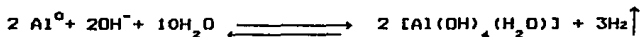
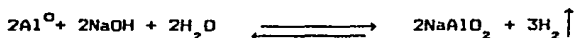
El ácido nítrico en virtud de su acción oxidante forma sobre el metal una película de óxido que lo protege contra la acción del ácido. En circunstancias en que no se puede formar la película, por ejemplo con amalgama de aluminio, el ácido reacciona con aluminio, de la siguiente manera: (4)



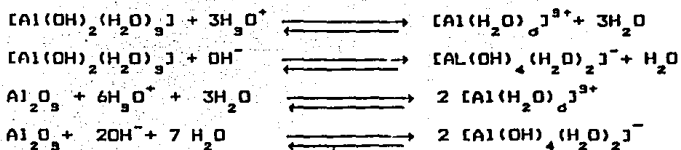
2.5.4. - REACCIONES CON BASES

El aluminio reacciona fácilmente con hidróxido de sodio o de potasio para formar aluminatos; ésto pone de manifiesto la naturaleza anfotérica del elemento.

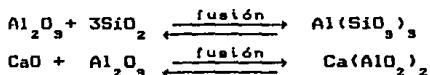
Reacciones con bases:



El hidróxido y el óxido (si no ha sido calentado a temperaturas muy altas) se disuelven también en ácido y/o base.

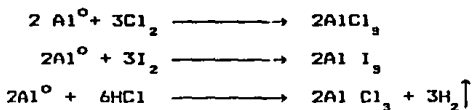


Las reacciones siguientes, en estado sólido, muestran también el carácter anfótero del aluminio. (4)



2.5.5. - REACCIONES CON HALOGENOS

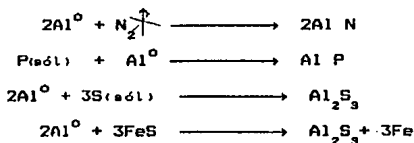
El aluminio metálico se combina directamente con los halógenos libres. Las reacciones se efectúan en disolventes orgánicos a temperatura alta.



El cloruro, bromuro y yoduro de aluminio son volátiles a unos 300°C más en las condiciones mencionadas. (5)

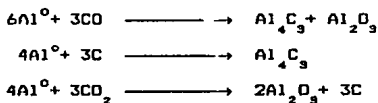
2.5.6. -OTRAS REACCIONES

Las reacciones del aluminio sólo se efectúan a temperaturas altas en ausencia de oxígeno o compuestos oxigenados. (6)



2.5.7. -REACCION CON CARBONO

A temperaturas altas el carbono y sus compuestos reaccionan con aluminio para formar carburos, carbono libre o ambos. (5)



CAPITULO III

USOS DEL ALUMINIO

En la industria se busca por lo común alguna propiedad del aluminio o combinación de propiedades del aluminio con otros elementos que lo hagan particularmente adaptable a determinada aplicación.

Algunas de las características de éste metal además de las ya mencionadas son: no es tóxico, no es magnético y no produce chispas de electricidad estática. Nos permite aplicarlo en la:

-Industria de alimentos.

-Industria biotecnológicas.

-Industria metalúrgica.

-Industria eléctrica.

-Industria química.

3.1.- INDUSTRIA DE ALIMENTOS

Por razón de que el aluminio se puede obtener en muy diferentes formas de artículos fabricados, y en vista de que se puede armar y acabar por varios procedimientos, se usa mucho en la industria química y de elaboración de comestibles. Se fabrican con aluminio tanques para almacenamiento y para camiones, envases para transporte, tuberías, peroles, intercambiadores de calor, destiladores, evaporadores de vacío, condensadores, bandejas de cristalización y secamiento, moldes, cuencos de centrifugas, cucharones, palas, y artículos pequeños, como tubos compresibles, tapas de envases para leche, comestible y medicamentos.

La resistencia que tiene el aluminio contra diversos ácidos orgánicos e inorgánicos, soluciones de sales, compuestos orgánicos, azufre, etc., indica la gran variedad de aplicaciones que tiene en la industria. (7)

Son muy usuales los utensilios de cocina hechos de aluminio, y es bien conocida su durabilidad. Las marmitas y calderas con camisas de vapor se usa mucho en la elaboración de cereales para desayuno, sopas y otros alimentos preparados; la gelatina comestible, por ejemplo, se fabrica muy bien en aparatos de

aluminio. Este metal tiene muchas aplicaciones en cervecerías, el producto se envasa y transporta a los consumidores en barriles de aluminio. (8)

3.2.-INDUSTRIA BIOTECNOLOGICA.

Es útil para envasar y construir aparatos en que se efectúan fermentaciones y otros procesos biológicos, pues el metal es inerte y no perturba la multiplicación de los microorganismos.(8)

3.3.-INDUSTRIA METALURGICA

El aluminio tiene importantes aplicaciones en las operaciones metalúrgicas con hierro en su obtención o en sus propiedades.

Es un potente desoxidante, en el acero reduce el contenido de oxígeno disuelto hasta cualquier proporción que se desee; la razón de ello es que el óxido de aluminio que resulta de la reacción con el óxido de hierro, monóxido de carbono y oxígeno disuelto, no se reduce por el carbono.

El aluminio es un agente importante de aleación cuando se desean ciertas características eléctricas magnéticas y de resistencia a la oxidación.

En proporción hasta el 10 % aumenta eficazmente la resistencia contra la oxidación en las aleaciones de hierro y aluminio que se emplea como resistencias y unidades de calentamiento. La película de óxido que se forma sobre estas aleaciones es de color claro y muy resistente contra la formación de escamas. El aluminio es un componente importante junto con el níquel y el cobalto, de las aleaciones para imanes.

Cuando se añade 10 % de aluminio al cobre se forma el bronce aluminico, duro y fuerte y de color parecido al del oro. También se usa el aluminio como elemento importante en aleaciones con base de magnesio.

El aluminio metálico reduce los óxidos de muchos metales, como el hierro cromo, vanadio y molibdeno; se ha usado de esta manera para producir aleaciones de hierro y estos metales con poca proporción de carbono. Se emplea como reductor en la reacción de aluminotermia.

En el proceso llamado de calorización (tratamiento de superficie), se produce una cubierta sobre hierro o acero calentando el metal incluido en una mezcla de aluminio en polvo fino, alúmina y pequeña cantidad de algún fundente volátil como el cloruro de amonio; estos revestimientos son un tanto porosos y no muy resistentes contra la corrosión, pero protegen bastante bien el metal contra la oxidación a altas temperaturas, esta es

su principal aplicación. Se pueden aplicar recubrimientos sobre acero por medio de la pistola de aspersión, o por inmersión en forma muy semejante a la galvanización. (9) (10)

3.4.-APLICACIONES ESTRUCTURALES

El aluminio tiene una de sus mayores aplicaciones en la rama de transportes, para la construcción de aeroplanos, autobuses, camiones, automóviles, trenes y embarcaciones.

Durante la Segunda Guerra Mundial, la aplicación de aluminio a la fabricación de aviones militares alcanzó enormes proporciones; 90 % de la estructura de estos aeroplanos era de aluminio. Es probable que la industria de la fabricación de aeroplanos continúe consumiendo gran cantidad de aluminio.

Al igual que el aeroplano, "la carga comercial" en autocamiones se traduce en pesos y centavos, y la reducción del peso de la carrocería y el chasis permite aumentar la capacidad de transporte. Se asegura que la mayor capacidad de transporte que se logra en la construcción de camiones compensa el mayor costo del aluminio en un período relativamente corto de funcionamiento. El uso de piezas forjadas y vaciadas de aluminio en el conjunto del eje trasero reduce el peso no suspendido y da características mejores de funcionamiento.

Los émbolos son un ejemplo de aplicación eficaz del aluminio a los motores de automóviles. Ya no son una novedad los trenes aerodinámicos contruidos en su mayor parte con aluminio. Muchos años de experiencia con botes salvavidas, camaretas y otras partes de los barcos han demostrado la utilidad del aluminio en la marina, por lo que cada día aumentan sus usos en la construcción naval; la super estructura de aluminio en los barcos les da mayor estabilidad y aumenta la capacidad de carga.

La industria del aluminio fabrica piezas estructurales, como planchas, canales y vigas en I de los tamaños grandes que se requieren para puentes, torres y tanques. El piso original de acero del puente de la calle Smithfield, en Pittsburgh, fue sustituido por uno de aluminio, que está dando buen servicio desde 1933; el peso menor sobre los miembros de soporte aumenta la capacidad de transporte del puente y alarga su duración efectiva.

En Massena, Nueva York, un puente de ferrocarril tiene un tramo de aluminio que consta de dos traves, cada una de 30m. de largo y 3m. de profundidad.

Las vigas fueron contruidas con planchas y ángulos laminados y armadas con remaches de aluminio.

La resistencia del aluminio contra los agentes atmosféricos indica muchas aplicaciones en arquitectura, para la construcción

de techumbres, tejamaniles, ventanas, antepechos, soleras y arbardillas. También en interiores tiene muchos usos, tanto estructurales como funcionales, desde barandillas de escaleras hasta muebles.

La hoja de aluminio con su bajo poder emisivo y alta reflectividad del calor radiante es un magnífico material aislante, pero se debe instalar dejando espacios de aire que separen las superficies de aluminio, de suerte que por reflexión puedan reducir a lo mínimo la transmisión de la energía radiante.(10)

3.5.-INDUSTRIA ELECTRICA

En los Estados Unidos la norma de conductores de aluminio especifica una resistividad de 2,828 microhmios por cm/cm^2 , que corresponde a una conductividad eléctrica del 61 % del Internacional Annealed Copper Standard (patrón internacional de cobre recocido). A igualdad de peso, la conductividad del aluminio es aproximadamente el 250 000 millas de cable de aluminio reforzado con acero. Esta clase de cable comprende un núcleo de alambre de acero circundado por los conductores de aluminio que transmite la corriente. La fortaleza del centro y el poco peso de cable permite que se extienda grandes tramos, y el área de los

conductores de aluminio es suficientemente alta para reducir las pérdidas fulguración (efecto corona) a voltajes altos. Para distribuir corriente eléctrica en fábricas y plantas eléctricas y sus alrededores tienen aplicación las barras colectoras de aluminio, bien en forma de barra plana, de tubos o en canales.

Los motores de inducción se fabrican con arrollamiento de aluminio vaciado. El rotor tiene núcleo de acero laminado y el arrollamiento es de aluminio vaciado en ranuras que se extienden al ejecutar la laminación. También se usan conductores de aluminio en los rotores de generadores del turbina de gran velocidad; su poco peso reduce la fuerza centrífuga sobre el arrollamiento.

En el condensador electrolítico se aprovecha el carácter de la película de óxido que se forma sobre el aluminio cuando se sumerge en un electrólito adecuado, como un borato o el ácido bórico. Hay condensadores húmedos y secos, pero en cada una de estas formas la película de óxido anódico es el dieléctrico; la lámina u hoja de aluminio es una placa del condensador y el electrólito la otra. El llamado condensador electrolítico seco lleva el electrólito en forma de pasta. Estos conductores se caracterizan por su gran capacidad eléctrica en poco volumen.

También se fabrican condensadores eléctricos con hoja de aluminio y papel enrollados en forma compacta.

3.6. - OTROS USOS DEL ALUMINIO

1.- El polvo de aluminio tiene una aplicación importante en la fabricación de pigmentos. El polvo en forma de escamas con una película de agente imbricador, como el ácido esteárico, produce una pintura extraordinariamente duradera cuando se prepara con vehículo adecuado. Las escamas de aluminio tienden a imbricarse en la películas de pintura, por supuesto, las laminillas de metal son opacas, y la capa de pintura resiste mucho la penetración de la humedad a causa del largo recorrido que tiene que hacer ésta al difundirse en el vehículo por entre las laminillas traslapadas.

Para proteger metales, el vehículo es generalmente un barniz de resina sintética con buena resistencia química y a la penetración de humedad. Para pintar madera se recomienda un barniz "largo en aceite" de buena distensibilidad. El polvo de aluminio para pinturas se pone en la relación de 12 a 24 % en el vehículo. La concentración depende de la calidad.

En imprenta se usa el mismo polvo en forma de escamas.

El polvo de aluminio en escamas se usa en composición pirotécnicas pues produce brillante luz blanca al reaccionar con los nitratos y cloratos. Está teniendo alguna aplicación en la fabricación de explosivo para aumentar la fuerza propulsiva.

2.- El aluminio laminado se emplea en los envases aluminizados.

Desde la aparición del hombre en la tierra hasta nuestros días el envase muestra el grado cultural de cada época y ha llegado a convertirse en algo indispensable, en el intercambio de bienes al compás de la evolución de la vida social.

México experimenta una verdadera revolución en el envase frente a los problemas de higiene, protección, conservación, almacenamiento, distribución y transporte. Que se deriva de nuestra apertura económica.

El aluminio en esta rama es muy importante por sus características inherentes a los compuestos orgánicos y a su facilidad para ser laminado y en combinación con los plásticos dar envases resistentes al manejo y transporte, así como higienicos.

En la tabla No.3 se muestran algunos otros materiales que se emplean para este fin.

TABLA No. 3 (11)
CLASIFICACION DE MATERIALES.

CLASIFICACION	MATERIALES PARA EL ENVASE
ARTICULOS NATURALES.	MADERA, PAPEL (LAMINADOS DE PAPEL, CARTON, PAPEL KRAFT, CLASSINE, BOND, ECT.), PAJA, BAMBU, BAGAZO DE CANA.
ARTICULOS SEMINATURALES RESINA SINTETICA.	CELOFAN, ACETATO. POLIOLEFINAS (POLIETILENO, POLIPROPILENO), CLORURO DE VINILO, POLIESTER, POLIAMIDA (NYLON), POLIESTIRENO, ALCOHOL, POLICARBONATO, ETC.
METALES	ALUMINIO, HOJALATA, ACERO INOXIDABLE. HIERRO, ACERO.
CERAMICA	PORCELANA, VIDRIO, ETC.
OTROS	PAPEL SINTETICO (PLASTICO), PAPEL MEZCLADO CON PULPA SINTETICA, ESTRATOS LAMINADOS, PELICULAS, POLIETILENO, CELOFAN, POLIPROPILENO, POLIESTERAMIDAS, ETC.

3.- Se puede preparar un hormigón poroso mezclado aproximadamente 1 kg. de polvo de aluminio con 1000 kg. de cemento, o de cemento con carbonilla, arena u otro agregado. El polvo reacciona con el agua y el álcali libre de mezcla y forma burbujitas de hidrógeno que impregna la mezcla y se queda durante el fraguado del hormigón.

En la tabla No.4 se muestran los datos estadísticos de la producción de aluminio de México.

Y de su importancia mundial de éste. (10)

TABLA No. 4 (12).

DATOS ESTADÍSTICOS PRODUCCION EN MEXICO EN TONELADAS					
FORMA DE PRESENTACION	1983	1984	1985	1986	1987
LINGOTE DE ALUMINIO	39705	39946	63250	42744	43988
EXPORTACION EN TONELADAS					
FORMA DE PRESENTACION Y PAIS DE DESTINO	1983	1984	1985	1986	1987
LINGOTE DE ALUMINIO	572	3078	3058	225	803
U.S.A.	572	3073	3013	222	803
GUATEMALA	0	0	45	5	0
DESPERDICIO DE LAMINA DE ALUMINIO, SIN CONTAR ESTA ADHERIDA AL PAPEL					
U.S.A.	1199	3028	2765	1454	1661
JAPON	0	0	0	0	0
OTROS DESPERDICIOS Y CHATARRA DE ALUMINIO					
BELOICA-LUXEMBURGO	0	2	0	0	0
U.S.A.	414	5824	3826	3300	1349
POLVOS O PARTICULAS DE ALUMINIO					
REPUBLICA FEDERAL ALEMANA	46	58	92	46	9
COLOMBIA	14	9	15	5	6
EL SALVADOR	4	0	0	0	0
U.S.A.	3	17	9	3	6
FILIPINAS	0	14	53	6	0
FRANCIA	3	3	0	0	0
GUATEMALA	1	18	2	21	5
HONG KONG	12	0	0	0	0
INDIA	0	0	0	22	0
ITALIA	0	0	0	0	0
PERU	0	2	1	0	0
REP. POPULAR CHINA	35	25	10	2	0
P/CIFRAS PRELIMINARES					

TABLA No. 4 (12)
CONTINUACION

FORMA DE PRESENTACION Y PAIS DE ORIGEN	1983	1984	1985	1986	1987	P/
INGOTE DE ALUMINIO ALEADO EN FORMA CILINDRICA (ALEACION 6263)	192	612	95	673	341	
ARGENTINA	0	132	0	0	0	
U.S.A.	192	484	95	673	190	
FRANCIA	0	0	0	0	151	
VENEZUELA	0	121	0	0	0	
ALUMINIO SIN ALEAR	8629	3586	1112	29684	25160	
BRASIL	0	0	0	3567	0	
CANADA	2334	553	0	3616	3179	
U.S.A.	5540	3033	1112	21479	20277	
FRANCIA	747	0	0	148	1456	
HOLANDA	0	0	0	0	248	
SIERRA LEONA	0	0	0	20	0	
VENEZUELA	0	0	0	854	0	
ALUMINIO ALEADO	3129	5295	1765	9089	7433	
REP. FEDERAL ALEMANA	0	232	0	0	0	
BRASIL	0	0	3	0	0	
U.S.A.	3129	4918	1580	9089	7433	
INDIA	0	275	0	0	0	
REINO UNIDO	1	0	22	0	0	
VENEZUELA	0	0	240	0	0	
CHATARRA DE ALUMINIO	13000	27605	8890	54050	33834	
REP. FEDERAL ALEMANA	14	23	0	40	20	
AUSTRIA	0	0	20	0	0	
BELICE	0	0	2	0	0	
CANADA	70	57	0	46	0	
U.S.A.	12970	27399	8767	53816	33814	
ETIOPIA	0	0	0	0	0	
FRANCIA	0	70	57	5	0	
INDIA	0	54	0	43	0	
JAPON	10	0	44	0	0	
VENEZUELA	0	0	0	100	0	
INGOTE DE ALUMINIO CON PUREZA MIL DE 99,97% O MAYOR 0,01 a 0,02% de impurezas 0,04 a 0,05% de impurezas 0,13 a 0,15% de impurezas X-ALUMINIO ALUMINIO FUNDIDO						
CANADA	0	0	1631	4166	3040	
U.S.A.	0	0	3489	6351	2734	
VENEZUELA	0	0	749	500	0	

TABLA No. 4 (12)
CONTINUACION.

IMPORTACIONES (CONTINUACION) EN TONELADAS.					
FORMA DE PRESENTACION Y PAIS DE ORIGEN	1983	1984	1985	1986	1987
PLVO Y PARTICULAS DE ALUMINIO SIN EXCEDER DE 500 MALLAS.	158	344	117	344	356
REP. FEDERAL ALEMANA		17	0	5	0
AUSTRIA		1	0	0	0
BELSICA-LUXEMBURGO		5	2	3	0
BRASIL		0	3	0	0
CANADA	33	0	0	0	0
U.S.A.	117	321	112	326	356
POLVO Y PARTICULAS DE ALUMINIO SUPERIORES A 500 MALLAS.	0	41	0	11	0
REP. FEDERAL ALEMANA	0	27	0	9	0
U.S.A.	0	14	0	2	0
ALUMINIO NO ESPECIFICADO					
U.S.A.	20	0	0	23	0
P/CIFRAS PRELIMINARES					
PRODUCCION MUNDIAL EN MILES DE TONELADAS METRICAS					
PAISES PRODUCTORES	1983	1984	1985	1986	1987
REP. FEDERAL ALEMANA	730	0	0	0	0
AUSTRIA	475	750	851	882	1000
CANADA	1891	1220	1202	1360	1500
U.S.A.	3553	4099	3500	3037	3200
NORUEGA	716	761	724	712	720
REP. FEDERAL CHINA	381	300	410	410	420
JRSS	1996	2100	2200	2300	2350
OTROS PAISES	5123	6195	6322	6513	6640
TOTAL	13865	15521	15209	15314	15900
P/CIFRAS PRELIMINARES					
COTIZACIONES					
FORMA DE PRESENTACION	1983	1984	1985	1986	1987
AFINADO EN LIBROTE SIN ALEAR DEL 99.5% EN LOTES POR FURGON	77.667	81.000	81.000	81.000	0
PRODUCTORES EN NORTEAMERICA					
LISTA DE PRECIOS DE EUA	77.667	81.000	81.000	81.000	0
MERCADO EN E.U.A.	63.523	61.054	40.510	55.872	72.311

3.7.- INDUSTRIAS QUIMICAS

Los equipos fabricados con aluminio son muchos y muy variados, algunos de ellos fueron mencionados en la sección de alimentos.

Este metal puede reaccionar con elementos químicos o sustancias para dar origen a compuestos. Algunos de ellos son:

3.7.1.- ACETATOS DE ALUMINIO

El triacetato de aluminio $Al(C_2H_3O_2)_3$ es un sólido hidrosoluble que se prepara calentando cloruro de aluminio con anhídrido acético, se separa por destilación el cloruro de acetilo, calentando el residuo a una temperatura de $160-180^{\circ}C$. (14) (11)

3.7.2.- ACETATO BASICO DE ALUMINIO

Su fórmula estructural es $Al(OH)(C_2H_3O_2)_2$, se obtiene en forma sólida, calentando la solución de acetato básico de aluminio hasta concentrarse y obtener el sólido.

Se conoce también con el nombre de agua roja que se emplea para elaborar lacas de color rojo, mordientes en tintorería y para preparar compuestos impermeabilizadores textiles. (14)(11)

3.7.3. -ALCOHOLATOS DE ALUMINIO

El isopropilato de aluminio $Al(OCH(CH_3)_2)_3$ es el único alcohol de aluminio que se conoce, ya que son difíciles de obtener. Destila en forma de líquido incoloro y viscoso se obtiene tratando papel de aluminio con alcohol isopropílico anhidro y tetracloruro de carbono como catalizador. Se protegen las substancias contra la humedad por medio de trampa de mercurio o un tubo con cloruro de calcio, se calienta la mezcla a reflujo hasta que se disuelva todo el aluminio y la solución que resulta se destila a presión reducida. (14) (11).

3.7.4. - FORMIATO DE ALUMINIO

Se conocen dos formatos sólidos de aluminio, la sal neutra $Al(OOCH)_3 \cdot 3H_2O$ y la sal básica $Al(OH)(OOCH)_2 \cdot H_2O$. la mayor parte de los formiatos contienen entre 8.5 y el 10% de oxido de aluminio.

Su uso es en tratamiento textil para hacer los tejido hidrófobos, como mordentados de colorantes. El triformiato es un coagulante débil del latex de caucho. (14) (11)

3.7.5. - HALUROS DE ALUMINIO

Los halógenos forman compuestos con aluminio, de los cuales el que tiene más importancia industrial es el cloruro.

El cloruro de aluminio anhidro $AlCl_3$ o Al_2Cl_6 tiene muchas aplicaciones en la síntesis orgánica, en operaciones de refinamiento del petróleo con cloro o cloruro de hidrógeno.

Se utiliza para la síntesis de combustible de alto número de octanaje.

El cloruro de aluminio cristalizado $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ se utiliza en la industria textil y jabonera, tratamiento de aguas como astringente en cosméticos, desodorantes y antisépticos. (14) (13)

3.8. - ALUMBRES.

La palabra alumbre viene del latín alum, con que se designaban varias substancias astringentes, las más de las cuales contenían sulfato de aluminio. Además del alumbre común o alumbre ordinario, sulfato aluminico potásico, $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ en realidad $KAl(H_2O)_6SO_4 \cdot 6H_2O$. que antes se creía era $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$, y del alumbre amónico (sulfato aluminico amónico), sulfato doble que la farmacopea de los Estados Unidos incluyen bajo el título alumbre.

Existen otros dobles cristalizados ($M^I M^{III} (SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) que han recibido el nombre de alumbres por tener igual estructura cristalina que el ordinario, en los que el sodio u otros metales trivalentes sustituyen al aluminio.

Incluso el radical sulfato puede ser reemplazado, por ejemplo por un seleniato. Los siguientes son ejemplos de alumbres; el de cesio, $Cs Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$; el hierro, $KFe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ l de cromo, $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, y el alumbre cromoselénico, $KCr(SeO_4)_2 \cdot 12H_2O$.

En vista que hoy día el sulfato de aluminio ha reemplazado su mayor parte a los alumbres potásico y amónico en procesos industriales, con frecuencia se ha dicho sulfato al nombre de alumbre, o más específicamente, alumbre de los fabricantes del papel.

Los seudo alumbres son una serie de sulfatos dobles, como el $FeSO_4 Al_2(SO_4)_9 \cdot 24H_2O$, que contienen un elemento divalente en lugar del monovalente de los alumbres ordinarios.

Los seudo alumbres tienen estructuras cristalinas diferente de la de los verdaderos alumbre. (10) (13)

3.8.1.-ALUMBRE DE AMONIO.

El sulfato de aluminico amónico $NH_4 Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, peso molecular 453.32 g/mol se presenta cristalizado, incoloro, con

fuerte sabor astringente, p.f 94.5°C , densidad 1.645 g/ml, la sal anhidra es soluble en proporción de 8.34 g en 100 ml de agua a 30°C, soluble en ácidos diluidos e insoluble en alcohol.

Al calentar el hidrato se deshidrata y se convierte en alumbre poroso desecado (alumbre seco ó calcinado), peso molecular 237.13 g/mol y si se calienta más se descompone el óxido aluminico puro.

El alumbre de amonio se fabrica por cristalización de una mezcla de sulfato de amonio y de aluminio, o tratando sulfato de aluminio y ácido sulfúrico con gas amoniacó.

El alumbre amónico se usa en medicina, como mordiente, decolorantes en la purificación de agua, para apresto de papel y del tratamiento de pieles. (15) (28)

3.8.2.-ALUMBRE POTASICO.

El sulfato aluminico potásico $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, peso molecular 474.38 g/mol, se presenta en cristales blancos; p.f 105°C, densidad 1.757 g/ml, la sal anhidra soluble en proporción de 7.74 g en 100 ml de agua a 30°C , soluble en ácidos diluido e insoluble en alcohol.

El hidrato se deshidrata por el calor y se convierte en alumbre desecado (alumbre seco o calcinado), peso molecular

258.19 g/mol que si se reduce con carbono, produce piróforo de Hombler, compuesto inflamable que contiene sulfuro de potasio.

El alumbre potásico tiene dos formas: la alunita (piedra alumbre), $K_2Al_2(SO_4)_4(OH)_2$, densidad 2.58 g/ml a 2.75 g/ml y la kalinita $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, densidad 1.75 g/ml.

El alumbre artificial se produce tratando bauxita con ácido sulfúrico y luego combinado al sulfato aluminico con sulfato de potasio.

También se fabrica por calcinación de alunita, lixiviación del producto con ácido sulfúrico y cristalización del alumbre con recuperación del sulfato aluminico de las aguas madres, o bien por conversiones del sulfato de aluminio en alubre mordiente la adición de sulfato de potasio.

Se usa en medicina, como mordiente en tintorería, en la purificación de aguas, para aprestos de papel y el tratamiento de pieles.(14)

3.8.3. - ALUMBRE SODICO.

El sulfato aluminico sódico $NaAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, es una sal incolora, cristalina, octaédrica ó monocíclica; densidad 1.675 g/ml, se funde a $61^\circ C$, soluble en agua de cristalización.

Tiene sabor astringente, la sal anhidra es soluble en

proporción de 40.9 g en 10 ml de agua a 20°C, soluble en alcohol.

El alumbre sódico natural es el mineral mendocita. Artificialmente se produce con sulfato de aluminio mediante la adición de una solución clara del sulfato de sodio. Se diluye la carga hasta 30°Be, se calienta y se añade una papilla de sulfato potásico, silicato sódico y carbonato sódico anhidro para mejorar los caracteres del producto. A continuación se bombea la carga a los evaporadores, donde se concentra hasta que tenga tal consistencia que al vertir la masa en los recipientes de enfriamiento, se convierte en una torta dura. Esta torta de sulfato aluminico sódico se introduce en tostadores, se calienta después se pulverizan hasta que el 99% pase por el tamiz malla 100.

Los fabricantes de levadura química consumen la mayor parte del sulfato aluminico sódico. Este reacciona con bicarbonato de sodio y desprende gas carbónico, que hace subir la masa.(14)

3.8.4. - SULFATO DE ALUMINIO.

El sulfato de aluminio, $Al_2(SO_4)_3$, cristaliza en soluciones acuosas con 18 moléculas de agua, y en la forma en que se utiliza en una sal parcialmente deshidratada; $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$, llamada comúnmente en los Estados Unidos *alumbre de los fabricantes de*

papel. Y si contiene gran proporción de hierro, torta férrica de aluminio.

Sulfato aluminico anhidro, peso molecular. 342.12 g/mol p.f. 770°C. densidad 2.71 g/ml; 36.15 g se disuelven en 100 ml de agua a 20°C.; soluble en ácido diluidos y poco soluble en alcohol.

El 9-hidrato, peso molecular. 504.2 g/mol, se descompone antes de fundirse; densidad 1.705 g/ml; es soluble en agua, ácido y alcalis.

El 18-hidrato se halla en estado natural en el mineral alunogenita; peso molecular. 666.4 g/mol, p.f., 85.5°C ; densidad 1.69 g/ml soluble en proporción de 107.35 g en 100ml de agua, e insoluble en alcohol.

Hay sulfatos básicos naturales, como el mineral aluminita $Al_2(OH)_4SO_4 \cdot 7H_2O$, densidad 1.66 g/ml y pueden obtenerse en el laboratorio hirviendo el sulfato normal puro con hidróxido de aluminio recién precipitado. Hay dos puentes de sulfato aluminico: el técnico (0.5% máx.de hierro) y el exento de hierro (0.005% máx. de hierro).

El sulfato aluminico comercial que se produce en los Estados Unidos se hace directamente con bauxita. ($Al_2O_3 \cdot X H_2O$).

Se tritura la bauxita hasta darle la finura necesaria y se envía a grandes digestiones que contienen ácido sulfúrico, donde se hierve por varias horas hasta que concluye la reacción entre

el hidrato de alúmina y el ácido sulfúrico.

Luego se sedimenta y decanta esta solución impura, con lo cual se separa la sílice y otros materiales insolubles.

La solución clarificada se concentra por evaporación hasta que tenga la densidad conveniente, que debe ser 61.5 Be.

Una vez fría la solución concentrada y expuesta como jarabe, forma un sólido que después se machaca y pulveriza o se vacía en moldes para formar grandes panes o bloques.

El producto acabado puede dar el siguiente análisis; sustancias insolubles, 0.08% ; Al_2O_3 (total) 17.15%; Fe_2O_3 0.45%, SO_3 39.66% agua de composición, 42.66%. $Al_2(SO_4)_3$.

Se vende en bloques, en forma líquida, en terrones, molido o pulverizado.

La mayor cantidad del sulfato aluminico comercial se consume en la industria papelera, la clarificación en el tratamiento de aguas, para la fijación de ciertos colorantes y para apresto del papel en combinación apresto de colofonia.

Se usa también mucho en la purificación de aguas, como agente precipitador en el tratamiento de aguas de

cloaca, como mordiente de colorantes, para impermeabilización, etc.

El sulfato aluminico sin hierro se produce igual que el producto comercial empleado como materia prima el hidrato de

alúmina (producto del proceso Bayer) en lugar de la bauxita.

Los caracteres físicos son iguales a los del producto comercial. (15)

3.8.4.1.-USOS

Tiene gran variedad de usos, entre otras para fabricación de papel, coagulantes en el tratamiento de aguas de plantas potabilizadoras, tratamiento de aguas residuales industriales y municipales, tratamiento de aguas de recuperación secundaria en campos petroleros.

También se usa en la fabricación de alumbres, de lacas en la industria de pigmentos, mordente para tintas, fabricación de materiales a prueba de agua, agentes clarificantes para grasas y aceites y recuperación de los mismos; CO_2 colante en la fabricación de hule sintético (reactivo en sistemas de contra incendio a base de espuma química, carga en extinguidores contra incendio agente retardante al fuego en materiales aislantes), como astringentes en desodorantes, purificación de glicerina, de colorante, fabricación de activos para alimentos.

En la tabla No. 5 se muestran dos análisis químicos en sólido (polvo) y líquido del sulfato comercial.

TABLA No. 5
ANALISIS QUIMICO DEL SULFATO DE ALUMINIO COMERCIAL.

	SOLIDO %	LIQUIDO %
Al_2O_3	16 — 22	5.91 — 6.0
SO_4	45 — 60	18.00 — 19.0
Basicida	0.340 — Maximo	0.315 — 0.340
Fe_2O_3	0.05 maximo.	0.20 maximo.
Equivalentes		
Base seca		39.4 — 40.0
Granos Sulfato de Aluminio/Lt Solución		484.0 — 500.0

CAPITULO IV

4.1. - PARTE EXPERIMENTAL

En el desarrollo experimental en el laboratorio se proponen dos métodos para obtener el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$.

4.1.1 REACCION VIA FORMACION DE ALUMINATO.

4.1.2 REACCION DIRECTA CON ACIDO SULFURICO.

4.1.1.- REACCION VIA FORMACION DE ALUMINATO.

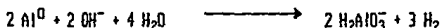
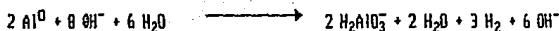
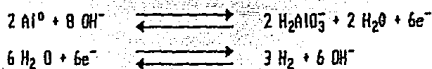
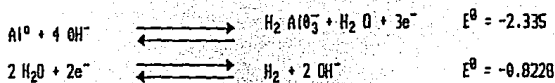
Se pesaron 28gr de aluminio con plástico, se hicieron reaccionar con una solución de hidroxido de sodio al 50% en peso. La reacción que ocurre es entre el aluminio metálico y el agua con desprendimiento de hidrógeno gaseoso. Esta reacción se lleva a cabo en medio básico.

Se obtiene 22.397gr de plástico con una solución y un precipitado de aluminato sódico, acompañado de una reacción muy exotérmica con desprendimiento de vapores picantes e irritantes.

Con base en la escala de potenciales siguiente:



Se propone que la reacción que se lleva a cabo es:



Al finalizar la reacción se dejó enfriar se filtró, secó y pesó el producto obteniéndose 15.1576 gr.

ESQUEMATIZANDO LOS RESULTADOS, TENEMOS:

2 Al ⁰	2 OH ⁻	4 H ₂ O	⇌	2 H ₂ AlO ₃ ⁻	3 H ₂	Cantidades
53.963 gr	34.0 gr	72.0 gr		153.963 gr.	6.0 gr	Teóricas
5.603 gr	27.5 gr	27.5 gr		15.1576 gr.		Experimentales
				94.81 %		Rendimiento

1) Con 5.6035 gr de aluminio metálico, teóricamente se deben de obtener 15.987 gr de H₂AlO₃⁻.

$$\frac{153.963 \text{ gr H}_2\text{AlO}_3^-}{53.96 \text{ gr Al}^0} \quad 5.603 \text{ gr Al}^0 = 15.987 \text{ gr H}_2\text{AlO}_3^-$$

2) En base a los resultados obtenidos experimentalmente del H₂AlO₃⁻ de 15.1576 gr, se obtiene un rendimiento del 94.81%

$$\frac{100 \%}{15.987 \text{ gr H}_2\text{AlO}_3^-} \quad 15.1576 \text{ gr H}_2\text{AlO}_3^- = 94.81\%$$

Al producto de la reacción anterior se le adicionaron 54.8gr. de ácido sulfúrico industrial al 98% de pureza.

Se observa que al contacto del ácido con el producto de la reacción anterior se forma un producto en forma de esponjas amarillas, las cuales fueron creciendo conforme se adiciona el ácido, se observó que esta reacción es muy exotérmica ya que, el vaso se tuvo que meter en agua para enfriarlo y terminar de adicionar el ácido.

El producto formado se disolvió en agua caliente, se filtró, las aguas madres obtenidas se evaporaron por espacio de 30 minutos.

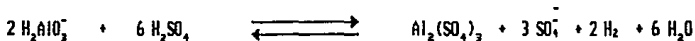
La solución se introduce en una cuba de hielo, se van formando unos cristales blancos, hasta que la solución pasa a ser un sólido con poco líquido sobrenadante (exceso de ácido sulfúrico).

Para retirar el exceso de ácido se lavó el producto con 100ml. de alcohol etílico y se filtró el producto a vacío, esta operación se repitió por tres ocasiones, con lo cual se aseguró que no quedara ácido en el producto. Se determinó el pH de las soluciones de lavado. Para corroborar la eliminación del ácido.

Para eliminar el alcohol etílico, el producto se metió a la estufa por un período de 24 h. a 110°C y posteriormente se dejó enfriar dentro del desecador durante una hora.

El peso obtenido del producto final fue de 30.9163 gr de $Al_2(SO_4)_3$.

La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



Resumiendo los resultados, tenemos:

$H_2AlO_3^-$	H_2SO_4		$Al_2(SO_4)_3$	CANTIDADES
153.960 gr	588.00 gr		342.00 gr	Teóricas
15.1576 gr	55.664 gr		30.9163 gr	Experimentales
			91.82 %	Rendimiento

Con 15.1576 gr de $H_2AlO_3^-$ teóricamente se deben obtener 33.67 gr de sulfato de aluminio.

$$\frac{342.00 \text{ gr } Al_2(SO_4)_3}{153.96 \text{ gr } H_2AlO_3^-} \cdot 15.1576 \text{ gr } H_2AlO_3^- = 33.67 \text{ gr } Al_2(SO_4)_3$$

En base a los datos obtenidos experimentalmente del $Al_2(SO_4)_3$ de 30.9163 gr se obtiene un rendimiento del 91.82%.

$$\frac{100 \%}{33.67 \text{ gr } Al_2(SO_4)_3} \cdot 30.9163 \text{ gr } Al_2(SO_4)_3 = 91.82 \%$$

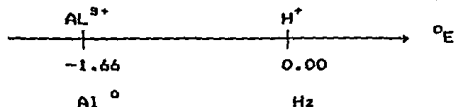
4.1.2.- REACCION DIRECTA CON ACIDO SULFURICO

Se pesaron 10gr. de plástico con aluminio de los cuales se obtuvo 1.9561gr. de Al^0 y 8.044gr. de plástico (19.6% de Al^0 y 80.4% de plástico).

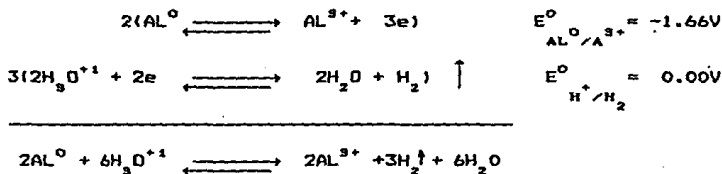
Al hacer reaccionar el 1.9561gr. de aluminio metálico con 12gr. de ácido sulfúrico industrial al 98% de pureza se generó una reacción muy exotérmica.

Con base a la siguiente escala de potencial:

$$E^{\circ} Al^0/Al^{3+} = -1.66 V \qquad E^{\circ} H_2/H^+ = 0.00$$

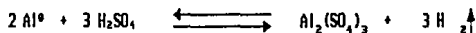


Se propone la siguiente reacción como representación del proceso efectuado:



Al finalizar la reacción se tiene una pasta blanca con exceso de ácido sulfúrico, el cual se elimina lavando la pasta con alcohol étílico, se filtró a vacío quedando un producto blanco plateado. Se metió a la estufa durante dos horas a 110°C . para eliminar el alcohol que pudiera tener la muestra, se metió a enfriar al desecador por un lapso de una hora. Posteriormente se pesó obteniéndose 11.688gr. de producto.

La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



Resumiendo resultados, tenemos

Al ⁰	3 H ₂ SO ₄
54.00 gr	294.00 gr
1.9561 gr	11.76 gr

Al ₂ (SO ₄) ₃	CANTIDADES
342.00 gr	Teóricas
11.688 gr	Experimentales
94.342 %	Rendimiento

Con 1.9561 gr de aluminio metálico teóricamente se deben de obtener 12.389 gr de Al₂(SO₄)₃.

$$\frac{342.0 \text{ gr Al}_2(\text{SO}_4)_3}{54.0 \text{ gr Al}^0} \cdot 1.9561 \text{ gr Al}^0 = 12.398 \text{ gr Al}_2(\text{SO}_4)_3$$

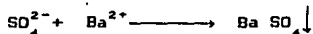
En base a los resultados obtenidos experimentalmente del Al₂(SO₄)₃ de 11.688 gr, se obtiene un rendimiento del 94.343%.

$$\frac{100 \%}{12.398 \text{ gr Al}_2(\text{SO}_4)_3} \cdot 11.688 \text{ gr Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 94.342 \%$$

4.2.- TECNICAS DE ANALISIS DE MUESTRAS

4.2.1.- DETERMINACION GRAVIMETRICA DE UN SULFATO

Cuando una solución que contiene ión sulfato se mezcla con otra que contiene ión bario, se forma un precipitado muy poco soluble de sulfato de bario.



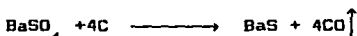
Esta reacción sirve de base para la determinación gravimétrica de sulfatos o aunque es menos común del bario. Aún cuando el proceso puede parecer simple, el procedimiento experimental debe tomar en cuenta ciertos factores. Por lo general, el sulfato de bario precipita en forma de partículas muy finas que pueden llegar a pasar a través del filtro, además la gran área superficial de estas partículas facilita la contaminación por absorción por consiguiente, es esencial proceder de forma tal que se obtenga partículas de mayor tamaño en este experimento esto se logra por digestión del precipitado. El sulfato de bario suspendido en el líquido se calienta durante bastante tiempo a baño maría o con una llama baja. Durante la digestión se verifican procesos de recristalización que resultan en un precipitado menos contaminado y de mayor tamaño de partícula.

En un proceso de precipitación se agrega una pequeña parte en exceso del reactivo precipitante para que sea lo más completa posible. En el caso del sulfato de bario y debido a su baja solubilidad, basta con un exceso muy ligero.

La baja solubilidad permite lavar el precipitado con grandes cantidades de agua caliente, sin que ocurran pérdidas de consideración.

En esta determinación, la forma de pesada es idéntica a la de precipitación. Por consiguiente, solamente es necesario volatilizar completamente el papel filtro. Sin embargo, esta operación puede ser fuente de errores de gran magnitud. El papel debe carbonizarse cuidadosamente a una temperatura reducida con el crisol tapado, para que los gases no se incendien.

Cuando haya cesado el desprendimiento de humo, la temperatura se aumenta lentamente permitiendo el acceso del aire al interior del crisol. Si no se hace así, el carbón reducirá al sulfato a ión sulfuro con formación de monóxido de carbono:



con lo cual se obtienen resultados bajos.

Puesto que el sulfato de bario es estable al aire y no higroscópico, la pesada puede hacerse con el crisol destapado.

Análisis:

Este análisis pone de manifiesto el procedimiento utilizado

para precipitar y lavar un precipitado casi insoluble de cristales muy pequeños , sólo ligeramente más solubles en solución ácida a alta temperatura que en agua a temperatura ambiente. El precipitado absorbe fuertemente muchas sustancias, pero no se peptiza al ser lavado con agua.

Reactivos:

Acido clorhídrico concentrado

Solución de cloruro de bario al 1%

Solución de nitrato de plata al 1%

Procedimiento:

1.- Secar la muestra durante una hora a 105° - 110° C. Pesar (hasta la décima de miligramo) muestras individuales de 0.5 - 0.7 gramos.

Recibir la muestra en un matraz volumétrico de 250ml. diluir a la marca con agua destilada y mezclar perfectamente.

2.- Poner los crisoles a peso constante (800° C) cuando se proceda con las etapas 3 a 8.

3.- Tomar una alícuota de 25ml. de la solución e introducirla en un vaso de precipitados de 600ml. añadir de 1-2ml. de ácido clorhídrico concentrado y diluirlo con agua destilada a un volumen de 200ml. caléntarlo a ebullición.

4.- En otro vaso, hervir 100ml. de solución al 1% de cloruro de bario.

5.- Con una vigorosa agitación, vertir la solución caliente de cloruro de bario sobre la solución problema a ebullición. Se continua la agitación durante 1 minuto. Se retira de la flama y se deja sedimentar el precipitado, agréguese unas gotas de la solución de cloruro de bario, para confirmar que la precipitación es completa.

6.- Se lava las paredes del vaso con pequeños chorros de agua destilada, empleado un frasco de lavado. Se Coloca el agitador inclinado apoyado sobre el pico del vaso. Volver a poner a la llama regulándola de tal forma que la solución se mantenga caliente pero sin hervir manteniéndose en estas condiciones durante una hora.

Durante la digestión se debe cuidar que no se produzcan pérdidas del precipitado por proyecciones fuera del vaso, asi como no permitir que se adhieran las partículas a las paredes por encima del nivel del líquido, pues después de secarse no se desprenden fácilmente. Usar malla de asbesto para sostener el vaso sobre el tripié, si es necesario interrumpir el experimento, este es el momento de hacerlo, cubriendo el vaso y dejándolo guardado hasta la siguiente sesión.

El sistema de filtración que se necesita en las etapas 7 y 8 deberá prepararse durante el proceso de digestión. El papel filtro puede ser whatman No. 42, o Schleicher & Schuell No. 589,

White Ribbon.

7.- Enfriar y dejar sedimentar el precipitado, decantando el líquido sobrante vertiéndolo en un círculo de 9-11cm. de papel filtro de cero cenizas y grano fino.

8.- Lávar el precipitado con agua caliente por decantación. Finalmente transferir el precipitado al filtro y continuar el lavado hasta que una porción del filtrado no produzca reacción positiva con unas gotas de solución de nitrato de plata.

Comprobar la eficiencia del lavado tomando dos o tres gotas del filtrado, poniéndolas en un tubo de ensayo o en un vidrio de reloj, y añadiendo una gota de solución al 1% de nitrato de plata. Comparar la turbidez obtenida, si es que se presenta, con la que se obtenga de un volumen igual y de agua destilada del frasco de lavado.

Déjar escurrir la mayor cantidad posible de líquido del cono del precipitado.

9.- Doblar el papel filtro cubriendo el precipitado y ponerlo en el crisol pesado.

10.- Secar, carbonizar y reducir a cenizas el papel filtro. Calcinar en mufla a $850 - 900^{\circ}\text{C}$ durante 15 minutos. Enfriar en el desecador y pesar.

11.- Repetir el proceso de calcinación, enfriamiento y pesado, hasta obtener peso constante (2 muestras más).

12.- Calcular el número de miligramos de sulfato, expresado como trióxido de azufre, SO_3 , en la muestra total.

Factor gravimétrico

$$\frac{\text{SO}_3}{\text{BaSO}_4} = \frac{80.07}{233.43} = 0.3431$$

$$\frac{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}{\text{BaSO}_4} = \frac{342.14}{233.43} = 1.4657$$

$$\% \text{SO}_3 = \frac{W \times 0.3431 \times 100}{W_1}$$

donde

W_1 Peso de la muestra

W_2 Peso de la muestra

RESUMIENDO LOS RESULTADOS TENEMOS

Muestra 1 via aluminatos.

Muestra 2 via directa.

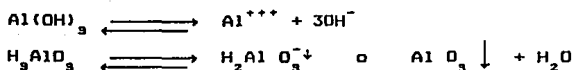
Muestra 3 via aluminatos.

	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
U_1	8.5888 gr.	8.7888 gr.	8.6888 gr.
U_2	8.8187 gr.	1.1398 gr.	8.8676 gr.
$\%SO_3$	55.63	55.857	49.612

4.2.2.- DETERMINACION DE ALUMINIO COMO OXIDO DE ALUMINIO.

DESARROLLO DE TECNICAS

El caracter anfótero del hidróxido de aluminio,



limita el intervalo de pH en que se puede, precipitar de forma completa. La precipitación se inicia a un pH = 3 y se completa cerca de la neutralidad, pero el precipitado empieza a disolverse al aumentar el pH teniendo en cuenta las constantes de ionización básica y ácida del Al(OH)_3 , $K_b = 2 \times 10^{-32}$ y $K_a = 4 \times 10^{-19}$ y considerando que la solubilidad es mínima cuando $(\text{Al}^{+++}) = (\text{H}_2\text{AlO}_3^-)$, se obtiene un pH de 5.4. En la práctica se precipita el hidróxido de aluminio por adición de hidróxido de amoníaco a una disolución ácida del ión aluminio, bien en presencia del indicador rojo de metilo (vire de color a pH entre 6 y 7), o bien sencillamente hirviendo la disolución débilmente alcalinizada con amoníaco durante poco tiempo.

Procedimiento:

- Solubilidad de las muestras:

Se colocan en filtros Gooch previamente puestos a peso constante 1 gramo de la muestra seca, se disuelve en 15ml. de agua destilada caliente y se agita por unos cuantos minutos. Después se filtra a través del filtro Gooch. Se lava el residuo con agua caliente destilada. Se seca la muestra en la estufa a 110°C - 120°C y se mete al desecador hasta peso constante.

Se determinó el porcentaje insolubles de las muestras en base a la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Peso del residuo de la muestra}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 = \% \text{ de insolubles}$$

- Cuantificación del aluminio en las muestras:

Reactivos:

- HCL concentrado
- HNO_3 concentrado
- NH_4OH diluido 1:1 con agua destilada
- Indicador rojo de metilo
- Solución lavadora (2g. de cloruro de amonio en 100ml. (de agua destilada)

1.- Pesar 1g. de muestra seca, y disolverla en un vaso de precipitado de 400ml. con agua destilada a 200ml.

- 2.- Poner la solución de los insolubles en un matraz volumétrico y aforar a 100ml. con agua destilada.
- 3.- Adicionar 5gr. de cloruro de amonio hasta disolución.
- 4.- Adicionar 2ml. de HCl conc. y 4 gotas de HNO_3 conc., calentar suavemente unos 10 minutos.
- 5.- Mientras se calienta la solución anterior preparar el embudo para colocar el papel filtro (Whatman No. 40 ó eq) en el embudo. Conservar la solución de lavado caliente y calentar la muestra a punto de ebullición .- Adicionar unas cuantas gotas del indicador rojo de metilo y adicionar hidróxido de amonio diluido lentamente hasta que comience a formarse el precipitado. continuar con la adición de hidróxido de amonio con goteo lento hasta que aparezca una coloración amarilla.
- 6.- Adicionar unas cuantas gotas del indicador rojo de metilo y adicionar hidróxido de amonio diluido lentamente hasta que comience a formarse el precipitado continuar con la adición de hidróxido de amonio con goteo lento hasta que aparezca una coloración amarilla.
- 7.- Se calienta la muestra hasta que el color comience a virar a un rosa débil. Alargar la ebullición o detenerla antes de que la filtración cause un precipitado viscoso el cual dificulte la filtración.
- 8.- Filtrar inmediatamente cuidando que el papel filtro esté lo

más lleno posible para una filtración más rápida. Usar la solución de lavado para transferir todo el precipitado del vaso de precipitado a el papel filtro. Continuar los lavados con un mínimo de 10 lavados o hasta que el precipitado esté libre de sulfatos.

9.- Colocar el papel filtro y precipitado en un crisol de platino previamente pesado y puesto a peso constante. Encender cuidadosamente un mechero ordinario, comenzando con una llama muy baja secar la muestra e ir gradualmente incrementando la temperatura hasta lo máximo, para quemar el papel filtro, esto se logra aproximadamente en una hora.

Después de que todo el carbón es quemado del todo, introducir el crisol en una mufla a unos 1200°C por una hora, enfriar el crisol en el desecador y finalmente pesar.

Determinar el % de óxido de aluminio en base a la siguiente expresión:

$$\frac{W_2}{W_1} \times 100 = \% \text{ Al}_2\text{O}_3$$

DETERMINACION DEL % DE ALUMINIO COMO OXIDO DE ALUMINIO

RESUMIENDO LOS RESULTADOS TENEMOS

Muestra 1 y 3 via aluminatos.

Muestra 2 via directa.

	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
W_1	1.0000 gr.	1.0000 gr.	1.0000 gr.
W_2	0.8812 gr.	0.8887 gr.	0.8883 gr.
INSOLUBLES %	0.1200	0.83	0.87
$\%AL_2O_3$	16.1	21.71	16.41

SINTETIZANDO LOS RESULTADOS TENEMOS

	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
$\% SO_3$	55.63	55.857	49.612
$\% AL_2O_3$	16.10	21.710	16.410
% INSOLUBLES	0.12	0.830	0.870
TOTAL	71.85	75.597	66.89
P.f °C	745	762	756

El punto de fusion se determino por el aparato fisher.

DIAGRAMA DE FLUJO DETERMINACION DE SULFATOS

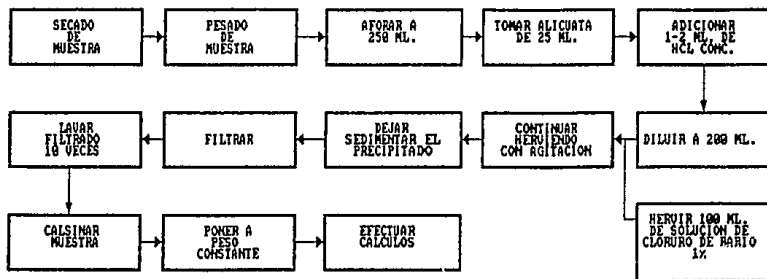
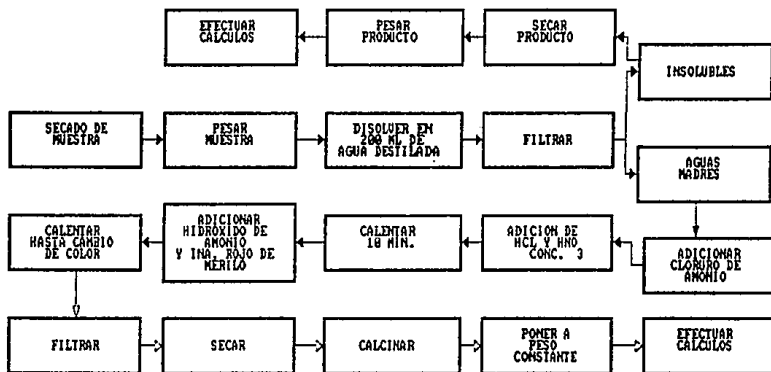


DIAGRAMA DE FLUJO DE LA DETERMINACION DE ALUMINIO COMO OXIDO DE ALUMINIO

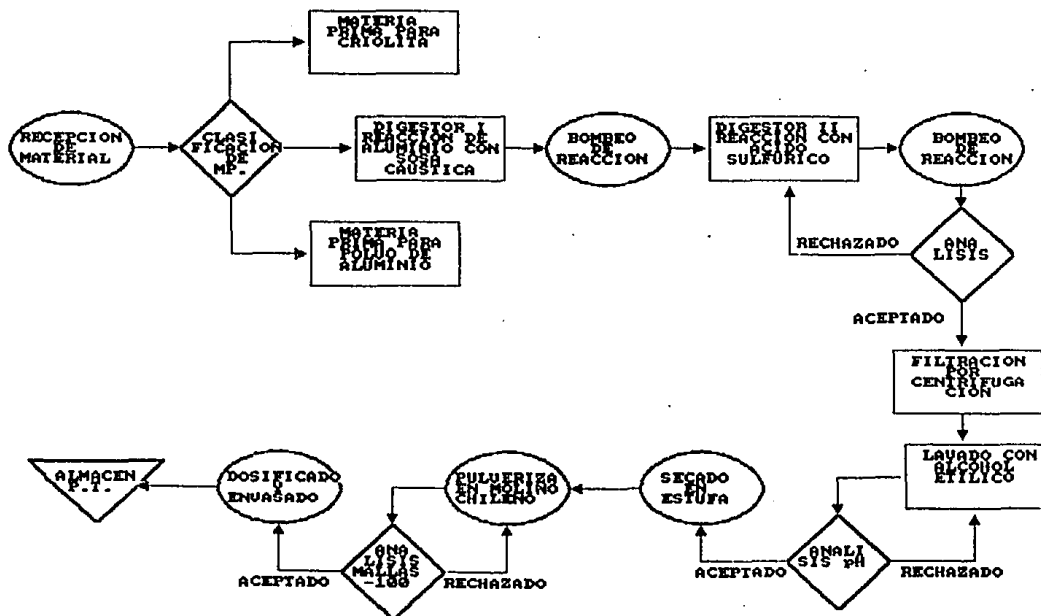


5.1 ANALISIS DE RESULTADOS

	AL ₂ (SO ₄) ₃ COMERCIAL	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
%SO ₃	45 - 68	55.63	55.857	49.612
%AL ₂ O ₃	16 - 22	16.18	21.71	16.41
% INSOLUBLES	0.5 MAX.	0.12	0.83	0.87
PUNTO DE FUSION °C	770	745	762	756
BALANCE		71.85	77.597	66.89
RENDIMIENTOS %:		91.82		94.342

Como se puede observar los resultados obtenidos a nivel laboratorio caen dentro de los valores que se reportan como datos técnicos de producto comercial.

DIAGRAMA DE FLUJO PRODUCCION DE SULFATO DE ALUMINIO
LIBRE DE HIERRO



El costo comercial del sulfato de aluminio libre de fierro cotizado el 28 de octubre de 1993 a partir de bausita es de:

Fabricante	Costo
Amonal Química Mexicana S.A. de C.V.	N\$ 0.90 kg.
Materias Primas S.A. de C.V.	N\$ 0.86 kg.
Productos Químicos Básicos	N\$ 0.92 kg.

El costo del producto elaborado en planta de Químicos Reactivos y Minerales es de N\$ 0.40 kg. tomando un 50% de gastos administrativos, ventas, transporte, y otros gastos se tienen un costo de N\$ 0.60 kg.

Su precio a la venta es de N\$ 0.84 kg. teniéndose un 40% de utilidad en el producto, con lo cual podemos concluir que el proceso es costeable en su fabricación y ventas, cumpliendo con las normas de calidad especificadas.

Como se puede notar, su precio de venta es competitivo con aquellos cuyo proceso es por bausita como materia prima.

El proceso por formación de aluminato es más rápida que por reacción directa por eso se escogió éste proceso.

5.2. -CONCLUSIONES

- 1.- Se cumplieron los objetivos planteados inicialmente.
- 2.- La importancia del aluminio, de sus compuestos y principalmente del sulfato de aluminio justifican ampliamente el desarrollo del tema, en cuanto a la industrialización de éste y a la protección ambiental.
- 3.- Como se puede observar en los resultados la vía que ofrece un mejor rendimiento es la formación de aluminatos aunque no marcada con respecto a la directa.
- 4.- Los resultados de las reacciones son cuantitativos y los productos obtenidos tienen una pureza aceptable comercialmente por lo que los métodos de elaboración del producto son factibles.
- 5.- Este desarrollo sirve de base para la producción del sulfato de aluminio a nivel industrial.
- 6.- Este trabajo da origen a otros estudios tanto en la rama de la ingeniería como la química.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- OTHMER-KIRK
Enciclopedia de Tecnología Química
1ra Edición
Hispano-Americana.
U.S.A. (1970)
Tomo II Pag. 495-510

- 2.- ALCOA ALUMINUM AND LTS ALLOYS
Aluminum Company of America
Pittsburgh (1946)

- 3.- EDWARDS JD, FRARY F.C. Y JEFFRIES Z.
The Aluminum Industry Vol. II
Mc. Graw Hill 1930

- 4.- GROGGINS PH
Unit Processes in Organic Synthesis
3ra. Edición Mc. Graw Hill
No. 9 (1947)

- 5.- JENNY ALANODIC OXIDATION OF ALUMINUM AND LTS ALLOYS.
Griffin Londres 1940
- 6.- ENGLE N. H. GREGORY H.E. Y MORSE R.
Aluminum-an Industrial Marketing Appraisal
R. A. Irwin Inc. 1944
- 7.- BARRAND PIERRE Y GADEAU ROBERT
Enciclopedia del Aluminio
1ra. Edición
URMO.
- 8.- FLINN A. RICHARD
Materiales de Ingeniería y sus Aplicaciones
2da. Edición
Mc. Graw Hill
- 9.- JAMES KENT
Biblioteca Riegel de Química Industrial
2da. Edición
CECSA 1987

- 10.- HATCH JOHN
Aluminum Properties and Physical Metallurgy
American Society for Metals
Metals Park, Ohio. 1984
- 11.- INEI
La Minería en México
1987
- 12.- RODRIGUEZ SORIA IGNACIO
El Aluminio y sus Aleaciones en Ingeniería Química
Tesis
- 13.- THOMAS A.W.
Colloid Chemistry
Mc Graw Hill, N.Y.
- 14.- THOMAS C.A.
Anhydrous Aluminum Chloride in Organic Chemistry
Reinhold N.Y.

- 15.- ENDRA J.D.
The Aluminum Industry
Mc. Graw Hill, N.Y.
Vol. I.
- 16.- BARR P.E.
Pulp. and Paper Ind.
- 17.- RUMFORD FRANK
Materiales de Ingeniería Química
2da. Edición
Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA) 1964
- 18.- PERRY ROBERT H.
Manual del Ingeniero Químico
5ta. Edición
Mc. Graw Hill
México 1986
- 19.- GUIA PARA LA REDACCION, ESTRUCTURACION Y PRESENTACION DE
LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS (1990)
NOM-R-50
NP-690-76

- 20.- I. VOGEL ARTHUR
Química Analítica Cuantitativa
Editorial Kapelusz
5ta. Edición 1974
- 21.- G. DICK JHON
Química Analítica
Editorial El Manual Moderno 1979
- 22.- H. AYRES GILBERT
Análisis Químico Cuantitativo
Harper y Row Latinoamericana
7ma. Reimpresión 1970
- 23.- OROZCO D. FERNANDO
Análisis Químico Cuantitativo
Editorial Porrúa, S.A.
8va Edición
- 24.- LUNA RANGEL RAYMUNDO
Fundamentos de Química Analítica
Vol. 1
Editorial Limusa 1976.