



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

QUÍMICA INDUSTRIAL

PROYECTO DE APLICACIÓN

**OBTENCIÓN DEL ACIDO CLORHÍDRICO (HCL) A PARTIR
DEL ACIDO SULFÚRICO Y CLORURO DE SODIO
PROVENIENTE DEL SALAR DE COIPASA**

NIVEL ACADÉMICO LICENCIATURA

POSTULANTE:

EDWIN QUELALI HUAYGUA

LAPAZ – BOLIVIA

2016

RESUMEN

En este trabajo de aplicación en laboratorio nos enfocaremos en la obtención del ácido clorhídrico de una manera, muy eficaz y sencilla. El proceso consiste fundamentalmente en poner a reaccionar cloruro de sodio con ácido sulfúrico concentrado, haciendo burbujear en un Erlenmeyer lleno de agua. Este proceso se lleva a cabo mediante una reacción de doble desplazamiento. Posterior a esto se pasó a realizar tres pruebas para comprobar si el producto obtenido era el deseado, llamadas pruebas confirmatorias, que consisten en realizar pruebas analíticas con tres diferentes reactivos químicos en semimicro, estas pruebas nos confirmaran si estamos o no en presencia de ácido clorhídrico. Para finalizar nuestro trabajo, hicimos la titulación del ácido obtenido para calcular cual fue la concentración de este.

INDICE

CONTENIDO	PÁG. 1.
DIAGNOSIS DEL TEMA DE ESTUDIO.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3 JUSTIFICACION DEL TEMA.....	2
1.3.1 JUSTIFICACION DESDE EL PUNTO DE VISTA TECNICO.....	2
1.3.2 JUSTIFICACION DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONOMICO.....	2
1.4 OBJETIVOS.....	2
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.4.2 OBJETIVO ESPECIFICO.....	3
2. MARCO TEORICO.....	3
2.1 CIDO CLORHIDRICO.....	3
2.2 SALMUERA.....	3
2.3 CLORUROS.....	4
2.4 SALAR DE COIPASA.....	4
2.5 FABRICA ACIDO SULFURICO.....	5
2.5.1 CAPACIDAD DE PRODUCCION.....	6
2.5.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA.....	6
2.5.3 REQUISITOS PARA LA COMPRA DE ACIDO SULFURICO.....	6
2.6 METODO DE OBTENCION.....	7
2.6.1 INTRODUCCION.....	7

2.6.2 DEFINICIÓN OPERACIONAL DEL PROCESO INDUSTRIAL INORGÁNICO EN ESTUDIO.....	7
2.6.3 PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DEL ÁCIDO CLORHÍDRICO Y SULFATO DE SODIO.....	8
2.6.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN DIFERENTES METODOS.....	10
2.6.5 PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, TERMODINÁMICAS Y AMBIENTALES DE LAS MATERIAS PRIMAS UTILIZADOS EN EL PROCESAMIENTO INDUSTRIAL INORGÁNICO SELECCIONADO.....	11
2.6.6 DESCRIPCION DEL PROCESO PRINCIPAL.....	12
2.6.7 PROCEDIMIENTO Y PRECAUCIONES EN EL COMBATE DE INCENDIOS EN LA OBTENCION DEL ACIDO CLORHIDRICO.....	15
3. METODOLOGIA DEL DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	22
3.1 MATERIALES.....	22
3.2 REACTIVOS.....	24
3.3 PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCION.....	24
3.4 PRUEBAS CONFIRMATORIAS DE LA OBTENCION DEL ACIDO CLORHIDRICO.....	26
3.5 CALCULO DE LA CONCENTRACION DEL ACIDO CLORHIDRICO OBTENIDO.....	27
3.6 CALCULO DE LA CONCETRACION EN %P/P DEL ACIDO OBTENIDO.....	30
4.- ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	31
5.- CONCLUSIONES.....	34
6.- RECOMENDACIONES.....	35
7.- BIBLIOGRAFIA.....	36

Dedicatoria

A Dios por darme la oportunidad de realizar este trabajo y por toda la fortaleza para llevarlo a cabo. A mi familia, mis padres: *Enrique Quelali Arpita y Remedios Huaygua Arias*, que me brindó toda la fuerza y fue mi guía desde el cielo, porque gracias a ella he alcanzado todos mis logros, a mis hermanos; *Mery, Sonia, Yolanda, Irma, Johnny, Nancy y Aarón Matías* mi hijo pilares fundamental en mi vida.

A mi compañera *María Angélica Gonsález Escobar*, que me acompañó en todo este proceso y me brindó incondicionalmente su apoyo. A todas aquellas personas que aún siguen a mi lado o que partieron por otros caminos, porque me dieron lecciones de vida de alguna u otra manera.

Edwin Quelali Huaygua

Agradecimientos

Al Director de mi querida Carrera Química Industrial; Ing. Cesar Ruiz Ortiz y mis tribunales; Lic. Jorge Velasco Orellanos, Lic. Rafael López Berzain. A todos los docentes de la carrera, a quienes agradezco por sus enseñanzas, por toda su dedicación y sobre todo su apoyo. A Lic. Edmundo Ovando, Lic. Luis Carlo Lazaro por sus aportes técnicos en este trabajo, por brindarme los espacios físicos, materiales y herramientas.

A mi Universidad Mayor de San Andrés, que me dio todas las bases académicas, culturales y de pensamiento, que han aportado en gran medida para ser quien soy hoy.

Finalmente a mis amigos con ellos fue lo más lindo compartir mi estadía en esta casa de estudios, por estar ahí siempre en los mejores y peores momentos.

1.- DIAGNOSIS DEL TEMA DE ESTUDIO

1.1 ANTECEDENTES

En este trabajo se presentan algunas generalidades químicas del ácido clorhídrico, así como su importancia industrial. El ácido clorhídrico (HCl) es un ácido inorgánico altamente corrosivo, que se disocia completamente en agua, el cual es transparente o levemente amarilloso (Merck, 2010). En solución, el HCl presenta una composición azeotrópica del 23% en peso. Es empleado en el decapado y limpieza de metales en la industria metalúrgica, en la remoción de depósitos e incrustaciones en los sistemas de intercambio de calor, en los procesos de obtención de sílice activada, cloruros metálicos, cloruro de amonio, dióxido de cloro, colorantes nitrogenados, en la acidulación de pozos petroleros, en la neutralización de aguas residuales, en la producción de agua desmineralizada, y para control del pH. Se emplea también en la producción de glucosa a partir de harina de maíz y de glutamato de sodio, y en la preparación de limpiadores domésticos, como el ácido muriático para la limpieza de pisos, baldosas, azulejos, granitos y paredes. En la elaboración de polímeros, encurtido de cueros, en la industria metalúrgica en general, en la industria alimenticia, en la elaboración de medicamentos y cosméticos, además de muchos otros usos.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema central de este trabajo, radica en la producción del ácido clorhídrico en el laboratorio de Química Industrial de la Facultad de Tecnología de la UMSA, utilizando como materia prima el ácido sulfúrico y el cloruro de sodio existente en las salmueras de nuestro país, principalmente en el Salar de Coipasa, donde la concentración es alta, como muestran investigaciones y análisis que establecen que el salar de Coipasa tiene una composición distinta a la del salar de Uyuni con niveles altos de potasio, magnesio, sulfatos y cloruros, también contiene otros elementos como boro y ulexita.

1.3 JUSTIFICACION DEL TEMA

1.3.1 JUSTIFICACION DESDE EL PUNTO DE VISTA TECNICO

Desarrollar el método de obtención del ácido clorhídrico en laboratorio. De una manera, muy eficaz y sencilla. Fundamentalmente haciendo reaccionar cloruro de sodio proveniente del salar de Coipasa con ácido sulfúrico concentrado, el cual se depositara en un matraz Erlenmeyer lleno de agua. Posteriormente realizar las pruebas para comprobar si el producto obtenido es el deseado, llamadas pruebas confirmatorias, que consisten en realizar pruebas analíticas con diferentes reactivos químicos en semimicro, estas pruebas nos confirmaran si estamos o no en presencia de ácido clorhídrico. Para luego finalizar nuestro trabajo, haciendo la titulación del mismo y calcular su concentración.

1.3.2 JUSTIFICACION DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONOMICO

Con la implementación de esta práctica en laboratorio se propone reducir de alguna medida los costos de compra del ácido clorhídrico para el uso en laboratorio para prácticas y demás análisis. Gracias a este proceso podemos obtenerlo de una manera eficaz y sencilla, con una concentración más baja, pero a la vez puede ser útil para otros procesos o usos domésticos como la limpieza. Además que los costos de la materia prima son bajos en el mercado.

SUSTANCIA	CANTIDAD	COSTO (Bs)
H ₂ SO ₄	Kg	3.20
NaCl	kg	1.50

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Obtener ácido clorhídrico en el laboratorio de Química Industrial de la Facultad de Tecnología de la UMSA, utilizando como materia prima el ácido sulfúrico y el cloruro de sodio existente en las salmueras de nuestro país, principalmente en el Salar de Coipasa.

1.4.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Realizar las pruebas confirmatorias del ácido obtenido mediante análisis cualitativo elemental en semimicro con diferentes reactivos químicos.
- Realizar la titulación del ácido obtenido para calcular cual fue la concentración química de este.
- Determinar la densidad del ácido clorhídrico obtenido.
- A su vez realizar el cálculo de la pureza o concentración en % en peso del ácido obtenido.

2. MARCO TEORICO

2.1 ACIDO CLORHIDRICO

Desde que se descubrieron sus usos y propiedades, el ácido clorhídrico ha ocupado un lugar de gran importancia en laboratorio y en la industria química debido a la amplia gama de productos que se obtienen a partir de él. Como reactivo químico también resulta muy útil, pues son muchas las reacciones en las cuales su carácter de ácido fuerte y demás propiedades nos permiten efectuar determinadas reacciones. Tantas aplicaciones posee este compuesto, y tan efectivo resulta su uso, que en ciertos lugares del mundo presenta venta restringida debido a que incluso es requerido en procesos como la preparación de alucinógenos. En esta ocasión nos dedicaremos a estudiar uno de los métodos existentes para obtenerlo; posteriormente emplearemos diversos mecanismos para demostrar su presencia usando muestras de la solución y concluiremos calculando la concentración porcentual peso a peso del ácido obtenido para analizar qué tan efectiva es esta manera de producirlo.

2.2 SALMUERA

Por otro lado nuestra principal materia prima como es la salmuera; es agua con alta concentración de sales, principalmente cloruro de sodio, también tiene

concentraciones variada compuestas de iones diferentes como: sulfatos, carbonatos, boro, litio, potasio, magnesio, calcio, entre los principales.

El salar presenta un espesor máximo de 100 metros en capas superpuestas de uno a dos metros de grosor. Es el segundo salar más grande de Bolivia, después del salar de Uyuni, y rodea enteramente al lago Coipasa. Las rocas que rodean al salar son principalmente volcánicas incluyendo afloramientos esporádicos de rocas sedimentarias al oeste del salar.

Estas sales pueden ser extraídas mediante evaporación natural, para luego ser objeto de comercialización y tener un beneficio económico.

2.3 CLORUROS

Los cloruros inorgánicos contienen el anión Cl^- y por lo tanto son sales de ácido clorhídrico (HCl). Se suele tratar de sustancias sólidas incoloras con elevado punto de fusión.

En salmueras la cantidad de cloruro suele ser la más abundante en comparación de los demás iones. El estudio de las cantidades presentes en el salar de Coipasa refieren que los cloruros abarcan un rango de 13% al 15% estos valores pueden aumentar o disminuir dependiendo del lugar que se tome la muestra.

2.4 SALAR DE COIPASA

El salar de Coipasa es el segundo salar más grande de Bolivia después del salar de Uyuni, se encuentra entre las provincias Ladislao Cabrera y Sabaya del departamento de Oruro que tiene una superficie de 3300 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altura de 3650 m.s.n.m.

De las investigaciones y análisis se establece que el salar de Coipasa tiene una composición distinta a la del salar de Uyuni con niveles altos de potasio, magnesio, sulfatos y cloruros. También contiene otros elementos como boro y ulexita.

iones	%
Litio	0,07
Potasio	2,21
Sodio	8,34
Magnesio	2,38
Calcio	0,03
Sulfatos	5,66
Cloruros	15,39
Boro	0,18

En ocasión de la visita del presidente Evo Morales Ayma a la República popular de China, se firmó un “Acuerdo de Cooperación Estratégica para la planificación y desarrollo de los recursos evaporíticos del salar de Coipasa entre china y Bolivia” el 10 de agosto de 2011 en la ciudad de Beijín, entre el ministerio de planificación del desarrollo de Bolivia y la estatal china CITIC Guoan Group.

2.5 FABRICA ACIDO SULFURICO

La fábrica de ácido sulfúrico eucaliptus R.C. es una empresa pública es una empresa estratégica descentralizada, autónoma técnica-administrativa y patrimonio independiente, creada mediante contrato de riesgo compartido entre la corporación minera de Bolivia (COMIBOL) y la corporación del seguro social militar (COSSMIL).

En fecha 09 de diciembre del 2009, se inicia la producción de ácido sulfúrico, en la fábrica de “Eucaliptus” R.C.

El desarrollo de un país en el campo de la industria, se mide por la capacidad de producción de insumos y el consumo de ácido sulfúrico.

Nos constituimos en un referente del desarrollo industrial a nivel nacional.

2.5.1 CAPACIDAD DE PRODUCCION

La fábrica de ácido sulfúrico tiene una capacidad instalada de producción de 80 a 100 toneladas por día.

El ácido sulfúrico se produce como materia prima en apoyo a otros sectores industriales, asimismo se realiza la comercialización en todo el territorio nacional a empresas e instituciones que utilizan ácido sulfúrico en sus diferentes procesos industriales de desarrollo, para cada una de sus actividades, las mismas que a su vez están debidamente inscritas y cuentan con el registro respectivo de la Dirección General de Substancias Controladas.

Nuestros precios altamente competitivos, han permitido constituirnos en líderes de este rubro, en el mercado nacional, contribuyendo con un producto de alta calidad para la industria y desarrollo del país.

2.5.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA

La planta de ácido sulfúrico, se encuentra ubicada en la localidad de eucaliptus en la Primera Sección de la Provincia Tomas Barrón del departamento de Oruro, a una altura de 3850 m.s.n.m.

2.5.3 REQUISITOS PARA LA COMPRA DE ACIDO SULFURICO

Los requisitos para su adquisición:

- Carta de presentación e intención de compra, indicando la cantidad y uso, dirigida a la Fábrica de Ácido Sulfúrico “Eucaliptus” R.C.
- Fotocopia del certificado de inscripción en la dirección general de sustancias controladas (DGSC), en actual vigencia.
- Fotocopia del NIT de la empresa
- Fotocopia de la cedula de identidad del representante legal ante la DGSC.

Los requisitos deben ser presentados en la Oficina Central de la Ciudad de LaPaz, Av. 6 de Agosto N°2036

El único punto de entrega, es en nuestra planta de producción ubicada en la Localidad de Eucaliptus del Departamento de Oruro.

2.6 METODO DE OBTENCION DEL ACIDO CLORHIDRICO

2.6.1 INTRODUCCION

El ácido clorhídrico (HCl) se muestra como un contaminante peligroso del aire. El ácido clorhídrico es un químico versátil utilizado en una variedad de procesos químicos, incluyendo el procesamiento hidrometalúrgico (e. g., producción de alúmina y/o dióxido de titanio), síntesis de dióxido de cloro, producción de hidrógeno, la activación de pozos de petróleo y diversas operaciones de limpieza/grabado incluyendo las operaciones de limpieza de metales (e. g., acero decapado). También conocido como ácido muriático, el HCl es utilizado por los albañiles para limpiar el ladrillo, también es un ingrediente común en muchas reacciones, y es el ácido preferido para catalizar los procesos orgánicos. Un ejemplo es la reacción de los carbohidratos promovidos por el ácido clorhídrico, análogos al sistema digestivo de los mamíferos.

2.6.2 DEFINICIÓN OPERACIONAL DEL PROCESO INDUSTRIAL INORGÁNICO EN ESTUDIO

La obtención industrial de ácido clorhídrico es un proceso en el cual se obtiene cloruro de hidrogeno, gas que posteriormente se disuelve en agua hasta 38 g/100 ml. aunque a baja temperatura se pueden formar cristales de HCl-H₂O con un contenido del 68%de HCl. La disolución forma un azeótropo con un contenido del 20,2% de HCl en masa y un punto de ebullición de 108,6 °C. El ácido clorhídrico que se encuentra en el mercado suele tener una concentración del 38% o del 25%. Las disoluciones de una concentración de algo más del 40% son químicamente posibles, pero la tasa de evaporación en ellas es tan alta que se tienen que tomar medidas de almacenamiento y manipulación extras. En el mercado es posible adquirir soluciones para uso doméstico de una concentración de entre 10% y 12%, utilizadas principalmente para la limpieza.

2.6.3 PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DEL ÁCIDO CLORHÍDRICO Y SULFATO DE SODIO

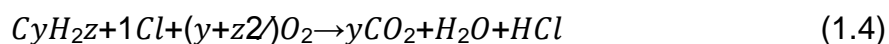
Procesos Convencionales de Producción, se reconocen alrededor de 50 procesos industriales que tienen como subproducto al ácido clorhídrico y alrededor de 110 que lo requieren como materia prima. Las principales vías de producción mundial del HCl diluido son la cloración de hidrocarburos y la producción de clorofluorocarbonados, como se representa, respectivamente, en las ecuaciones (1.1) y (1.2).



En estos procesos, la concentración final de HCl está por debajo de su valor azeotrópica y suele contener cantidades considerables de contaminantes orgánicos. Los métodos de producción de HCl puro (comprimido), grado reactivo, a concentraciones mayores a la azeotrópica (> 23%p/p) y los denominados muriáticos (a la concentración azeotrópica o menor sin contaminantes) son producidos por la quema de los elementos cloro e hidrógeno en los denominados "Burner Processes", como se representa en la ecuación (1.3).



En el tratamiento de aguas residuales cloradas, el HCl se puede producir por calentamiento de las mismas o como es normalmente llamado "incineración de aguas cloradas", como se puede observar en la ecuación (1.4).

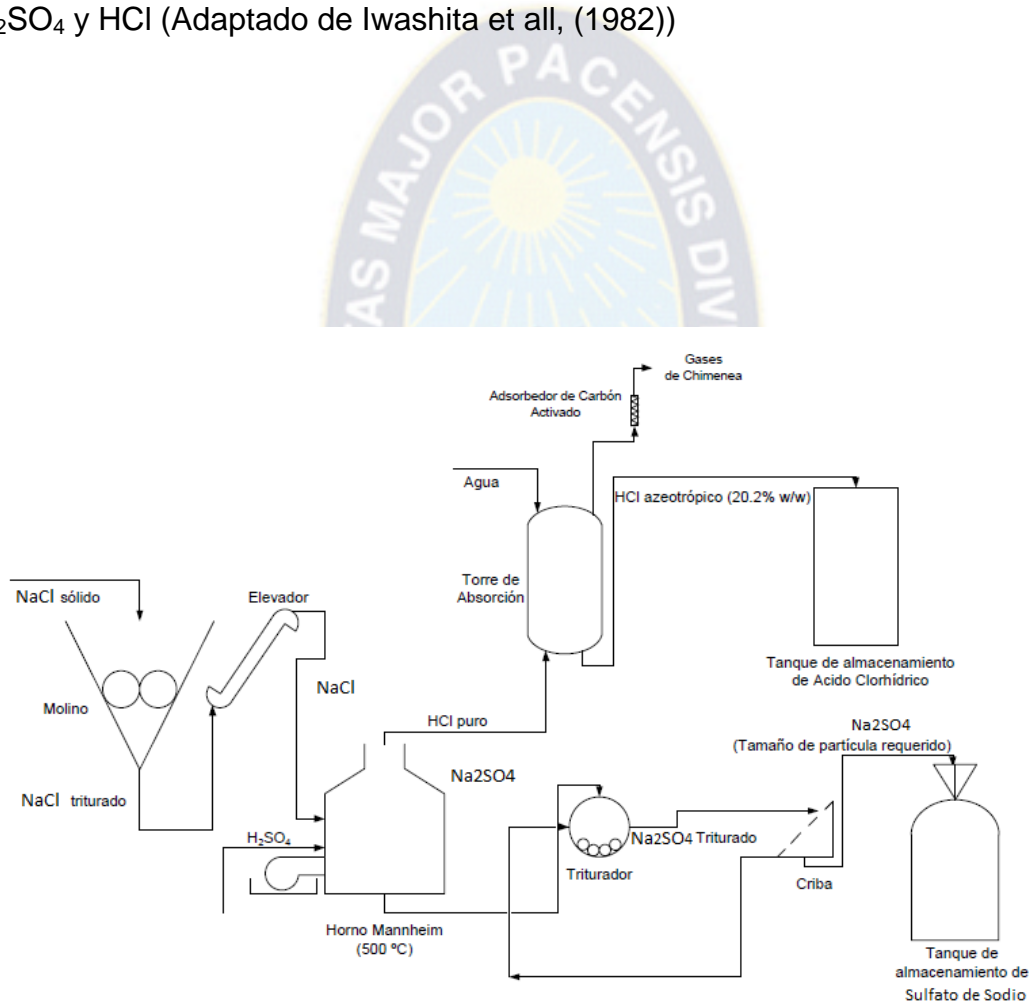


En la década de 1940, se implementó en Alemania el proceso “Mannheim” mostrado esquemáticamente en la Figura 1-1 y cuya reacción se muestra en la ecuación (1.5).



Este proceso se caracteriza por requerir de altas temperaturas (~500°C). En la actualidad es poco usado, reportándose solo algunas plantas en China

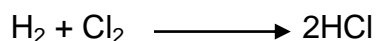
Figura.- Diagrama de flujo del proceso “Mannheim” para la producción simultánea de Na_2SO_4 y HCl (Adaptado de Iwashita et al, (1982))



2.6.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN DIFERENTES METODOS

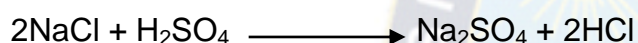
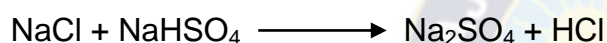
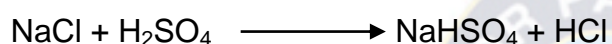
El ácido clorhídrico puede ser producido por 1 de los 5 procesos siguientes:

1. Síntesis de elementos:

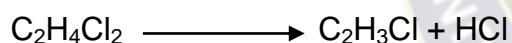
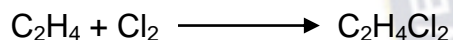


2. Reacción de cloruros metálicos, particularmente cloruro de sodio

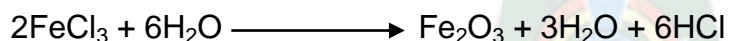
(NaCl), con ácido sulfúrico (H_2SO_4) o sulfato de hidrógeno:



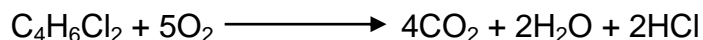
3. Como un subproducto de la cloración, e. g., en la producción de diclorometano, tricloroetileno, percloroetileno, o cloruro de vinilo:



4. Por descomposición térmica de la hidratación de metales pesados de licor de salmuera gastado en el tratamiento de metales:



5. De la incineración de los residuos orgánicos clorados:



Es un diagrama simplificado de los pasos utilizados para la producción de HCl como subproducto del proceso de cloración.

2.6.5 PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, TERMODINÁMICAS Y AMBIENTALES DE LAS MATERIAS PRIMAS UTILIZADOS EN EL PROCESAMIENTO INDUSTRIAL INORGÁNICO SELECCIONADO.

a) Cloruro de Sodio (NaCl) como materia prima.

FICHA TECNICA DE NUESTRO PRODUCTO

Propiedades físicas

- PM: 58.4 g/mol
- P. Fusión: 1074 K
- P. Ebullición: 1738 K
- Densidad: 2165 Kg/m

Propiedades químicas

- Solubilidad: 35.9 g por 100 ml. de agua
- Producto de Solubilidad: 37.78 mol

Termoquímica

- Entalpia (gas): -181.42 kJ/mol
- Entalpia (liquido): -385.92 kJ/mol
- Entalpia (solido): -411.12 kJ/mol
- Entropía (1 bar): 229.79 J.K/mol

RIESGOS

- Ingestión: Peligroso en grandes cantidades; su uso a largo plazo en cantidades normales puede traer problemas en los riñones.
- Inhalación: Puede producir irritación en altas cantidades.
- Piel: Puede producir resequedad.
- Ojos: Puede producir irritación y molestia.

b) Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) como materia prima

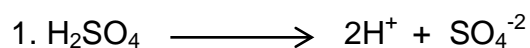
FICHA TECNICA DE NUESTRA MATERIA PRIMA

- Fórmula H₂SO₄
- Peso molecular 98.08gr/mol
- Concentración 98.5%
- Densidad 1.84gr/cm³
- Estado físico: incoloro, liquido higroscópico, aceitoso e inodoro
- Naturaleza: ácido orgánico fuerte
- Otros componentes:
 - Cl- <10ppm
 - Fe 10.14ppm
 - Ca 6.48ppm
 - Na 8.85ppm
 - V 0.04ppm
 - Mg 1.52ppm
 - Mn 0.09ppm
- Punto de ebullición: (Se descompone) 340°C
- Solubilidad en agua: miscible
- Presión de vapor kPa a 146°C 0.13
- Densidad relativa de vapor: (aire=1) 3.4

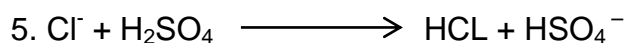
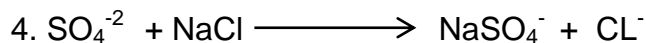
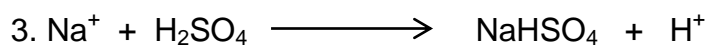
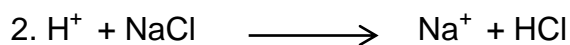
2.6.6 DESCRIPCION DEL PROCESO PRINCIPAL

MECANISMO DE REACCION PARA LA OBTENCION DEL ACIDO CLORHIDRICO:

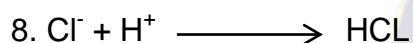
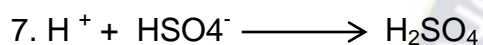
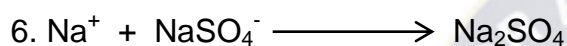
A. INICIACION



B. PROPAGACION



C. FINALIZACION



1. Reacción química del gas cloro con el gas hidrogeno. Ambos gases provienen del proceso electrolítico. El producto obtenido de manera inmediata es el cloruro de hidrogeno.

2. absorción del cloruro de hidrogeno formado en la etapa anterior mediante un flujo controlado de agua que circula en contracorriente.

Ambas etapas están sometidas a un constante proceso de enfriamiento con agua blanda.

El ácido clorhídrico (HCl) se obtiene en el laboratorio por adición de ácido sulfúrico (H_2SO_4) a sal (NaCl) sin suministrar calor al sistema.

En agua se disuelven hasta 38 g/100 mL aunque a baja temperatura se pueden formar cristales de $\text{HCl}\cdot\text{H}_2\text{O}$ con un contenido del 68 % de HCl. La disolución forma un azeótropo con un contenido del 20,2 % de HCl en masa y un punto de ebullición de 108,6 °C.

El ácido clorhídrico que se encuentra en el mercado suele tener una concentración del 38 % o del 25 %. Las disoluciones de una concentración de algo más del 40 %

son químicamente posibles, pero la tasa de evaporación en ellas es tan alta que se tienen que tomar medidas de almacenamiento y manipulación extras. En el mercado es posible adquirir soluciones para uso doméstico de una concentración de entre 10 % y 12 %, utilizadas principalmente para la limpieza.

La producción de Na_2SO_4 y HCl de forma conjunta es poco usual, teniendo solo como ejemplo el ya mencionado proceso “Mannheim”. Se han propuesto varios procesos para purificar las fuentes inorgánicas con alto contenido de $NaCl$ mediante la reacción con ácido sulfúrico para obtener directamente el sulfato de potasio. En un proceso que involucra, secuencialmente un reactor y un evaporador. Aburrí (2003) propuso un proceso basándose en disoluciones de las sales de sodio que se van formando a lo largo de un proceso continuo. La separación de esas sales se da por diferencia en los puntos de solubilidad. Este proceso utiliza múltiples etapas intermedias de cristalización y propone la obtención paulatina de sulfato de potasio a medida que éste se separa del resto de la mezcla por ser menos miscible. Los dos ciclos tienen presencia de $NaHSO_4$ y Na_2SO_4 , producto directo de las reacciones mostradas en las ecuaciones:



Según la segunda reacción, se genera un mol de ácido sulfúrico y una de sulfato de sodio en solución. Parte del sulfato de sodio se cristaliza. Al ácido sulfúrico estequiométrico alimentado al reactor debe restársele el ácido que produce el $NaHSO_4$ recirculado. El agua perdida en el evaporador, para extraer la mezcla en el punto azeotrópico, se repone en el cristizador. La diferencia de solubilidades hace que se separe parte del Na_2SO_4 producido.

2.6.7 PROCEDIMIENTO Y PRECAUCIONES EN EL COMBATE DE INCENDIOS EN LA OBTENCION DEL ACIDO CLORHIDRICO

Aísle de 25 a 30 metros para derrames pequeños. Aléjese si las válvulas de seguridad abren o si se presentan ruidos, deformaciones o de coloración en los recipientes. Evalúe los riesgos y haga sus planes de ataque. Use niebla de agua para minimizar la dispersión en el aire de los vapores de ácido si existe un derrame.

RESULTADOS DE LA COMBUSTIÓN:

Muy reactivo con los gases de combustión de sustancias químicas involucradas en un incendio, formándose los respectivos cloruros.

EXPLOSIÓN:

El ácido es una sustancia no combustible, no inflamable, no explosiva pero reacciona con la mayoría de los metales generando hidrógeno gas pudiendo éste formar mezclas inflamables y explosivas en el aire.

PRODUCTO: estable.

INCOMPATIBILIDAD:

Reacciona violentamente con anhídrido, acético, alcohol + cianuro de hidrógeno, hidróxido de amonio, carburo de calcio, 2-amino etanol, ácido cloro sulfónico, etilendiamina, oleum, ácido perclórico, óxido de polipropileno, perclorato de plata + tetracloruro de carbono, ácido sulfúrico, acetato de vinilo, U_3P_4 , CsC_2H , Li_6Si , Mg_3B_2 , $HgSO_4$, RbC_2H , Rb_2C_2 , metales alcalinos (Na, K, Li, Cs) Hg, Ag, Au, Pt, Ta, alloys de cobre, Mezcla de formaldehído genera el bis cloro metil éter que es un potente cancerígeno humano.

PRODUCTOS PELIGROSOS DE LA DESCOMPOSICIÓN:

Hidrógeno, cloruro de hidrógeno.

POLIMERIZACIÓN: No puede ocurrir.

CONDICIONES A EVITAR:

Evite la generación de vapores y su emisión al ambiente. Evite el almacenamiento con materiales incompatibles.

INHALACIÓN: Principal riesgo de exposición, puede ocasionar rinitis (inflamación de la mucosa de la nariz), tos, ronquera, inflamación y ulceración del tracto respiratorio, necrosis del epitelio bronquial, dolor en el pecho, sofocación, perforación nasoséptica, erosión dental, laringitis, bronquitis, neumonía y edema pulmonar, dolor de cabeza, palpitación (latido acelerado del corazón), desequilibrio, la muerte por asfixia debido a edema glótico o laringeal.

INGESTIÓN: Puede ocasionar desde irritación hasta corrosión de boca, garganta, esófago y estómago. Puede producir debilidad y pulso rápido, salivación, náuseas, vómito con sangre y perforación del tracto intestinal, diarrea convulsiones y fiebre, ansiedad, nefritis (inflamación del riñón) shock y sobrevenir la muerte por colapso circulatorio, peritonitis o hemorragia gástrica. Las quemaduras en la boca y labios se tornan de color blanquecino y posteriormente pueden presentar color café oscuro.

CONTACTO CON LOS OJOS: A baja concentración de vapores o niebla (10-35 ppm) puede ocasionar irritación inmediata con enrojecimiento de los ojos, vapores más concentrados o salpicaduras pueden causar irritaciones severas de la conjuntivas (conjuntivitis) con sensación de intenso ardor y fuerte lagrimeo, erosión corneal, necrosis de la conjuntiva y epitelio corneal. Puede provocar quemaduras químicas graves y ceguera permanente.

CONTACTO CON LA PIEL: Causa depilación, zonas de eritema (inflamación de la piel) ardor, enrojecimiento. Puede provocar ulceraciones y quemaduras químicas pudiendo dejar cicatrices.

CLORURO DE HIDRÓGENO PRODUZCA CÁNCER

Ni el Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ni la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) ni la EPA han clasificado al cloruro de hidrógeno en cuanto a su carcinogenicidad. La

IARC considera que el ácido clorhídrico no es clasificable en cuanto a su carcinogenicidad en seres humanos. SUSTANCIA CONSIDERADA COMO: NO CARCINOGENICA, NO MUTAGENICA, NO TERATOGENICA, OTRA: Irritante corrosivo.

EMERGENCIA Y PRIMEROS AUXILIOS

(PROPUESTA DE MITIGACIÓN)

INHALACIÓN: Retirar a la víctima del área contaminada llevándolo a lugar ventilado. Si hay paro respiratorio aplicar respiración artificial o puede aplicar oxígeno húmedo con borboteador. Obtenga atención médica inmediata.

INGESTIÓN: Si la persona está consiente dé a beber agua fría de 228.6 ml (8 onzas) para adulto y 114.2 (4 onzas) para niños, agua de cal o demulcentes como huevo, leche, crema o leche de magnesia. No induzca el vómito. Obtenga atención médica de inmediato.

CONTACTO CON LOS OJOS: Lave lo ojos con agua corriente ocasionalmente girando el globo ocular y abriendo y cerrando los párpados con el objeto de lavar perfectamente toda la superficie del ojo. Haga el lavado al menos 30 minutos. Use soluciones oftálmicas tópicas. Consulte a un médico de inmediato. **CONTACTO CON LA PIEL:** Bajo el agua retire de inmediato ropa contaminada y lave la piel con abundante agua corriente mínimo 30 minutos y de preferencia bajo la regadera de emergencia. Jabones alcalinos pueden ayudar a calmar el ardor. Consulte a un médico de inmediato.

OTROS RIESGOS: Sustancias con PH ácido (1.1), corrosiva a todos los tejidos por contacto, inhalación o ingestión provocando ulceraciones y quemaduras severa.

DATOS PARA EL MÉDICO: Evaluaciones médicas deben ser hechas al personal a partir de cuándo presenta signos o síntomas de irritación de piel, ojos o tracto respiratorio alto. Cada emergencia médico es única dependiendo del grado de exposición al ácido clorhídrico, pero algunos tratamientos exitosos fueron los siguientes:

a) Para ingestión de a beber leche 240 ml (8 onzas) seguida de una canalización para lavado gástrico. Evalúe quemaduras por medio de una endoscopía o laparoscopía para descartar hemorragias o perforación gastrointestinal. Administre de 10 a 20ml/kg de fluidos isotónicos para casos de hipotensión y si ésta persiste administre dopamina de 5 a 20 mcg/kg/min onorepinefrina de 0.1 a 0.2 mcg/kg/min. Si hay necrosis gastrointestinal o perforación administrar esteroides seguidos de esófago gramas para verificar formación de estructuras.

b) Para inhalación monitoree el estrés respiratorio. Si persiste la tos evalúe la irritación o quemaduras del tracto respiratorio, desarrollo de bronquitis o neumonía química, suministre oxígeno húmedo de 10 a 15 litros/min y trate los broncos espasmos con cortico esteroides en aerosol, broncodilatadores y antibióticos. Si existe edema pulmonar no cardiogénico mantenga la oxigenación y evalúe la frecuencia arterial y oximetría de pulso. Si existe hipotensión siga el tratamiento anterior. El isoproterenol o aminofilina resultó exitosa en conejos que inhalaron ácido clorhídrico.

c) Para irritación o quemaduras de piel lave con agua y jabones alcalinos. En caso de desarrollar hipersensibilización usar corticoesteroides sistémicos y tópicos o antihistaminas. ANTÍDOTO EN CASO DE EXISTIR: No conocido

PROCEDIMIENTO Y PRECAUCIONES INMEDIATAS:

- a) Restrinja el acceso al área afectada. Use equipo de protección recomendado.
- b) Trate de controlar el derrame proveniente del contenedor, Cierre válvulas, taponee orificios, reacomode el contenedor, trasvase el recipiente, etc.
- c) Los derrames deberán ser contenidos por diques de material inerte y absorbente tales como: arena, tierra, vermiculita, poliacrilamida no iónica o hidroxietil celulosa u otro dispositivo apropiado. Evite que el derrame llegue a fuentes de abastecimiento de agua o alcantarillado. Use niebla de agua sobre vapores para evitar su dispersión.

MÉTODOS DE LIMPIEZA:

a) Recoja el material derramado en recipientes apropiados.

b) Una vez recogido el derrame y sobre el área afectada:

1. Neutralice con carbonato de sodio, óxido de calcio, carbonato de calcio, bicarbonato de sodio o hidróxido de calcio (cal) y lave con agua.

2. Lave cuidadosamente con abundante agua el ácido remanente

- ✓ **PROTECCIÓN RESPIRATORIA:** De 0 a 50 ppm use mascarilla COMFO con filtros para vapores ácidos, cubre nariz y boca. De 51 a 200 ppm use mascarilla tipo barbilla la cual cubre toda la cara y equipo con suministro de aire autónomo (SCBA). Más de 200ppm use equipo de respiración autónoma con aire a presión y traje encapsulado. El equipo de respiración debe estar autorizado por normas oficiales mexicanas o la NIOSH. La ventilación debe ser la necesaria para mantenerla concentración en el aire debajo de 5 ppm o 7mg/m³
- ✓ **PROTECCIÓN DE MANOS:** Evite el contacto con la piel y evite respirar los vapores de ácido. No coma, no beba, no fume en el área dónde se maneja el ácido. Lávese las manos antes de comer, beber o usar el retrete. Lave con agua la ropa o el equipo de protección contaminado antes de ser usado nuevamente.
- ✓ **PROTECCIÓN DE PIEL:** Use traje completo, botas y guantes de hule, neopreno o PVC. Use las botas por dentro del pantalón.
- ✓ **PROTECCIÓN DE OJOS:** Use goggles y careta contra salpicaduras
- ✓ **OTRO EQUIPO ESPECIAL:** Regaderas y lavaojos de emergencia deben estar cerca de los lugares donde se maneja el ácido. Efectúe monitoreos de ácido en el medioambiente laboral con regularidad para proteger.

PRECAUCIONES PARA EL TRANSPORTE:

Use solo unidades autorizadas para el transporte de materiales peligrosos que cumplan con las regulaciones de la SCT y demás autoridades federales así como las

sugerencias hechas por el fabricante. En caso de emergencia consulte la hoja de transportación y la Guía Norteamericana De Respuesta En Caso De Emergencia No 157.

EN LA ECOLOGÍA

AIRE: No hay suficiente evidencia del impacto ambiental del ácido clorhídrico en el aire (atmósfera) **AGUA:** El ácido clorhídrico se disocia casi completamente y reacciona rápidamente con sales presentes sobre las aguas residuales. Esta reacción produce cloruros. **AGUA PARA BEBER.** Los cloruros en el agua para beber no deben ser mayores a 250ppm ya que a concentraciones superiores pudiera generar diarreas. **SUELO:** El ácido clorhídrico reacciona con todos los componentes químicos del suelo formando cloruros que dependiendo de su solubilidad, son fácilmente lavados con agua así mismo disuelve todos los carbonatos. Un derrame de ácido pudiera dañar temporalmente la zona del suelo afectada formando cloruro férrico y manchando el suelo de color amarillento rojizo. **FLORA Y FAUNA:** El ácido es tóxico para los seres vivos (plantas y animales) sobre todo para el medio acuático (peces y microorganismos). La TLM en gambusia affinis (pez mosquito) es de 282 ppm/96 horas en agua fresca y una LC50 en carassius auratus (pez dorado) es de 178 mg/litro. La toxicidad aguda en plantas se manifiesta por amarillamiento y defoliación. No existe potencialidad de factores de bioacumulación bioconcentración. Los residuos de absorbentes con ácidos no neutralizados clasifican como peligrosos de acuerdo al análisis CRETIB ya que son corrosivos.

EL RIESGO A LA SALUD HUMANA Antes de trabajar con Ácido Clorhídrico, el personal se debe entrenar en su manejo y almacenamiento. Además de bienestar entrenados en el uso del equipo de protección personal. Debido a la posibilidad de generación de Hidrógeno inflamable y combustible por el contacto del Ácido Clorhídrico con algunos metales, se debe prohibir fumar en zonas de almacenamiento, manejo o procesamiento de esta sustancia. En las mismas zonas, se deben revisar las líneas de conducción eléctrica para garantizar ausencia de cortos que puedan ocasionar chispas y posteriores explosiones e incendios si está presente Hidrógeno proveniente de la reacción del ácido con algunos metales con

los que entre en contacto. Cuando se destapen contenedores con este material no se deben usar herramientas que produzcan chispas debido a la posibilidad de existencia de Hidrógeno gaseoso. Los contenedores de este material pueden ser peligrosos debido a que retienen residuos de producto (vapores, líquido)

PRECAUCIONES ESPECIALES

MANEJO: Evite la formación de neblinas durante la maniobra de carga y descarga en sus almacenes, instale sistemas de absorción de vapores ácidos. Use equipo de protección personal recomendado y tenga disponible regadera y lava ojos de emergencia en el área de almacenamiento.

ALMACENAMIENTO: Almacene en contenedores cerrados de FRP (fibra de vidrio reforzada con poliéster) o acero al carbón con recubrimiento interior. Coloque señalización de riesgo de acuerdo a la normatividad aplicable tales como: etiquetas, rombos o señalamientos de advertencia. El lugar de almacenamiento debe estar ventilado y separado de las áreas de trabajo de mucho tránsito. Inspeccionar periódicamente los recipientes para detectar daños y prevenir fugas es recomendable que los tanques de almacenamiento tengan diques o dispositivos de control de derrames.

OTRAS PRECAUCIONES: Evite almacenar otros productos químicos incompatibles junto al ácido ya que pudiera reaccionar violentamente: inflamables, oxidantes, orgánicos y demás listados en la sección de reactividad.

APLICACIONES Y FINES DEL PRODUCTO Y TRATAMIENTO DE DESPERDICIOS

- ✓ El ácido clorhídrico es un decapante-desoxidante de la industria sidero-metalúrgica, también utilizado en la minería, en la industria petrolera, papelera, de la construcción y química en general
- ✓ Asimismo, se emplea en la fabricación de agroquímicos, productos veterinarios, elaboración de PVC, procesos de estampado en la industria textil, neutralización de lejías en la industria jabonera y producción de productos farmacéuticos.

- ✓ El uso más conocido es el de desincrustante para eliminar residuos de caliza (carbonato cálcico: CaCO_3). En esta aplicación se transforma el carbonato cálcico en cloruro cálcico más soluble y se liberan dióxido de carbono (CO_2) y agua:



3. METODOLOGIA DEL DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para el desarrollo de este trabajo se seleccionó materias primas como el cloruro de sodio proveniente del Salar de Coipasa y Ácido Sulfúrico del Laboratorio de Química Industrial de la Facultad de Tecnología de la UMSA. De concentración 98.08%.

Muestra de referencia (MR).- Para la muestra de referencia se utilizó una salmuera proveniente del Salar de Coipasa de composición:

Cloruros	15,39 %
-----------------	----------------

3.1 MATERIALES

Para el desarrollo del experimento se montó un sistema con el material existente en el laboratorio de la Carrera de Química Industrial de la Facultad de Tecnología y es la siguiente:



- Soporte universal
- Refrigerante liebig
- Balón de dos bocas o balón con desprendimiento lateral
- Tapón de caucho
- Manguerillas
- Pinza de agarre o llaves con pinzas nuez
- Codo de destilación
- Codo colector
- Matraz Erlenmeyer
- Embudo de decantación o embudo de separación
- Fuente de vidrio
- Piseta
- Pipeta
- Probeta
- Pro pipeta
- Mortero
- Espátula
- Hornilla

Además para las pruebas de confirmación en la obtención del ácido se utilizó:

- Tubos de ensayo (para el análisis cualitativo en semimicro)
- Gradilla

Posteriormente para medir la concentración del mismo se utilizó:

- Una bureta
- Un soporte universal
- 4 matraces Erlenmeyer
- Un porta buretas
- Cinta adhesiva

- Balanza analítica
- Vidrio de reloj

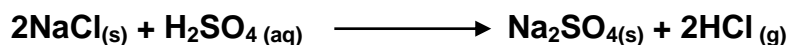
3.2 REACTIVOS

- Cloruro de Sodio
- Ácido Sulfúrico
- Hidróxido de Sodio
- Fenolftaleína
- Nitrato de plata
- Acetato de Plomo
- Cloruro férrico

3.3 PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCION

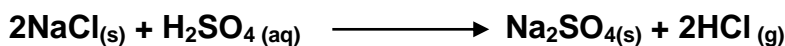
- ✓ En un balón con desprendimiento lateral o balón de dos bocas se tienen 58.50 gramos de cloruro de sodio (NaCl), según la reacción y cálculos estequiométricos realizados, dividiendo además el resultado a la mitad ya que esta masa y volumen de los reactivos son grandes para el sistema montado.
- ✓ Al mismo balón se acoplo un embudo de decantación o embudo de separación con 26.65 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄), el cual estaba acoplado al balón con un tapón de caucho para realizar el trabajo con seguridad.
- ✓ El proceso se llevó a cabo con las debidas precauciones, controlando que no haya fugas del gas ácido clorhídrico en todo el sistema montado, prueba realizada en tres oportunidades, en tiempos prolongados.

Estos datos de masa y volumen de las materias primas se obtuvieron partiendo de la idea de que se quiere obtener un ácido clorhídrico del 37% en peso; y a su vez partiendo de la teoría de solubilidad del ácido clorhídrico en agua. Realizando los siguientes cálculos estequiométricos, según la reacción:



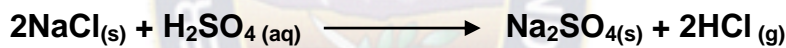
BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE REACCION PARA LA OBTENCIÓN DEL ACIDO

En un proceso químico, los reactantes y productos participan manteniendo constante sus masas y moles. Si alguno de ellos se encuentra en exceso permanece sin reaccionar.



- ✓ 117g de $\text{NaCl}_{(s)}$ requieren para reaccionar 98.08g de $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$ y formar 73g de HCl.
- ✓ Los pesos permanecen constantes.
- ✓ Si en una reacción química uno de los reactivos se consume totalmente se llama reactivo limitante.

Entonces se van a tratar 117g de $\text{NaCl}_{(s)}$ con 98,08g de $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$, según la reacción:



- a) ¿Qué volumen de ácido sulfúrico concentrado, de densidad 1.84g/cm^3 y que contiene 98.08% en peso, se debe utilizar?
- b) ¿Qué volumen de ácido clorhídrico se recogerá sobre agua a 20°C y 495mmHg ? La presión de vapor de agua a 20°C es 17.5mmHg .

De acuerdo con la reacción: $2(58.5)\text{g}$ de $\text{NaCl}_{(s)} + 98.08\text{g}$ de $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \longrightarrow$

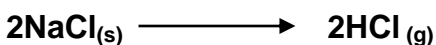
Para 117g de NaCl:

$$117\text{g NaCl} \cdot \frac{1\text{mol NaCl}}{58.5\text{g NaCl}} \cdot \frac{1\text{mol H}_2\text{SO}_4}{2\text{mol NaCl}} \cdot \frac{98.08\text{g H}_2\text{SO}_4}{1\text{mol H}_2\text{SO}_4} = 98.08\text{g H}_2\text{SO}_4$$

Volumen de ácido:

$$98.08\text{g H}_2\text{SO}_4 \cdot \frac{1\text{ml}}{1.84\text{g H}_2\text{SO}_4} = 53.30\text{ml H}_2\text{SO}_4$$

CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL ACIDO CLORHIDRICO (HCl_(g)) A OBTENER



$$117g \text{ NaCl} \cdot \frac{1 \text{ mol NaCl}}{58.5g \text{ NaCl}} \cdot \frac{2 \text{ mol HCl}}{2 \text{ mol NaCl}} \cdot \frac{36.5g \text{ HCl}}{1 \text{ mol HCl}} = 73g \text{ HCl}$$

Volumen de la ecuación de estado: $PV = nRT$

T = 20°C (Temperatura de trabajo en Laboratorio)

P = 495mmHg (Presión barométrica a nivel Laboratorio, Ciudad de La Paz)

P_{vapor de agua a 20°C} = 17.5mmHg.

$$V = \frac{mRT}{MP} = \frac{73g \cdot 62.4 \frac{\text{mmHg} \cdot \text{L}}{\text{g} \cdot \text{mol}} \cdot 293^{\circ}\text{K}}{36.5 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot (495 - 17.5)\text{mmHg}} = 76.57 \text{ L}$$

Por lo tanto nuestros datos a pesar son los siguientes, siendo nuestro reactivo limitante el ácido sulfúrico (H₂SO₄).

- ✓ Al balón se fijó un refrigerante liebigh el cual estaba unido con un codo de destilación.
- ✓ A su vez este refrigerante liebigh con entrada y salida constante de agua fría, estaba unido a un codo colector el cual estaba introducido en un matraz Erlenmeyer con 63.5 ml de agua destilada.
- ✓ Este matraz Erlenmeyer estaba inmerso en una fuente cubierta de hielo para su total refrigeración del producto a obtener.
- ✓ Una vez añadida el ácido sulfúrico en pequeñas cantidades hacia el cloruro de sodio contenida en el balón se observó la inmediata reacción entre ambos reactivos sin necesidad de añadir calor. Observándose la formación del gas HCl.
- ✓ Este ácido obtenido en forma de gas se hizo pasar por el sistema hacia el matraz Erlenmeyer, burbujeando en la misma para solubilizar el HCl_(gas) en el agua fría.

Nota: todo este trabajo se realizó en tres pruebas, dándonos los siguientes resultados:

1. En la primera prueba no hubo reacción total del cloruro de sodio ya q no hubo contacto total con el ácido sulfúrico empleado.
2. En la segunda prueba se dispersó el cloruro de sodio en el balón, obteniéndose una buena reacción y un buen resultado.
3. En la tercera prueba ya con los antecedentes de las anteriores pruebas se procedió a realizar un trabajo en limpio, efectuando todo el procedimiento cuidadosamente controlando todos los factores q puedan influir en nuestra reacción, obteniéndose un volumen igual a $76,5\text{cm}^3$ medidos en una probeta.

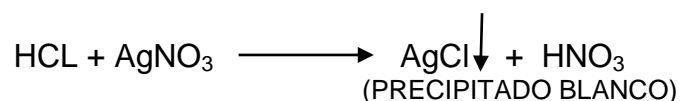
Volumen con el cual se procedió a realizar las diferentes pruebas de confirmación y demás análisis.

3.4 PRUEBAS CONFIRMATORIAS DE LA OBTENCION DEL ACIDO CLORHIDRICO:

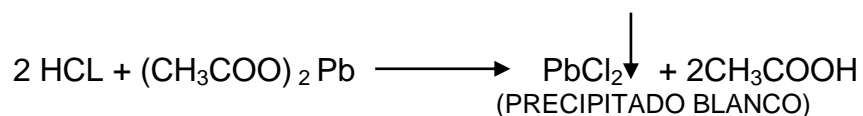
Después de una reacción en un tiempo de 1,5 horas, y haber obtenido el ácido clorhídrico se procedió a realizar las pruebas confirmatorias empleando el método analítico cualitativo en semimicro, trabajando de la siguiente manera:

- ✓ En una gradilla contenida con tres tubos de ensayo se le añadió 20 gotas del ácido obtenido en laboratorio con una pipeta graduada de 10ml.
- ✓ A cada uno de los tubos de ensayo se le añadió gotas de los siguientes reactivos químicos:

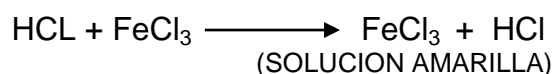
1. Primer tubo: Nitrato de plata



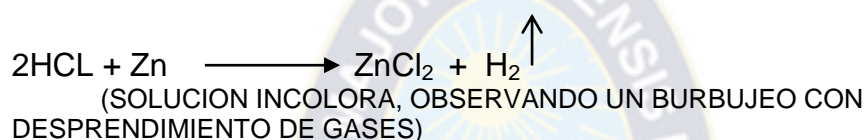
2. Segundo tubo: Acetato de Plomo



3. Tercer tubo: Cloruro férrico



4. Cuarto tubo: Zinc metálico

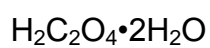
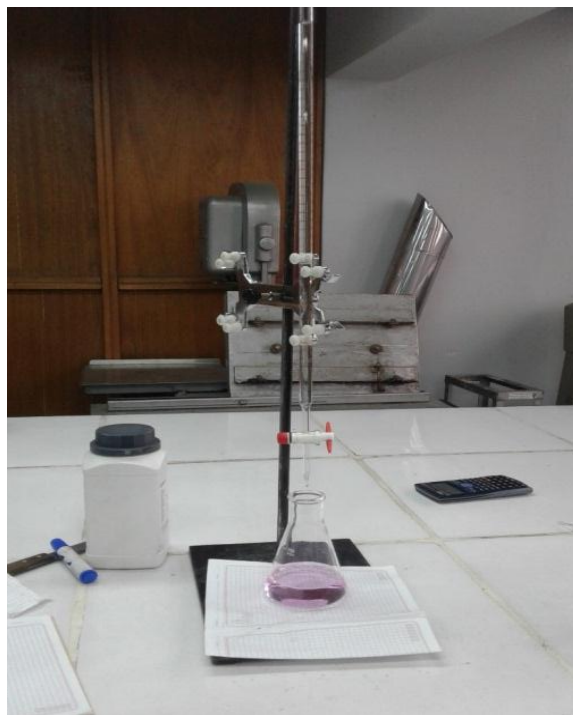


3.5 CALCULO DE LA CONCENTRACION DEL ACIDO CLORHIDRICO OBTENIDO

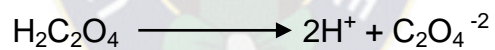
Para finalizar nuestro trabajo, hicimos la titulación del ácido obtenido para calcular cual fue la concentración de este.

Inicialmente se preparó una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N. Estandarizando la misma con ácido oxálico ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$):

- Pesamos 0,2g de ácido oxálico y disolvimos en un Erlenmeyer con un volumen aproximado de 60ml de agua destilada.
- Adicionamos 3 a 4 gotas de fenolftaleína como indicador
- Cargamos en la bureta una solución de NaOH preparado
- Iniciamos la titulación hasta el cambio de color y registramos un volumen promedio igual a 31 ml de hidróxido de sodio gastado.
- Prueba que se realizó por triplicado.
- Posteriormente calculamos la concentración del hidróxido de sodio preparado.



Peso molecular: 126g/mol



$$P \text{ eq} = \frac{M}{N^{\circ} \text{ eq} - g}$$

$$P \text{ eq} = \frac{126}{2} = 63 \frac{g}{\text{eq} - g}$$

$$\text{meq} - g = 0,063$$

- Calculamos la concentración de una solución de NaOH diluido, que al ser valorado con 0,20g de ácido oxalico 2 hidratado por triplicado, gasto un volumen promedio igual a 31 cm³ de hidróxido.

Solución: aplicamos la siguiente ecuación:

$$Nb = \frac{m}{Vb \cdot meq - g}$$

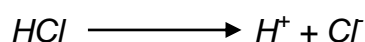
$$Nb = \frac{0,2}{31 \cdot 0,063}$$

$$Nb = 0.1024 \frac{eq - g}{L}$$

- Conociendo la concentración real del hidróxido de sodio (NaOH) se procedió a cargar la misma en la bureta de 50 ml.
- Se tomó 1ml del ácido clorhídrico (HCl) obtenido por triplicado y aforando en 100ml de solución.
- Traspasando cada una de las soluciones en un matraz Erlenmeyer y añadiendo a la misma de 3 a 4 gotas de fenolftaleína.
- A continuación procediendo la titulación dejando gotear la solución de hidróxido (NaOH) de sodio cuidadosamente, hasta un cambio de color de incoloro a rosado.
- Realizando las tres titulaciones registramos un volumen promedio igual a 32,5 ml de hidróxido de sodio gastado.
- Con este dato del volumen de la base gastado en las tres titulaciones, realizamos el cálculo de la concentración (Na) del ácido obtenido.

Solución.-

Aplicamos la ecuación de neutralización:



$$Nb \cdot Vb = Na \cdot Va$$

$$Na = \frac{Nb \cdot Vb}{Va}$$

$$Na = \frac{0.1024 \text{ eq} - \text{g/L} * 32.5 \text{ ml}}{1 \text{ ml}}$$

$$Na = 3.3280 \text{ eq} - \text{g/L}$$

- Posteriormente se realizó el cálculo de la densidad para el ácido obtenido, utilizando para la misma un picnómetro de 5ml de capacidad.

M picnómetro vacío = 9,6074g

M picnómetro con ácido obtenido = 15,0705g

M ácido obtenido = 5,4631g

V ácido obtenido = 5ml

$$d = \frac{m \text{ sust.}}{V \text{ sust.}}$$

$$d = \frac{5,4631 \text{ g}}{5 \text{ ml}}$$

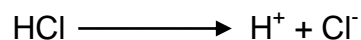
$$d = 1,0926 \text{ g/cm}^3$$

3.6 CALCULO DE LA CONCENTRACION EN %P/P DEL ACIDO OBTENIDO

Con todos los datos obtenidos en laboratorio podemos realizar el cálculo de la pureza en tanto % en peso.

HCl

Peso molecular: 36.5g/mol



$$M = N = \frac{d \cdot \% \cdot 10}{PM}$$

- Despejando de la ecuación el % en peso tenemos:

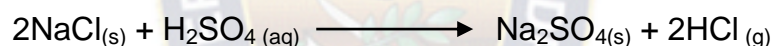
$$\% = \frac{N \cdot PM}{d \cdot 10}$$

$$\% = \frac{3.3280 \text{ eq} - \text{g/L} \cdot 36,5 \text{g/mol}}{1,0926 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 10}$$

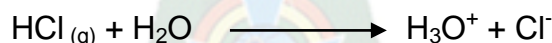
$$\% = \mathbf{11.1177}$$

4.- ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Para la obtención del ácido clorhídrico utilizamos una reacción muy sencilla entre el cloruro de sodio proveniente del salar de Coipasa y un ácido sulfúrico concentrado de la Facultad de Tecnología de la UMSA. El cual podría escribirse de la siguiente forma:



En este punto de reacción se obtiene el cloruro de hidrogeno, que es soluble en agua. El ácido sulfúrico se deja caer sobre el cloruro de sodio y se genera el cloruro de hidrogeno en el balón con desprendimiento lateral, el gas se hace burbujear en agua y se aprovecha la solubilidad del mismo en este líquido sucediendo:

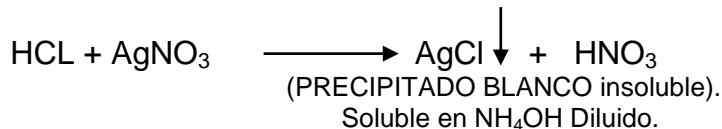


El $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ es el ácido clorhídrico en realidad, lo que aprovechamos es la solubilidad del cloruro de hidrogeno en agua para que se forme el ácido clorhídrico, pues si el gas no fuese soluble, el ácido clorhídrico no existiría.

Para recoger el gas el refrigerante liebig conectado a un codo colector se coloca dentro el Erlenmeyer, y este a su vez en una fuente de vidrio cubierta de hielo y agua para que se aumente la solubilidad, algo que hay que resaltar, es que en el momento de recoger el gas no es necesario invertir el Erlenmeyer, pues el gas no desplaza nada de agua sino que se solubiliza.

Para comprobar qué clase de ácido es, realizamos pruebas confirmatorias mediante el análisis cualitativo en semimicro y son las siguientes:

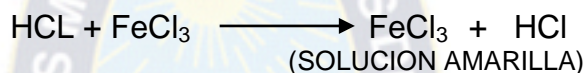
1. Primer tubo: Nitrato de plata



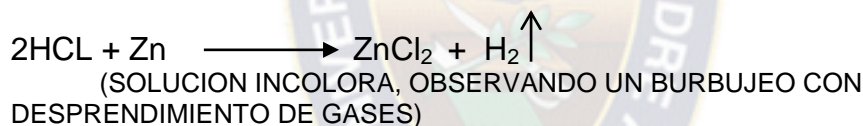
2. Segundo tubo: Acetato de Plomo



3. Tercer tubo: Cloruro férrico



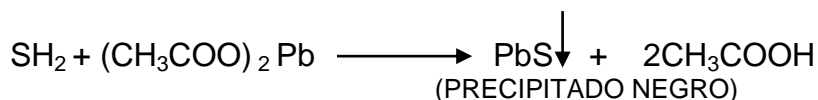
4. Cuarto tubo: Zinc metálico



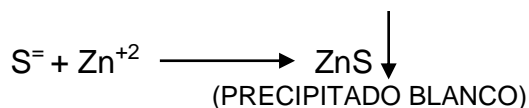
Considerando además que si existiera por ejemplo un desplazamiento de SO_2 o de SH_2 relacionados con el ácido sulfúrico, las pruebas confirmatorias con acetato de plomo, nitrato de plata y el zinc metálico nos mostrarían otros resultados; por ejemplo:



Prueba con Acetato de Plomo:



Prueba con Zinc:



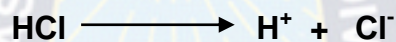
En el momento de la titulación utilizamos una base previamente estandarizada con una normalidad 0,1024 eq-g/L, para calcular la concentración del ácido procediendo de la siguiente manera:

- Calculamos la densidad del ácido utilizando el material existente en laboratorio como es el picnómetro obteniéndose 1,0926 g/cm³.
- Luego calculamos la concentración en unidades de concentración química.

$$N_b \cdot V_b = N_a \cdot V_a$$

- Volumen del ácido = 1ml, volumen de la base = 32,5ml, normalidad de la base = 0,1024 eq – g/L, así calculamos la concentración del ácido.

$N_a = 3.3280 \text{ eq – g/l}$, como $N = M$:



$$M = N = \frac{d \cdot \% \cdot 10}{PM}$$

- **Despejando de la ecuación el % en peso tenemos:**

$$\% = \frac{N \cdot PM}{d \cdot 10}$$

$$\% = \frac{3.3280 \text{ eq – g/L} \cdot 36,5 \text{ g/mol}}{1,0926 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 10}$$

$$\% = 11.1177$$

Que es la concentración en peso, considerando que el ácido clorhídrico obtenido se hizo burbujear en 63ml de H₂O, para llegar al 37% en peso, como el que se tiene en laboratorio.

5.- CONCLUSIONES

Al finalizar este laboratorio podemos concluir que una forma efectiva de obtener ácido clorhídrico es a partir de cloruro de sodio y ácido sulfúrico concentrado; es un proceso que no requiere de muchos cuidados, solamente hay que tener presente que se puede producir una succión de agua hacia el balón con desprendimiento lateral. Además de esto con la ayuda de las pruebas confirmatorias, sabemos si el proceso se dio o no, y con la titulación obtenemos la concentración de la sustancia. Para la optimización de este proceso podemos disminuir la temperatura del agua en donde estamos recogiendo el ácido, para aumentar la solubilidad del gas en el agua, ya que la solubilidad de los gases aumenta al disminuir la temperatura; también debemos tener presente el no agitarlo ya que la solubilidad de los gases se comporta de manera diferente a la solubilidad de los sólidos.

Finalmente se obtuvo el ácido con una concentración más baja, pero a la vez puede ser útil para otros procesos, como el uso doméstico de una concentración de entre 10% y 12%, utilizadas principalmente para la limpieza.

Si bien no se obtuvo un producto con la pureza mostrada bibliográficamente que es del 37% de ácido, esto se debe a diversos factores como ser:

- Falta de equipos adecuados para el proceso ya que los materiales con los que cuenta en laboratorio no son los adecuados, lo cual provoca una reacción incompleta en el sistema.
- Otro factor importante es la pureza de nuestra materia prima, ya que el cloruro proveniente de las salmueras de Coipasa tiene una concentración del 15.39%.

También cabe mencionar que realizadas investigaciones y consultas en universidades del exterior se pudo evidenciar que estas realizaron prácticas similares en laboratorio obteniendo resultados que oscilan entre los 5-6%, argumentando el mismo como prácticas de laboratorio.

6.- RECOMENDACIONES

- Para optimizar este proceso se debe disminuir la temperatura del agua en donde estamos recogiendo el ácido, para aumentar la solubilidad del gas en el agua, ya que la solubilidad de los gases aumenta al disminuir la temperatura; también debemos tener presente el no agitarlo ya que la solubilidad de los gases se comporta de manera diferente a la solubilidad de los sólidos.
- Se recomienda trabajar con materiales aptos para el proceso a realizar ya que de lo contrario se puede no obtener el producto deseado.
- Asegurar todo el sistema de trabajo, verificando la no existencia de fugas de gas de (HCl) asegurando con las llaves adecuadas para los materiales de trabajo.
- Trabajar con orden y limpieza siguiendo el procedimiento ya trazado, siendo muy importante para este tipo de procesos.
- Estar siempre pendiente de todo el sistema de trabajo y el proceso desde la iniciación hasta la conclusión de la misma.
- En las titulaciones como la estandarización y determinación de la concentración trabajar siempre por triplicado ya que así se obtendrá promedio de los resultados de la misma.
- En la realización de las pruebas confirmatorias trabajar en semimicro ya que las pruebas en pequeñas cantidades son más fáciles de confirmar.
- Al culminar cada análisis o ensayo se recomienda guardar la solución etiquetada en recipientes de plástico con tapa para su posterior análisis.

7.- BIBLIOGRAFIA

- Cantore, Pablo químicos ácido clorhídrico
- <https://es.scribd.com/doc/121982229/Obtencion-Industrial-Del-HCL>
- https://www.Atanor.com.ar/negocios_domesticos/químicos/productos/acido-clorhídrico.php.
- Gerencia nacional de recursos evaporíticos (COMIBOL).
- “Proyecto Salar de Uyuni – UATF” Potosí – Bolivia Miembro de CODEPANAL.
- INDUSTRIA DE LA QUIMICA INORGANICA.
- VOGEL Análisis Químico Cualitativo. Segunda Ed., S.A.
- Miller, J.; Miller, J., 1993. Estadística para Química Analítica. Segunda Edición. Addison Wesley Iberoamericana.



TRABAJO EN LABORATORIO PARA LA OBTENCION DEL ACIDO CLORHIDRICO

ARMADO DEL SISTEMA



En un balón con desprendimiento lateral o balón de dos bocas se tienen 59.200g de (NaCl). Al mismo balón se acoplo un embudo de separación con 27.017 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4).

PESADO DE LA MATERIA PRIMA



Datos obtenidos partiendo de la idea de que se quiere obtener un ácido clorhídrico del 37% en peso; y a su vez partiendo de la teoría de solubilidad del ácido clorhídrico en agua.



Una vez añadida el ácido sulfúrico en pequeñas cantidades hacia el cloruro de sodio contenida en el balón se observó la inmediata reacción entre ambos reactivos.



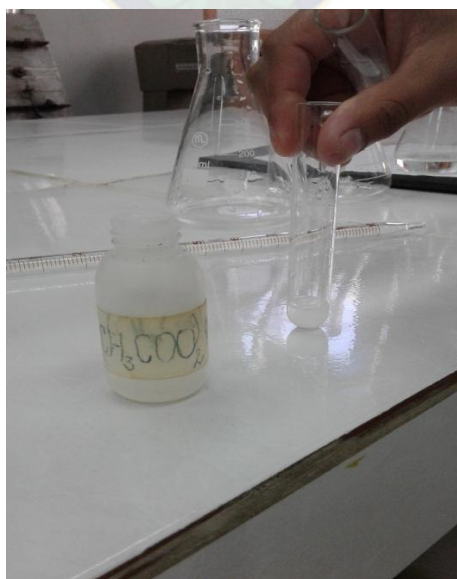
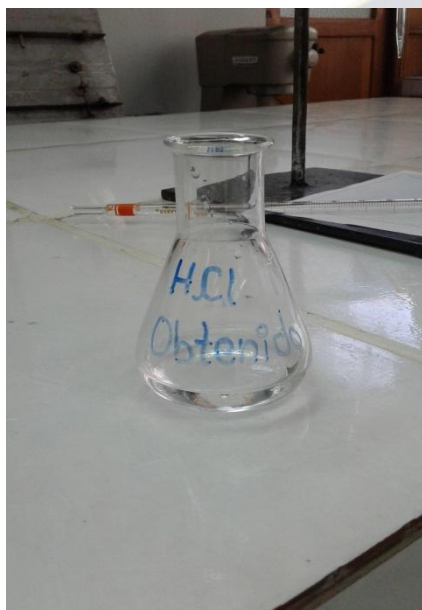


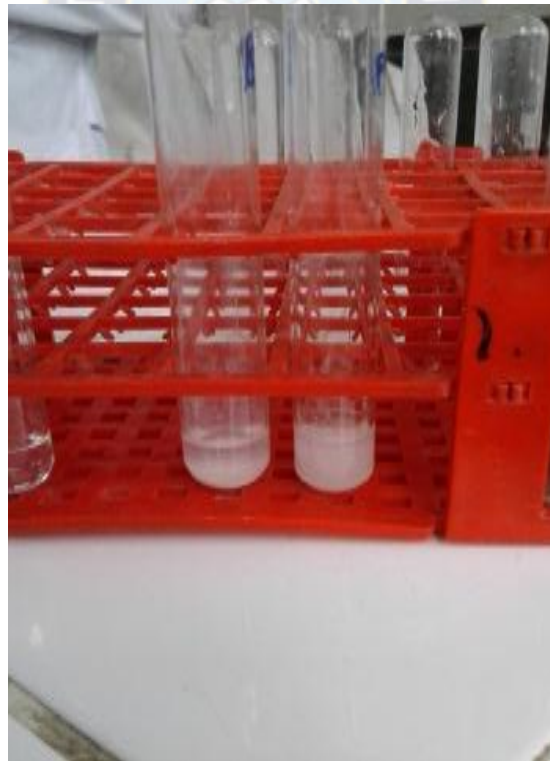
Nota: todo este trabajo se realizó en tres pruebas, dándonos los siguientes resultados:

- En la primera prueba no hubo reacción total del cloruro de sodio ya q no hubo contacto total con el ácido sulfúrico empleado.

- En la segunda prueba se dispersó el cloruro de sodio en el balón, obteniéndose una buena reacción y un buen resultado.
- En la tercera prueba ya con los antecedentes de las anteriores pruebas se procedió a realizar un trabajo en limpio, efectuando todo el procedimiento cuidadosamente controlando todos los factores q puedan influir en nuestra reacción de obtención del ácido clorhídrico.

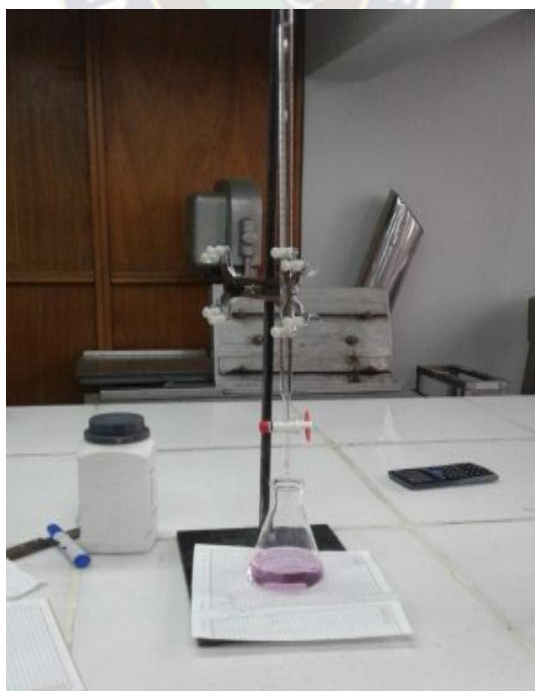
PRUEBAS CONFIRMATORIAS DE LA OBTENCION DEL ACIDO CLORHIDRICO





CALCULO DE LA CONCENTRACION DEL ACIDO CLORHIDRICO OBTENIDO

Para finalizar nuestro trabajo, hicimos la titulación del ácido obtenido para calcular cual fue la concentración de este. Realizando antes la estandarización de nuestro agente titulante NaOH



POSTERIORMENTE SE REALIZÓ EL CÁLCULO DE LA DENSIDAD PARA EL ÁCIDO OBTENIDO



CALCULO DE LA CONCENTRACION EN %P/P DEL ACIDO OBTENIDO

Con todos los datos obtenidos en laboratorio podemos realizar el cálculo de la pureza en tanto % en peso.

