

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“OBTENCIÓN DE TRICLORURO DE ALUMINIO A PARTIR DE LA
CHATARRA DE ALUMINIO A NIVEL LABORATORIO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

GEORGE ORLANDO MARTINEZ GUTIERREZ

RENZO PARIONA DURAN

CALLAO, 2021

PERÚ

PRÓLOGO DEL JURADO

La presente tesis fue sustentada por el señor bachiller **MARTINEZ GUTIERREZ GEORGE ORLANDO** y el señor bachiller **PARIONA DURAN RENZO**, ante el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios

Ing. Dr. ANCIETA DEXTRE CARLOS ALEJANDRO	PRESIDENTE
Lic. Dr. TRUJILLO PÉREZ SALVADOR APOLINARIO	SECRETARIO
Ing. Mg. REYNA MENDOZA GLADIS ENITH	VOCAL
Ing. Mg. ÁVALOS JACOBO VÍCTOR HUGO	ASESOR

Tal como está asentado en el Acta N° 010-2021-JS-FIQ de fecha **ONCE DE JULIO DE 2021**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la modalidad de Titulación de Tesis con Ciclo de Tesis, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado con Resolución N.º 245-2018-CU de fecha 30 de octubre de 2018

DEDICATORIA

A Dios por su infinito amor, a nuestros padres que honramos con cada logro profesional que tenemos a nuestras familias por la motivación que nos dan todos los días y a los verdaderos amigos que nos impulsan a mejorar.

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor el Mg. Ing. Víctor Hugo Ávalos Jacobo todo el agradecimiento por su invaluable colaboración, sus acertados comentarios y observaciones, lo que permitió realizar la presente investigación.

ÍNDICE.....	1
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	9
1.2. Formulación del Problema.....	10
1.2.1. Problema General	10
1.2.2. Problemas Específicos	10
1.3. Objetivos.....	10
1.3.1. Objetivo General.....	10
1.3.2. Objetivos Específicos	10
1.4. Limitantes de la investigación.....	11
1.4.1 Limitante Teórica.....	11
1.4.2 Limitante Temporal	11
1.4.3 Limitante Espacial	11
II. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. Antecedentes.....	12
2.1.1. Antecedentes Internacionales	12
2.1.2. Antecedente Nacional	18
2.2. Bases Teóricas.....	19
2.2.1. Hidrólisis del Aluminio.....	19
2.2.2. Precipitación Alcalina	20
2.2.3. Contenido de Aluminio y otros metales en latas de gaseosas.....	22
2.2.4. Reciclaje del aluminio.....	23
2.3. Conceptual	32
2.4. Definición de términos básicos	33
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	34
3.1. Hipótesis.....	34
3.1.1. Hipótesis General	34
3.1.2. Hipótesis Específicas.....	34
3.2. Definición Conceptual de Variables.....	34

3.2.1. Operacionalización de variable.....	36
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	37
4.1. Tipo y Diseño de la Investigación	37
4.1.1. Tipo de Investigación.....	37
4.1.2. Diseño de la Investigación.....	37
4.2. Método de la Investigación	40
4.3. Población y Muestra	41
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado.....	41
4.5. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de la Información.....	41
4.5.1. Instrumentos.....	41
4.5.2. Metodología.....	43
4.6. Análisis y Procesamiento de Datos	49
V. RESULTADOS	51
5.1 Resultados descriptivos.	52
5.2 Resultados Inferenciales.....	57
5.3. Otro tipo de resultados estadísticos, de acuerdo con la naturaleza del problema y la Hipótesis.....	62
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	63
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares	65
6.3 Responsabilidad ética	68
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXOS	78

TABLAS DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición de Aluminio de Envases de Bebidas	23
Tabla 2 Composición de Aluminio de las Latas de Bebidas.....	23
Tabla 3 Operacionalización de Variables.....	36
Tabla 4 Factores y Niveles para el Experimento.....	39
Tabla 5 Diseño Experimental según Taguchi.....	39
Tabla 6 Diseño Experimental de la Investigación.....	40
Tabla 7 Tricloruro de Aluminio obtenido en las Pruebas Experimentales	51
Tabla 8 Análisis Descriptivo de los Resultados Experimentales	52
Tabla 9 Resumen de Coeficientes de Correlación – Modelos MutivARIABLES ...	58
Tabla 10 Coeficiente de Correlación – Modelo Hiperbólico	59
Tabla 11 ANOVA – Modelo Hiperbólico	59
Tabla 12 Análisis de Coeficientes	60
Tabla 13 Masa $AlCl_3$ obtenida Experimentalmente Vs Modelo Hiperbólico.....	61
Tabla 14 Resultados de Otros Investigadores	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Solubilidad de Aluminio de acuerdo al pH.....	21
Figura 2 Diagrama de Predominancia para el Ion Zn (II) a 25 °C	22
Figura 3 Clasificación de Residuos Sólidos Municipales	24
Figura 4 Proceso de Cloración de Toth Modificado para Producir Tricloruro de Aluminio	30
Figura 5 Limpieza de Resina de las Latas de Gaseosa	43
Figura 6 Chatarra de Aluminio Triturada	44
Figura 7 Mallas 140 y 170 ASTM	44
Figura 8 Muestra de Chatarra de Aluminio	45
Figura 9 Reacción del NaOH y la Chatarra de Aluminio	45
Figura 10 Formación de la Solución de Aluminatos	46
Figura 11 Diagrama de Flujo para la Obtención de Tricloruro de Aluminio.....	47
Figura 12 Evaporación de la Solución de Tricloruro de Aluminio.....	47
Figura 13 Tricloruro de Aluminio Sólido	48
Figura 14 Uso de Taguchi en el Software Minitab 18.....	50
Figura 15 Diagrama de Cajas y Bigote del Tamaño de Partícula y la Masa de AlCl ₃ Obtenida	53
Figura 16 Diagrama de Cajas y Bigote de la Concentración de NaOH y la Masa de AlCl ₃	54
Figura 17 Diagrama de Cajas y Bigote del pH y la Masa de AlCl ₃ Obtenida...	54
Figura 18 Grafica de Efectos Principales para la Masa de AlCl ₃	55
Figura 19 Gráfica de Superficie de Masa AlCl ₃ vs. pH, Tamaño de Partícula	56

Figura 20 Gráfica de Superficie de Masa AlCl_3 vs. pH, Concentración de NaOH 56

Figura 21 Gráfica de Superficie de Masa AlCl_3 vs. Tamaño de partícula,
Concentración NaOH 57

RESUMEN

Actualmente una de las mayores problemáticas que presenta nuestro país es el mal manejo y disposición de los residuos sólidos, entre los que se encuentran la chatarra de aluminio (por ejemplo, latas de gaseosas o cervezas). A partir de esta situación se aprovechó la chatarra de aluminio como punto de partida para esta tesis, teniendo como principal objetivo la obtención del tricloruro de aluminio a partir de la chatarra a nivel laboratorio. Para ello se utilizó el diseño experimental de Taguchi L_8 con ocho experimentos, utilizando dos niveles para cada una de las variables.

En la investigación, la mayor masa de tricloruro de aluminio que se obtuvo fue de 16.40 gramos con un rendimiento del 85.19%. Esto se logró al operar con un tamaño de partícula de chatarra de aluminio de 90 μm , concentración de hidróxido de sodio 6M y un pH 6 de solución. Además, se estableció al modelo hiperbólico como el que mejor correlaciona la masa de tricloruro de aluminio obtenida y las variables del proceso. Dicho modelo presentó un coeficiente de correlación (R) de 0.9966 y un error típico de 0.0003. Se obtuvo un sólido blanco y se verificó su poder coagulante mediante una prueba de jarras.

Palabras Clave: Precipitación de sólidos, Hidrólisis, Reciclaje.

ABSTRACT

Currently one of the biggest problems in our country is the mismanagement and disposal of solid waste, among which are aluminum scrap (for example, soda cans or beers). Based on this situation, scrap metal was used as a starting point for this thesis, with the main objective of obtaining aluminum trichloride from scrap at the laboratory level. For this, the experimental design of Taguchi L8 with eight experiments was used, using two levels for each of the variables.

In the, the highest mass of aluminum trichloride that was obtained was 16.40 grams with a yield of 85.19%. This was achieved by operating with a 90 μm aluminum scrap particle size, 6M sodium hydroxide concentration, and a pH 6 solution. In addition, the hyperbolic model was established as the one that best correlates the mass of aluminum trichloride obtained and the process variables. This model presented a correlation coefficient (R) of 0.9966 and a typical error of 0.0003. A white solid was obtained and its coagulant power was verified by a jar test.

Key Words: Solid precipitation, Hydrolysis, Recycling.

INTRODUCCIÓN

El tricloruro de aluminio es una sal utilizada como un catalizador para la fabricación de estireno, antraquinona y otros colorantes, también es utilizado como agente de nucleación en la fabricación de pigmentos de dióxido de titanio. Según Avalos (2016) otros de los usos es que el tricloruro de aluminio se hace reaccionar con aluminato de sodio y carbonato de sodio para la obtención del policloruro de aluminio (PAC) un coagulante muy eficaz en comparación con el sulfato de aluminio.

Según la División de Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad Metropolitana de Lima, en el 2019, en el distrito de Villa El Salvador, se recolectó 147 852 TM de residuos sólidos municipales, de los cuales aproximadamente 677.16 TM fueron chatarra de aluminio. De esta cantidad solo se valorizó el 47.36 %, y el resto quedó liberado al medio ambiente, contribuyendo la contaminación de suelo, aire, flora y fauna, agudizando así el problema medioambiental.

La presente tesis busca la obtención del tricloruro de aluminio a partir de chatarra de aluminio mediante pretratamiento físico de la chatarra de aluminio y posterior tratamiento químico. Cabe destacar que la chatarra de aluminio en muchos casos es desechada porque se desconoce el valioso aporte que puede significar en la obtención de esta sal, de gran aplicación en la industria.

La investigación evalúa variables como concentración de hidróxido de sodio, tamaño de partícula, pH y cómo influyen en el rendimiento para la obtención del tricloruro de aluminio.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

En el mundo, la industria del envase enlatado está en constante crecimiento, lo que conlleva a un consumo masivo de estos productos, esto se ve reflejado en el gran número de centros comerciales que venden cada vez más productos enlatados, esta conducta consumista genera una gran cantidad de residuos de aluminio. Las ciudades más grandes del mundo se ven afectadas por los residuos de la chatarra de aluminio.

Esta misma problemática se presenta en el Perú, por ejemplo, en Lima Metropolitana, en el distrito de Villa el Salvador se recolectó un total de 147 852 toneladas de residuos sólidos municipales, de los cuales la chatarra de aluminio fue de 677.16 TM (SIGERSOL, 2019). Además, la cantidad de chatarra de aluminio valorizada en ese distrito solo representó el 47.36%.

Una alternativa de solución para esta gran cantidad de chatarra de aluminio generada es el proceso de reciclaje, mediante el cual se recolecta la chatarra de aluminio y posteriormente se plantea su conversión para obtener tricloruro de aluminio, una sal de gran aplicación en la industria nacional.

Entre sus principales aplicaciones está la de catalizador para la reacción de Friedel-Crafts y su uso en la industria de tratamiento de aguas residuales como coagulante- floculante.

Actualmente en el Perú no hay producción de tricloruro de aluminio y la importación de este producto, según Trademap (2019) fue 123 TM/año, lo cual generó una salida de divisas de US\$ 135 000.

La presente tesis está orientado a obtener tricloruro de aluminio y analizar que variables fisicoquímicas se deben considerar en el proceso de obtención.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo se obtiene el tricloruro de aluminio a partir de chatarra de aluminio a nivel laboratorio?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Cuál es el porcentaje de aluminio de la chatarra para la obtención del tricloruro de aluminio?

¿Cuáles son las variables para la obtención del tricloruro de aluminio?

¿Cuál es el rendimiento de la obtención del tricloruro de aluminio a partir de la chatarra de aluminio?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Obtener tricloruro de aluminio a partir de chatarra de aluminio a nivel laboratorio.

1.3.2. Objetivos Específicos

Determinar el porcentaje de aluminio en la chatarra para la obtención del tricloruro de aluminio.

Identificar las variables para la obtención del tricloruro de aluminio

Determinar el rendimiento de la obtención del tricloruro de aluminio a partir de la chatarra de aluminio.

1.4. Limitantes de la investigación

1.4.1 Limitante Teórica

Debido a la falta de información respecto a antecedentes nacionales se recurrió a la búsqueda de antecedentes internacionales, encontrándose la información necesaria.

La investigación halló una limitante teórica en antecedentes nacionales debido a la inexistencia de investigaciones similares para obtener tricloruro de aluminio. Esto impidió que se pueda comparar la eficacia del método propuesto con algún otro método nacional.

1.4.2 Limitante Temporal

El tiempo de entrega de los reactivos solicitados para realizar las pruebas experimentales fue prolongado, debido a que los proveedores contactados, se encontraban sin los reactivos necesarios en sus almacenes.

1.4.3 Limitante Espacial

La limitante de la investigación fue con respecto al uso de insumos químicos Fiscalizados (NH_4Cl , HCl y NaOH).

El artículo 5 del Decreto Legislativo N° 1126 indica que los insumos químicos, que podrían ser destinados a la elaboración de drogas ilícitas son fiscalizados, cualquiera sea su denominación, concentración, forma o presentación.

Si el método propuesto en la presente tesis se ejecutara a una escala industrial se necesitaría un gran espacio para realizar el acopio de chatarra procedente de diversos lugares de Lima Metropolitana. Es decir, habría una limitante espacial, razón por la cual se necesitará mayor espacio para realizar el acopio.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Mendoza (2012) en su tesis titulada “Obtención de policloruro de Aluminio de partir de la chatarra; para su uso en potabilización de agua”, da a conocer el procedimiento para obtener el policloruro de aluminio (PAC), con el objetivo de disminuir costos en el tratamiento de aguas y, asimismo, conocer la dosis óptima del PAC mediante la prueba de jarras.

Los resultados muestran que, para obtener el PAC, primero se debió obtener el tricloruro de aluminio de concentración al 35% partiendo de Ácido Clorhídrico (37%), lo cual producirá por cada gramo de chatarra de aluminio 4,9 g de $AlCl_3$ a una temperatura de trabajo entre 35 y 70°C, durante cinco horas.

Esta sal se neutralizó con hidróxido de calcio durante dos horas para obtener el PAC. La ecuación para la velocidad de reacción fue $(-r_a=7.44 \cdot 10^{-2} C_a C_b)$ y una energía de activación de 8320.85 J/Kmol. La dosis óptima de coagulante fue 60 mg/L al 1%, lográndose obtener un agua clarificada con 2,5 NTU de turbidez y 2 UPC de color.

Romero (2007) en su artículo titulado “Síntesis de un polímero inorgánico de aluminio y su uso para clarificación de agua”, tiene por objetivo desarrollar sustitutos de las sales de aluminio más efectivos para la clarificación, ya que una alta concentración de aluminio en el agua proveniente del alumbre parece favorecer ciertos desórdenes neurológicos. Por ello se realiza la síntesis de

cuatro polímeros de aluminio tipo $[(Al_{13}O_4(OH)_{24}(H_2O)_{12})]^{+7}$ a diferentes pH. Por medio de pruebas de jarras se selecciona el más eficiente como floculante y posteriormente se compara contra el sulfato de aluminio convencional en su desempeño como coagulante-floculante y se establece la dosis apropiada. Según esta metodología, primero se obtuvo el tricloruro de aluminio, se pesó 55 g de aluminio y en un balón de 1L reaccionó con 0.5L de HCl al 37% (p/p) y se obtuvo una solución de $AlCl_3$ al 55 %.

Esto se resume en que por cada gramo de aluminio se obtiene 4.6 g de $AlCl_3$. A partir de esta solución se buscó la obtención de cuatro polímeros de aluminio tipo $[(Al_{13}O_4(OH)_{24}(H_2O)_{12})]^{+7}$ a distintos pH, luego mediante la prueba de jarras se buscó la dosis óptima y posterior comparación con el sulfato de aluminio en cuanto a dosis y concentración de aluminio residual en el agua clarificada.

Se concluyó que el polímero catiónico $[(Al_{13}O_4(OH)_{24}(H_2O)_{12})]^{+7}$ a un pH 4.5 tenía buenos resultados para la clarificación del agua con una dosis óptima de 25 a 45 ppm. En comparación con el sulfato de aluminio se observó mejores resultados para el polímero con dosis inferiores a 60% y disminución de aluminio residual del 20%. Estos parámetros favorecieron su uso como mejor coagulante.

Benedetto (1973) en la patente titulada "Process for preparing aluminum trichloride" con el apoyo de la cesionaria Societa italiana Resine S.P.A., Milán-Italia, tiene por objetivo la cloración de aluminio en forma metálica o de compuestos de aluminio (óxidos).

En esta investigación se describe la técnica de cloración de lecho fluidizado. Allí se utiliza partículas de alúmina y no aluminio ya que este metal es muy costoso.

Para obtener estas partículas de alúmina se realiza un tratamiento térmico al hidróxido de aluminio con una temperatura que oscila entre 700°C y 1000°C, durante un intervalo de una a dos horas. Luego se alimenta la alúmina y coque, con un tamaño de partícula entre 0.3 mm y 0.8 mm a un reactor en la proporción de 3/1 o 4/1, respectivamente. La alimentación al lecho fluidizado se ejecuta con la adición de cloro gaseoso durante cierto periodo de tiempo. La temperatura de trabajo está en el rango de 800°C a 1000°C.

La reacción que se llevó a cabo es la siguiente:



Benedetto concluye que, bajo las condiciones dadas, no se debía hacer el tratamiento térmico a una temperatura menor de 450°C, ya que al final el producto (tricloruro de aluminio) tendría humedad y al ser este higroscópico podría generar la presencia de óxido de aluminio.

También señala que trabajando con el lecho fluidizado se tenía un mayor contacto entre gas, sólido y una mejor distribución de calor; y no se debería aglomerar la alúmina con el coque porque se tendría una mala distribución del cloro. Además, observó que estos aglomerados se rompían y producían polvos obstruyentes, una reacción exotérmica, una velocidad de reacción alta y un menor desgaste del reactor.

Es decir, bajo ese rango de temperatura, la vida útil del reactor era de 2 años, mientras que si trabajaba en un rango de 1050°C a 1100°C la vida útil sería de dos meses y el tiempo de contacto del gas cloro debía de ser de 5 a 20 segundos. Se utilizó un carbón tipo coque porque brinda mejor poder calorífico.

Deena (2019) en su investigación titulada “Production of Industrial Coagulant (Poly Aluminium Chloride) From Used Beverage Cans”, propone un método novedoso para la reutilización de chatarra de aluminio: Las latas de aluminio se trituran en polvos finos y se convierten en cloruro de aluminio (AlCl_3). El AlCl_3 preparado se utilizó para producir policloruro de aluminio (PAC), un coagulante. Este estudio también incluye una investigación del efecto de diferentes parámetros variables como la dosis de coagulante, el pH de la solución, la temperatura y la velocidad de mezcla. Utilizando las condiciones óptimas predeterminadas se llevó a cabo la coagulación-floculación del efluente industrial. El análisis de costos para la producción de 1L de PAC sintetizado y PAC disponible comercialmente también se incluye en este trabajo.

Como resultado para la primera etapa se obtuvo 3.3 g de tricloruro de aluminio a partir de 30g de chatarra de aluminio, y agregando 240 ml de hidróxido de sodio se obtuvo 340 ml de PAC. Las condiciones óptimas para la dosificación de coagulante fueron de 30 mg/ml, pH 8 y 30°C , con una velocidad de mezcla de 120 rpm. Del estudio de comparación realizado entre el costo de producción del PAC sintetizado (0.15\$/L) y el PAC disponible comercialmente (0.59\$/L), se puede concluir que el costo de producción del PAC sintetizado es menor que el del PAC comercial.

Campos (2004) en su tesis titulada “Obtención de cloruro de aluminio y sulfato de aluminio a partir de latas de aluminio”, plantea obtener cloruro y sulfato de aluminio a partir de las latas de gaseosa. Para ello, establece como hipótesis que si se separa el aluminio de los demás metales del cuerpo de la lata aplicando

los diagramas de zona de predominio se obtiene cloruro de aluminio con una pureza superior al 99%.

En la parte experimental la chatarra de aluminio fue tratada previamente con tolueno y diclorometano para luego ser cortada en láminas de 0.5g. Estas láminas son tratadas con NaOH al 20%, formando una solución que será filtrada con lo que el precipitado se separará. Posteriormente se toma una alícuota de 20 ml de la solución obtenida y se hace reaccionar con $\text{HCl}_{(cc)}$ hasta pH 4, luego se agregan unas gotas de NaOH 0.1 M hasta que el pH alcance un valor de 6 y 7. El precipitado $\text{Al}(\text{OH})_3$ es separado y atacado con 20 ml de HCl al 25%, producto de la reacción se obtiene AlCl_3 . Como resultado, a partir de 1g de chatarra de aluminio se obtiene 4.1 g de AlCl_3 . Se determinó la pureza del producto, dando como resultado un 99.5 %. Se concluye que los métodos de separación y obtención realizados en esta investigación brindan resultados cuantitativos y purezas aceptables.

Adans, et al (2016) en el artículo científico titulado “Una forma sencilla de producir γ -alúmina a partir de latas de aluminio mediante reacciones de precipitación”, estudian el desarrollo de una ruta diferente para la síntesis de γ -alúmina, utilizando polvos de aluminio obtenidos por molienda de alta energía de latas de aluminio como material de partida. Se utilizaron dos métodos. El primero implica el uso de hidróxido de sodio. Según este método se pesaron 4 g de polvo de aluminio en un vaso de precipitados y tras añadir agua (100 mL) se hizo reaccionar con una solución de ácido clorhídrico (6 M), gota a gota, bajo agitación constante, produciendo tricloruro de aluminio (AlCl_3). Luego se adicionó NaOH,

obteniéndose 10 g de muestra seca $\text{Al}(\text{OH})_3$ y 6 g de muestra calcinada (alúmina).

El segundo método de Adans implica el uso de hidróxido de amonio (NH_4OH). El procedimiento es similar al anterior, el uso de hidróxido de amonio como agente precipitante es importante porque durante la etapa de calcinación (800°C y 4 h) el amoníaco (NH_3) y el gas clorhídrico (HCl) se eliminan por la descomposición del cloruro de amonio y, por tanto, no contaminan el sólido final. Sin embargo, los gases liberados son perjudiciales para la salud y el medio ambiente. Los resultados mostraron que los métodos de preparación utilizados dieron una estructura de γ -alúmina, confirmada por XRD, con valores de área superficial (174 y $204 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) cercanos a los de la γ -alúmina comercial. Cyanamid Ketjen ($180 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) o una alúmina preparada por una ruta de precipitación típica ($203 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$).

Se concluye que la reacción del aluminio con ácido clorhídrico es muy relevante porque es una de las rutas por las que se puede producir hidrógeno, un combustible ecológico.

Al comparar los agentes precipitantes se puede observar que el hidróxido de sodio tiene más ventajas que el hidróxido de amonio ya que no es necesario eliminar productos nocivos para el medio ambiente. La γ -alúmina mostró una elevada superficie ($204 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$), cercana a la alúmina comercial ($180 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) o a la alúmina preparada por un método típico de precipitación ($203 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$). El rendimiento de la γ -alúmina preparada a partir de los polvos de aluminio fue

similar al obtenido por el método de precipitación convencional con la ventaja adicional del ahorro de energía mediante el reciclaje.

2.1.2. Antecedente Nacional

Avalos (2016) en su investigación titulada "*Proceso para la obtención de hidroxiclورو de aluminio a nivel laboratorio*", se trazó como objetivo obtener hidroxiclورو de aluminio, también denominado policloruro de aluminio (PAC), y comprobar su efectividad en el tratamiento de aguas residuales. Para esto mostró dos métodos comparativos de la obtención de hidroxiclورو de aluminio y en base a sus resultados eligió el mejor método.

En la discusión de resultados, en el primer método se obtuvo 100 g de tricloruro de aluminio a partir de 20.7 g de aluminio. Luego realizó la polimerización con ácido clorhídrico concentrado. En el segundo método usó aluminio y ácido clorhídrico en presencia de carbonato de sodio. Este último permite la obtención del aluminato de sodio, para luego realizar la polimerización.

En ambos métodos se logró la obtención del hidroxiclورو de aluminio. El método que dio mejores resultados fue el primer método por el tiempo de reacción, la operacionalización del proceso y la calidad del producto. Para evaluar la efectividad del producto se realizó la prueba de jarras donde se presenció la generación de flóculos y posterior sedimentación, verificándose el poder coagulante del policloruro obtenido.

2.2. Bases Teóricas

A finales del siglo XIX el aluminio se convertiría en un competidor económico debido a sus usos en ingeniería y a la demanda de metales por sus características exclusivas por ser liviano, por su apariencia, versatilidad, resistencia a la corrosión entre otras propiedades físicas y mecánicas. Simultáneamente, en 1886 se desarrolló la reducción electrolítica de aluminio (Al_2O_3) disuelta en criolita (mineral de aluminio) fundida para producir aluminio y apareció el primer motor de combustión interna para vehículos. Entonces el aluminio incrementaría su valor en ingeniería, por su uso en partes de automotores.

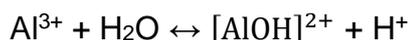
Luego la producción de este metal a partir de su mineral base (bauxita) y la realización de un sin número de productos. Se descubrió que el aluminio era reciclable, convirtiéndose en el material más valioso entre los residuos ya que ofrecería un gran incentivo económico para su reciclado y este proceso se podría repetir una y otra vez sin que este perdiera sus propiedades ocasionando oportunidades de producción de aluminio a partir de chatarra, proceso que es mucho más económico y trae grandes beneficios medioambientales, económicos y sociales. La producción de aluminio primario y secundario esta integralmente relacionada y son complementarias (Arciniegas, 2007, p.9)

2.2.1. Hidrólisis del Aluminio

En medios ácido predomina el Al^{+3} que coexiste con los cationes básicos $[\text{AlOH}]^{+2}$, $[\text{Al}(\text{OH})_2]^{+29}$, $[\text{Al}(\text{OH})_2]^{+30}$, $[\text{Al}(\text{OH})_2]^{+31}$ y $[\text{Al}(\text{OH})_2]^{+32}$. Estas

especies, y el acusado carácter ácido del Al^{3+} , ocasionan la precipitación de sales básicas de aluminio antes que hidróxido de aluminio. El $[\text{AlOH}]^{+2}$ aparece por encima de un valor de pH 3 y se forma rápida y reversiblemente (Rodríguez, 2001, p.5)

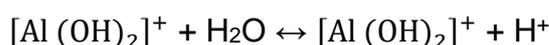
Esta especie $[\text{AlOH}]^{+2}$ se obtiene a partir de la siguiente reacción:



La otra especie básica $[\text{Al}(\text{OH})_2]^+$ se forma a través de la siguiente reacción



o por reacción de la especie $[\text{Al}(\text{OH})_2]^+$ según:



De acuerdo con la reacción “Los protones H^+ generados por la formación de estas especies mononucleares neutralizarían los iones OH^- producidos por la disociación del hidróxido de amonio NH_4OH que se añade a la disolución. Esto justifica el alto consumo de iones hidroxilo” (Rodríguez, 2001, p.5)

Además, el NH_3 es el único que se comporta como un reactivo básico. Un ácido débil como el catión amonio, y considerando que la disolución reguladora $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ tiene un pH de aproximadamente 9, puede ocasionar la precipitación de hidróxido de aluminio, este precipitado de $\text{Al}(\text{OH})_3$ será separado y se hará reaccionar con el HCl para la obtención del AlCl_3 en solución (Rodríguez, 2001, p.5)

2.2.2. Precipitación Alcalina

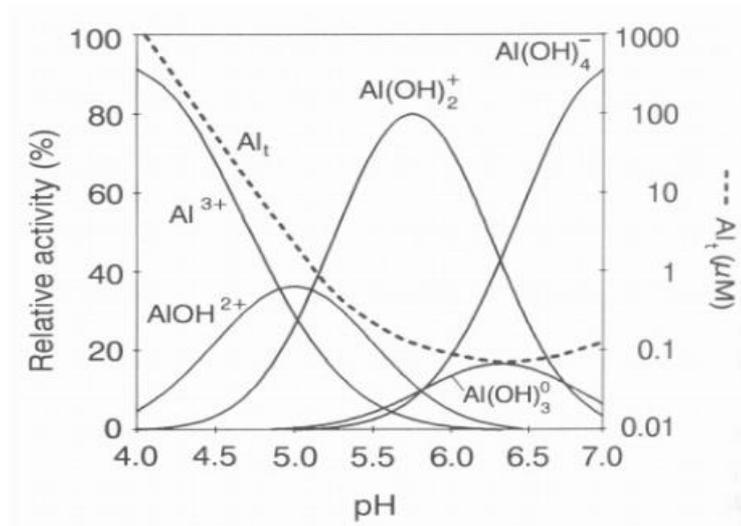
La precipitación del aluminio en su forma de hidróxido es una de las etapas más importantes y críticas del proceso, aquí la variable de pH tuvo un papel

determinante, ya que de esta depende la cantidad y la pureza del tricloruro de aluminio obtenido.

La Figura 1, Solubilidad de Aluminio de acuerdo con pH, Kinraide (1991), muestra el comportamiento de la solubilidad del aluminio a diferentes valores de pH.

Figura 1

Solubilidad de Aluminio de acuerdo con el pH



Fuente: Kinraide (1991)

Esto ayudó para trabajar con el pH adecuado para la precipitación del aluminio.

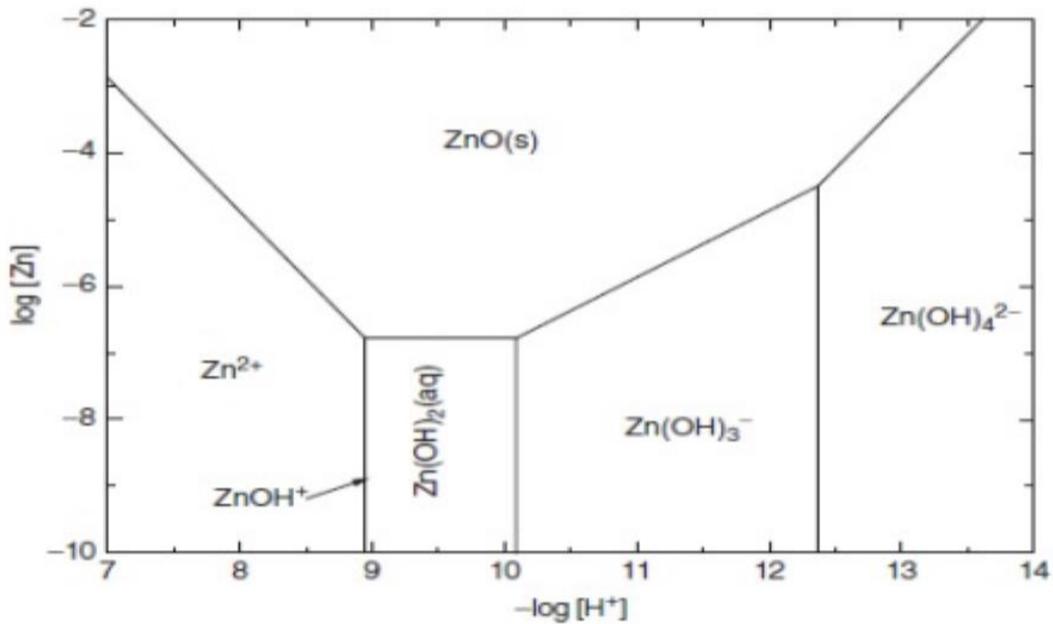
Según Kinraide (1991) para precipitar al aluminio se debe trabajar en un rango de pH de 5.5 a 7.5, esto será regulado con el NH_4OH .

De los Angeles (2018) en su trabajo "Aporte a la Química del Zn (II) en Solución Acuosa. Sistema Ternario Zn(ii)- His- Cys y el sistema H^+ -His-Cys" muestra en la figura 2 un diagrama de predominancia de la concentración del Zn en función al pH.

Al operar en un pH de 5.5 a 7.5, el Zn estuvo presente en solución acuosa, lo cual permitió separar el aluminio en su forma de hidróxido por centrifugación.

Figura 2

Diagrama de Predominancia para el Ión Zn (II) a 25 °C.



Fuente: De los Ángeles (2018)

2.2.3. Contenido de Aluminio y otros metales en latas de gaseosas

El porcentaje de aluminio en la chatarra fue fundamental en la obtención del tricloruro de aluminio. Esto debido a que hubo una relación directa entre el porcentaje de aluminio presente en la chatarra y la cantidad obtenida de tricloruro de aluminio.

“La empresa ALU-STOCK S.A que vende aluminio para envases de bebidas, especifica su composición de la siguiente manera” (Sulla, 2015, p.67)

Tabla 1*Composición de Aluminio de Envases de Bebidas*

Si	Cu	Mn	Zn	Ti	Al	Otros
1.0%	0.05%	0.05%	0.10%	0.05%	98.60%	0.15%

Fuente: Sulla (2015)

Las latas de gaseosas presentan en su composición un gran contenido de aluminio. “Las latas de bebidas consisten principalmente en aluminio, pero contiene pequeñas cantidades de otros metales. Suelen ser magnesio, manganeso, hierro, silicio y cobre” (Hasan, 2008) Ver tabla 2.

Tabla 2*Composición de Aluminio de las Latas de Bebidas*

	Al	Mn	Mg
Composición (%)	97.8	1.2	1.0

Fuente: Hasan (2008)

De acuerdo con estas fuentes de información, se consideró que el porcentaje de aluminio de las latas de gaseosas para la investigación es de 98.5%. Esta información se usó para poder determinar la cantidad de tricloruro de aluminio que se obtendrá experimentalmente a nivel laboratorio

2.2.4. Reciclaje del aluminio.

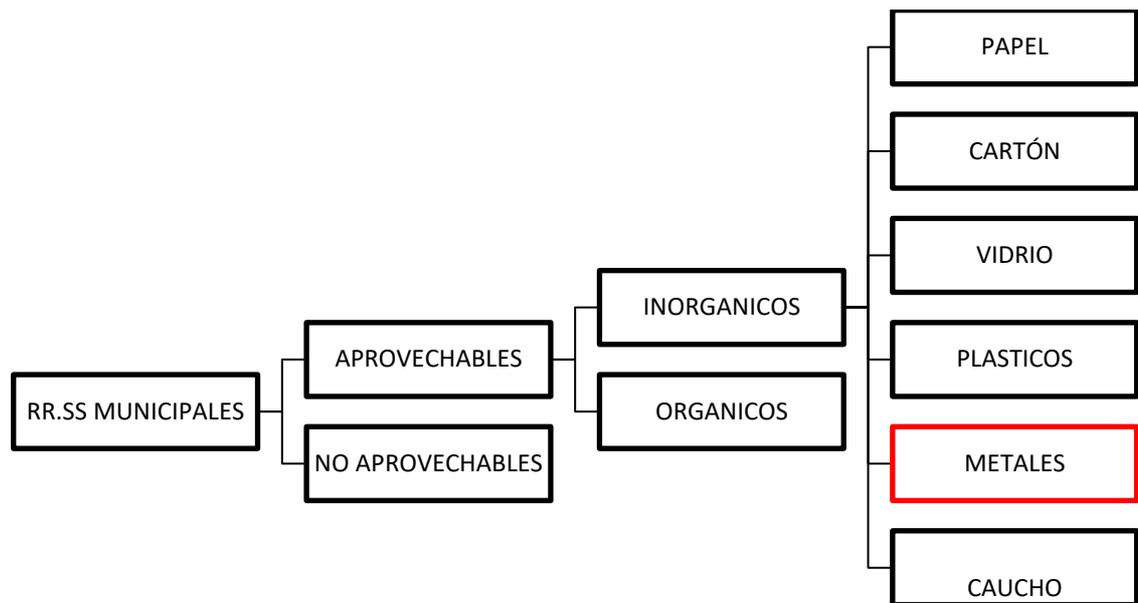
Según el artículo 31 de la ley de gestión integral en residuos sólidos N°1278, reglamentado en el D.S 014 2017 MINAM, los residuos sólidos se clasifican

según su manejo en peligrosos y no peligrosos, y según su gestión en municipales y no municipales.

De acuerdo con la guía para la caracterización de residuos sólidos municipales, los residuos sólidos municipales se clasifican en aprovechables y no aprovechables (Figura 3). Si son aprovechables se dividen en orgánicos e inorgánicos. La chatarra de aluminio se encuentra dentro de los residuos sólidos municipales aprovechables Inorgánicos.

Figura 3

Clasificación de Residuos Sólidos Municipales



Una de las ventajas de reciclar el aluminio es que, al ser cotizado y rentable con un importante mercado a nivel mundial, el aluminio recogido tiene garantizado su reciclado. El reciclaje de aluminio produce beneficios ya que proporciona fuente de ingresos y ocupación para la mano de obra no calificada. Al utilizar aluminio recuperado en el proceso de fabricación de nuevos productos existe un ahorro de energía de 95% respecto a si se

utilizara materia prima virgen (bauxita). Un residuo de aluminio es fácil de manejar: es ligero, no se rompe, no arde y no se oxida, por lo mismo es también fácil de transportar, el reciclaje de aluminio aporta además importantes beneficios medio ambientales (Hernández, 2017)

2.2.5. Disposición Final de Residuos Sólidos

Las municipalidades provinciales deben regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial; así como las municipalidades distritales deben proveer el servicio de limpieza pública determinando áreas de acumulación de desechos, rellenos sanitarios y del aprovechamiento industrial de desperdicios (Ley N° 27972, 2003)

“El reciclaje de productos de aluminio post-consumo ahorra más de 90 millones de toneladas de CO₂ y más de 100.000 GWh de energía eléctrica” (Garfias, 2019)

2.2.6. Bauxita

“La bauxita fue descubierta en Les Baux, Francia en el año 1821 por Berthier. Es una roca rojiza con alto porcentaje alúmina (40%), es la fuente natural del aluminio” (Alves, 2005)

Producción de alúmina

Esto es realizado a través del uso del proceso químico Bayer en las refinерías de alúmina. El óxido de aluminio es separado de las otras sustancias de la bauxita mediante solución de soda cáustica (hidróxido de sodio) a alta presión y temperatura. La mezcla obtenida, contiene una solución de aluminato de sodio y partículas insolubles de bauxita (como

son hierro, silicio y titanio), es filtrada para remover todas las partículas, estos residuos caen al fondo del tanque y se retiran. Se les conoce coloquialmente como barro rojo. La solución de aluminato de sodio claro es bombeada a un enorme tanque llamado precipitador, y luego pasan a través de un horno de calcinación rotatorio a 1100°C para expulsar el agua contaminada químicamente. Después de la calcinación, el producto final (alúmina pura), es un fino polvo blanco. El proceso para obtener alúmina pura a partir de la bauxita ha cambiado muy poco desde finales del siglo XIX (Palas, 2012)

2.2.7. Tricloruro de Aluminio

a) Aspecto. Polvo cristalino amarillento o blanco grisáceo con un olor acre (Departamento de Salud de New Jersey, 2008)

b) Propiedades químicas y físicas.

Fórmulas: AlCl_3 (anhidro), $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (hexahidrato)

Masa molar: 133.34 g/mol (anhidro), 241.43 g/mol (hexahidrato)

Punto de fusión AlCl_3 (anhidro): 192.4 °C.

Punto de ebullición: Sublima a 178 °C, por lo que no es fácil obtener el punto de ebullición del cloruro de aluminio.

Densidad: 2.48 g/cm³ (anhidro), 2.398 g/cm³ (hexahidrato)

Solubilidad en agua: 439 g/L a 0 °C; 458 g/L a 20 °C; 466 g/L a 30 °C

“El cloruro de aluminio es un compuesto higroscópico que puede absorber agua del aire húmedo, emitiendo un humo durante el proceso.

Solubilidad en otros disolventes: Soluble en etanol, cloroformo, tetracloruro de

carbono, benzofenona y nitrobenzeno. Ligeramente soluble en benceno”
(Torres, 2021)

Presión de vapor: 13.3 kPa a 151 °C (0.131 atm).

Viscosidad: 0.35 cP a 197 °C

Reactividad: La licenciada Torres define la reactividad del cloruro de aluminio.

El cloruro de aluminio es una sustancia anfótera, es decir, se comporta como un ácido o una base. Sin embargo, su acción como ácido es preponderante, ya que el cloruro de aluminio se utiliza como un ácido de Lewis y al mismo tiempo es un catalizador en muchas reacciones químicas; entre ellas, la reacción de Friedel-Crafts. El cloruro de aluminio anhidro en solución acuosa se transforma en la sal hexahidratada ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), la cual no regresa a la forma anhidra por calentamiento. Los átomos de aluminio de dos moléculas de AlCl_3 interactúan entre sí para completar 8 electrones en su capa de valencia, lo cual resulta en la formación del dímero Al_2Cl_6 . Este dímero está presente en el cloruro de aluminio fundido y en el vapor (Torres, 2021)

c) Usos. Se utiliza como intermediario químico para compuestos de aluminio, como catalizador para desintegración catalítica del petróleo, para conservar la madera y en medicamentos, desinfectantes, cosméticos, fotografía y textiles (Departamento de Salud de New Jersey, 2008)

Antitranspirante y antihemorrágico

El cloruro de aluminio se usa como antitranspirante en los desodorantes personales, y además se usa para controlar la sudoración excesiva (hiperhidrosis). También se usa en formulaciones para controlar

hemorragias pequeñas, tales como las que se presentan en los tratamientos dentales (Torres, 2021)

Tratamiento de aguas residuales “El cloruro de aluminio bajo la forma de PAC (cloruro de poli aluminio), es utilizado como coagulante en el tratamiento de las aguas residuales industriales, debido a su capacidad de clarificar el agua y deshidratar los lodos” (Torres, 2021)

Catalizador

El cloruro de aluminio es uno de los principales catalizadores que se utilizan en la industria, actuando como catalizador en numerosas reacciones, entre ellas la de Friedel-Crafts. El cloruro de aluminio cataliza las reacciones de preparación de las antraquinonas, algunas de las cuales se utilizan en la industria textil. También existen antraquinonas que tienen propiedades antibacterianas, antiparasitarias, fungicidas y antivirales. El cloruro de aluminio cataliza las reacciones que producen el dodecibenceno, usado en la producción de detergentes, y el etilbenceno, compuesto utilizado en la fabricación de poliestireno, polímero empleado en la elaboración de plásticos, resinas y hule. También se utiliza el cloruro de aluminio como catalizador en una reacción que forma parte de la producción de gasolina de alto octanaje. Asimismo, cataliza el proceso de craqueo del petróleo (Torres, 2021)

Peligros de Usos, “El cloruro de aluminio es una sustancia corrosiva y su contacto puede producir irritación y lesiones en la piel y en los ojos, llegando a producir un daño ocular” (Torres, 2021)

Al disolverse en el agua puede desprender gases venenosos, como el cloruro de hidrógeno; gases capaces de producir por inhalación una irritación de la nariz y garganta, pudiendo causar tos e irritación pulmonar. Esta irritación puede llevar a la acumulación de líquido en los pulmones (edema pulmonar), lo que termina en una emergencia médica. Se ha tratado de establecer una conexión entre la generación de la enfermedad de Alzheimer y el cloruro de aluminio; aunque los resultados de la investigación no son concluyentes. Asimismo, se ha investigado la conexión entre el uso de desodorantes que emplean como antitranspirante al AlCl_3 y el cáncer de seno. La investigación al respecto no ha podido demostrar una relación concluyente. En todo caso, el cloruro de aluminio bloquea el funcionamiento de un sistema de desintoxicación natural del organismo y de la emisión de calor, como es el sudor (Torres, 2021)

2.2.9 Obtención de tricloruro de aluminio

a) Obtención de Tricloruro de Aluminio a Nivel Industrial

La Toth Aluminum Corporation propone un método para obtener el tricloruro de aluminio a partir de arcillas ricas en bauxita o alúmina, el proceso se describe a continuación:

La arcilla se calienta para eliminar el vapor de agua , luego se clora en presencia de carbono a $900\text{ }^\circ\text{C}$, a la salida del clorador se envía a un separador de contracorriente donde los componentes con los puntos de ebullición más altos, AlCl_3 , FeCl_3 y NaCl se eliminan, a continuación, en el segundo separador de contracorriente se elimina el TiCl_4 y el SiCl_4 y la cola de gas (tail Gas), como se

muestra en la figura 4 principalmente óxidos de carbono, se ventila a la atmósfera después de la limpieza.

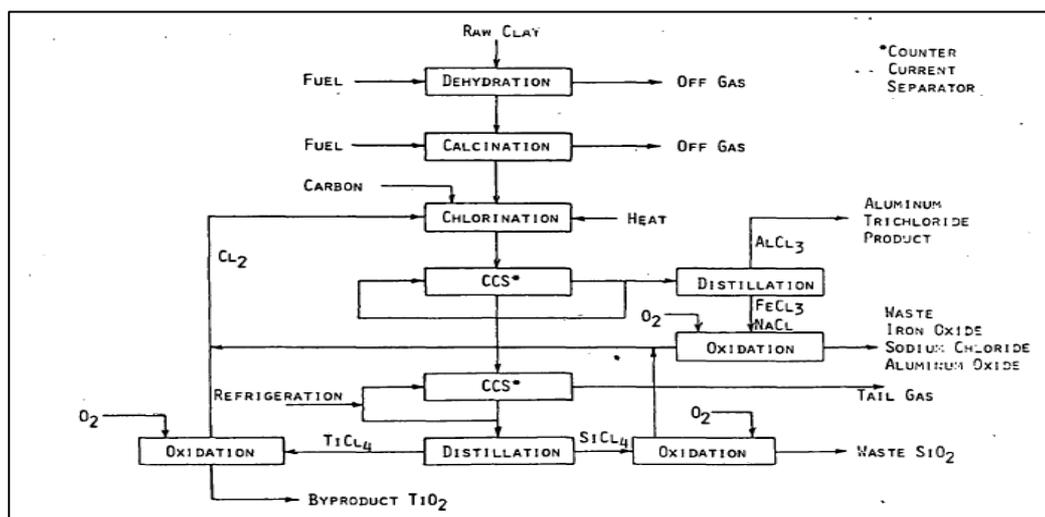
El efluente del primer separador de contracorriente se destila para separar el $AlCl_3$ del $FeCl_3$ y luego tratarlo con oxígeno para producir Fe_2O_3 y $NaCl$ con Fe_2O_3 disponibles como producto, el cloro liberado se recircula al circuito de cloración. En consecuencia, el $TiCl_4$ y $SiCl_4$ separados en la segunda etapa de destilación se oxidan y se disponen como producto, mientras el cloro se recicla al clorador. Si la oxidación del $TiCl_4$ se maneja adecuadamente, el TiO_2 resultante tiene valor razonable como pigmento de pintura.

En el caso del SiO_2 , puede estar presente en forma de pequeñas partículas, similar al TiO_2 , pero el mercado para este producto es limitado (Jones, 1980)

La figura 4 presenta el proceso de cloración de Toth modificado para producir tricloruro de aluminio.

Figura 4

Proceso de Cloración de Toth Modificado para Producir Tricloruro de Aluminio

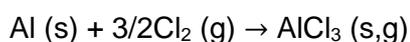


Fuente: Jones (1980)

b) Obtención de Tricloruro de Aluminio por Cloración Directa

Álvarez (2003) realizó la obtención del tricloruro de aluminio por cloración directa, donde compara dos metodologías: en un sistema de flujo de cloro y en un sistema cerrado. Teniendo como objetivo encontrar una relación entre la cantidad de cloro presente, las características de los residuos, la temperatura de reacción con la conversión, y el producto resultante. Para la caracterización del producto uso la espectroscopía dispersiva en energía (EDE).

Álvarez (2003), planteó que el gas cloro usado fue de pureza 98.9%, el reactivo sólido fue una aleación de aluminio 6061 (Mg: 0.80-1.20 %, Si: 0.40-0.80 %, Cu: 0.15-0.40 %, Cr 0.04-0.35 %, Fe: 0.70 %, Zn: 0.25 %, Mn: 0.15 %, Ti: 0.15 %, Al: Resto). Para el sistema en flujo, usaron 608 mg de aleación y se purgo una corriente de cloro de 2 L/h a presión atmosférica, se calentó el sistema hasta isothermas de 150° , 200° , 250° , 300° y 400°C. Para el sistema cerrado se usaron masas de 6 a 32 mg, y se ubicó en un equipo encapsulado con cloro gaseoso a presiones de 0.8 KPa a 74 KPa y se elevó la temperatura en un rango de 200° y 500 °C.



Álvarez (2003), concluye que los sistemas cerrados permitieron seguir la evolución del ataque del cloro en la aleación, con un aumento de presión a temperaturas mayores de 200 °C, lo cual demuestra una gran dependencia de la reactividad del sistema con la presión del cloro y que el sistema en flujo resulto ser más efectivo respecto a la producción de cloruro de aluminio.

2.3. Conceptual

En la presente tesis, los conocimientos y conceptos están relacionados con el reciclaje, coagulación, floculación, la hidrólisis y precipitación química del aluminio.

En Perú el reciclaje es una actividad indispensable, ya que además de generar puestos de trabajo, contribuye con el cuidado del medio ambiente. Esta actividad conlleva a la reutilización de los residuos de aluminio, por ejemplo la chatarra de aluminio, que puede ser recuperada para la obtención de otros productos como el tricloruro de aluminio que es de gran aplicación industrial. El aprovechamiento de la chatarra de aluminio implica la reducción de los costos de importación del tricloruro de aluminio.

Para la obtención del tricloruro de aluminio nos basamos en los principios de hidrólisis y precipitación del aluminio. La hidrólisis es el proceso de reacción química que se da entre una molécula de agua y otra molécula, en este caso el aluminio, donde la molécula de agua se disocia y sus átomos se unen al aluminio formando una nueva especie química.

La precipitación es el proceso por el cual se genera un sólido, como resultado de reacciones químicas. Las nuevas especies químicas formadas en la hidrolisis precipitarán en función al pH del medio,

El tricloruro de aluminio obtenido tiene propiedades de coagulante químico, porque desestabiliza las fuerzas de repulsión y genera que las moléculas se atraigan generando flóculos. El proceso siguiente a la coagulación es la floculación, donde se forman flóculos de mayor tamaño que precipitarán por gravedad.

2.4. Definición de términos básicos

Centrifugación, proceso en el cual las partículas se separan de un fluido por la acción de la fuerza centrífuga (Geankoplis, 1998, p.916)

Evaporación, operación unitaria que consiste en la adición de calor a una solución para evaporar el disolvente que por lo general es el agua (Geankoplis, 1998, p. 547)

Hidrolisis de sales, cuando las sales se disuelven se establece un equilibrio entre los iones de la sal y los del agua, y la solución que resulta puede ser neutra, alcalina o acida, según al grupo que pertenece la sal (Vogel, 1951, p.34)

Precipitación. En la precipitación se da la adición de productos químicos con el objetivo de alterar el estado físico de los sólidos disueltos y en suspensión, y de facilitar su sedimentación (Oyarzo, 2007, p.17)

Coagulación. Proceso de desestabilización química de las partículas coloidales, dicha desestabilización ocurre cuando se neutralizan las fuerzas que las mantienen separadas (Oyarzo, 2007, p.21)

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

Operando a una concentración de 6 molar de NaOH, un tamaño de partícula 90 μm y pH = 6 se obtendrá la mayor masa de tricloruro de aluminio

3.1.2. Hipótesis Específicas

Si el porcentaje de aluminio en la chatarra es mayor al 80% se puede obtener tricloruro de aluminio.

Las variables para la obtención de tricloruro de aluminio serán concentración del NaOH, pH y tamaño de partícula.

El rendimiento en la obtención de tricloruro de aluminio será mayor a 70%.

3.2. Definición Conceptual de Variables

Variable Dependiente: Conceptualmente, la variable dependiente viene a representar lo que se desea lograr. En la presente investigación se define como $Y = \text{Masa de Tricloruro de Aluminio}$. La masa de tricloruro de aluminio depende del tamaño de partícula, concentración de NaOH y pH y de la manera en cómo se interrelacionaron para obtener la mayor masa de tricloruro de aluminio.

Variables Independientes

$X =$ representa las variables del proceso de obtención que permiten obtener la mayor masa de tricloruro de aluminio. En la presente tesis se consideró:

X₁: Tamaño de Partícula de la chatarra de aluminio. El tamaño de la partícula fue fundamental, ya que de esta variable se observó que tan eficiente fue la reacción, un menor tamaño de partícula tuvo mayor área superficial para el ataque por parte de los reactivos como el NaOH y HCl, así la reacción se desarrolló de forma más rápida y eficiente.

X₂: Concentración de Solución de NaOH. La concentración del NaOH con el cual se atacó químicamente la chatarra de aluminio será determinante para llevar a disolución los iones presentes en la chatarra de aluminio, entre estos iones en disolución se encuentra el catión Al⁺³, que reaccionará iónicamente con los iones Cloruros (Cl⁻), los cuales provendrán del ácido clorhídrico que se agregue, para así forman el tricloruro de aluminio (AlCl₃).

X₃: pH. Con esta variable se controló el medio básico en el que debe encontrar los cationes de Al⁺³ para que pueda reaccionar con los iones cloruros (Cl⁻).

3.2.1. Operacionalización de variable

Tabla 3

Operacionalización de Variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODOS
Variable dependiente: Masa de tricloruro de aluminio obtenida en el proceso	Y: Masa de tricloruro de aluminio	g AlCl ₃	Experimental en el laboratorio
Variables Independientes: X=Las variables del proceso de obtención del tricloruro de aluminio	X ₁ : Tamaño de partícula X ₂ : Concentración de NaOH	μm mol/L	Análisis Granulométrico Ensayos Volumétricos
	X ₃ : pH	Concentración de iones H ⁺	Ensayo Experimental

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y Diseño de la Investigación

4.1.1. Tipo de Investigación

La investigación se encuentra ubicada en la línea prioritaria de investigación de la UNAC dentro del área de ingeniería y tecnología, en la subárea de ingeniería química.

La presente investigación es aplicada y predictiva, puesto que emplea los conocimientos científicos, busca realizar acciones y desarrollar conocimientos que puedan ser aplicados para solucionar problemas prácticos, partiendo de materiales residuales como la chatarra de aluminio.

El nivel de investigación fue experimental, porque se manipularon experimentalmente las variables como tamaño de partícula de la chatarra tratada, concentración de hidróxido de sodio utilizada para la formación de hidróxido de aluminio y pH de la solución para la cual se obtiene la mayor cantidad de hidróxido de aluminio.

Es exploratorio porque utiliza la observación para la recolección de datos, medición e interpretación de los resultados (Hernández, 2014)

4.1.2. Diseño de la Investigación

Para la presente investigación se realizó las siguientes etapas:

a) Investigación Bibliográfica: Revisión bibliográfica, búsqueda, recopilación, crítica y selección sobre la obtención de tricloruro de aluminio a partir de chatarra de aluminio.

- b) Análisis y determinación del proceso de obtención de tricloruro de aluminio y subproductos.
- c) Determinación de las variables de proceso, como tamaño de partícula de las chatarras de aluminio, concentración de hidróxido de sodio, pH de la solución de donde se obtuvo el tricloruro de aluminio.
- d) Obtención de resultados, cálculos y posterior discusión de resultados.

La presente investigación se encuentra enmarcada dentro del tipo de diseño experimental, la cual guarda una correlación con el Método de Taguchi.

El diseño Experimental Taguchi de acuerdo con Kavanaugh (2002) indica que son “Diseños robustos y que minimizan la función de pérdida económica debido a las corridas en condiciones no óptimas”, es decir minimiza costos de la experimentación, comparado con los métodos factoriales clásicos.

El diseño Taguchi usa el símbolo L seguido de un número que señala el número de experimentos que se realizan, en este caso L_8 .

Se definen:

a= Número de experimentos que se realizaron en la investigación.

b=Número de niveles de las variables independientes, en la investigación son 2

c= Número de variables independientes.

La investigación desarrolló el diseño ortogonal Taguchi con 3 Factores y 2 Niveles para cada factor, como se detalla en la tabla 4.

Tabla 4*Factores y Niveles para el Experimento*

Factores			
Nivel	Tamaño de Partícula (Micrómetros)	Concentración de NaOH (mol/L)	pH
1	90	6	6
2	105	5	7

Se procedió con el diseño experimental de Taguchi usando el software MINITAB 18, la tabla 5 muestra las combinaciones experimentales de diseño experimental de Taguchi

Tabla 5*Diseño Experimental Según Taguchi*

Factores o Variables Independientes				
N°				
N°	X1	X2	X3	
1	1	1	1	
2	1	1	2	
3	2	2	1	
4	2	2	2	
5	1	2	1	
6	1	2	2	
7	2	1	1	
8	2	1	2	

Los experimentos se desarrollados con intervención de las variables se muestran en la tabla 6.

Tabla 6

Diseño Experimental de la Investigación

N°	X1	X2	X3
	Tamaño de partícula(um)	Concentración de NaOH (mol/L)	pH
1	90	6	6
2	90	6	7
3	105	5	6
4	105	5	7
5	90	5	6
6	90	5	7
7	105	6	6
8	105	6	7

4.2. Método de la Investigación

El método de la investigación fue observacional, experimental, analítico, lógico, y de tipo hipotético deductivo, ya que se partió de una hipótesis inicial, para luego obtener conclusiones particulares de ella, que luego serán comprobadas experimentalmente (Bernal, 2010, pp. 60,61)

4.3. Población y Muestra

4.3.1. Población

No aplica, porque es de tipo experimental.

4.3.2. Muestra

La muestra está definida en base a la capacidad volumétrica del crisol a nivel laboratorio, para el cálculo del volumen se consideró los siguientes datos del crisol:

Dimensiones del crisol:

Radio mayor $R=3$ cm

Radio Menor $r=1.5$ cm

Altura $h=10$ cm

En este caso la muestra seleccionada por conveniencia es de 3.95 g de chatarra de aluminio.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

La presente tesis se realizó en los laboratorios de Investigación y laboratorio de operaciones unitarias (LOPU) de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao (FIQ-UNAC) y en las instalaciones del Instituto de Investigación Especializado en Agroindustrias (IIEA-UNAC). El periodo de desarrollo está comprendido entre el 2019 y 2021.

4.5. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de la Información

4.5.1. Instrumentos

a) Equipos

Plancha Eléctrica

Centrifugadora

Balanzas Analíticas sensibilidad 0.1 mg

Potenciómetro Marca Isolab

Termómetro Digital

Campana extractora

b) Materiales

Crisol de Cerámico

Espátulas

Papel filtro N°40 (Marca Sartorius)

Luna de reloj (\varnothing 90 mm)

Mechero Bunsen

Vaso de precipitados (250 y 500 mL)

Piceta 500 mL

Probeta 100 mL

Pinzas de acero inoxidable con curvatura

Trípode.

Bagueta

c) Materia Prima y Reactivos

Chatarra de aluminio (latas de gaseosa)

Hidróxido de Sodio

Ácido Clorhídrico

Hidróxido de Amonio

Cloruro de Amonio

Acetona Comercial

Agua destilada

d) EPP's

Guantes nitrilo

Mandil de laboratorio

Lentes protectores

Respirador de media cara 3M

4.5.2. Metodología

a) Pretratamiento.

Se retiró la capa de resina con ayuda de acetona, hasta obtener láminas limpias.

Se redujo el tamaño a las láminas limpias y se separó por análisis granulométrico mediante tamizado.

Figura 5

Limpieza de Resina de las Latas de Gaseosa



Figura 6

Chatarra de Aluminio Triturada

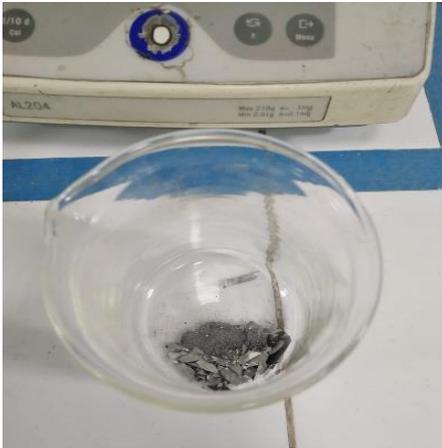


Figura 7

Mallas 140 y 170 ASTM



b) Proceso de obtención de tricloruro de aluminio.

Pesado de la muestra, se pesó 3.95 gramos chatarra de aluminio para luego agregar la solución de hidróxido de sodio.

Figura 8

Muestra de Chatarra de Aluminio



Reacción con el NaOH, se calienta y se agrega 40 ml de hidróxido de sodio (6M), esta reacción se torna violenta, reacción exotérmica, por lo que se recomienda hacerlo en un crisol, y bajo una campana extractora agregar el NaOH lentamente.

Calentamiento, una vez finalizada la reacción se calentó hasta disolución total, se observó la formación de un precipitado color marrón.

Figura 9

Reacción del NaOH y la Chatarra de Aluminio



Diluir en 100 ml de agua destilada caliente, este funcionó como disolvente. Luego se filtró y se lavó con agua destilada caliente, el residuo insoluble contiene las impurezas (hierro, manganeso, entre otros). El filtrado contiene aluminatos (AlO^-) y zincatos.

Figura 10

Formación de la Solución de Aluminatos



Obtenida la solución de aluminatos (AlO^-) y zincatos se verificó el pH 13 y se le agregó ácido clorhídrico (6M) hasta acidez (pH=4). Como el aluminio está en su forma de ión (Al^{+3}), se agregó un buffer (hidróxido de amonio y cloruro de amonio) con la finalidad de formar el hidróxido de aluminio (gel blanco), los iones contaminantes (Zn^{+2} , Cu^{+2} , Ca^{+2}) formarán compuestos complejos manteniéndose en la solución, la precipitación del Al y la formación de los compuestos complejos se dá a un pH 6.

Luego se centrifugó la solución que contiene el precipitado gelatinoso de hidróxido de aluminio, la solución sobrenadante se separó cuidadosamente. Al precipitado gelatinoso se le agregó HCl 6M para disolverlo, luego se llevó a calentamiento progresivo, para la evaporación de agua, quedando en el fondo del vaso precipitado la sal de tricloruro de aluminio.

Figura 11

Diagrama de Flujo para la Obtención de Tricloruro de Aluminio a partir de Chatarra de Aluminio

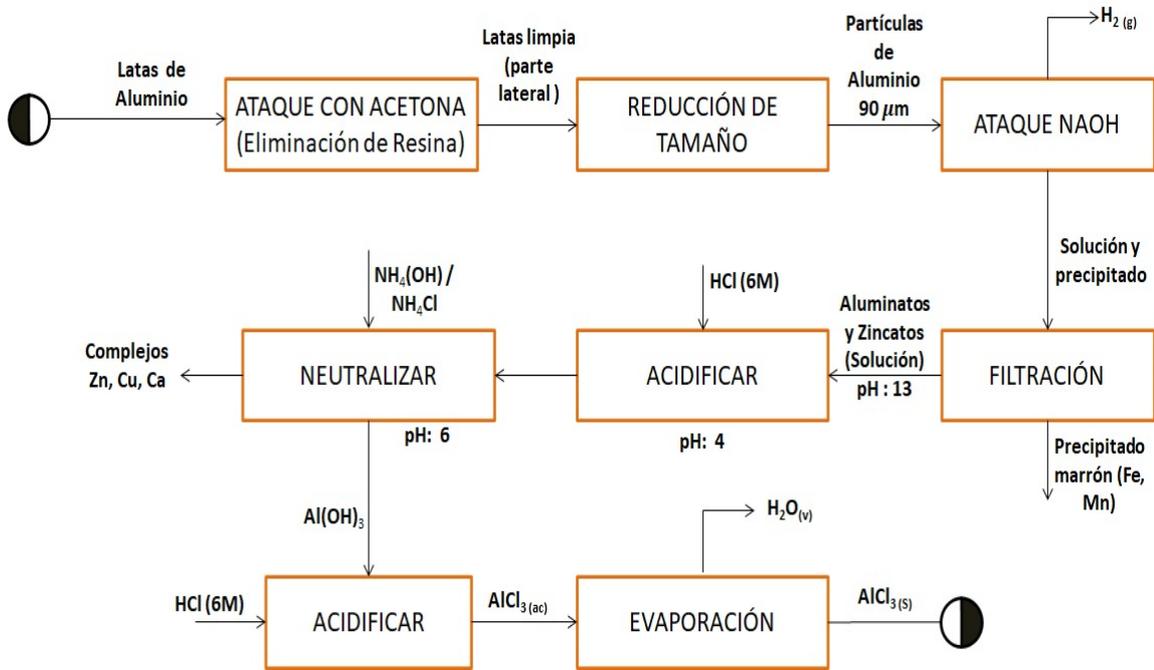


Figura 12

Evaporación de la Solución de Tricloruro de Aluminio

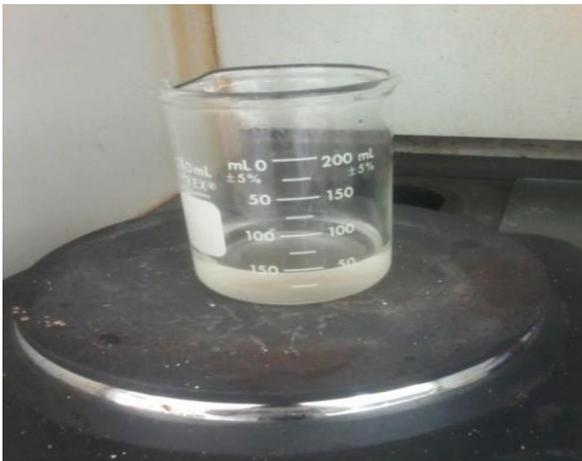


Figura 13

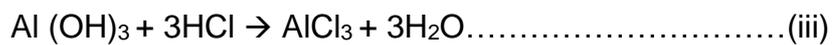
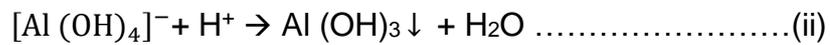
Tricloruro de Aluminio Sólido



Las reacciones involucradas en el proceso fueron:

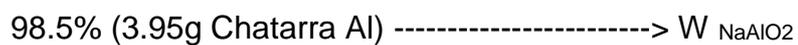
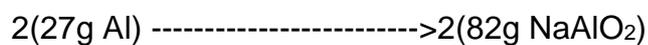
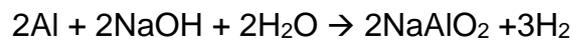


En solución los iones aluminatos tienen la estructura $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ (Campos, 2004)



Cálculo de la masa teórica

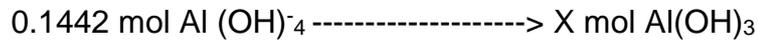
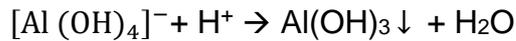
De la ecuación (i)



$$W_{\text{NaAlO}_2} = 11.82 \text{ g NaAlO}_2$$

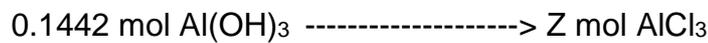
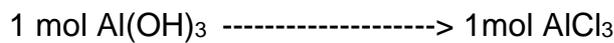
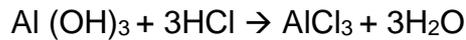
$$n_{\text{NaAlO}_2} = \frac{W_{\text{NaAlO}_2}}{M_{\text{NaAlO}_2}} = \frac{11.82 \text{ g NaAlO}_2}{82 \text{ g/mol}} = 0.1442 \text{ mol NaAlO}_2$$

De la ecuación (ii)



$$X = 0.1442 \text{ mol Al}(\text{OH})_3$$

De la ecuación (iii)



$$Z = 0.1442 \text{ mol AlCl}_3$$

$$W_{\text{AlCl}_3} = n_{\text{AlCl}_3} \times M_{\text{AlCl}_3}$$

$$W_{\text{AlCl}_3} = 19.25 \text{ g AlCl}_3 \text{ (Masa Teórica)}$$

4.6. Análisis y Procesamiento de Datos

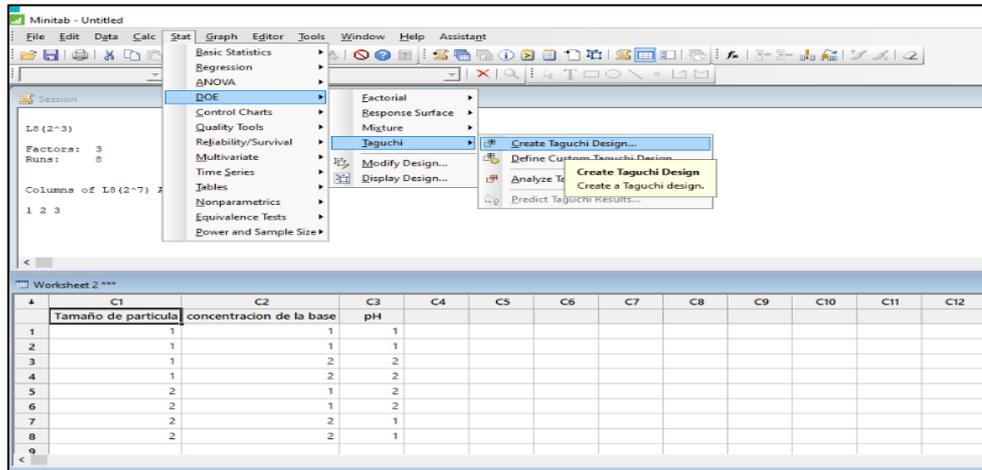
El procesamiento de datos estadístico de los resultados se realizó usando los programas de Minitab 18, Excel y SPSS 25. Se realizó un análisis de varianza ANOVA con ayuda del Minitab 18 para ver la influencia de las variables y sus interacciones. Con ayuda del SPSS 25 se realizó diagramas de cajas y bigotes para las variables con el objetivo de un análisis a los datos y a partir de ellos determinar cuáles presentan una mejor opción para el proceso de obtención de tricloruro de aluminio.

Para la determinación del modelo que describió el proceso de obtención del tricloruro de aluminio se realizó análisis de regresión de funciones multivariantes al tamaño de partícula, concentración del hidróxido de sodio, pH de la solución

y masa de tricloruro de aluminio obtenido, donde a partir de los resultados se eligió el mejor modelo de regresión.

Figura 14

Uso de Taguchi en el Software Minitab 18



V. RESULTADOS

Las pruebas experimentales muestran en la tabla 7 la masa de tricloruro de aluminio obtenida en cada experimento.

Tabla 7

Tricloruro de Aluminio Obtenido en las Pruebas Experimentales

N°	X1 Tamaño de partícula(um)	X2 Concentración de NaOH (mol/L)	X3 pH	Masa AlCl ₃ (g)	% Rendimiento
1	90	6	6	16.40	85.19
2	90	6	7	15.91	82.65
3	105	5	6	14.42	74.91
4	105	5	7	14.10	73.25
5	90	5	6	15.52	80.62
6	90	5	7	15.11	78.49
7	105	6	6	14.96	77.71
8	105	6	7	14.80	76.88

La tabla 7 muestra la masa de tricloruro de aluminio obtenida en cada experiencia, además se calcula el porcentaje de rendimiento de la reacción. Por ejemplo, en el experimento 1 a partir de 3.95 g de chatarra de aluminio se obtuvo 16.4 g de tricloruro de aluminio (masa experimental) y teóricamente a partir de 3.95g de chatarra de aluminio se debería obtener 19.25g de tricloruro de aluminio.

El porcentaje de rendimiento de la reacción es:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Masa experimental}}{\text{Masa teórica}} \times 100\% = \frac{16.4}{19.25} \times 100\% = 85.19 \%$$

5.1 Resultados descriptivos.

Con apoyo del software IBM SPSS Statistics 25 los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico descriptivo que se presenta a continuación.

Tabla 8

Análisis Descriptivo de los Resultados Experimentales

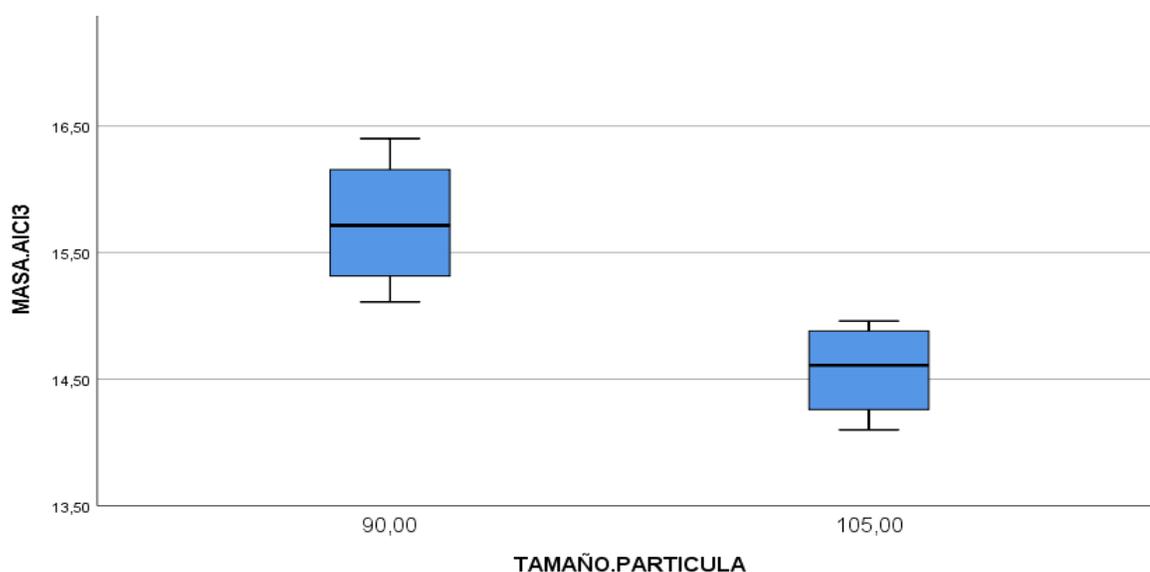
	Tamaño de partícula	Concentración de NaOH	pH	Masa de AlCl ₃	% Rendimiento	
Media	97,50	5,50	6,50	15,152	78,712	
Mediana	97,50	5,50	6,50	15,035	78,100	
Desviación	8,017	,534	,534	,762	3.960	
Varianza	64,286	,286	,286	,582	15,687	
Asimetría	,000	,000	,000	,350	,351	
Error estándar de asimetría	,752	,752	,752	,752	,752	
Curtosis	-2,80	-2,80	-2,800	-,543	-,545	
Error estándar de curtosis	1,481	1,481	1,481	1,481	1,481	
Rango	15,00	1,00	1,00	2,30	11,940	
Mínimo	90,00	5,00	6,00	14,10	73,250	
Máximo	105,00	6,00	7,00	16,40	85,190	
Percentiles	25	90,00	5,00	6,00	14,515	75,403
	50	97,50	5,50	6,50	15,035	78,100
	75	105,00	6,00	7,00	15,812	82,143

De la Tabla 8 se concluye que el rendimiento promedio del proceso de obtención de tricloruro de aluminio es de 78.72% con una desviación estándar de 3.96. El rango de valores del rendimiento oscila entre 73.25% y 85,19%.

A continuación, con ayuda del software IBM SPSS Statistics 25, se presenta un análisis de las variables independientes (tamaño de partícula, concentración de NaOH y pH) respecto a la cantidad de masa de tricloruro de aluminio obtenido, representados en los siguientes diagramas de caja.

Figura 15

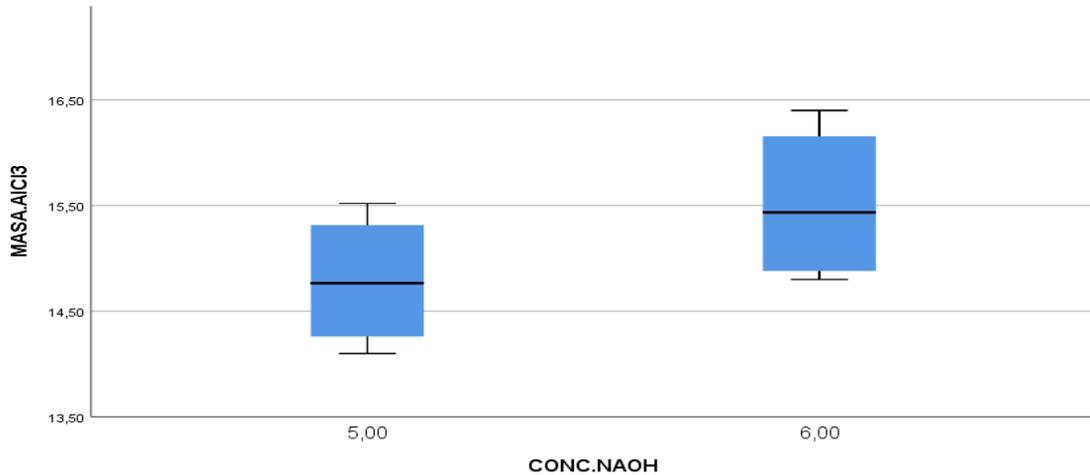
Diagrama de Cajas y Bigote del Tamaño de Partícula y la Masa de $AlCl_3$ Obtenida



La figura 15 muestra el diagrama de cajas y bigotes del cual se concluye que el tamaño de partícula que favorece una mayor obtención de masa de $AlCl_3$ es el de 90 μm (malla 170), y en base a los cuartiles Q_1 y Q_3 , el 50% de los valores de masa de $AlCl_3$ obtenido se encuentra en un rango de 15.3 a 16.1 gramos de $AlCl_3$.

Figura 16

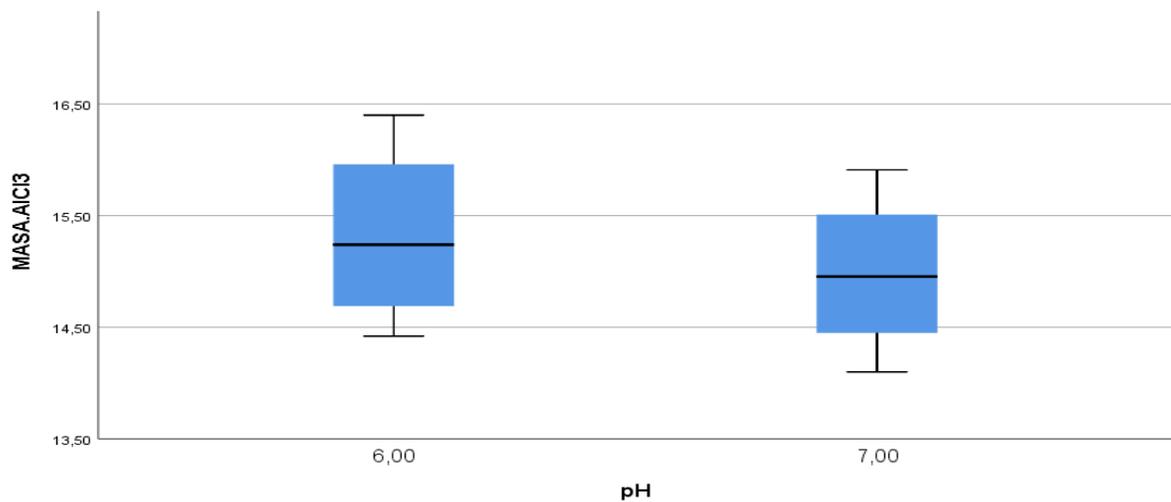
Diagrama de Cajas y Bigote de la Concentración de NaOH y la Masa de AlCl₃



El análisis descriptivo de la figura 16 indica que trabajando a una concentración de NaOH 6M se obtiene mayor masa de tricloruro de aluminio, además señala que en base los cuartiles Q₁ y Q₃ el 50% de los valores de masa de AlCl₃ obtenido se encuentra en un rango de 14.8 a 16.2 gramos de AlCl₃.

Figura 17

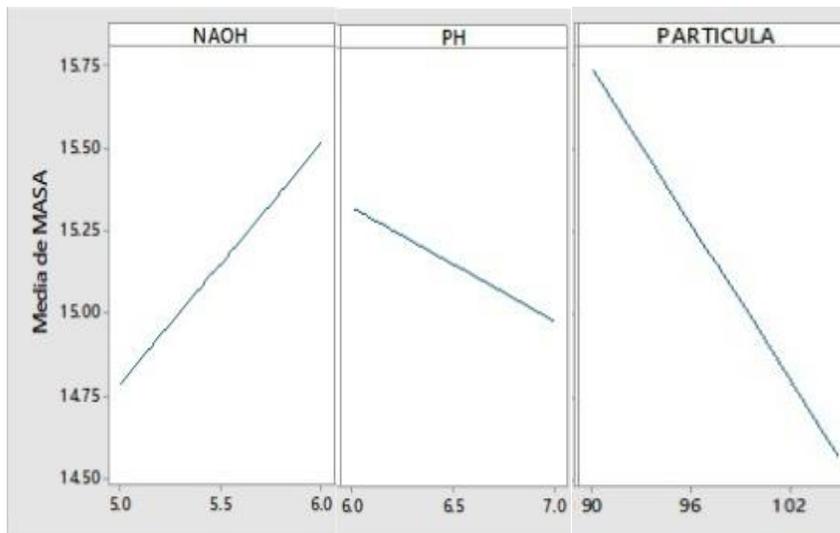
Diagrama de Cajas y Bigote del pH y la Masa de AlCl₃ Obtenida



El diagrama de cajas y bigotes presentado en la figura 17, señala que al operar con un pH 6 la cantidad de masa de AlCl_3 obtenida será mayor favoreciendo así al rendimiento del proceso. En base a los cuartiles Q_1 y Q_3 el 50% de los valores de masa de AlCl_3 obtenido se encuentra en un rango de 14.6 a 15.9 gramos de AlCl_3 . Para un análisis de la implicancia de las variables independientes, con la ayuda del software Minitab 18, se presenta la figura 18 donde se presenta los efectos principales para la masa de AlCl_3 obtenida.

Figura 18

Grafica de Efectos Principales para la Masa de AlCl_3

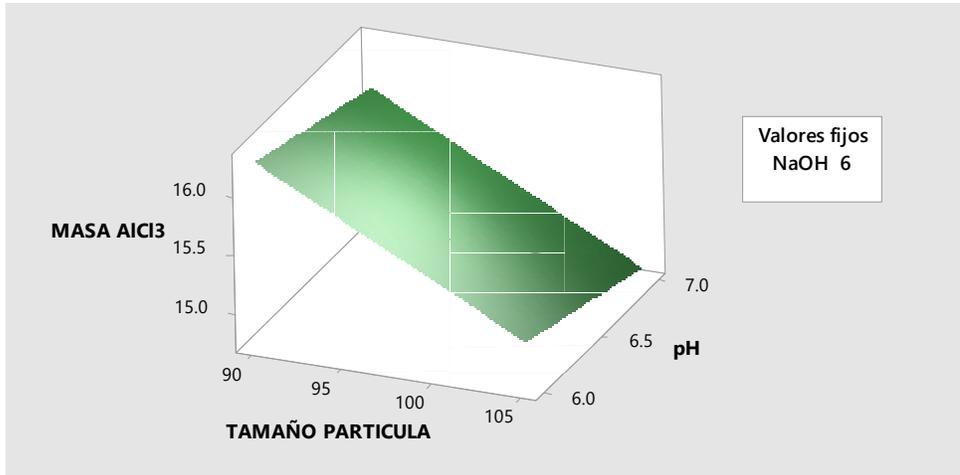


En la figura 18 se observa que las variables tamaño de partícula y concentración de NaOH tienen mayor influencia o significancia en la masa de AlCl_3 obtenido en las pruebas experimentales con respecto al pH de la solución.

A continuación, se presenta las figuras 19, 20 y 21 donde muestra graficas de superficies respuestas cuando se mantiene una variable independiente constante.

Figura 19

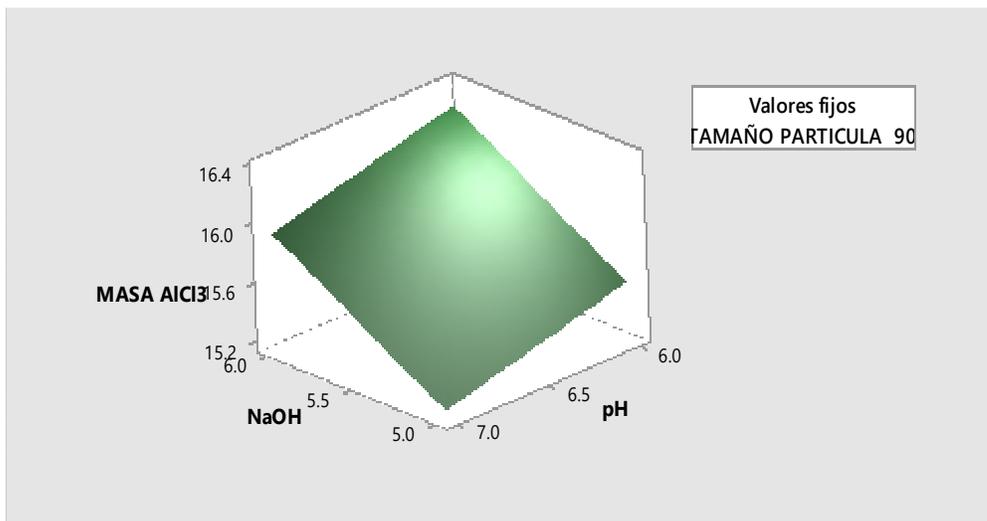
Gráfica de Superficie de Masa AlCl_3 vs. pH, Tamaño de Partícula



La figura 19 muestra la gráfica de superficie respuesta de la masa de AlCl_3 Vs pH y tamaño de partícula, se colige que para un valor constante de concentración de NaOH 6M, se optimiza la masa de AlCl_3 obtenida para valores de tamaño de partícula de 90 μm y pH 6.

Figura 20

Gráfica de Superficie de Masa AlCl_3 vs. pH, Concentración de NaOH

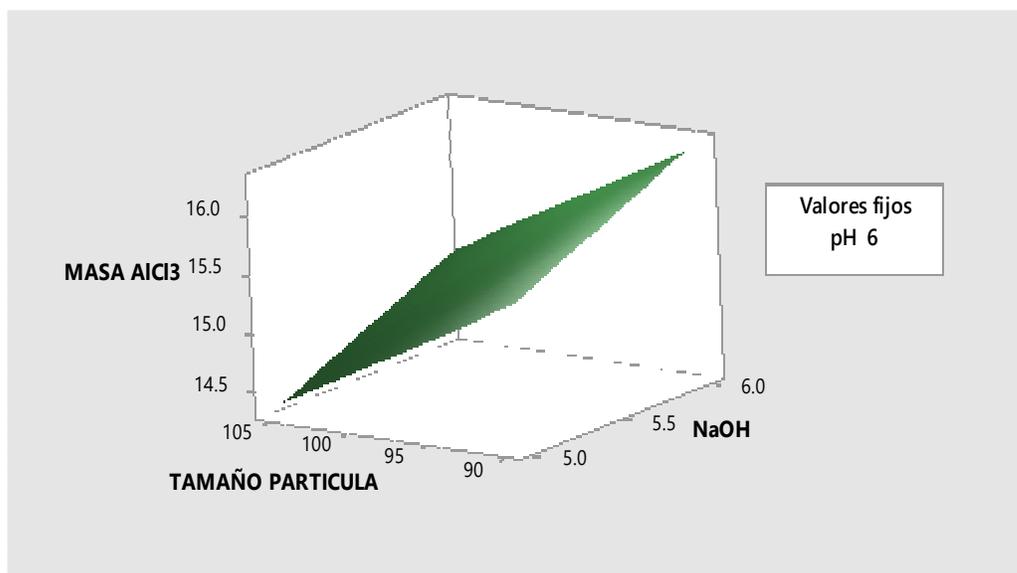


La figura 20 muestra la gráfica de superficie respuesta de la masa de AlCl_3 Vs pH y concentración de NaOH, se colige que para un valor constante de tamaño de partícula de $90 \mu\text{m}$, se optimiza la masa de AlCl_3 obtenida para concentraciones de NaOH 6M y un pH 6.

La figura 21 muestra la gráfica de superficie respuesta de la masa de AlCl_3 Vs concentración de NaOH y tamaño de partícula, se colige que para un valor constante de pH 6, se optimiza la masa de AlCl_3 obtenida para valores de tamaño de partícula de $90 \mu\text{m}$ y concentración de NaOH 6M.

Figura 21

Gráfica de Superficie de Masa AlCl_3 vs. Tamaño de Partícula, Concentración NaOH



5.2 Resultados Inferenciales

El análisis estadístico inferencial permite deducir e inferir conclusiones y tendencias, en la presente investigación con los resultados obtenidos experimentalmente y con el Microsoft Excel, se realizó regresiones con los modelos lineal, cuadrático,

exponencial, hiperbólico y semilogarítmico. El resumen se muestra en la tabla 9 y el cálculo se detalla en los anexos N°2, 3, 4 ,5

Tabla 9

Resumen de Coeficientes de Correlación – Modelos Multivariantes

MODELO	R	R ²	ERROR TÍPICO
Lineal	0.9982	0.9964	0.08485
Cuadrático	0.9930	0.9860	0.116
Exponencial	0.9952	0.9904	0.0064
Hiperbólico	0.9966	0.9932	0.0003
Semilogarítmico	0.9933	0.9867	0.1164

Se eligió el modelo hiperbólico por tener un coeficiente de correlación cercano a la unidad (R=0.9966) y un coeficiente de determinación (R²=0.9932), además por presentar el menor error típico (0.0003), el cual explica mejor la relación entre la masa de tricloruro de aluminio obtenido y las variables independientes.

El modelo hiperbólico seleccionado tiene la siguiente expresión

$$Masa AlCl_3 = \frac{1000}{41.01 + 0.337Tamaño\ partícula - 3.16Conc.NaOH + 1.48\ pH}$$

Desde un punto de vista estadístico, el modelo seleccionado es sometido a un diagnóstico de colinealidad con apoyo del software IBM SPSS Statistics 25.

Tabla 10*Coefficiente de Correlación – Modelo Hiperbólico*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
Hiperbólico	0,997 ^a	0,993	0,988	0,00036

Nota: b. Predictores: (Constante), TamPartic, NaOH, pH

Tabla 11*ANOVA – Modelo Hiperbólico*

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0,000	3	0,000	196,056	0,000 ^b
Hiperbólico Residuo	0,000	4	0,000		
Total	0,000	7			

Nota: a. Variable dependiente: Masa $AlCl_3$

b. Predictores: (Constante), Tamaño de Partícula, Concentración de NaOH, pH

Del análisis de varianza presentado en la tabla 11 se puede observar que el p-valor es 0.0 siendo menor que 0.05, lo que indica que el modelo hiperbólico seleccionado es el adecuado por presentar significancia.

Por último, el análisis de coeficientes permite evaluar la significancia de cada variable, los resultados se muestran en la tabla 12

Tabla 12*Análisis de Coeficientes*

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		t	Sig.	Estadísticas de colinealidad	
	B	Desv.	Beta	Error			Tolerancia	VIF
(Constante)	,041	,003			15,89	,000		
Hiperbólico								
pH	,001	,000	,240		5,842	,004	1,000	1,00
NaOH	-,003	,000	-,512		-12,470	,000	1,000	1,00
Tam. de Partícula	,000	,000	,820		19,963	,000	1,000	1,00

Nota: a. Variable dependiente: Masa $AlCl_3$

La tabla 12 muestra el análisis de los coeficientes de la regresión hiperbólica, los cuales tienen p- valores menores a 0.05.

Como p- valor (constante) = 0.0 < 0.05, es significativo por lo tanto se acepta

Como p- valor (pH)= 0.004 < 0.05, es significativo por lo tanto se acepta

Como p- valor (Conc. NaOH) = 0.0 < 0.05, es significativo por lo tanto se acepta

Como p- valor (Tam. Partícula) = 0.0 < 0.05, es significativo por lo tanto se acepta

Por lo tanto, en adelante se trabajó con esta regresión:

$$Masa AlCl_3 = \frac{1000}{41.01 + 0.337Tamaño\ partícula - 3.16Conc.\ NaOH + 1.48\ pH}$$

En la tabla 13 se presenta los valores de masas de AlCl₃ obtenidos experimentalmente y con el modelo seleccionado, además de las desviaciones.

Tabla 13

Masa AlCl₃ Obtenida Experimentalmente Vs Modelo Hiperbólico

N	TAMAÑO DE PARTÍCULA	CONCENTRACIÓN NaOH	pH	MASA EXPERIMENTAL	MASA DE MODELO	[VARIACIÓN]
1	90	6	6	16.40	16.32	0.08
2	90	6	7	15.91	15.94	0.03
3	105	5	6	14.42	14.39	0.03
4	105	5	7	14.10	14.09	0.01
5	90	5	6	15.52	15.52	0.00
6	90	5	7	15.11	15.17	0.06
7	105	6	6	14.96	15.08	0.12
8	105	6	7	14.80	14.75	0.05

La variación de la masa obtenida experimentalmente y la del modelo seleccionado es mínima, lo que da otra garantía de que el modelo seleccionado es el adecuado.

5.3. Otro tipo de resultados estadísticos, de acuerdo con la naturaleza del problema y la Hipótesis.

No aplica.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Las hipótesis específicas que se plantearon son:

Si el porcentaje de aluminio en la chatarra es mayor al 80% se puede obtener tricloruro de aluminio.

De acuerdo a las fuentes de investigación (Sulla, Hasan y norma ASTM B-209), el porcentaje de aluminio en las latas de bebidas es superior al 96 %.

Las variables para la obtención de tricloruro de aluminio son la concentración del NaOH, pH y tamaño de partícula.

En el proceso obtención del tricloruro de aluminio, las variables de concentración del NaOH, pH y tamaño de partícula tienen alta significancia, esto es demostrado por el valor $p < 0.5$

El rendimiento en la obtención de tricloruro de aluminio será mayor a 70%.

La tabla 7 muestra que las pruebas realizadas superan el 70% de rendimiento, el rendimiento mínimo que se obtuvo es de 73.25 % y el máximo 85.19%

La hipótesis general que se planteó es: Operando a una concentración de 6 molar de NaOH, un tamaño de partícula $90 \mu m$ y $pH = 6$ se obtendrá la mayor masa de tricloruro de aluminio.

Luego de realizar el análisis de regresión multivariable con diversos modelos matemáticos, como se resume en la tabla 9, se aprecia que los índices de correlación son altos y además los errores típicos son mínimos, siendo el mejor modelo el hiperbólico.

El modelo hiperbólico elegido no solamente tiene un alto coeficiente de correlación $R=0.9966$, también posee un error típico de 0.0003 y, además, aprueba el análisis de significancia y de colinealidad con lo cual respalda la validez de la hipótesis planteada.

El modelo hiperbólico seleccionado tiene la siguiente expresión

$$Masa AlCl_3 = \frac{1000}{41.01 + 0.337Tamaño\ part\acute{u}cula - 3.16Conc.\ NaOH + 1.48\ pH}$$

Los análisis estadísticos tanto el descriptivo como el inferencial que se han presentado en el numeral V. Resultados, permiten demostrar que la Hipótesis de trabajo planteada se acepta, toda vez que se cumplen los supuestos iniciales, lo que es corroborado por el análisis de regresión. Por otro lado, se han realizado prueba de hipótesis estadísticas para los coeficientes en base a la prueba de p-valor para lo cual se plantearon las Hipótesis Nula H_0 así como la Hipótesis alternativa H_a .

Hipótesis Nula

Operando a una concentración de 6 molar de NaOH, un tamaño de partícula $90\ \mu m$ y $pH = 6$ no se obtendrá la mayor masa de tricloruro de aluminio.

Hipótesis Alternativa

Operando a una concentración de 6 molar de NaOH, un tamaño de partícula $90\ \mu m$ y $pH = 6$ se obtendrá la mayor masa de tricloruro de aluminio.

En concordancia con la teoría estadística inferencial se debe cumplir que si el p valor es menor a 0.05 se rechaza la Hipótesis Nula. Del análisis de varianza presentado en la Tabla 11 se puede observar que el p-valor es 0.0 es menor que

0.05, quedando en evidencia que los coeficientes y, por lo tanto, los factores son significativos en el modelo.

Ahora en una contrastación entre la hipótesis de trabajo en la presente investigación, frente a la prueba de hipótesis estadística realizadas con SPSS se puede concluir que el modelo que estadísticamente explica la cantidad de masa de tricloruro de aluminio obtenida es el modelo hiperbólico con variables independientes tamaño de partícula, concentración de hidróxido de sodio y pH.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Mendoza (2012) en su tesis realizó el ataque a la chatarra de aluminio con ácido clorhídrico (37%), trabajó en un rango de temperatura de 35°C a 70°C, por un tiempo de cinco horas, la relación metal /ácido fue de 33.3 g/467 mL de HCl. La diferencia respecto a la presente investigación fue que se trabajó a mayor temperatura y el ataque inicial realizado a la chatarra de aluminio se realizó con una base (hidróxido de sodio) de concentración 6M.

Mientras tanto, Adans (2016), en su método realiza la reacción de Al con HCl, pesa 4 g de polvo de aluminio, lo coloca en un vaso de precipitados y luego le adiciona agua (100 ml), lo hace reaccionar con una solución de ácido clorhídrico (6M, 100 ml), gota a gota, bajo agitación constante, produciendo el tricloruro de aluminio ($AlCl_3$). El ácido lo agregó lentamente a un flujo de 3ml/min ya que ocurre una reacción violenta donde se libera grandes cantidades de calor e hidrógeno. Por estequiometría se producirían 125 L de $H_2(g)$ que se podría usar como combustible. Sin embargo, por la alta inflamabilidad del hidrógeno producido, se liberó a la

atmosfera. Difiere respecto a la presente tesis en que se realizó el ataque con hidróxido de sodio 6M, inicialmente sin adición de agua. El ataque se realizó de una forma rápida agregando entre 50 a 60 ml en intervalos de 30 segundos. Lo similar entre ambas investigaciones es la forma violenta en que reacciona la chatarra de aluminio ya sea con el ácido o la base, reacciones exotérmicas, por ello se tuvieron los cuidados respectivos.

Campos (2004) en su investigación, utilizó en la parte experimental la chatarra de aluminio tratada previamente con tolueno y diclorometano, luego cortadas en láminas pequeñas con una masa de 0.5 g. Estas láminas fueron tratadas con NaOH al 20%, el precipitado fue filtrado y separado. Posteriormente tomó una alícuota de 20 ml del filtrado y lo hizo reaccionar con HCl_(cc) hasta pH 4, luego agregó unas gotas de NaOH 0.1 M hasta que el pH alcanzó un valor entre 6 y 7. El precipitado Al(OH)₃ fue separado y atacado con 20 ml de HCl al 25%. Producto de la reacción obtuvo 4.1 g de AlCl₃ a partir de 1g de chatarra de aluminio.

A diferencia de Campos, en la presente tesis se utilizó solo acetona para retirar la resina que recubre la lata de aluminio de gaseosa o cerveza, realizándose así un pretratamiento a la chatarra de aluminio, luego se cortó en láminas y usando una lija se obtuvo polvo de aluminio. Luego se tamizó para trabajar con partículas de 90um y 105 um (mallas 140 y 170, respectivamente).

Para alcanzar un pH de 6 a 7 se utilizó una solución buffer de NH₄Cl y NH₄OH con lo que se logró mantener un pH constante. Difiere, además, en las concentraciones

de los reactivos utilizados (HCl, NaOH y otros) y el método de separación por centrifugado del hidróxido de aluminio, para su posterior ataque con ácido clorhídrico y finalmente la obtención del tricloruro de aluminio deseado.

Finalmente se presenta a manera de resumen en la siguiente tabla 14 las investigaciones realizadas por otros respetables autores

Tabla 14

Resultados de Otros Investigadores

Antecedentes	Masa Al (g)	AlCl ₃ (g)	Relación producto /reactante
MENDOZA	1	4.9	4.90
ROMERO	1	4.6	4.60
CAMPOS	1	4.1	4.10
ADANS	4	17.12	4.28

La tabla 14 detalla la cantidad de masa de aluminio utilizada para obtener tricloruro de aluminio. También explica la relación producto (AlCl₃) y reactante (Al) que se encontró en otras investigaciones.

El promedio de la relación producto/reactante es de 4.54. En la investigación realizada se encontró una relación producto/reactante de 4.21.

Se puede observar en la Tabla 14 que la investigación que obtuvo mayor cantidad de masa de tricloruro de aluminio fue el realizado por Mendoza. Según los

resultados obtenidos en la presente investigación se pudo observar que partir de 3.95 g de chatarra de aluminio (3.89 g de aluminio) se obtuvo 16.40 g de tricloruro de aluminio como la mayor cantidad obtenida. Asimismo, se observó una relación producto /reactante de 4.21.

6.3 Responsabilidad ética

Los autores de la investigación se responsabilizan por la información emitida en el presente informe final de investigación, de acuerdo al Reglamento del Código de Ética de la investigación de la UNAC, Resolución de Consejo Universitario N° 260-2019-CU.

CONCLUSIONES

El porcentaje de aluminio en la chatarra de aluminio es de 98.5%, Esto se obtuvo de bibliografía y de acuerdo con la norma internacional ASTM B-209, que indica la composición de la aleación 3004, aleación con la que es fabricada las latas de bebidas.

Las variables para la obtención del tricloruro de aluminio fueron tamaño de partícula de las latas de aluminio, la concentración de hidróxido de sodio utilizado y el pH de la solución de aluminio.

Al operar con un tamaño de partícula de 90 micrones, concentración de hidróxido de sodio de 6M y pH 6, se obtuvo el mayor rendimiento del proceso: 85.19%.

RECOMENDACIONES

Desarrollar investigaciones para la reutilización del hidrógeno gaseoso obtenido a partir del ataque químico del hidróxido de sodio a las latas de aluminio.

Incentivar la investigación del aprovechamiento de los residuos sólidos generados ya que se podrá disminuir los efectos nocivos en la capa de ozono y reducir la generación de CO₂

Utilizar la mayor parte de materiales o residuos hasta agotar su vida útil (economía circular) para que puedan regresar a la naturaleza y no causar daños ambientales.

Desarrollar las propuestas de la presente tesis a un nivel piloto, optimizando las variables del proceso con el objetivo de llevarlo posteriormente a un nivel industrial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adans ,Y., Martins, A., Coelho, R., Francisco, C., Ballarini , A. y Santos, L.(2016).

A Simple Way to Produce γ -Alumina From Aluminum Cans by Precipitation Reactions. Grupo de Estudio de Materiales y Catálisis, Universidad Estadual de Bahía – UNEB (Brasil) y el Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica “Ing. José Miguel Parera ”- INCAPE, Facultad de Ingeniería Química - FIQ, Universidad Nacional del Litoral – UNL(Argentina)

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392016000500977

Álvarez, F., Bohé, A., Pasquevich, D. (2003). *Efecto de la temperatura y la presión de cloro sobre los cloruros de aluminio obtenidos por cloración directa de la aleación 6061.* Argentina.

<https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/20650805>

Alves, J. (2005). *Bauxita. Rochas e Minerais Industriais – CETEM*

<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1049/1/13.BAUXITA%20novo.pdf>

Andia, Y. (2000). *Tratamiento de agua Coagulación y floculación..*

<http://www.ingenieroambiental.com/4014/andia.pdf>

Arciniegas, M. (2007). *Plan estratégico de Negocio para la creación de una planta de fundición de Aluminio.* Investigación para optar el título de Ingeniero

mecánico. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia.
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/82/TG669722A674.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Avalos, H. (2016). *Proceso para la obtención de hidróxido de aluminio a nivel laboratorio*. Informe final del trabajo de investigación. Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Química.

Benedetto, C., Piccolo, L. (1973), *Process for preparing aluminum trichloride* Patente de Italia.
<https://patents.google.com/patent/US3760066>

Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales.
<https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-trabajo-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>

Canales, M., Hernández T., Meraz, S., Peñalosa, I. (1999). *Fisicoquímica Vol I Teoría*, libro publicado en la Universidad Nacional Autónoma de México.
<https://books.google.com.pe/books?id=SLkD5UoWPaUC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Campos, M. (2014). *Obtención de cloruro y sulfato de aluminio a partir de las latas de aluminio*. Tesis para obtener el título de Química. Universidad Nacional Autónoma de México.

https://repositorio.unam.mx/contenidos/obtencion-de-cloruro-y-sulfato-de-aluminio-a-partir-de-latas-de-aluminio-3466611?c=7JOY9B&d=false&q=*&i=1&v=1&t=search_0&as=0

De los Angeles, Y. (2018). *Aporte a la Química del Zn (II) en Solución Acuosa. Sistema Ternario Zn (II)- His- Cys y el sistema H⁺ -His-Cys*, Tesis de Título Profesional, Universidad Central de Venezuela.

Deena, H., Khadeeja, P., Leena, P. K. F., Lekshmi, J. S., y Sreekumar, N. (2019). *Production of Industrial Coagulant (Poly Aluminium Chloride) From Used Beverage Cans*. Journal of Scientific & Industrial Research. [http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/48784/1/JSIR%2078\(7\)%20448-453.pdf](http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/48784/1/JSIR%2078(7)%20448-453.pdf)

Departamento de Salud de New Jersey (2008). *Hoja informativa sobre sustancias peligrosas*. <https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0057sp.pdf>

Garfias, P. (2019) *El reciclaje de aluminio y sustentabilidad*. Perfiles de aluminio. Aluminioindustrialmx. <https://aluminioindustrial.mx/blog/reciclaje-de-aluminio-y-la-sustentabilidad/>

Geankopolis, C. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. <https://fenomenosdetransporte.files.wordpress.com/2008/05/geankopolis.pdf>

Gonzalo, L. (2008). *Obtención y caracterización de bohemita a partir de un residuo peligroso de la industria del aluminio*. Madrid. Universidad Complutense de Madrid. Tesis de Doctorado en Procesos y recursos Geológicos.

<https://digital.csic.es/bitstream/10261/6195/1/Bohemita.pdf>

Hasan, L. (2008). *Recycling of aluminum beverage cans*. Journal of Engineering and Development. Vol 12, N° 3. Bagdad, Iraq.

https://www.researchgate.net/publication/283886711_Recycling_of_aluminum_beverage_cans

Hernández, M. (2017). *¿Qué es el Reciclaje?* Milenio. Universidad Politécnica de Tulancingo. México

<https://www.milenio.com/opinion/varios-autores/universidad-politecnica-de-tulancingo/que-es-el-reciclaje>

Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación científica*. 6ta Edición México: Mc Graw Hill / Interamericana editores s.a.

Jones, M., Thiagarajan, V., Sathyanarayana, K., Markel, A., Edward, J., Sprouse, A., Leshaw, D. (1980). *Study of integration issues to realize the market potencial of otec energy in the aluminum industry*. Pg. 55, 56.

Realizado por the United States Departament of Energy under contract.

<https://www.osti.gov/servlets/purl/5352520>

Kavanaugh, C. (2002). *Los diseños Taguchi contra los diseños clásicos de experimentos*. En *Conciencia Tecnológica*.19-Instituto Tecnológico de Agua Calientes México.

<https://www.redalyc.org/pdf/944/94401906.pdf>

Kinraide, T. (1991). *Identity of the rhizotoxic aluminium species*. Appalachian Soil and Water Conservation Research Laboratory, Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture.

[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1784296](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1784296)

Mendoza, J. (2012). *Obtención de policloruro de aluminio a partir de la chatarra; para uso en potabilización de agua*. Guayaquil. Universidad de Guayaquil. Tesis de Pregrado.

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/448/1/Jazm%c3%adm%20Mendoza.pdf>

Núñez, M. (2015). *Definición de opciones de mejora en una planta de agua potable*. Trabajo de Grado para la obtención del Título de Ingeniera Química. Carrera de Ingeniería Química. Quito: UCE.

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3494/1/T-UCE-0017-103.pdf>

Oyarzo, M. (2007). *Precipitación química del fósforo mediante la adición de sulfato de aluminio en plantas de tratamiento de aguas*.

http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/oyarzo_vargas_2007.pdf

Palas, M. (2012). *Reconocimiento de fases en aleaciones de aluminio en estado modelado*. Tesis de pregrado en Ingeniería Mecánico-Eléctrica. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Mecánico-Eléctrica. Piura, Perú.

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1726/IME_163.pdf

Rodriguez, J. (2011). *Estudio de la Formación de los Complejos Intermedios Durante la Síntesis de Alumina*.

<https://www.scielo.br/pdf/mr/v4n4/a07v04n4.pdf>

Romero, C., Brizuela, L., Abreu, O., Pérez, Z., Solorzano, R. (2007). *Síntesis de un polímero inorgánico de aluminio y su uso para clarificación de agua*.

https://www.researchgate.net/publication/237039040_Sintesis_de_un_polimero_inorganico_de_aluminio_y_su_uso_para_clarificacion_de_agua/link/54c2f7b70cf219bbe4e9fb8b/download

SINIA (2019) *Lima estadísticas ambientales diciembre 2019*.

<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/lima-estadisticas-ambientales-diciembre-2019>

SIGERSOL (2019). *Sistema de información para la gestión de residuos sólidos*.

<https://sistemas.minam.gob.pe/SigersolMunicipal/#/panel>

Sulla, E. (2015). *Elaboración de aleaciones con valor agregado a partir de envases desechados de aluminio y mitigar la contaminación*. Universidad Nacional de San Agustín. Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Metalurgista.

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/142/B2-M-18240.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Torres, L. (2021). *Cloruro de aluminio (AlCl₃)*.

<https://www.lifeder.com/cloruro-de-aluminio/>

Trademap (2019), *Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas Datos comerciales mensuales, trimestrales y anuales. Valores de importación y exportación, volúmenes, tasas de crecimiento, cuotas de mercado, etc.* <https://www.trademap.org/Index.aspx?lang=es>

Vogel, A. (1951). *Química analítica cuantitativa*.

https://www.academia.edu/42753663/Quimica_Analitica_Cuantitativa_Vogel

ANEXOS

ANEXO 1

Matriz de consistencia: Obtención de tricloruro de aluminio a partir de la chatarra de aluminio a nivel laboratorio

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Métodos
General	General	General	Dependiente			
¿Cómo se obtiene el tricloruro de aluminio a partir de la chatarra de aluminio a nivel laboratorio?	Obtener tricloruro de aluminio a partir de la chatarra de aluminio a nivel laboratorio.	Operando a una concentración de 6 molar de NaOH, un tamaño de partícula 90 μm y pH = 6 se obtendrá la mayor masa de tricloruro de aluminio.	Y= Masa de Tricloruro de aluminio	Masa producida de AlCl_3	g	Experimental en el laboratorio
Específicos	Específicos	Específicos	Independiente			
¿Cuál es el porcentaje de aluminio de la chatarra para la obtención de tricloruro de aluminio?	Determinar el porcentaje de aluminio en la chatarra para la obtención de tricloruro de aluminio.	Si el porcentaje de aluminio en la chatarra es mayor al 80% se puede obtener tricloruro de aluminio.		X1: Tamaño de partícula	μm	Análisis Granulométrico
¿Cuáles son las variables para la obtención de tricloruro de aluminio?	Identificar las variables para la obtención de tricloruro de aluminio	Las variables para la obtención de tricloruro de aluminio son concentración del NaOH, pH y tamaño de partícula	X= Variables del proceso	X2: Concentración molar NaOH	Moles/litro	Ensayos Volumétricos
¿Cuál es el rendimiento de la obtención del tricloruro de aluminio a partir de la chatarra de aluminio?	Determinar el rendimiento de la obtención del tricloruro de aluminio a partir de la chatarra de aluminio	El rendimiento en la obtención del tricloruro de aluminio es mayor al 70 %		X3: Concentración de iones H^+	pH	Ensayos Experimentales

ANEXO 2

Análisis de regresión: Modelo lineal

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	6	4.06535	0.67756	94.11	0.079
Lineal	3	4.01830	1.33943	186.03	0.054
PARTÍCULA	1	2.71445	2.71445	377.01	0.033
NAOH	1	1.06580	1.06580	148.03	0.052
PH	1	0.23805	0.23805	33.06	0.110
Interacción de 2 factores	3	0.04705	0.01568	2.18	0.453
PARTÍCULA*NAOH	1	0.02420	0.02420	3.36	0.318
PARTÍCULA*PH	1	0.02205	0.02205	3.06	0.330
NAOH*PH	1	0.00080	0.00080	0.11	0.795
Error	1	0.00720	0.00720		
Total	7	4.07255			

Resumen del modelo

Error Típico	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0848528	99.82%	98.76%	88.69%

Coefficientes codificados

Término	EE del		Valor T	Valor p	FIV
	Coef	coef.			
Constante	15.1525	0.0300	505.08	0.001	
PARTÍCULA	-0.5825	0.0300	-19.42	0.033	1.00
NAOH	0.3650	0.0300	12.17	0.052	1.00
PH	-0.1725	0.0300	-5.75	0.110	1.00
PARTÍCULA*NAOH	-0.0550	0.0300	-1.83	0.318	1.00
PARTÍCULA*PH	0.0525	0.0300	1.75	0.330	1.00
NAOH*PH	0.0100	0.0300	0.33	0.795	1.00

ANEXO 3

Análisis de regresión: Modelo Cuadrático

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.993317224
Coefficiente de determinación R ²	0.986679108
R ² ajustado	0.976688438
Error típico	0.116458147
Observaciones	8

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	4.0183	1.339433333	98.76006144	0.00033123
Residuos	4	0.05425	0.0135625		
Total	7	4.07255			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>
Intercepción	18.06494755	0.44585189	40.51782195	2.2172E-06	16.8270643
Tamaño de Partícula	-0.000398291	2.8153E-05	-14.14721806	0.000144923	-0.00047646
Concentración de NaOH	0.066363636	0.00748621	8.864780414	0.000894347	0.04557858
pH	-0.026538462	0.00633449	-4.189519511	0.013811865	-0.04412582

ANEXO 4

Análisis de regresión: Modelo Exponencial

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.99524328
Coefficiente de determinación R ²	0.99050918
R ² ajustado	0.98339106
Error típico	0.00645607
Observaciones	8

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	0.01740009	0.00580003	139.153292	0.00016836
Residuos	4	0.00016672	4.1681E-05		
Total	7	0.01756682			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>
Intercepción	3.09859925	0.04895559	63.2940793	3.7323E-07	2.96267673
Tamaño de Partícula	-0.00511529	0.00030434	-16.8076925	7.3441E-05	-0.00596028
Concentración de NaOH	0.04798978	0.00456513	10.5122416	0.00046303	0.03531494
pH	-0.02257509	0.00456513	-4.94511132	0.00778831	-0.03524993

ANEXO 5

Análisis de regresión: Modelo Semilogarítmico

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.99331722
Coefficiente de determinación R ²	0.98667911
R ² ajustado	0.97668844
Error típico	0.11645815
Observaciones	8

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	4.0183	1.339433333	98.76006144	0.000331231
Residuos	4	0.05425	0.0135625		
Total	7	4.07255			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>
Intercepción	47.1160242	2.75071037	17.12867507	6.81478E-05	39.47882782
Tamaño de Partícula	-7.55754046	0.53420683	-14.14721806	0.000144923	-9.04073639
Concentración de NaOH	4.00391491	0.45166544	8.864780414	0.000894347	2.749890623
pH	-2.23806992	0.53420683	-4.189519511	0.013811865	-3.721265851

ANEXO 6

Ficha Técnica: Aleación 3004



A SUBSIDIARY OF ULBRICH STAINLESS STEELS AND SPECIAL METALS, INC.
Av. La Cañada No. 25 Parque Industrial Bernardo Quintana
El Marqués, Qro. C.P. 76246 Tel. (442) 221 55 00 Fax 221 55 01



Aluminio / Aleación 3004

FICHA TÉCNICA

ESTÁNDARRES APLICABLES: ASTM B-209, UNS A93004

EQUIVALENTES: AlMn1Mg1

3004	COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)							
	Si	Fe	Cu	Mn	Zn	Al	Mg	Otros
	0.3	0.7	0.25	1.0 - 1.5	0.25	balance	0.8 - 1.3	*Cada uno 0.05 max *Total 0.15 max

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS							
DENSIDAD							
2.71 g/cm ³ (0.098 lb/plg ³)							

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS							
TEMPER	ESPESOR (PLG)	RESISTENCIA A LA TENSIÓN (KSI)	RESISTENCIA DE CEDENCIA 0.02% (KSI)	ELONGACIÓN MIN EN 2" (%)			
0	0.006 - 0.007	22.0 - 29.0	8.5 min	-			
	0.008 - 0.019			10			
	0.020 - 0.031			14			
	0.032 - 0.050			16			
	0.051 - 0.249			18			
	0.250 - 3.000			18			
H22 o H32	0.017 - 0.019	28.0 - 35.0	21.0 min	1			
	0.020 - 0.031			3			
	0.032 - 0.050			4			
	0.051 - 0.113			5			
	0.114 - 0.200			6			
	0.009 - 0.019			1			
H24 o H34	0.020 - 0.050	32.0 - 38.0	25.0 min	3			
	0.051 - 0.113			4			
	0.114 - 1.000			5			
H26 o H36	0.006 - 0.007	35.0 - 41.0	28.0 min	-			
	0.008 - 0.019			1			
	0.020 - 0.031			2			
	0.032 - 0.050			3			
	0.051 - 0.162			4			
	0.006 - 0.007						
H28 o H38	0.008 - 0.019	38.0 min	31.0 min	1			
	0.020 - 0.031			2			
	0.032 - 0.050			3			
	0.051 - 0.128			4			
	0.250 - 3.000			7			
H112	0.250 - 3.000	23.0 min	9.0 min				
F	0.250 - 3.000	-	-				

Aleación de aluminio, con adición de Mn y Mg para incrementar la resistencia a la tensión y endurecible por trabajo en frío, anodizable, buen acabado superficial para decoración, óptima conformación en frío, moderada resistencia mecánica, buena resistencia a la corrosión. This is an alloy of aluminum with magnesium and manganese.

Aplicaciones

Paneles decorativos anodizables, industria automotriz, electrónica, envases de todo tipo, utensilios domésticos, ductos, elementos arquitectónicos, tubo aletado, intercambiadores de calor, partes para electrodomésticos.

Connect with us   
ulbrinox.com.mx

ANEXO 7

Prueba de Jarras



Se verifico el poder coagulante del $AlCl_3$ y se determinó que la concentración óptima es 5ml de una solución de $AlCl_3$ al 10%.

ANEXO 8

Hoja técnica del tricloruro de aluminio



Derecho a Saber Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas

Nombre común: **CLORURO DE ALUMINIO**

Sinónimos: Tricloruro de aluminio; cloruro de aluminio anhidro

Nombre químico: Cloruro de aluminio

Fecha: junio de 2008 Traducción: septiembre de 2009

(ALUMINUM CHLORIDE)

Número CAS: 7446-70-0

Número Derecho a Saber: 0057

Número DOT: UN 1726

Descripción y uso

El **cloruro de aluminio** es un polvo cristalino amarillento o blanco grisáceo con un olor acre. Se utiliza como intermediario químico para *compuestos de aluminio*, como catalizador para desintegración catalítica del petróleo, para conservar la madera y en medicamentos, desinfectantes, cosméticos, fotografía y textiles.

Fuentes que lo citan

- ▶ El **cloruro de aluminio** figura en la *Lista de sustancias peligrosas del Derecho a Saber (Right to Know Hazardous Substance List)* ya que ha sido citado por los siguientes organismos: ACGIH, DOT, NIOSH y NFPA.
- ▶ Esta sustancia química figura en la *Lista de sustancias extremadamente peligrosas para la salud (Special Health Hazard Substance List)*.

[VER EL GLOSARIO EN PÁGINA 4.](#)

PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos

- ▶ Retire sin humedecer rápidamente el exceso de sustancia química de la cara. Enjuague los ojos inmediatamente con abundante agua por un mínimo de 30 minutos, levantando los párpados superiores e inferiores. Retire las lentes de contacto al enjuagar, si las usa. Busque de inmediato atención médica.

Contacto con la piel

- ▶ Quite rápidamente la ropa contaminada. Absorba sin friccionar o retire sin humedecer inmediatamente el exceso de sustancia química, y lávese suavemente el área afectada con abundante agua durante al menos 30 minutos. Busque de inmediato atención médica.

Inhalación

- ▶ Retire a la víctima del lugar de exposición.
- ▶ Si se ha detenido la respiración, inicie la respiración de rescate (utilizando precauciones universales) y si se ha detenido la acción cardíaca, inicie la reanimación cardiopulmonar.
- ▶ Traslade inmediatamente a la víctima a un centro de atención médica.
- ▶ Se recomienda observación médica por 24 a 48 horas después de la sobreexposición, ya que un edema pulmonar puede tardar en aparecer.

TELÉFONOS DE EMERGENCIA

Control de intoxicaciones: 1-800-222-1222
CHEMTREC: 1-800-424-9300
Teléfono de emergencia del NJDEP: 1-877-927-6337
Centro Nacional de Respuesta: 1-800-424-8802

PERSONAL DE EMERGENCIAS >>>> PÁGINA 6

Resumen de riesgos

Evaluación	Departamento	NFPA
SALUD	-	3
INFLAMABILIDAD	-	0
REACTIVIDAD	-	2- 4

CORROSIVO Y REACTIVO
AL INCENDIARSE, SE PRODUCEN GASES TÓXICOS.
NO USE AGUA.
NO ARDE.

Claves para la evaluación de riesgos: 0=mínimo; 1=poco; 2=moderado; 3=grave; 4=extremo

- ▶ El **cloruro de aluminio** puede afectarle al inhalarlo.
- ▶ El **cloruro de aluminio** es CORROSIVO y el contacto puede producir graves irritaciones y quemaduras en la piel y los ojos con la posibilidad de daño ocular.
- ▶ La inhalación de **cloruro de aluminio** puede irritar la nariz y la garganta.
- ▶ La inhalación de **cloruro de aluminio** puede irritar los pulmones. La exposición más alta podría causar un edema pulmonar, lo que constituye una emergencia médica. Caracterizada por acumulación de líquido en los pulmones.
- ▶ La exposición repetida al **cloruro de aluminio** podría causar cicatrización en el pulmón (fibrosis).
- ▶ El **cloruro de aluminio** es REACTIVO y presenta un GRAVE RIESGO DE EXPLOSIÓN.

Límites de exposición laboral

A continuación están los límites de exposición a las *sales solubles en aluminio* (medidos como *aluminio*):

NIOSH: El REL recomendado es de **2 mg/m³** como promedio durante un turno laboral de 10 horas.

ACGIH: Se recomienda retirar la *documentación* y el TLV adoptados en la *Notificación de cambios previstos del 2007*.

Cómo saber si está expuesto

- ▶ Lea la etiqueta del producto químico, así como la Hoja de Datos de Seguridad del Material publicada por el fabricante, para determinar los componentes de la mezcla y obtener información importante acerca de la salud y la seguridad.
- ▶ Lea sobre cada sustancia que contiene el producto en la correspondiente Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas publicada por el New Jersey Department of Health (Departamento de Salud de Nueva Jersey). Las Hojas Informativas están disponibles en el sitio web www.nj.gov/health/eoh/rtkweb o en un archivo central en el lugar de trabajo, de acuerdo con la ley WCRTK o la norma de comunicación de riesgos.
- ▶ Usted tiene el derecho a esta información según las leyes WCRKA y PEOSHA en el sector público en Nueva Jersey u OSHA en el sector privado. (Ver el glosario.)
- ▶ La ley WCRTK exige a la mayoría de los empleadores en Nueva Jersey que roten los recipientes de las sustancias químicas en el lugar de trabajo y exige a los empleadores públicos que proporcionen a los empleados información y capacitación acerca de los peligros y controles de las sustancias químicas. La norma federal de comunicación de riesgos de la OSHA (29 CFR 1910.1200) y la norma estatal de comunicación de riesgos del PEOSH (N.J.A.C. 12:100-7) exigen a los empleadores que proporcionen a los empleados capacitación e información similares.

La presente hoja informativa contiene un resumen de la información disponible sobre los riesgos para la salud que puedan resultar de la exposición. La duración de la exposición, concentración de sustancia y otros factores pueden afectar su sensibilidad a los efectos potenciales descritos a continuación.

Riesgos para la salud

Efectos agudos sobre la salud

Los siguientes efectos agudos (a corto plazo) sobre la salud pueden ocurrir inmediatamente o poco después de la exposición al **cloruro de aluminio**:

- ▶ El contacto puede producir graves irritaciones y quemaduras en la piel y los ojos con la posibilidad de daño ocular.
- ▶ La inhalación de **cloruro de aluminio** puede irritar la nariz y la garganta, causando tos y respiración con silbido.
- ▶ La inhalación de **cloruro de aluminio** puede irritar los pulmones, causando tos o falta de aire. La exposición más alta podría causar un edema pulmonar, lo que constituye una emergencia médica caracterizada por acumulación de líquido en los pulmones e intensa falta de aire.

Efectos crónicos sobre la salud

Los siguientes efectos crónicos (a largo plazo) sobre la salud pueden ocurrir algún tiempo después de la exposición al **cloruro de aluminio** y pueden durar meses o años.

Riesgo de cáncer

- ▶ Según la información actualmente disponible al Departamento, no se han realizado pruebas para determinar si el **cloruro de aluminio** tiene la capacidad de causar cáncer en animales.

Riesgo para la salud reproductiva

- ▶ Existen indicios limitados de que el **cloruro de aluminio** podría causar daño al feto en desarrollo y afectar a la fertilidad de animales machos.

Otros efectos

- ▶ La exposición repetida al **cloruro de aluminio** podría causar cicatrización en el pulmón (fibrosis) y reducir la función pulmonar con síntomas de tos y falta de aire.

Recomendaciones médicas

Exámenes médicos

Antes de comenzar un trabajo y en adelante a intervalos regulares (por lo menos una vez al año), se recomienda lo siguiente:

- ▶ Pruebas de función pulmonar

En caso de síntomas o posible sobreexposición, se recomienda lo siguiente:

- ▶ Considere realizar una radiografía de tórax después de la sobreexposición aguda.

Todas las evaluaciones deben incluir una historia detallada de los síntomas anteriores y actuales, junto con un examen. Los exámenes médicos que buscan daños ya causados no sirven como sustituto del control de la exposición.

Pida fotocopias de sus exámenes médicos. Usted tiene el derecho a esta información según la norma de acceso a los registros de exposición y la historia clínica del empleado de la OSHA (29 CFR 1910.1020).

Fuentes de exposición múltiple

- ▶ Ya que el fumar puede causar enfermedades cardíacas, cáncer de pulmón, enfisema y otros problemas respiratorios, la exposición química podría agravar las afecciones respiratorias aun más. Aun si lleva mucho tiempo fumando, si deja de fumar hoy su riesgo de sufrir problemas de salud disminuirá.

Controles y prácticas laborales

Si una sustancia química es muy tóxica, presenta un riesgo para la salud reproductiva o es sensibilizante, debe sustituirse por una sustancia menos tóxica. Si no puede sustituirse, es necesario obtener recomendaciones de expertos sobre las medidas de control, que incluyen: (1) aislar los procesos químicos si la sustancia es extremadamente irritante o corrosiva, (2) usar ventilación por extracción localizada si una sola exposición puede ser perjudicial y (3) usar ventilación general para controlar la exposición si la sustancia puede causar irritación en la piel y los ojos. Para obtener más información sobre controles laborales, consulte el documento

CLORURO DE ALUMINIO

página 3 de 6

del NIOSH sobre el control por zonas en www.cdc.gov/niosh/topics/ctrlbanding/.

Además, se recomiendan las siguientes prácticas laborales:

- ▶ Rotule los recipientes de proceso.
- ▶ Proporcione a los empleados información y capacitación sobre los riesgos.
- ▶ Controle las concentraciones en el aire de las sustancias químicas.
- ▶ Use controles de ingeniería si las concentraciones exceden los niveles de exposición recomendados.
- ▶ Proporcione lavajos y duchas de emergencia.
- ▶ Lávese o dúchese si la piel entra en contacto con un material peligroso.
- ▶ Siempre lávese al final del turno laboral.
- ▶ Si se contamina la ropa, quítese la ropa contaminada y póngase ropa limpia.
- ▶ No lleve a casa la ropa contaminada.
- ▶ Es necesario tener capacitación especial para lavar la ropa contaminada.
- ▶ No coma, fume o beba en áreas donde se manipulen, procesen o almacenen las sustancias químicas.
- ▶ Lávese las manos con cuidado antes de comer, fumar, beber, maquillarse o usar el baño.

Además, lo siguiente puede ser útil o necesario:

- ▶ Utilice una aspiradora para reducir el polvo durante la limpieza.

Equipo de protección individual

La norma de equipo de protección individual de la OSHA (29 CFR 1910.132) exige a los empleadores que determinen el equipo de protección individual adecuado para cada situación riesgosa y que capaciten a los empleados sobre cómo y cuándo usarlo.

Las siguientes recomendaciones sirven sólo de guía y quizás no se apliquen a todas las situaciones.

Guantes y ropa

- ▶ Evite el contacto de la piel con **cloruro de aluminio**. Use equipos de protección individual de materiales que no puedan ser permeados ni degradados por esta sustancia. Los proveedores o fabricantes de equipos de seguridad pueden ofrecer recomendaciones acerca del material para guantes o ropa que provea la mayor protección para su función laboral.
- ▶ Si se trata de **cloruro de aluminio** sólido, los fabricantes de equipos de seguridad recomiendan guantes de caucho natural o nitrilo y ropa de protección de DuPont Tyvek®. En presencia de gas de cloruro de hidrógeno se recomiendan guantes de neopreno y ropa de protección de DuPont Tychem® (Responder®), o de materiales equivalentes.
- ▶ Toda la ropa de protección (trajes, guantes, calzado, protección para la cabeza) debe estar limpia, disponible todos los días y debe ponerse antes de comenzar a trabajar.

Protección ocular

- ▶ Si se trata de **cloruro de aluminio sólido**, use protección ocular con coberturas laterales o gafas de protección.
- ▶ Cuando trabaje con líquidos, use gafas de protección antipolvo y antisalpicadura con ventilación indirecta.
- ▶ Cuando trabaje con sustancias corrosivas, sumamente irritantes o tóxicas, use una pantalla facial junto con gafas de protección.

Protección respiratoria

El uso incorrecto de los equipos de respiración es peligroso. Sólo deben usarse si el empleador tiene un programa por escrito que tome en cuenta las condiciones laborales, los requisitos de capacitación de los trabajadores, las pruebas de ajuste de los equipos de respiración y los exámenes médicos, según se describen en la norma de protección respiratoria de la OSHA (29 CFR 1910.134).

- ▶ Si existe la posibilidad de una exposición superior a 2 mg/m^3 (como **aluminio**), use un equipo de respiración purificador de aire con un filtro de partículas aprobado por el NIOSH con un filtro N95, R95 o P95. Un equipo de respiración de máscara completa ofrece mayor protección que uno de mascarilla, y un equipo de respiración purificador de aire forzado ofrece aún más protección.
- ▶ Abandone el área de inmediato si (1) al usar un equipo de respiración de filtro o cartucho puede oler el **cloruro de aluminio**, percibir su sabor o detectarlo de cualquier manera, (2) al usar filtros de partículas siente una resistencia respiratoria anormal o (3) al usar un equipo de respiración de máscara completa siente irritación ocular. Verifique que no haya una fuga de aire entre la cara y los extremos de la pieza facial. Si no la hay, cambie el filtro o el cartucho. En caso de fuga, puede necesitar otro equipo de respiración.
- ▶ Tenga en cuenta todas las posibles fuentes de exposición en el lugar de trabajo. Puede necesitar una combinación de filtros, prefiltros o cartuchos para protegerse contra las diversas formas de una sustancia química (tales como vapores o nieblas) o contra una mezcla de sustancias químicas.
- ▶ Si existe la posibilidad de alta exposición, o cuando pueda haber **cloruro de hidrógeno gaseoso**, use un equipo de respiración suministrador de aire con máscara completa, aprobado por el NIOSH, en modo de presión a demanda u otro modo de presión positiva. Para obtener mayor protección, use en combinación con un equipo de respiración autónomo o cilindro de aire para escape de emergencia.

Riesgo de incendio

Si los empleados tienen la responsabilidad de extinguir los incendios, deben estar capacitados y equipados según se estipula en la norma de cuerpos de bomberos de la OSHA (29 CFR 1910.156).

- ▶ El **cloruro de aluminio** no es inflamable.
- ▶ Use polvo químico seco o dióxido de carbono como agentes de extinción.
- ▶ NO USE AGUA.
- ▶ AL INCENDIARSE, SE PRODUCEN GASES TÓXICOS, entre otros el **cloruro de hidrógeno**.

- Use agua rociada para mantener fríos los recipientes expuestos al incendio. NO permita que el agua entre en los recipientes.
- El **cloruro de aluminio** puede encender materiales combustibles (madera, papel y aceite).

Derrames y emergencias

Si los empleados tienen la responsabilidad de limpiar los derrames, deben estar debidamente capacitados y equipados. Puede aplicarse la norma de manejo de desechos peligrosos y respuesta de emergencia de la OSHA (29 CFR 1910.120).

En caso de derrame de **cloruro de aluminio**, tome las siguientes medidas:

- Evacue al personal. Controle e impida el acceso a la zona.
- Elimine todas las fuentes de ignición.
- Reúna el material pulverizado de la manera más conveniente y segura y deposite en recipientes herméticos.
- NO USE AGUA NI NINGÚN MÉTODO HÚMEDO.
- Ventile el área después de que se complete la limpieza.
- Mantenga el **cloruro de aluminio** fuera de los espacios confinados donde pueda haber agua (como la red de alcantarillado), por riesgo de explosión.
- Puede ser necesario contener y eliminar el **cloruro de aluminio** como DESECHO PELIGROSO. Para obtener recomendaciones específicas, comuníquese con el DEP del estado o la oficina regional de la EPA de los Estados Unidos.

Manipulación y almacenamiento

Antes de trabajar con el **cloruro de aluminio**, debe estar capacitado en la manipulación y el almacenamiento adecuados de esta sustancia química.

- El **cloruro de aluminio** puede reaccionar de forma violenta con AGUA y AIRE HÚMEDO para formar **cloruro de hidrógeno** gaseoso, que es tóxico, y calor.
- El **cloruro de aluminio** no es compatible con ÓXIDO DE ALUMINIO; ÓXIDO DE CARBONO; FENILAZIDA; GLICIDOL; NITROBENCENO; ALQUENOS; CLORURO DE BENZOILO; NAFTALENO; ÓXIDO DE ETILENO; DIFLUORURO DE OXÍGENO; NITROMETANO; ANILINAS; ETILENIMINA; AGENTES OXIDANTES (tales como PERCLORATOS, PERÓXIDOS, PERMANGANATOS, CLORATOS, NITRATOS, CLORO, BROMO y FLÚOR); BASES FUERTES (tales como HIDRÓXIDO DE SODIO e HIDRÓXIDO DE POTASIO); EPICLOROHIDRINA; HIDROCARBUROS HALOGENADOS; y ALCOHOL.
- Almacene en recipientes bien cerrados en un área fresca y bien ventilada lejos de METALES, MATERIALES COMBUSTIBLES y MATERIALES ORGÁNICOS.
- El almacenamiento prolongado de **cloruro de aluminio anhidro** en recipientes cerrados puede resultar en su descomposición espontánea o explosión.

Recursos de salud laboral

El Departamento ofrece múltiples servicios que incluyen recursos de información, materiales educativos,

presentaciones públicas, e investigaciones y evaluaciones de salud e higiene industrial.

Para más información, comuníquese con:

New Jersey Department of Health
 Right to Know
 PO Box 368
 Trenton, NJ 08625-0368
 Teléfono: 609-984-2202
 Fax: 609-984-7407
 Correo electrónico: rtk@doh.state.nj.us
 Dirección web: <http://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb>

Las Hojas Informativas sobre Sustancias Peligrosas no deben ser reproducidas ni vendidas con propósitos comerciales.

GLOSARIO

La **ACGIH**, *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales), publica recomendaciones sobre los límites de exposición laboral a las sustancias químicas (valores límites umbral; ver TLV).

Los **AEGL**, *acute exposure guideline levels* (niveles de referencia en caso de exposición aguda), que son establecidos por la EPA, describen los efectos sobre la salud de los humanos de la exposición poco frecuente a sustancias químicas en el aire.

La **AIHA** es la *American Industrial Hygiene Association* (Asociación Estadounidense de Higiene Industrial).

Un **carcinógeno** es una sustancia que causa cáncer.

El **CAS** es el *Chemical Abstracts Service* (Servicio de Resúmenes Químicos).

El **CFR** es el *Code of Federal Regulations* (Código de Regulaciones Federales).

El **CHEMTREC** es el *Chemical Transportation Emergency Center* (Centro para Emergencias en el Transporte de Sustancias Químicas).

Una sustancia **combustible** es un sólido, líquido o gas que puede arder.

Una sustancia **corrosiva** es un sólido, líquido o gas que puede destruir la piel humana o causar una corrosión importante en los recipientes.

La **densidad de vapor** es la relación entre el peso del volumen de dos gases (normalmente uno de ellos es el aire), en las mismas condiciones de temperatura y presión.

El **Departamento** es el *New Jersey Department of Health* (Departamento de Salud de Nueva Jersey).

El **DEP** es el *Department of Environmental Protection* (Departamento de Protección del Medio Ambiente).

El **DOT**, *Department of Transportation* (Departamento de Transporte), es la agencia federal que regula el transporte de sustancias químicas.

CLOURURO DE ALUMINIO

página 5 de 6

La **EPA**, *Environmental Protection Agency* (Agencia de Protección del Medio Ambiente), es la agencia federal responsable de regular los riesgos medioambientales.

Los **ERPG**, *emergency response planning guidelines* (guías para la preparación de respuestas a emergencias), son estimaciones de rangos de concentraciones entre los cuales uno puede anticipar razonablemente la observación de efectos adversos sobre la salud.

Un **feto** es un ser humano o animal no nacido.

La **Guía**, *Emergency Response Guidebook* (*Guía de respuesta en caso de emergencia*), que se dirige al personal de emergencias, es para uso en accidentes de transporte de sustancias peligrosas.

La **IARC** es el *International Agency for Research on Cancer* (Agencia Internacional para Investigaciones sobre el Cáncer).

La concentración **IDLH**, *immediately dangerous to life or health*, constituye un peligro inmediato para la vida o la salud.

Una sustancia **inflamable** es un sólido, líquido, vapor o gas que se enciende con facilidad y se quema con rapidez.

El **IRIS**, *Integrated Risk Information System* (Sistema Integrado de Información sobre Riesgos), es una base de datos de la EPA con información sobre los posibles efectos sobre la salud humana de la exposición ambiental a las sustancias químicas.

El **LIE**, límite inferior de explosividad, es la mínima concentración de sustancia combustible (gases o vapores) en el aire capaz de continuar una explosión.

El **LSE**, límite superior de explosividad, es la máxima concentración de sustancia combustible (gases o vapores) en el aire capaz de iniciar una reacción o explosión.

mg/m³ significa miligramos de sustancia química por metro cúbico de aire. Es una medida de concentración (peso/volumen).

Un **mutágeno** es una sustancia que causa mutaciones. Una **mutación** es un cambio en el material genético de la célula del organismo. Las mutaciones pueden llevar a malformaciones en recién nacidos, abortos espontáneos o cánceres.

La **NFPA**, *National Fire Protection Association* (Asociación Nacional para la Protección contra Incendios), clasifica las sustancias según el riesgo de incendio y explosión.

El **NIOSH**, *National Institute for Occupational Safety and Health* (Instituto Nacional para la Salud y Seguridad en el Trabajo), es un organismo que realiza evaluaciones de equipos de respiración y la certificación de los mismos, estudios de peligros laborales, ensayos de equipos laborales y también propone normas a la OSHA.

El **N.J.A.C.** es el *New Jersey Administrative Code* (Código Administrativo de Nueva Jersey).

El **NJ DEP** es el *New Jersey Department of Environmental Protection* (Departamento de Protección del Medio Ambiente de Nueva Jersey).

La **NRC** es la *Nuclear Regulatory Comisión* (*Comisión de Regulación Nuclear*).

El **NTP**, *National Toxicology Program* (Programa Nacional de Toxicología), estudia las sustancias químicas para determinar el potencial carcinogénico.



Nombre común: CLORURO DE ALUMINIO

Sinónimos: Tricloruro de aluminio; cloruro de aluminio anhidro

Número CAS: 7446-70-0

Fórmula molecular: $AlCl_3$

Número Derecho a Saber: 0057

Descripción: Polvo o sólido cristalino blanco grisáceo o amarillento con un olor acre que es reactivo en agua

DATOS SOBRE LOS RIESGOS	
<p>Evaluación</p> <p>3 - Salud</p> <p>0 - Incendio</p> <p>2-W - Reactividad</p> <p>Núm. DOT: UN 1726</p> <p>Núm. de Guía: 137</p> <p>Categoría de riesgo: 8 (corrosivo)</p>	<p>Lucha contra incendios</p> <p>No inflamable</p> <p>Use polvo químico seco o dióxido de carbono como agentes de extinción.</p> <p>NO USE AGUA.</p> <p>Use agua rociada para mantener fríos los recipientes expuestos al incendio. NO permita que el agua entre en los tanques.</p> <p>AL INCENDIARSE, SE PRODUCEN GASES TÓXICOS, entre otros el cloruro de hidrógeno. El cloruro de aluminio puede encender materiales combustibles (madera, papel y aceite).</p>
<p>Reactividad</p> <p>El cloruro de aluminio puede reaccionar de forma violenta con AGUA y AIRE HÚMEDO para formar cloruro de hidrógeno gaseoso, que es tóxico, y calor.</p> <p>El cloruro de aluminio no es compatible con ÓXIDO DE ALUMINIO; ÓXIDO DE CARBONO; FENIL AZIDA; GLICIDOL; NITROBENCENO; ALQUENOS; CLORURO DE BENZOILO; NAFTALENO; ÓXIDO DE ETILENO; DIFLUORURO DE OXÍGENO; NITROMETANO; ANILINAS; ETILENIMINA; AGENTES OXIDANTES (tales como PERCLORATOS, PERÓXIDOS, PERMANGANATOS, CLORATOS, NITRATOS, CLORO, BROMO y FLÚOR); BASES FUERTES (tales como HIDRÓXIDO DE SODIO e HIDRÓXIDO DE POTASIO); EPICLOROHIDRINA; HIDROCARBUROS HALOGENADOS; y ALCOHOL.</p>	
FUGAS Y DERRAMES	PROPIEDADES FÍSICAS
<p>Distancias de aislamiento:</p> <p>Derrame pequeño: 30 metros (100 pies) cuando se derrama en agua</p> <p>Derrame grande: 120 metros (400 pies) cuando se derrama en agua</p> <p>Incendio: 800 metros (0.5 milla)</p> <p>Reúna el material pulverizado de la manera más conveniente y segura y deposite en recipientes herméticos.</p> <p>Mantenga el cloruro de aluminio fuera de los espacios confinados donde pueda haber agua (como la red de alcantarillado), por riesgo de explosión.</p> <p>Perjudicial a concentraciones bajas para la vida acuática.</p>	<p>Umbral de olor: Acre</p> <p>Punto de inflamación: No inflamable</p> <p>Densidad de vapor: 2.5 (aire = 1)</p> <p>Presión de vapor: 1 mm Hg a 212°F (100°C)</p> <p>Densidad relativa: 2.7 (agua = 1)</p> <p>Solubilidad en agua: Se descompone</p> <p>Punto de ebullición: 380°F (182°C)</p> <p>Punto de fusión: 374°F (190°C)</p> <p>Peso molecular: 133.34</p>
LÍMITES DE EXPOSICIÓN	EQUIPO DE PROTECCIÓN
<p>OSHA: No tiene</p> <p>NIOSH: 2 mg/m³, TWA 10 h</p> <p>ACGIH: Retirados</p> <p>IDLH: No tiene</p>	<p>Guantes: Caucho natural y nitrilo (sólido) y neopreno (en presencia de cloruro de hidrógeno gaseoso)</p> <p>Overol (mono): DuPont Tyvek® (sólido) y Tychem® (Responder®) (en presencia de cloruro de hidrógeno gaseoso)</p> <p>Respiratoria: >2 mg/m³ - purificador de aire de máscara completa con filtro de alta eficacia</p> <p>En presencia de cloruro de hidrógeno gaseoso - suministrador de aire</p>
EFECTOS SOBRE LA SALUD	PRIMEROS AUXILIOS Y DESCONTAMINACIÓN
<p>Ojos: Graves irritaciones y quemaduras</p> <p>Piel: Graves irritaciones y quemaduras</p> <p>Inhalación: Irritación de la nariz, la garganta y el pulmón con tos, respiración con silbido e intensa falta de aire (edema pulmonar)</p>	<p>Retire a la víctima del lugar de exposición.</p> <p>Retire sin humedecer rápidamente el exceso de sustancia química de la cara. Enjuague los ojos inmediatamente con abundante agua por un mínimo de 30 minutos, levantando los párpados superiores e inferiores. Retire las lentes de contacto al enjuagar, si las usa. Busque de inmediato atención médica.</p> <p>Quítese rápidamente la ropa contaminada. Absorba sin friccionar o retire sin humedecer inmediatamente el exceso de sustancia química, y lávese suavemente el área afectada con abundante agua durante al menos 30 minutos. Busque de inmediato atención médica.</p> <p>Si se ha detenido la respiración, inicie la respiración artificial y, en caso necesario, la reanimación cardiopulmonar.</p> <p>Traslade a la víctima a un centro de atención médica.</p> <p>Se recomienda observación médica ya que los síntomas pueden tardar en aparecer.</p>

ANEXO 9

Listas de insumos químicos, productos y sus subproductos o derivados, conforme lo establecido en los artículos 5 y 16 del Decreto Legislativo N° 1126

El Peruano / Miércoles 21 de agosto de 2019	NORMAS LEGALES	13
Artículo 2. Procedimiento para la aprobación institucional	Que, en cumplimiento del mandato legal antes referido, mediante Decreto Supremo N° 348-2015-EF que aprueba la nueva lista de insumos químicos, productos y sus subproductos o derivados, objeto de control a que se refiere el artículo 5 del Decreto Legislativo N° 1126, se aprueban, entre otros, las listas de insumos químicos y productos que están sujetos al registro, control y fiscalización en el territorio nacional; así como en las zonas geográficas sujetas al Régimen Especial para el control de Bienes Fiscalizados;	
2.1 El Titular del pliego habilitado en esta Transferencia de Partidas, aprueba, mediante Resolución, la desagregación de los recursos autorizados en el artículo 1 de esta norma, a nivel programático, dentro de los cinco (05) días calendario de la vigencia de este dispositivo legal. Copia de la Resolución es remitida dentro de los cinco (05) días calendario de aprobada a los organismos señalados en el párrafo 31.4 del artículo 31 del Decreto Legislativo N° 1440, Decreto Legislativo del Sistema Nacional de Presupuesto Público.	Que, por otro lado, el artículo 16 del Decreto Legislativo N° 1126, modificado por el Decreto Legislativo N° 1339, dispone que en el decreto supremo a que se refiere el artículo 5 del referido Decreto Legislativo, se definen los bienes fiscalizados que son considerados de uso doméstico y artesanal, así como las cantidades, frecuencias, volúmenes y grado de concentración en que pueden ser comercializados para dicho fin;	
2.2 La Oficina de Presupuesto o la que haga sus veces en el pliego habilitado, solicita a la Dirección General de Presupuesto Público las codificaciones que se requieran como consecuencia de la incorporación de nuevas Partidas de Ingresos, Finalidades y Unidades de Medida.	Que, previamente a la modificación normativa indicada en el párrafo anterior, los bienes fiscalizados considerados como de uso doméstico y artesanal, así como las cantidades, frecuencias, volúmenes y grado de concentración en que pueden ser comercializados para dicho fin, se establecieron en los artículos 27 y 28 del Reglamento del Decreto Legislativo N° 1126, aprobado mediante Decreto Supremo N° 044-2013-EF.	
2.3 La Oficina de Presupuesto o la que haga sus veces en el pliego involucrado, instruye a las Unidades Ejecutoras para que elabore las correspondientes "Notas para Modificación Presupuestaria" que se requieran, como consecuencia de lo dispuesto en esta norma.	Que, en atención a lo establecido en los artículos 5 y 16 del Decreto Legislativo N° 1126, y la propuesta presentada por la SUNAT mediante Oficio N° 095-2018-SUNAT/7C0000, se considera necesario la emisión de un decreto supremo que apruebe las listas de insumos químicos y productos que están sujetos al registro, control y fiscalización en el territorio nacional, así como en las zonas geográficas sujetas al Régimen Especial para el control de Bienes Fiscalizados, y que defina los bienes fiscalizados que son considerados de uso doméstico y artesanal, a fin de mejorar el control y fiscalización de los mismos;	
Artículo 3. Limitación al uso de los recursos	De conformidad con el inciso 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; el inciso 3) del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; y los artículos 5 y 16 del Decreto Legislativo N° 1126, Decreto Legislativo que establece medidas de control en los insumos químicos y productos fiscalizados, maquinarias y equipos utilizados para la elaboración de drogas ilícitas;	
Los recursos de la Transferencia de Partidas a que se refiere el artículo 1 de esta norma, no pueden ser destinados, bajo responsabilidad, a fines distintos para los cuales son transferidos.	DECRETA:	
Artículo 4. Refrendo	Artículo 1.- Aprobación de la lista de insumos químicos, productos, subproductos y derivados sujetos al registro, control y fiscalización en el territorio nacional	
El Decreto Supremo es refrendado por el Ministro de Economía y Finanzas.	1.1 Apruébase la lista de insumos químicos y productos que están sujetos al registro, control y fiscalización en el territorio nacional, inclusive en las zonas geográficas sujetas al Régimen Especial para el control de Bienes Fiscalizados, cualquiera sea su denominación, forma o presentación, de acuerdo con el detalle contenido en el Anexo N° 1 que forma parte del presente decreto supremo. Los insumos químicos y productos indicados en la lista del Anexo N° 1 están sujetos a registro, control y fiscalización:	
Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinte días del mes de agosto del año dos mil diecinueve.	1. Cualquiera sea su concentración, excepto el hipoclorito de sodio que está sujeto al registro, control y fiscalización en concentraciones superiores al 8%.	
MARTÍN ALBERTO VIZCARRA CORNEJO Presidente de la República	2. Aun cuando se encuentren diluidos o rebajados en su concentración porcentual en agua, pudiendo encontrarse en solución acuosa, en suspensión acuosa, hidratados molecularmente o con contenido de humedad.	
CARLOS OLIVA NEYRA Ministro de Economía y Finanzas	1.2 Las mezclas sujetas al registro, control y fiscalización en el territorio nacional, inclusive en las zonas geográficas sujetas al Régimen Especial para el control de Bienes Fiscalizados, son las que contengan dentro de su composición algunos de los siguientes insumos químicos en la concentración que a continuación se señalan:	
1799604-4	1. Del ácido clorhídrico en una concentración superior al 10%.	
Aprueban las listas de insumos químicos, productos y sus subproductos o derivados que son objeto de control, y definen los bienes fiscalizados considerados de uso doméstico y artesanal, conforme lo establecido en los artículos 5 y 16 del Decreto Legislativo N° 1126		
DECRETO SUPREMO N° 268-2019-EF		
EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA		
CONSIDERANDO:		
Que, el Decreto Legislativo N° 1126, Decreto Legislativo que establece medidas de control en los insumos químicos y productos fiscalizados, maquinarias y equipos utilizados para la elaboración de drogas ilícitas, tiene por objeto establecer las medidas para el registro, control y fiscalización de los Bienes Fiscalizados que, directa o indirectamente, puedan ser utilizados en la elaboración de drogas ilícitas;		
Que, el artículo 5 del Decreto Legislativo N° 1126 señala que los insumos químicos, productos y sus subproductos o derivados, que puedan ser utilizados para la elaboración de drogas ilícitas, son fiscalizados, cualquiera sea su denominación, concentración, forma o presentación; siendo que, mediante decreto supremo, a propuesta de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria - SUNAT, refrendado por el titular del Ministerio del Interior y del Ministerio de Economía y Finanzas en el marco de sus competencias, se especifican los insumos químicos, productos y sus subproductos o derivados, objeto de control;		

2. Del ácido sulfúrico en una concentración superior al 10%.

3. Del permanganato de potasio en una concentración superior al 2%.

4. Del carbonato de sodio en una concentración superior al 10%.

5. Del carbonato de potasio en una concentración superior al 10%.

6. Del sulfato de sodio en una concentración superior al 30%.

7. Del óxido de calcio en una concentración superior al 40%.

8. Del hidróxido de calcio en una concentración superior al 40%.

9. Del ácido nítrico en una concentración superior al 10%.

10. Del ácido fórmico en una concentración superior al 10%.

11. Del hidróxido de calcio y óxido de calcio en concentraciones que sumadas superen el 40%.

1.3 No se encuentran comprendidos el detergente o el cemento entre las mezclas a que se refiere el párrafo anterior.

1.4 Se considera disolvente sujeto a registro, control y fiscalización en el territorio nacional, inclusive en las zonas geográficas sujetas al Régimen Especial para el control de Bienes Fiscalizados, a toda mezcla líquida orgánica, capaz de disolver o disgregar otras sustancias, que contenga uno o más insumos químicos fiscalizados tales como acetona, acetato de etilo, acetato de n-propilo, benceno, éter etílico, hexano, metil etil cetona, metil isobutil cetona, tolueno y xileno, que hayan sido incorporados directa o indirectamente, en concentraciones que sumadas sean superiores al 20% en peso. Dichos disolventes se encuentran sujetos al registro, control y fiscalización, aun cuando contengan un aditivo de cualquier naturaleza que le dé coloración, en tanto no pierdan sus características de disolvente.

1.5 No se encuentra comprendido en el párrafo anterior el disolvente que esté en presentación de aerosol.

Artículo 2.- Aprobación de la lista de insumos químicos, productos, subproductos y derivados sujetos al registro, control y fiscalización en las zonas geográficas sujetas al Régimen Especial para el control de Bienes Fiscalizados

2.1 Agruébase la lista de insumos químicos y productos que están sujetos al registro, control y fiscalización, únicamente en las zonas geográficas sujetas al Régimen Especial para el control de Bienes Fiscalizados, cualquiera sea su denominación, forma o presentación, de acuerdo con el detalle contenido en el Anexo N° 2 que forma parte del presente decreto supremo.

2.2 Los usuarios que realicen actividades fiscalizadas con los bienes mencionados en el Anexo N° 2, en o desde las zonas geográficas sujetas al Régimen Especial para el control de Bienes Fiscalizados, o hacia dichas zonas, están sujetos al registro, control y fiscalización. Se encuentran exceptuados del registro, aquellos usuarios que realicen actividades fiscalizadas atravesando las zonas geográficas antes mencionadas.

2.3 La disposición mencionada en el párrafo anterior no es de aplicación para las adquisiciones de kerosene de aviación turbo jet A1 y kerosene de aviación turbo JP5 para el consumo, durante el trayecto, de las aeronaves hacia, desde o en las zonas geográficas sujetas al Régimen Especial para el control de Bienes Fiscalizados, siempre que dichas adquisiciones hubiesen sido despachadas directamente al tanque de las aeronaves en una planta de abastecimiento en aeropuerto o a través de otros sistemas de despacho de combustibles de aviación ubicado dentro o fuera de las referidas zonas, y el remanente de combustible no consumido permanezca en el tanque.

2.4 Las mezclas sujetas al registro, control y fiscalización en las zonas geográficas sujetas al Régimen Especial para el control de Bienes Fiscalizados, son las que contengan dentro de su composición alguno de los insumos químicos y productos detallados en el Anexo N°

2, aun cuando se encuentren en mezclas líquidas con otros insumos químicos o productos fiscalizados o no fiscalizados.

2.5 No se encuentran comprendidas en el párrafo anterior las mezclas que contengan alguno de los insumos químicos y productos detallados en el Anexo N° 2 que estén en presentación de aerosol.

2.6 Lo dispuesto en el párrafo 2.2 del presente artículo, también es de aplicación cuando se realicen actividades fiscalizadas con las mezclas señaladas en el párrafo 2.4.

Artículo 3.- Definición de los bienes fiscalizados considerados para uso doméstico y artesanal

3.1 Son considerados bienes fiscalizados para uso doméstico, los siguientes:

1. Carbonato de sodio decahidratado, comercialmente denominado como sal de soda o sal de sosa cristalizada.
2. Óxido de calcio.
3. Hidróxido de calcio.
4. Gasolinas y gasoholes.
5. Diesel y sus mezclas con biodiesel.
6. Mezclas que dentro de su composición contengan carbonato de sodio en una concentración superior al 10% o carbonato de potasio en una concentración superior al 10%.
7. Disolventes sujetos a control y fiscalización.

3.2 Se considera como bien fiscalizado para uso artesanal al ácido nítrico en solución acuosa o diluida en agua.

Artículo 4.- Presentación y cantidades para la comercialización de los bienes fiscalizados considerados para uso doméstico y artesanal

4.1 Los bienes fiscalizados considerados para uso doméstico deben comercializarse de acuerdo a las disposiciones siguientes:

1. Carbonato de sodio decahidratado, comercialmente denominado como sal de soda o sal de sosa cristalizada:

- a) En envases de hasta doscientos cincuenta gramos.
- b) Cantidad máxima por mes: doscientos cincuenta gramos por adquirente.

2. Óxido de calcio:

- a) En envases de hasta veinticinco kilogramos.
- b) Cantidad máxima por mes: cincuenta kilogramos por adquirente.

3. Hidróxido de calcio:

- a) En envases de hasta veinticinco kilogramos.
- b) Cantidad máxima por mes: cincuenta kilogramos por adquirente.

4. Gasolinas, gasoholes, diesel y sus mezclas con biodiesel:

a) Aquellas surtidas directamente en envases que no sean de vidrio o de material frágil, hasta un máximo de diez galones de diesel y sus mezclas con biodiesel o hasta cinco litros de gasolina y/o gasoholes, por día, para su utilización en actividades de uso doméstico.

5. Mezclas que dentro de su composición contengan carbonato de sodio o carbonato de potasio en una concentración superior al 10%:

- a) En envases de hasta cinco kilogramos.
- b) Cantidad máxima por mes: cinco kilogramos por adquirente.

6. Disolventes sujetos a control y fiscalización:

- a) En envases de hasta un galón.
- b) Cantidad máxima por mes: un galón por adquirente.

4.2 El ácido nítrico considerado para uso artesanal debe ser comercializado de acuerdo a las disposiciones siguientes:

1. En concentración porcentual de hasta 65%.
2. En envases de hasta un litro.
3. Cantidad máxima por mes: un litro por adquirente.

Artículo 5.- Refrendo

El presente decreto supremo es refrendado por el Ministro de Economía y Finanzas y el Ministro del Interior.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

Única.- Vigencia

El presente decreto supremo entra en vigencia a los sesenta días calendarios contados a partir del día siguiente de su publicación.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Derogación del Decreto Supremo N° 384-2015-EF y los artículos 27 y 28 del Reglamento del Decreto Legislativo N° 1126

Deróganse el Decreto Supremo N° 348-2015-EF, y los artículos 27 y 28 del Reglamento del Decreto Legislativo N° 1126, aprobado mediante el Decreto Supremo N° 044-2013-EF.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinte días del mes de agosto del año dos mil diecinueve.

MARTÍN ALBERTO VIZCARRA CORNEJO
Presidente de la República

CARLOS OLIVA NEYRA
Ministro de Economía y Finanzas

CARLOS MORÁN SOTO
Ministro del Interior

ANEXO N° 1

N°	Insuño químico o producto	Fórmula química	Otras denominaciones
1	Acetato de Etilo	C ₄ H ₈ O ₂	Ester Acético; Ester Etilico del Ácido Acético; Ester Etiloacético; Éstano de Etilo; Acetón; Vinagre de nafta.
2	Acetato de n-Propilo	C ₅ H ₁₀ O ₂	Éstano de Propilo; n-Propil Éster del Ácido Acético; Acetato de Propilo.
3	Acetona	C ₃ H ₆ O	Acetonas; Dimetilcetona; Dimetilcetona; Propanona; Espirito Piracético; 2-Propanona; 3-Catopropana; Éter Piracético; Ácido Piracético.
4	Ácido Antranílico	C ₇ H ₇ NO ₂	Ácido Otto Aminobenzoico; 1-Amino-2-Carboxibenzoico; Ácido 2-Aminobenzoico; Otto-Carboxianilina.
5	Ácido Clorhídrico y/o Mineralico	HCl	Ácido Hidroclórico; Cloruro de Hidrógeno en solución acuosa.
6	Ácido Fórmico	CH ₂ O ₂	Ácido Metanoico; Ácido Hidrocarboxílico.
7	Ácido Nítrico	HNO ₃	Nitrato de Hidrógeno; Ácido Acético; Hidróido Nítrico; Ácido Fumante; Agua Fortis.
8	Ácido Sulfúrico	H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico; Oleum; Ácido Sulfúrico Fumante; Sulfato de Hidrógeno; Aceite de Vitriolo; Ácido Sulfúrico diluido; Ácido Sulfúrico en solución; Ácido Tetraoxosulfúrico (VI); Tetraoxosulfato (VI) de Hidrógeno; Licor de Vitriolo; Espirito de Vitriolo.
9	Amoniaco	NH ₃	Amoniaco Anhidro; Gas Amoniaco; Amoniaco en solución; Solución Amoniaca; Hidróido de Amonio.
10	Anhidrido Acético	C ₄ H ₆ O ₃	Óxido Acético; Anhidrido del Ácido Acético; Óxido de Acetilo; Anhidrido Étanoico.
11	Benceno	C ₆ H ₆	Benzol; Benzole; Nafta de Carbón; Pirabenzol; Nafta Mineral; 1,3,5-Ciclohexatrieno.

N°	Insuño químico o producto	Fórmula química	Otras denominaciones
12	Carbonato de Sodio	Na ₂ CO ₃	Carbonato Isódico; Sal de Sosa cristalizada; Subcarbonato de Sodio; Carbonato Sódico neutro; Ceniza de Sosa Lixiana; Sosa Calcinada; Cenizas de Peña; Carbonato Sódico Anhidro; Sosa del Solvay; Barrilla; Nitrón Cristales de Soda.
13	Carbonato de Potasio	K ₂ CO ₃	Sal Tártara; Carbonato Biptotásico; Cenizas de Peña.
14	Cloruro de Amonio	NH ₄ Cl	Sal de Amoniaco; Sal Amónica; Clorhidrato Amónico.
15	Éter Etilico	C ₄ H ₁₀ O	Óxido de Etilo; Óxido Dietílico; Éter anestésico; Éter Dietílico; Éter Sulfúrico.
16	Hexano	C ₆ H ₁₄	Hexano Normal; N-Hexano; Hidrido de Caprolito; Hidrido Hexílico; Iso-Hexano y mezcla de isómeros.
17	Hidróido de Calcio	Ca(OH) ₂	Hidrato de Calcio; Cal hidratada; Lechada de Cal Apagada; Cal Muerta.
18	Hipoclorito de Sodio	NaClO	Lejía Hipoclorito Sódico; Agua de Labranza.
19	Isocetol	(CH ₃ CO)C ₂ H ₅ (CH-CHCH ₃)	1,2 Metilendioxo 4-Propenibenzoico; 5-1 Propenil 1,3 Benzodioxol; 1,4-Diacetylbenzene; 1-(4-Acetyl-phenyl)-efanone.
20	Keroseno	-----	Pebbleto Lampante; Aceite Mineral; Kerosina; Keroseno.
21	Metil Etil Cetona	C ₅ H ₁₀ O	Methyl Ethyl Ketone; Sulanona; 2-Butanona; MEK; Metilpropanona; Etilmetilcetona.
22	Metil Isobutil Cetona	C ₆ H ₁₂ O	Methyl Isobutyl Ketone; Isopropilcetona; Hexona; 4-Metil-2-Pentanona; MBK.
23	Óxido de Calcio	CaO	Cal viva; Cal fundente.
24	Permanganato de Potasio	KMnO ₄	Carminado Mineral; Carminado Violeta; Permanganato de Potasa; Sal de Potasio del Ácido Permanganico.
25	Piperonal	C ₉ H ₁₀ O ₂	Heliotropina; 3,4-Metilendioxi-Benzaldehido; Aldehidopiperonico; Carboxaldehido; Heliotropin.
26	Sefrol	CH ₂ OO(C ₆ H ₄) CH ₂ CH-CH ₃	1,2-Metilendioxi 4-Alibenzoico; 4-All- 1,2 Metilendioxy - Benzol; 5-2 Propenil - 1,3 Benzodioxol.
27	Sulfato de Sodio	Na ₂ SO ₄	En la forma anhidra: Sulfato Sódico Anhidro; Sulfato Sódico Desecado; Torta de Sal Thénarita (mineral). En la forma hidratada: Sulfato Sódico Decahidratado; Sal de Glauber; Mirabilita (mineral); Vitriolo de Sosa.
28	Tolueno	C ₇ H ₈	Toluid; Metil Benzol; Hidruo de Cresilo; Fenilmetano; Metilbenzoico; Metacido.
29	Xileno	C ₈ H ₁₀	Dimetilbenzoico; Xilol; Orto-xileno; Meta-xileno; Para-xileno y Xilenos mistos.
30	Ácido Sulfúrico	H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico o Ácido Amidosulfúrico; Ácido Amidosulfúrico; Ácido Amidosulfúrico; Ácido Amidosulfúrico.
31	Cloruro de Calcio	CaCl ₂	Cloruro Cálcico; Dicluro de Calcio; Cloruro de Calcio Anhidro.
32	Hidróido de Sodio	NaOH	Hidróido Sódico; Soda Cáustica; Sosa Cáustica; Sosa Lejía; Jabón de piedra; Hidrato de Sodio.
33	Metabisulfato de Sodio	Na ₂ S ₂ O ₅	Pirosulfato Sódico; Disulfato de Sodio.

Nota:

Los insuños químicos y productos fiscalizados se nombran o denominan indistintamente conforme se tiene señalado, sin que el nombre o denominación sea limitante o excluyente de otros nombres o denominaciones comerciales, técnicas o comunes que sean utilizables para los mismos.

ANEXO N° 2

N°	Insuño químico o producto	Nombre comercial	Descripción	Familia química
1	Diésel y sus mezclas con Biodiésel	Diésel BK, Diésel BK 550	Mezcla de hidrocarburos y Biodiésel	Mezcla de Hidrocarburos y FAME (Ester Metilico de Acido Graso)

N°	Insumo químico o producto	Nombre comercial	Descripción	Familia química
2	Gasolinas y Gasoholes	Todas las gasolinas y gasoholes	Mezcla de hidrocarburos y Alcohol Carburantes	Mezcla de Hidrocarburo y Alcohol Carburantes
3	Hidrocarburo Alifático Liviano	HAL	Mezcla de hidrocarburos derivados del Petróleo (C5-C8)	Condensados del Gas o Gasolina Natural
4	Hidrocarburo Acídico Saturado	HAS	Mezcla de hidrocarburos derivados del Petróleo (C5-C12)	Condensados del Gas o Gasolina Natural. Corte de nafta virgen compuesto de hidrocarburos acíclicos saturados.
5	Kerosene de aviación Turbo Jet A1	Turbo A1	Mezcla de hidrocarburos derivados del Petróleo	Hidrocarburos
6	Kerosene de aviación Turbo JPS	Turbo JPS	Mezcla de hidrocarburos derivados del Petróleo	Hidrocarburos
7	Solvente N° 1	Solvente 1, Bencina	Mezcla de hidrocarburos derivados del Petróleo (C5-C8)	Hidrocarburos
8	Solvente N° 3	Solvente 3, Varsol	Mezcla de hidrocarburos derivados del Petróleo (C8-C12)	Hidrocarburos

Nota:

Los insumos químicos y productos comercializados se nombran o denominan indistintamente conforme se viene señalado, sin que el nombre o denominación sea limitante o excluyente de otros nombres o denominaciones comerciales, técnicas o comunes que sean utilizables para los mismos.

1799604-5

Aprueban Directiva para la creación o cierre de unidades ejecutoras de los pliegos presupuestarios

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0025-2019-EF/50.01

Lima, 16 de agosto de 2019

CONSIDERANDO:

Que, de conformidad con lo establecido en el numeral 9.1 del artículo 9 del Decreto Legislativo N° 1440, Decreto Legislativo del Sistema Nacional de Presupuesto Público, la unidad ejecutora, en el marco del Sistema Nacional de Presupuesto Público, es el nivel descentralizado u operativo de los pliegos del Gobierno Nacional y los Gobiernos Regionales, que administra los ingresos y gastos públicos y se vincula e interactúa con la Oficina de Presupuesto del Pliego o la que haga sus veces;

Que, de acuerdo con el numeral 68.4 del artículo 68 del Decreto Legislativo N° 1440, la Dirección General de Presupuesto Público establece mediante directiva, los requisitos técnicos que debe sustentar cada Pliego en sus solicitudes de creación o cierre de unidades ejecutoras y los plazos de implementación;

Que, por tanto, resulta necesario aprobar los requisitos que deben cumplir los pliegos para la presentación de sus solicitudes de creación o cierre de unidades ejecutoras, y demás normas complementarias relacionadas con la implementación de las mismas;

En uso de las facultades conferidas en el artículo 5 y numeral 68.4 del artículo 68 del Decreto Legislativo N° 1440, Decreto Legislativo del Sistema Nacional de Presupuesto Público;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Aprobar la Directiva para la creación o cierre de unidades ejecutoras de los pliegos presupuestarios, que forma parte de la presente Resolución Directoral.

Artículo 2.- La presente Resolución Directoral y la

Directiva para la creación o cierre de unidades ejecutoras de los pliegos presupuestarios, aprobada en el artículo 1 de esta norma, se publican en el Diario Oficial "El Peruano" y en el portal institucional del Ministerio de Economía y Finanzas (www.mef.gob.pe).

Regístrese, comuníquese y publíquese.

MARÍA ANTONIETA ALVALUPERDI
Directora General
Dirección General de Presupuesto Público

DIRECTIVA N° 005-2019-EF/50.01

DIRECTIVA PARA LA CREACIÓN O CIERRE DE UNIDADES EJECUTORAS DE LOS PLIEGOS PRESUPUESTARIOS

CAPÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Objetivo

La presente Directiva tiene por objeto establecer los requisitos técnicos, procedimientos y plazos que deben cumplir los pliegos presupuestarios para proponer a la Dirección General de Presupuesto Público (en adelante "DGPP") la creación o cierre de unidades ejecutoras (en adelante "UE"), en el marco de lo establecido en el artículo 68 del Decreto Legislativo N° 1440, Decreto Legislativo del Sistema Nacional de Presupuesto Público.

Artículo 2.- Alcance

La presente Directiva es de aplicación a los pliegos presupuestarios de los niveles del Gobierno Nacional y Gobierno Regional.

Artículo 3.- Responsabilidades

3.1 La solicitud de creación o cierre de UE debe ser presentada por el Titular del pliego presupuestario (en adelante "pliego proponente") a la DGPP, sustentando el cumplimiento de los requisitos técnicos, procedimientos y plazos establecidos en la presente Directiva.

3.2 La Oficina de Presupuesto o la que haga sus veces en el pliego proponente tiene la responsabilidad de gestionar y validar el cumplimiento de los requisitos técnicos dentro de su Pliego, previo a elevar la solicitud de creación o cierre de la UE a la DGPP.

3.3 La información remitida por el pliego proponente tiene carácter de declaración jurada, de conformidad con lo establecido en el numeral 34.6 del artículo 34 de la Directiva N° 001-2019-EF/50.01, Directiva para la Ejecución Presupuestaria.

3.4 La DGPP aprueba o rechaza la solicitud del pliego proponente luego de la evaluación de la documentación sustentatoria.

CAPÍTULO II

CRITERIOS TÉCNICOS PARA LA CREACIÓN DE UE

Artículo 4.- Criterios técnicos para las solicitudes de creación de UE

4.1 Son criterios técnicos que deben cumplir los pliegos proponentes en sus solicitudes para la creación de UE, los siguientes:

- Especialización Funcional
- Cobertura del servicio
- Presupuesto anual mínimo
- Capacidad Operativa

4.2 De manera excepcional, se puede considerar como criterio técnico la existencia de factores geográficos del pliego proponente, lo cual, por su ubicación geográfica, limita la adecuada prestación y administración del servicio público, en cuyo caso se le podrá exonerar de cualquiera