

**Universidad Nacional
“José Faustino Sánchez Carrión”**



“Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica”

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

**“TRATAMIENTO QUÍMICO DEL CARBÓN ACTIVADO
PROVENIENTE DE LA DESORCIÓN PARA LA REGENERACIÓN
EN LA MINERA LAYTARUMA S.A”**

**TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
METALURGICO**

Autor:

Bach: HUAMANI LAYME, DIOMEDES AUGUSTO

Asesor:

M(o) ABARCA RODRIGUEZ, JOAQUIN JOSE

C.I.P. N° 108833

Huacho - Perú

2021

**“TRATAMIENTO QUÍMICO DEL CARBÓN ACTIVADO
PROVENIENTE DE LA DESORCIÓN PARA LA REGENERACIÓN
EN LA MINERA LAYTARUMA S.A”**



Presidente

M(o) Cayo Eduardo Guerra Lazo



Secretario

Dr. José Vicente Nunja García



Mg. JAIMÉ IMÁN MENDOZA
C.I.P. 104824 DNU 437

M(o) Jaime Imán Mendoza



Asesor

M(o) Joaquín José Abarca
Rodríguez

DEDICATORIA

A mis queridos padres, hermanas, abuelos, por el apoyo incondicional y el apoyo durante la etapa de formación de mi vida para realizarme una persona de bien y aquellas personas que me brindaron el apoyo para forjar el proyecto desarrollado y sea una realidad.

AGRADECIMIENTO

A Dios por iluminar el camino que me conduce en el camino de la vida, a mis padres por darme la vida y apoyarme todo el tiempo para realizarme una persona de bien.

Su más profundo agradecimiento a las personas tanto administrativos y docentes de la “Escuela de Ingeniería Metalúrgica” por ese esfuerzo de apoyo en todos los aspectos durante los 5 años de formación.

PENSAMIENTO

“Estar preparado es importante, saber esperar es aún más, pero aprovechar el momento adecuado es la clave de la vida”(Arthur Schnitzler)

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
PENSAMIENTO	5
ÍNDICE GENERAL	vi
DICE DE TABLA	ix
INDICE DE FIGURA	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	15
1.2. Formulación del Problema.....	15
1.2.1. Problema General.....	15
1.2.2. Problema Específico.....	16
1.3. Objetivos.....	16
1.3.1. Objetivos Generales.....	16
1.3.2. Objetivos Específicos.....	16
1.4. Justificación.....	17
1.4.1. Justificación Práctica.....	17
1.4.2. Justificación Metodológica.....	17
1.4.3. Justificación Técnica.....	17
1.4.4. Justificación Social.....	17
1.4.5. Justificación Económica.....	18
1.5. Delimitación.....	18
1.5.1. Delimitación Territorial.....	18

1.5.2.	Delimitación Tiempo y Espacio.....	18
1.5.3.	Delimitación de Recursos.....	19
1.6.	Viabilidad de Estudio.....	19
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....		20
2.2.	Antecedentes de la Investigación.....	20
2.2.1.	Investigación Internacionales.....	20
2.2.2.	Investigación Nacionales.....	21
2.3.	Bases Teóricas.....	23
2.3.1.	Carbón Activado.....	23
2.3.2.	Activación del Carbón.....	23
2.3.3.	Activación Térmica.....	24
2.3.4.	Activación Química.....	24
2.3.5.	Variables de la Activación Química.....	24
2.4.	Definición de Términos Básicos.....	25
2.5.	Formulación de Hipótesis.....	27
2.5.1.	Hipótesis General.....	27
2.5.2.	Hipótesis Específicas.....	27
2.6.	Operacionalización de Variables.....	28
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....		29
3.1.	Diseño Metodológico.....	29
3.1.1.	Tipo de Investigación.....	29
3.1.2.	Nivel de Investigación.....	29
3.1.3.	Diseño de la Investigación.....	29
3.1.4.	Enfoque de la Investigación.....	30
3.2.	Población y Muestra.....	30

3.2.1. Población.....	30
3.2.2. Muestra.....	31
3.3. Técnica de Recolección de Datos.....	31
3.3.1. Técnicas.....	31
3.3.2. Instrumentos.....	31
3.4. Técnica de Procesamiento de la Información.....	32
3.5. Matriz de Consistencia.....	33
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....	35
4.1. Análisis de Resultados.....	35
4.1.1. Condiciones de trabajo.....	35
4.1.2. Resultados de las pruebas de laboratorio sobre reactivación del carbón activado.37	
4.1.3. Procesamiento de los Resultados.....	39
4.2. Contratación de Hipótesis.....	45
4.2.1. Contratación de Hipótesis General.....	45
4.2.2. Contratación de Hipótesis Especifico.....	50
CAPITULO V DISCUSIONES.....	55
5.1. Discusiones de Resultados.....	55
CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
6.1. Conclusiones.....	57
6.2. Recomendaciones.....	58
CAPÍTULO V FUENTES DE INFORMACION.....	59
5.1. Fuentes Bibliográficas.....	59
ANEXOS.....	62

INDICE DE FIGURA

Figura 1 Representación gráfica de los poros de un carbón activado (Strand, 2001, pág. 5).....	23
Figura 2 Esquema de experimento y variable.....	30
Figura 3 curva de Trump para la extracción de extracción del carbonato en la regeneración del carbón activado.....	39
Figura 4 Curva de extracción de carbonato de la regeneración del carbón activado por proceso químico.	40
Figura 5 Curva de extracción de carbonato de la regeneración del carbón activado por proceso químico	40
Figura 6 Curva de extracción del carbonato de calcio en relación de la concentración del HCl.....	42
Figura 7 Curva de trump para el porcentaje de extracción del carbonato y concentración del HCl.	43
Figura 8 Curva de trump para la extracción del carbonato y concentración del HCl.....	43
Figura 9 Curva de extracción del carbonato en función de la concentración del HCl.....	44
Figura 10 Diagrama de Pareto para extracción de carbonato de calcio en el Carbón (mg/L) vs. pH; HCl (mol/L)	45
Figura 11 Diagrama de Pareto para extracción de carbonato de calcio en la Solución (%) vs. pH; HCl (mol/L).....	46
<i>Figura 12 Diagrama de Pareto para extracción de carbonato de calcio en la Carbonatos (mg/L) vs. Tiempo (Min); pH</i>	<i>47</i>
Figura 13 Diagrama de Pareto para extracción de carbonato de calcio en la % Extracción vs. Tiempo (Min); pH.	48
Figura 14 Diagrama de Pareto para extracción de carbonato de calcio en la Carbonatos (mg/L) vs. Tiempo (Min).....	50
Figura 15 Diagrama de Pareto para extracción de carbonato de calcio en la % Extracción vs. Tiempo (Min).....	51

Figura 16 Diagrama de Pareto para extracción de carbonato de calcio en la Solución (mg/L) vs. HCl (mol/L).....	53
Figura 17 Diagrama de Pareto para extracción de carbonato de calcio en la Solución (%) vs. HCl (mol/L).....	54

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Variables.....	28
Tabla 2. Matriz de consistencia general	33
Tabla 3. Matriz de consistencia específico.....	34
Tabla 4 Condiciones de trabajo para el lavado del carbón para la regeneración química..	35
Tabla 5 Condiciones y factor para el EDTA	36
Tabla 6 Tratamiento químico de carbón activado con de HCl 4,0 M.	37
Tabla 7 Concentración del carbonato extraído para cada prueba y pH.....	38
Tabla 8 Extracción del carbonato de calcio en función del tiempo y pH.....	39
Tabla 9 Proyección de extracción de carbonato de calcio (mg/L y % extracción)	41
Tabla 10 Extracción del carbonato en función a la concentración del HCl M(mol/L)	42
Tabla 11 Coeficientes de Carbón (mg/L) vs. pH; HCl (mol/L)	45
Tabla 12 Coeficientes en Solución (%) vs. pH; HCl (mol/L)	46
<i>Tabla 13 Coeficientes de Carbonatos (mg/L) vs. Tiempo (Min); pH.....</i>	<i>47</i>
Tabla 14 Coeficientes % Extracción vs. Tiempo (Min); pH.....	48
Tabla 15 Coeficientes Carbonatos (mg/L) vs. Tiempo (Min).....	50
Tabla 16 Coeficientes % Extracción vs. Tiempo (Min).....	51
Tabla 17 Coeficientes Solución (mg/L) vs. HCl (mol/L).....	52
Tabla 18 Coeficientes regresión: Solución (%) vs. HCl (mol/L).....	53

RESUMEN

El objetivo del estudio es “efecto el tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción, que permita la regeneración del carbón activado para su posterior uso en la minera Laytaruma S.A.”, el estudio se realizó durante el 2020 en las instalaciones del laboratorio de la empresa. Es un estudio experimental aplicada, cuantitativo. La muestra proviene del carbón desorbido. El resultado obtenido referente al tiempo de estudio en 90 minutos para una concentración de 4,00 molar de HCl se tiene una extracción del carbonato de calcio de orden de 51167 mg/L que representa el 99,97% a un pH de 0,46. Referente a la concentración de mayor extracción es el de 4,00 molar. Con una proyección de extracción para una concentración de 4,00 molar en un espacio de 45 minutos de orden de 51153,44 mg/L del 99,93%. Se concluye que en la extracción y el porcentaje de extracción influye el pH, mientras que la concentración del HCl no. Referente al tiempo y pH en la extracción y porcentaje de extracción influye significativamente. Por otra parte, el tiempo en la concentración de la extracción y porcentaje influye estadísticamente significativamente, mientras que la concentración del ácido influye estadísticamente significativa en la concentración de la extracción del carbonato de calcio y el porcentaje de extracción.

Palabra clave: Activación de carbón, activación química de carbón, carbón activado, carbón de coco.

ABSTRACT

The objective of the study is "the effect of the chemical treatment of activated carbon from desorption, which allows the regeneration of activated carbon for later use in the Laytaruma SA mining company". The study was carried out during 2020 at the laboratory facilities of the company. It is an applied, quantitative experimental study. The sample comes from the resorbed carbon. The result obtained regarding the study time in 90 minutes for a concentration of 4,00 molar of HCl, has an extraction of calcium carbonate of the order of 51,167 mg / L which represents 99,97% at a pH of 0,46. Regarding the highest extraction concentration, it is 4,00 molars. With an extraction projection for a concentration of 4.00 molar in a space of 45 minutes of the order of 51 153,44 mg / L of 99,93%. It is concluded that the extraction and the extraction percentage are influenced by the pH, while the HCl concentration does not. Regarding the time and pH in the extraction and the percentage of extraction it influences significantly. On the other hand, the time in the concentration of the extraction and percentage influence statistically significantly, while the concentration of the acid has a statistically significant influence on the concentration of the extraction of calcium carbonate and the percentage of extraction.

Key Word: Activation of charcoal, chemical activation of charcoal, activated charcoal, coconut charcoal.

INTRODUCCIÓN

En el proceso de recuperación de oro de soluciones ricas se pueden emplear diferentes métodos, como por intercambio, iónico con zinc, electrodeposición, absorción por carbón activado, con resinas etc. En la minería media y minería artesanal, se emplean la adsorción del oro mediante el carbón activado. Para que el carbón este apto para la adsorción del oro que este en forma de iones sean atrapado en el poro tanto como en los macros y micro poros del carbón.

Los carbones que han cumplido su vida útil en un proceso tienden a ser tratado para la eliminación de los carbonatos y otros elementos que han sido atrapado en los poros del carbón y el tratamiento puede ser físico y químico. Para la eliminación de los carbonatos se emplea la activación química, donde los agentes químicos pueden disolver y extraer estos carbonatos de los poros del carbón. Para ello se usan ácidos fuertes como en nuestro caso el HCl, ya que tiende a reaccionar inmediatamente.

Para la eliminación del carbonato en su mayoría en las empresas pequeñas usan el HCl. La empresa donde se realiza el trabajo se busca el tratamiento del carbón con la finalidad de poder reutilizar el carbón activado que se encuentra en la empresa, con una concentración optima y en un tiempo prudencial que permita una proyección en un futuro.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

El uso del carbón activado en la minería es, en la recuperación de oro y plata de las soluciones lixiviadas tanto de las soluciones proveniente las pilas de lixiviación, sedimentadores y en pulpa en los tanques de lixiviación.

El costo de los carbones activado de una otra manera influye en los costos de operaciones por lo que es necesario el pre tratamiento de los carbones que salen de las columnas de desorción, pero este carbón dentro de sus porosidades micro y macro tiene incrustado los carbonatos que lo hacen menos eficientes al momento de la adsorción.

En la minera Laytaruma S.A, se busca encontrar la concentración optima y el tiempo en el tratamiento de la activación del carbón activado por el método de activación química

En vista a los fundamentos es necesario buscar cómo solucionar, que sea de una manera coherente a los fundamentos teóricos y operacionales.

1.2. Formulación del Problema.

1.2.1. Problema General.

El carbón activado durante el proceso de adsorción del oro en la lixiviación en pulpa, adsorbe el oro y plata, además adsorbe otros elementos dentro de ellos esta los carbonatos y este permite bajar la eficiencia de carbón activado, tapando la porosidad del carbón por lo que necesario eliminarlo para su posterior uso, en función a ello se plantea.

¿Tendrá efecto el tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción, que permita la regeneración del carbón activado para su posterior uso en la minera Laytaruma S.A.?

1.2.2. Problema Específico.

La activación del carbón activado puede ser por procesos químicos y térmicos, dentro de ellos el tiempo y la concentración del ácido para la disolución de los carbonatos es esencial para la eliminación de estos de las porosidades del carbón por eso se plantea lo siguiente:

¿En qué tiempo permitirá, la extracción del carbonato de las porosidades del carbón activado en la activación química?

¿Tendrá efecto la concentración HCl en la disolución del carbonato de las porosidades del carbón activado?

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivos Generales.

El carbón activado en el proceso de activación y su resultado debe compararse para su validación por lo que es necesario.

Analizar el tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración y su posterior uso en la minera Laytaruma S.A.

1.3.2. Objetivos Específicos.

En el proceso de activación química se tiene la concentración del ácido y el tiempo en la disolución por lo que es necesario.

Analizar en qué medida el tiempo permitirá, la extracción del carbonato de las porosidades del carbón activado en la activación química.

Analizar el efecto de la concentración HCl en la disolución del carbonato de las porosidades del carbón activado.

1.4. Justificación.

1.4.1. Justificación Práctica.

El presente estudio sobre, Tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera Laytaruma S.A, es importante para la empresa por que se encontrarán los parámetros óptimos para su aplicación industrial.

1.4.2. Justificación Metodológica.

Desde el punto de vista metodológico el estudio sobre, Tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera Laytaruma S.A, una ha demostrado su validación y su confiabilidad. Los instrumentos, técnicas y procedimientos, pueden ser empleados en otros trabajos de investigación y emplearlos en forma aplicativos.

1.4.3. Justificación Técnica.

En el estudio sobre, Tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera Laytaruma S.A, desde el punto de vista experimental nos permitirá encontrar los rangos de las variables independiente que da como resultado a las variables dependientes que permite tener un resultado sobresaliente.

1.4.4. Justificación Social.

Podría ser justificado el estudio sobre, Tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera Laytaruma S.A, se minimiza la compra de carbón activado nuevo y se genera puestos de trabajo en la parte de tratamiento del carbón activado y el tratamiento de los efluentes, proveniente del tratamiento.

1.4.5. Justificación Económica.

Se podría dar la importancia al trabajo sobre, Tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera Laytaruma S.A. Se minimiza los costos por la adquisición de carbón activado nuevo con la comparación con el tratamiento, dándole más utilidad a la empresa.

1.5. Delimitación.

Las limitaciones del estudio referente al Tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera Laytaruma S.A. son los siguientes: Territorial, tiempo- espacio y recursos que se describen a continuación.

1.5.1. Delimitación Territorial.

País : Perú
Departamento : Ayacucho
Provincia : Lucanas
Distrito : Sancos
Ubicación : Fundo denominado Laytaruma

Ubicación de coordenadas topográficas del punto central son 8.295 200N ,575 OOOE (San Jorge, 2015).

1.5.2. Delimitación Tiempo y Espacio.

Se llevará a cabo el presente estudio sobre el tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera Laytaruma S.A durante los meses de enero julio del 2020.

1.5.3. Delimitación de Recursos.

Las limitaciones para hacer el trabajo a cabalidad no se cuentan con equipos necesarios para realizar con una mayor precisión al no poder controlar algunos parámetros, y la falta de disponibilidad de recursos económicos para compra de bibliografía referente a la investigación.

1.6. Viabilidad de Estudio.

El presente estudio sobre tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera Laytaruma S.A., a pesar de las dificultades, es viable ya que se cuenta con el acceso a los laboratorios de la empresa con el permiso de la gerencia de la minera Laytaruma S.A.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.2. Antecedentes de la Investigación.

2.2.1. Investigación Internacionales.

Los trabajos que le dan la validación al trabajo de investigación respecto a la regeneración del carbón activado a los carbonos usados titulado tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera Laytaruma S.A. Se detallarán a continuación.

En el trabajo de activación química de carbón activado a partir de residuos de café, Sekirifa, Cherraye, Hadj, Chenine, & Dujailib (2014) concluyen, que a una temperatura de “600 ° C y 700 ° C durante una hora 5 (° C min⁻¹) con adyuvante de 5,678 y 12,78% dio de 176 y 186 m²/g. Las capacidades de adsorción 52,63 y 55,56 mg/g. (...) con corrección R²> 0.92” (p.399). El Carbón activado una vez producida es necesario y su activación para ver la superficie de la porosidad y la capacidad de adsorción de los que uno desea recuperar.

En el trabajo sobre, preparación de carbón activado por activación química y sus pruebas de eficacia de adsorción in vitro para paraquat, Mokhlesur, y otros (2014) concluyó que, “el carbón activado comercial y producido fueron efectivos para promover la eliminación por adsorción de paraquat y solución NaCl (0.9%) es el solvente más efectivo. (...) el paraquat se adsorbe más por el carbón activado producido, que el comercial” (p.240). El carbón activado producido depende mucho las variables controlados, cada material produce un carbón activado diferente por lo que en ciertos casos se necesita producir carbón activado específico y la activación necesaria en función a los que uno desea producir.

En el trabajo sobre, reactivación química de carbón activado para adsorción de metales preciosos, desarrollado en la sociedad minera PROMINE, Lapo (2014) concluye, que, con él “ácido clorhídrico al 5% en 3 horas de agitación se obtener un carbón activado

limpieza. El pH del agua para lavado debe ser neutro, menor a 60 rev/min. El carbón activado (...) debe ser mayo a malla # 14” (p.52). Las condiciones para la activación están en la concentración del ácido la velocidad de agitación y el tiempo para poder tener una activación adecuada.

En el trabajo a partir de cascará de coco obtención de carbón activado, realizado en la universidad de cuenca, Carrasco & Londa (2018) concluye que la, “activación de carbón activado es con 40% de ácido fosfórico, presentó mejores propiedades fisicoquímicas, según la normativa ASTM D-3037 BET y ASTM D-4607 (...) la adsorción es de 500 mg I₂/g de carbón, a una 300°C durante 2.5 horas” (p.118-119). En la activación los factores importantes a considerar son la, temperatura, tiempo, y concentración de la solución.

2.2.2. Investigación Nacionales.

En los trabajos realizado sobre la producción y activación del carbón activado en el Perú se tiene al nivel investigativo y aplicativo en la industrial, con la finalidad de aplicarse en la recuperación de los elementos metálicos, tratamiento de las aguas industriales, uso en los equipos de seguridad y medicina. Entre los trabajos que se tiene afinidad se describe a continuación

Procesos de cascara de coco para la producción de carbón activado, Lazo (2015) concluye, para la activación se utiliza la “activación física térmica, utilizando vapor de agua como agente activante, El horno rotatorio constituye la mejor opción para la carbonización y activación en un proceso continua para la obtención de carbón activado”(p.112).La producción de carbón se necesita un reactor inerte de oxígeno y la activación que fluya el carbón en contra corriente al vapor de agua.

En el trabajo a partir de pulpa de cereza de café la producción de carbón activado y su activación química, Guevara (2019) concluye, que la “mayor adsorción fue a 400°C y 180

min, adsorción del carbón obtenido es de 1,838 mg (azul de metileno) /gramo de carbón activado, humedad 5,896 %, pH 4,5100, densidad 0,4450 g/cm³, materia volátil 48,05 %, cenizas 22,48 %, carbón fijo 29,4658%” (p.35). La que le da una mayor eficiencia al carbón es la adsorción expresado en mg/g a una determinada temperatura y tiempo para fijar los parámetros y sus características fisicoquímica.

En el trabajo a partir de la cascara de naranja, para la obtención de carbón activado y su activación química, con la finalidad de tratamiento de aguas eliminar el cloro y materia orgánica, para la ciudad de Jaén, Martín (2019) concluye, “obtuvo carbón activado con un rendimiento del 60% con las condiciones de operación de 400°C con una concentración de ácido fosfórico del 80% y en un tiempo de 240 minutos” (p.21). La calidad del carbón activado está en el rendimiento en la adsorción en un periodo de tiempo y temperatura.

En el tratamiento de residuos de maderables de la actividad forestal para la producción de carbón activado, Zela (2018) concluye, que “los carbones activados obtenidos a partir de residuos maderables de la actividad forestal (..) presentaron buenas características físicas y químicas, cumpliendo en la mayoría de las muestras con las normas ASTM de calidad a nivel internacional” (p.88). Para cumplir con la calidad de producto debe estar basado en un parámetro y eso lo determina las normas ASTM y otras en la producción del carbón activado.

2.3. Bases Teóricas.

2.3.1. Carbón Activado.

El carbón activado es un carboncillo que tiene macro y micros porosidad, es decir “el carbón activado es (...) un grupo de sustancias absorbentes de forma cristalina, que tiene grandes estructuras de poros internos que hacen que el carbono sea más absorbente” (Strand, 2001, pág. 3). La composición del carbón “consiste en un átomo de carbono que está doblemente unido a un átomo de oxígeno, $C = O$ ” (West, 2008, pág. 31).

La porosidad del carbón activado es altamente adsorbente de elementos y compuestos de los fluidos tanto de líquidos. Es decir que “la superficie de absorción de carbono, (...) depende de su capacidad para absorber cierta sustancia o sustancias, dependiendo de las propiedades químicas y físicas que posee el carbono” (Strand, 2001). La adsorción del carbón activado depende netamente de su propiedad fisicoquímica.

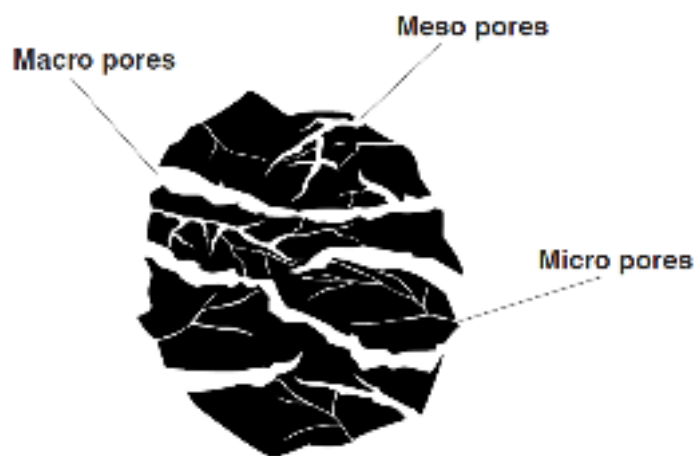


Figura 1 Representación gráfica de los poros de un carbón activado (Strand, 2001, pág. 5)

2.3.2. Activación del Carbón.

Es el mecanismo por el cual permite abrir los micro y macro poros del carbón trecientas veces más. En el proceso de activación del carbón activado existe dos métodos y estos métodos son “activación térmica, la activación química” (Misari, 2010, pág. 254). También

se puede definir que la activación es el proceso de “gasificación selectiva de átomos de carbono (activación térmica) y la activación que implica el uso de ácido (activación química)” (Marsh & Rodríguez, 2006, pág. 1).

2.3.3. Activación Térmica.

En la activación térmica consiste en la “eliminar de carbonos mediante gasificación utilizando dióxido de carbono o vapor de agua, a 800-900°C. La reacción es $\text{CO}_2 + \text{carbono} \rightarrow 2\text{CO}$, (...) la inhibición por el oxígeno y el hidrógeno quimiosorbidos (...), incluye la dinámica molecular” (Marsh & Rodríguez, 2006, pág. 8). El flujo de vapor de agua que ingresa a una determinada temperatura permite abrir la micro y macro porosidad.

2.3.4. Activación Química.

La activación química consiste en aplicar sustancias químicas, principalmente para carbón vegetal, se utiliza “en la carbonización conjunta con ZnCl_2 , H_3PO_4 y $\text{K}(\text{OH})$., (...) el ZnCl_2 promueve la extracción de agua de las estructuras lignocelulósicas de los materiales parentales, y la combinación de H_3PO_4 de estructuras lignocelulósicas” (Marsh & Rodríguez, 2006, pág. 9). Tiene la finalidad de ingresar sobre la porosidad del material y darle le hinchamiento y luego ser sometido a la carbonización.

Por otra parte, también el tratamiento químico se aplica a los carbones utilizados “una lixiviación con ácido diluido (3% HCl) a 90°C precede a la dilución, ayudando a la remoción del calcio, carbonato, sulfato y sílica desde el carbón. Se puede usar también HNO_3 y el CuSO_4 para la regeneración química” (Misari, 2010, pág. 245).

2.3.5. Variables de la Activación Química.

2.4. Definición de Términos Básicos.

- a. **Activación:** Es un proceso de “gasificación selectiva de átomos de carbono (activación térmica) y el uso de ácido (activación química)” (Marsh & Rodríguez, 2006, pág. 1).
- b. **Adsorber:** Es el proceso de “atraer y retener en la superficie de un cuerpo moléculas o iones de otro cuerpo” (RAE, 2019). Es abstraerse los elementos o moléculas sobre su superficie.
- c. **Adsorción:** Se entiende como, “acción y efecto de adsorber” (RAE, 2019).
- d. **Agitación:** Es el proceso de “movimiento de un líquido o una pulpa generado por acción neumática o mecánica, algunas veces acompañado por la introducción de aire comprimido” (Ministerio de Minas y Energía, 2003, pág. 6).
- e. **Carbón activado:** Es el carbón “con porosidad (espacio) encerrada por átomos de carbono (Marsh & Rodríguez, 2006, pág. 1). Es el carbón tratado que tiene propiedades adsorbentes.
- f. **Carbón:** Es “un grupo de carbonilo constituido de un átomo de carbono que está doblemente unido a un átomo de oxígeno, $C = O$ ” (West, 2008, pág. 31).
- g. **Concentración:** Es “la cantidad de sustancia disuelta por unidad de una solución. La concentración se mide de varias maneras. La cantidad de sustancia disuelta por unidad de volumen de la solución y la cantidad de sustancia por unidad de masa” (Daintith, 2008, pág. 138). La concentración esta expresado g/L, g/Kg, etc.
- h. **Desorción:** Consiste en “la eliminación de átomos, moléculas o iones adsorbidos de una superficie” (Daintith, 2008, pág. 170). La desorción consiste en pasa un flujo atreves del lecho, a una presión y temperatura superior a la temperatura ambiente.
- i. **Ley:** Es el parámetro que se expresa como el “contenido puro de metal en relación con el mineral trabajado, generalmente dado en porcentaje u onzas/tonelada” (Davila, 2011).

- j. **Optimizar:** Se puede definir “buscar mejores resultados, más eficacia o mayor eficiencia en el desempeño de alguna tarea” (Significados, 2014). Es perfeccionar con la modificación de algunos parámetros en el proceso.
- k. **Óxido:** Son “Compuestos binarios formados entre elementos y oxígeno. Los óxidos de no metales son compuestos covalentes que tienen moléculas simples” (West, 2008, pág. 393).
- l. **pH:** Es el “potencial de hidrógeno. Es un número que indica la concentración de hidrogeniones (iones hidrógeno) de una disolución” (Ministerio de Minas y Energía, 2003, págs. 123-124). la concentración del hidrogeno 7 neutro menor acida y mayor básica.
- m. **Planta.** Instalación industrial. Figura que forman sobre el terreno los cimientos de un edificio o la sección horizontal de las paredes en cada uno de los diferentes pisos.
- n. **Proceso:** Se puede definir como un “conjunto de acciones o actividades sistematizadas que se realizan o tienen lugar con un fin” (Bembibre, 2008). El proceso es una secuencia de actividades relacionado a la producción.
- o. **Regeneración:** Se entiende como, “el mecanismo por el cual se elimina las impurezas de la adsorción física en el carbón activado, siendo este un proceso reversible, a la adsorción” (Marsh & Rodríguez, 2006, pág. 463).

2.5. Formulación de Hipótesis.

2.5.1. Hipótesis General.

En la reactivación del carbón activado se tiene dos caminos importantes la activación física y química para nuestro caso lo realizaremos una activación química, por tener las condiciones a nivel industrial para ellos se tiene la respuesta a nuestro trabajo.

Realizando un tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción, se obtendrá un carbón activado regenerado para su posterior uso en la minera Laytaruma S.A.

2.5.2. Hipótesis Específicas.

Dentro de la activación en la caracterización de las condiciones de operación se tiene el tiempo y concentración del compuesto que permite eliminar las impurezas que se encuentran dentro de las porosidades del carbón activado y la respuesta será.

- Aplicando un tiempo prudencial en el tratamiento, se tendrá una extracción del carbonato de las porosidades del carbón activado obteniendo un carbón limpio.
- Empleando una concentración de HCl adecuado, se disolverá el carbonato de las porosidades del carbón activado eliminando la mayor cantidad de las impurezas.

2.6. Operacionalización de Variables.

En la operacionalización del estudio sobre el tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera Laytaruma S.A., se tendrá las siguientes variables como se describe en la tabla 1.

Tabla 1. Variables

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador
Independiente			
Tratamiento químico	Es el camino de eliminación de las sustancias que se encuentran atrapados en los micro y macro poros del carbón	Caracterización	- Tiempo - Concentración de HCl
Dependiente			
Regeneración del carbón activado	Es el resultado de la activación del carbón activado que tiene las propiedades de adsorber en su macro y microporosidad a los elementos, compuestos de los fluidos tanto del aire y del agua, que serán atrapados en sus poros.	Control	- Calidad. - Eliminación de impurezas.
Intervinientes			
		Preparación	- Granulometría. - Temperatura. - pH. - Agitación

Nota: Fuente Diseñado por el autor en función a los objetivos del trabajo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico.

3.1.1. Tipo de Investigación.

En el estudio sobre tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera Laytaruma S.A., el tipo de investigación es aplicada, en él se realizarán pruebas experimentales con la finalidad de buscar parámetros de tiempo y la concentración del HCl. Fundamentado en que “se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad” (Carrasco S. , 2005, pág. 43). Se busca en la parte experimental datos que posteriormente sean aplicados a al nivel de proceso.

3.1.2. Nivel de Investigación.

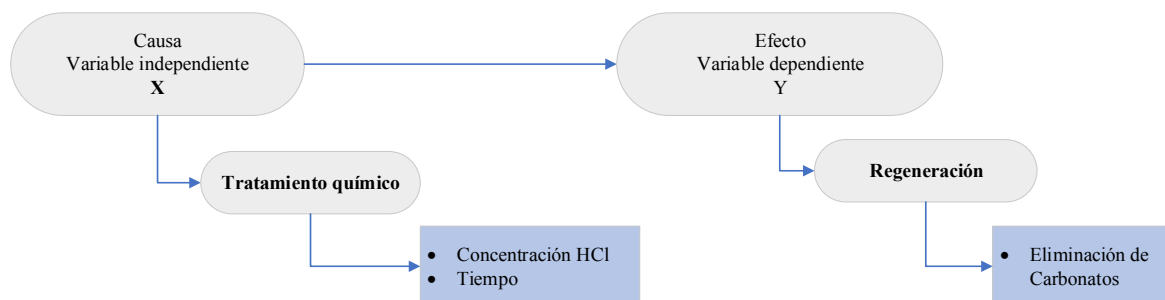
En la investigación respecto al tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera Laytaruma S.A., el nivel de la investigación es explicativo, ya se realizará a nivel laboratorio con la finalidad de buscar parámetros, el nivel de investigación experimental, “se aplicará (...) métodos y técnicas para mejorar y corregir la situación problemática, que da origen al estudio de investigación” (Carrasco S. , 2005, pág. 42).

3.1.3. Diseño de la Investigación.

En el trabajo sobre tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera Laytaruma S.A., se aplicará el diseño experimental, en este caso se someterá al tratamiento del carbón activado a una solución ácida, con la finalidad de eliminar las impurezas. Experimental cuando, la “situación de control en la cual se

manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos)” (Fernandez, 2014, pág. 130).

Figura 2 Esquema de experimento y variable



Nota: Fuente diseño propio en relación a figura 1.1 (Fernandez, 2014, p. 129).

3.1.4. Enfoque de la Investigación.

El enfoque es cuantitativo del estudio, referente a tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera Laytaruma S.A., En este estudio se cuantificará los datos de las variables de ingreso y las variables de salida.

El enfoque cuantificable, “manipula datos para probar hipótesis, con medición numérica y análisis estadístico, con la finalidad de establecer (..) comportamiento y probar teoría” (Fernandez, 2014, pág. 4).

3.2. Población y Muestra.

3.2.1. Población.

La población está conformada por el carbón activado de la desorción de la planta de la minera Laytaruma S.A., que tiene una capacidad de 2000 kg por campaña, el carbón de la desorción pasa al área de lavado y secado y su posterior tratamiento.

3.2.2. **Muestra.**

La muestra para el estudio se extraerá del área de secado del carbón activado de la desorción se realizará un muestreo estratificado del área de secado esto se almacenará en bolsas de plástico de muestras para luego, preparar la muestra por incremento hasta llegar a una muestra de 1 kg cada uno para las pruebas experimentales.

3.3. **Técnica de Recolección de Datos.**

3.3.1. **Técnicas.**

Las técnicas empleadas para el estudio es la observación, en el presente trabajo se someterá al tratamiento químico al carbón activado para la regeneración, fundamentándose que “la observación, (...), es un proceso riguroso que permite conocer, de forma directa, el objeto de estudio para luego describir y analizar situaciones sobre la realidad estudiada” (Bernal, 2010, p. 157). En el presente estudio se emplearán la observación directa, para ver cómo se procesó en el momento del desarrollo, la observación indirecta, para estudiar diferentes documentos y analizar el contenido de la información respecto la activación química del carbón activado y la observación experimental, permitirá conocer cómo se desenvuelve la parte experimental y la extracción de datos y su posterior procesamiento de datos.

3.3.2. **Instrumentos.**

El instrumento para la recolección de datos utilizará la ficha de observación para la anotación de las que suceden en el proceso de experimental, la lista de cotejo para anotar los datos de las variables dependientes a aplicar y los resultados de las variables dependientes, para el registro de los acontecimientos se utilizaran video cámara para las topas de fotos, grabaciones de video y audio del proceso experimental que se realizará.

3.4. **Técnica de Procesamiento de la Información.**

El procesamiento de la información obtenido del trabajo experimental de tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera Laytaruma S.A., se usará la estadística mediante el programa de cálculo como Excel, y Minitab 18. Procesamiento de información, “consiste en procesar los datos obtenidos de la población de estudio (..) y tiene como finalidad generar resultados, a partir de los cuales se realizará el análisis según los objetivos y las hipótesis de la investigación realizada” (Bernal, 2010, pág. 198). Los datos se procesan para luego obtener información, en tablas, registros, figuras y otros.

3.5. Matriz de Consistencia.

Tabla 2. Matriz de consistencia general

Título	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicadores
	P. Generales	O. General	H. General	V. Independiente	
“ TRATAMIENTO QUÍMICO DEL CARBÓN ACTIVADO PROVENIENTE DE LA DESORCIÓN PARA LA REGENERACIÓN EN LA MINERA LAYTARUMA S.A.”	¿Tendrá efecto el tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción, para la regeneración del carbón activado para su posterior uso en la minera Laytaruma S.A.?	Analizar el tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración y su posterior uso en la minera Laytaruma S.A.	Realizando un tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción, se obtendrá un carbón activado regenerado para su posterior uso en la minera Laytaruma S.A.	Tratamiento químico	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo - Concentración de HCl

Tabla 3. Matriz de consistencia específico

Titulo	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicad.
	Específicos	Específicos	H. Específicos	Depend.	
<p style="text-align: center;">“ TRATAMIENTO QUÍMICO DEL CARBÓN ACTIVADO PROVENIENTE DE LA DESORCIÓN PARA LA REGENERACIÓN EN LA MINERA LAYTARUMA S.A.”</p>	<p>¿En qué tiempo permitirá, la extracción del carbonato de las porosidades del carbón activado en la activación química?</p> <p>¿Tendrá efecto la concentración HCl en la disolución del carbonato de las porosidades del carbón activado?</p>	<p>Analizar en qué medida el tiempo permitirá, la extracción del carbonato de las porosidades del carbón activado en la activación química.</p> <p>Analizar el efecto de la concentración HCl en la disolución del carbonato de las porosidades del carbón activado.</p>	<p>Aplicando un tiempo prudencial en el tratamiento, se tendrá una extracción del carbonato de las porosidades del carbón activado obteniendo un carbón limpio.</p> <p>Empleando una concentración de HCl adecuado, se disolverá el carbonato de las porosidades del carbón activado eliminando la mayor cantidad de las impurezas.</p>	<p style="text-align: center;">Regeneración del carbón activado</p>	<p>- Calidad.</p> <p>- Eliminación de impurezas</p>

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Análisis de Resultados.

4.1.1. Condiciones de trabajo.

Para las pruebas de regeneración del carbón activado en las pruebas de laboratorio se realizaron con cinco concentraciones de solución extraente constituido de ácido clorhídrico con concentraciones de 0,25; 0,50; 1,00; 2,00; 4,00 molar(mol/L), con un análisis de la solución extraído con intervalo de 10 minutos.

Tabla 4
Condiciones de trabajo para el lavado del carbón para la regeneración química

Tiempo Minutos	Concentración de HCl M(Mol/L) - Carbonatos mg/L(CaCO ₃)				
	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00
0	X ₁	Y ₁	T ₁	Z ₁	J ₁
10	X ₂	Y ₂	T ₂	Z ₂	J ₂
20	X ₃	Y ₃	T ₃	Z ₃	J ₃
30	X ₄	Y ₄	T ₄	Z ₄	J ₄
40	X ₅	Y ₅	T ₁	Z ₅	J ₅
50	X ₆	Y ₆	T ₂	Z ₆	J ₆
60	X ₇	Y ₇	T ₃	Z ₇	J ₇
70	X ₈	Y ₈	T ₄	Z ₈	J ₈
80	X ₉	Y ₉	T ₁	Z ₉	J ₉
90	X ₁₀	Y ₁₀	T ₂	Z ₁₀	J ₁₀

De la tabla 4 se muestra que las pruebas a realizar fueron con 5 condiciones donde para cada uno se realizaran un lavado de los cuales cada 10 minutos se realizaran pruebas de extracción de los carbonatos en la solución.

Tabla 5
Condiciones y factor para el EDTA

MUESTRA: Agua de Caño		
Factor=	4,125	
Gasto EDTA=	1,30	mL
mL de muestra=	25,00	mL
CaCO₃=	214,50	mg/litro

MUESTRA: Agua recirculada		
Factor=	4,125	
Gasto EDTA=	8,60	mL
mL de muestra=	25,00	mL
CaCO₃=	1419,00	mg/litro

De la tabla 5 las condiciones del agua de caño y las aguas recirculadas tiene una concentración de carbonatos de 214,50 mg/L para agua de caño y 1419,00 mg/L para agua recirculada para y el factor calculado para el EDTA es de 4,125.

4.1.2. Resultados de las pruebas de laboratorio sobre reactivación del carbón activado.

De las 5 pruebas realizadas a nivel experimental la de mejores condiciones de trabajo fue el de la prueba con una concentración de ácido clorhídrico de 4,00 molar(mol/L), lo que tiene en la tabla 6 y los otros se detalla en anexo.

Tabla 6
Tratamiento químico de carbón activado con de HCl 4,0 M.

Tiempo (Min)	Concentración				Carbonatos (mg/L)	pH
	Gasto-ml		de CaCO ₃ (mg/L)			
	1	2	1	2		
0	2,20	2,20	7260	7260	7260	12,82
10	12,50	12,50	41250	41250	41250	0,32
20	13,50	13,50	44550	44550	44550	0,34
30	14,30	14,20	47190	46860	47025	0,39
40	14,50	14,50	47850	47850	47850	0,40
50	14,80	14,90	48840	49170	49005	0,41
60	14,90	14,80	49170	48840	49005	0,41
70	15,20	15,10	50160	49830	49995	0,45
80	15,50	15,40	51150	50820	50985	0,45
90	15,51	15,50	51183	51150	51167	0,46

De la tabla 6 de la prueba a una concentración de 4,00 molar(mol/L) se han realizado 9 análisis por duplicado, con intervalo de 10 minutos lo que se puede apreciar en la tabla las concentraciones y pH para cada tiempo.

Tabla 7

Concentración del carbonato extraído para cada prueba y pH

Tiempo(min)	HCl (mol/L)	pH		pH	CaCO ₃
		Min	Max		Solución (mg/L)
90	0,25	6,19	7,56	7,13	8415
90	0,50	4,42	7,55	7,55	10086
90	1,00	1,68	4,24	4,24	28545
90	2,00	0,79	1,25	1,14	46118
90	4,00	0,32	0,46	0,46	51167

De la tabla 7 para cada concentración en un espacio de 90 minutos, para una concentración de 0,25 M a un pH de 7,13 se tiene una concentración 8415 mg/L, 0,50 M a un pH de 7,55 se tiene una concentración 10086 mg/L, 1,00 M a un pH de 4,24 se tiene una concentración 28545mg/L, 2,00 M a un pH de 1,14 se tiene una concentración 46118 mg/L, 4,00 M a un pH de 0,46 se tiene una concentración 51167 mg/L.

4.1.3. Procesamiento de los Resultados.

Tabla 8

Extracción del carbonato de calcio en función del tiempo y pH

Tiempo (Min)	Gasto-ml		Concentración de CaCO ₃ (mg/L)		Carbonatos (mg/L)	pH	CaCO ₃ (mg/L)		CaCO ₃ Porcentaje(%)	
	1	2	1	2			Solución	Carbón	% en Carbón	% Extracción
0	2,20	2,20	7260	7260	7260	12,82	7260	43923	85,82	14,18
10	12,50	12,50	41250	41250	41250	0,32	41250	9933	19,41	80,59
20	13,50	13,50	44550	44550	44550	0,34	44550	6633	12,96	87,04
30	14,30	14,20	47190	46860	47025	0,39	47025	4158	8,12	91,88
40	14,50	14,50	47850	47850	47850	0,40	47850	3333	6,51	93,49
50	14,80	14,90	48840	49170	49005	0,41	49005	2178	4,26	95,74
60	14,90	14,80	49170	48840	49005	0,41	49005	2178	4,26	95,74
70	15,20	15,10	50160	49830	49995	0,45	49995	1188	2,32	97,68
80	15,50	15,40	51150	50820	50985	0,45	50985	198	0,39	99,61
90	15,51	15,50	51183	51150	51167	0,46	51167	17	0,03	99,97

De la tabla 8 la extracción del carbonato a una concentración de la solución extraente de 4 M(mol/L) y pH se un tiempo de 80 minutos se extrae 50985 mg/L a un pH de 0,45 quedando en el carbón de 198 mg/L a un porcentaje de extracción de 99,91% quedando en el carbón del orden del 0,39%. Mientras que a 90 minutos se tiene un pH de 0,46 con una concentración de 51167 mg/L quedando en el carbón del orden del 17 mg/L que representa el 99,97% de extracción quedando en el carbón del orden de 0,03%.

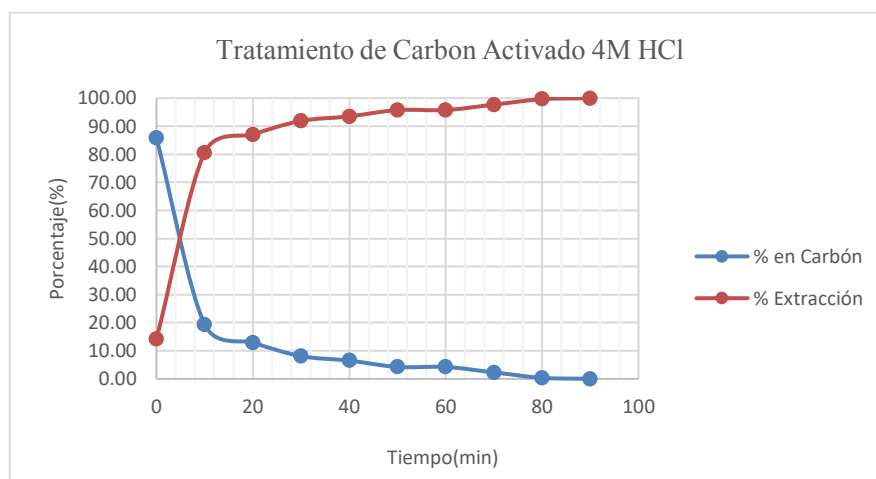


Figura 3 Curva de Trump para la extracción de extracción del carbonato en la regeneración del carbón activado.

De la figura 3 de la curva de extracción y retención del carbonato en el carbón activado el punto de corte del 50% de extracción ocurre en es un espacio de 5,39 minutos mientras que el 80% está en 9,08 minutos.

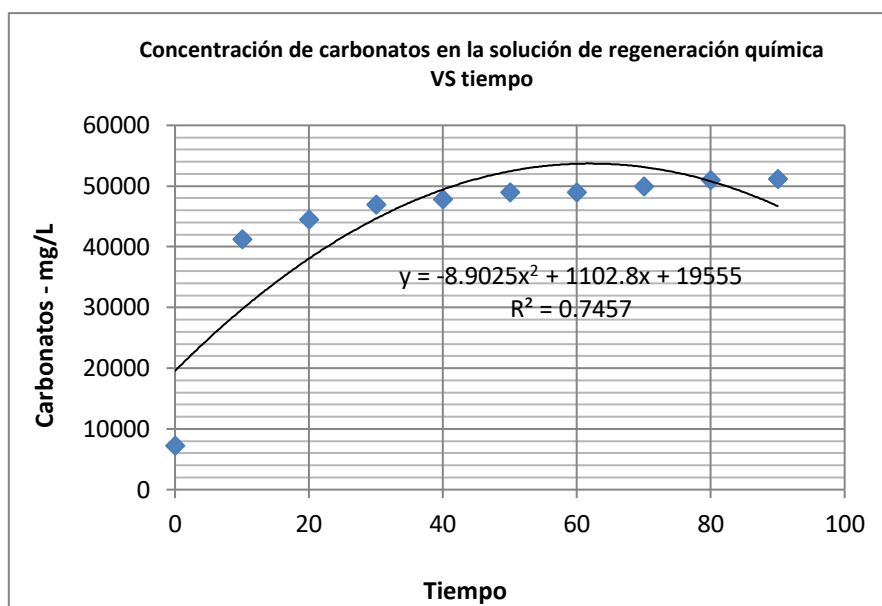


Figura 4 Curva de extracción de carbonato de la regeneración del carbón activado por proceso químico.

De la figura 4 la extracción del carbonato de calcio está en relación de la ecuación (CaCO_3 mg/L) = $-8,9025(\text{minutos})^2 + 1102,8(\text{minutos}) + 19555$, con coeficiente correlación al cuadro de $R^2 = 0,7457$ ($r=0,8635$).

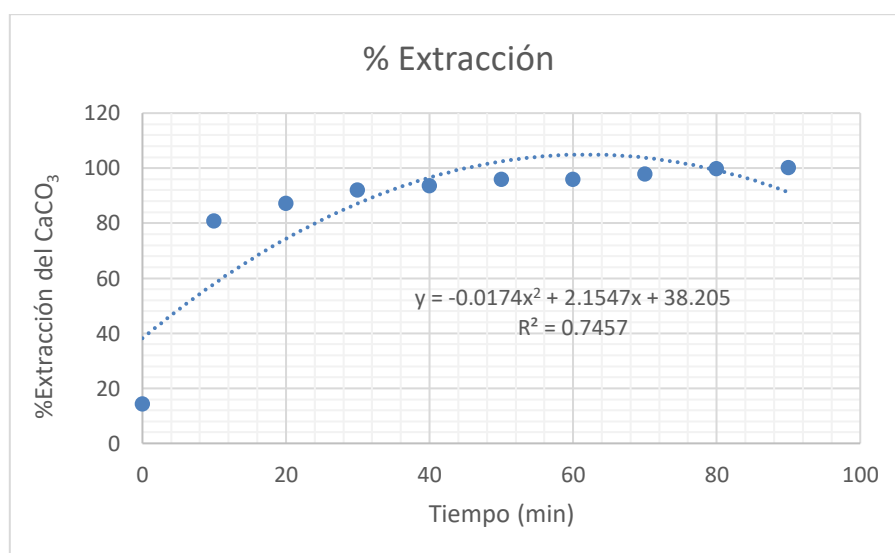


Figura 5 Curva de extracción de carbonato de la regeneración del carbón activado por proceso químico

De la figura 5 el porcentaje de extracción del carbonato de calcio está en relación de la ecuación $(\%CaCO_3) = -0,0174(\text{minutos})^2 + 2,1547(\text{minutos}) + 38,205$, con coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0,7457(r=0,8635)$.

Tabla 9
Proyección de extracción de carbonato de calcio (mg/L y % extracción)

Tiempo (Minutos)	Carbonatos (mg/L)	%Extracción	% En Carbón
0,00	19555,00	38,21	61,80
4,50	24337,32	47,55	52,45
9,00	28759,10	56,19	43,81
13,50	32820,32	64,12	35,88
18,00	36520,99	71,35	28,65
22,50	39861,11	77,88	22,12
27,00	42840,68	83,70	16,30
31,50	45459,69	88,81	11,19
36,00	47718,16	93,22	6,78
40,50	49616,07	96,93	3,07
45,00	51153,44	99,93	0,07
49,50	52330,25	102,23	-2,23
54,00	53146,51	103,82	-3,82
58,50	53602,22	104,71	-4,71

De acuerdo a la tabla 9 la máxima extracción de carbonato de calcio del carbón activado en la reactivación se tiene en un tiempo de 45 minutos con una extracción del orden de 51153,44 mg/L con el 99,93% y quedando en el carbón activado del 0,07%. El 50% de extracción está en un tiempo de 5,8 minutos y el 80% es un tiempo del 24,1 minutos.

Tabla 10
Extracción del carbonato en función a la concentración del HCl M(mol/L)

Tiempo (min)	HCl (mol/L)	pH		pH	CaCO ₃ (mg/L)		CaCO ₃ (%)	
		Min	Max		Solución	Carbón	Solución	Carbón (%)
90	0,25	6,19	7,56	7,13	8415	42768	16,44	83,56
90	0,50	4,42	7,55	7,55	10086	41097	19,71	80,29
90	1,00	1,68	4,24	4,24	28545	22638	55,77	44,23
90	2,00	0,79	1,25	1,14	46118	5066	90,10	9,90
90	4,00	0,32	0,46	0,46	51167	17	99,97	0,03

De la tabla 10 la concentración de HCl que tiene mayor efecto es la concentración 2,00 M, en un tiempo de 90 minutos extrae 46118 mg/L de carbonato de calcio quedando 5066 mg/L, con un 90,10% de extracción y quedando alrededor del 9,90%, mientras que, para una concentración de 4,00 M, se extrae 51167 mg/L, representa el 99,97% en la extracción y el 0,03% quedándose en el carbón activado.

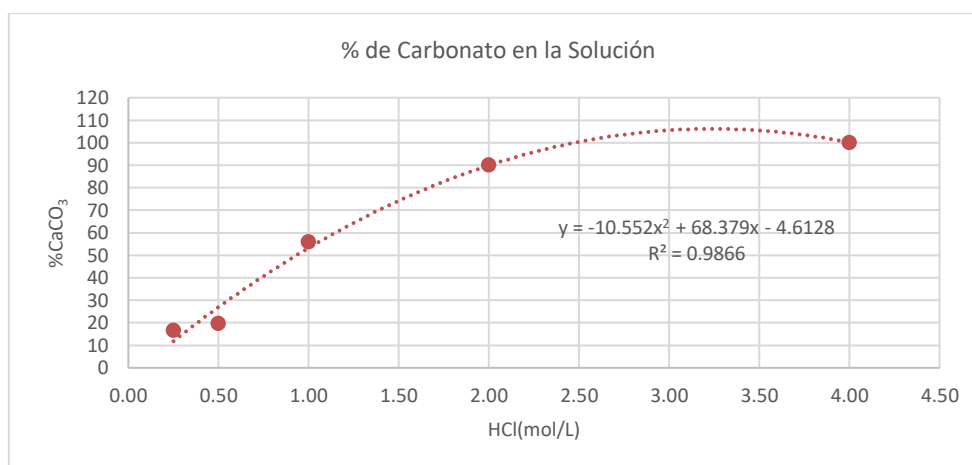


Figura 6 Curva de extracción del carbonato de calcio en relación de la concentración del HCl

De la figura 6 la ecuación para la extracción del carbonato desde el carbón activado para su activación esta representado por la ecuación. $(\%CaCO_3) = -10,552(HCl \text{ mol/L})^2 + 68,379(HCl \text{ mol/L}) - 4,6128$, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0,9866(r=0,9933)$.

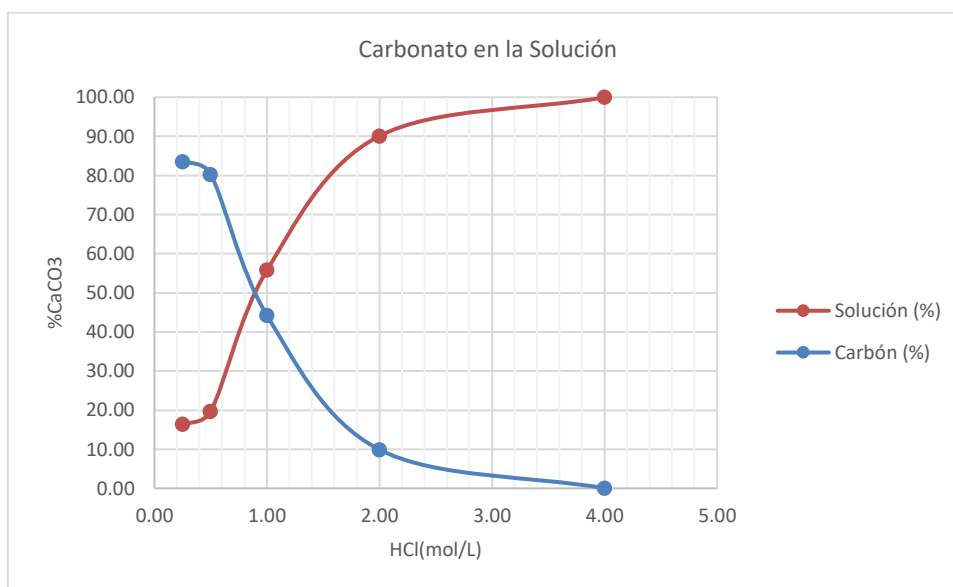


Figura 7 Curva de trum para el porcentaje de extracción del carbonato y concentración del HCl

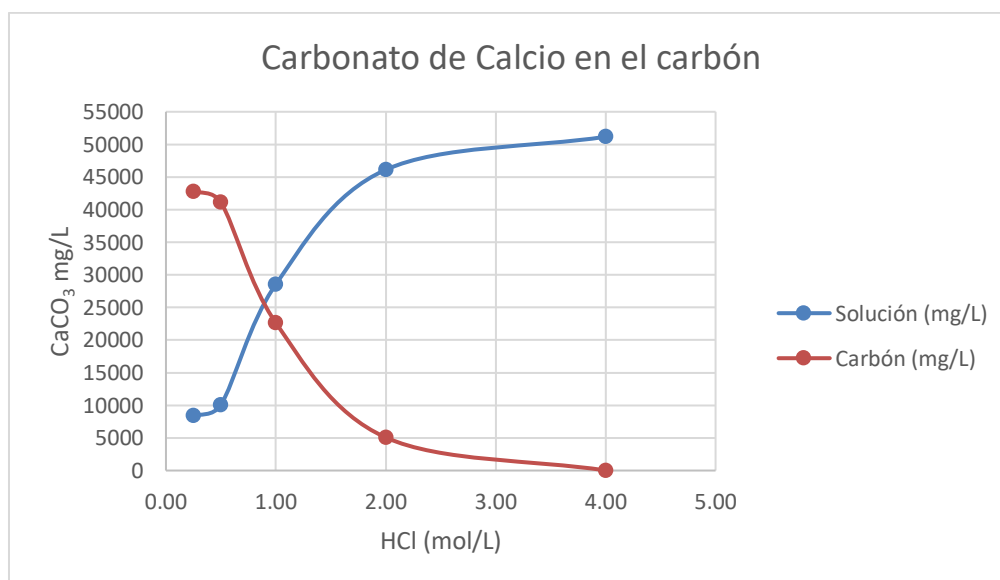


Figura 8 Curva de trum para la extracción del carbonato y concentración del HCl

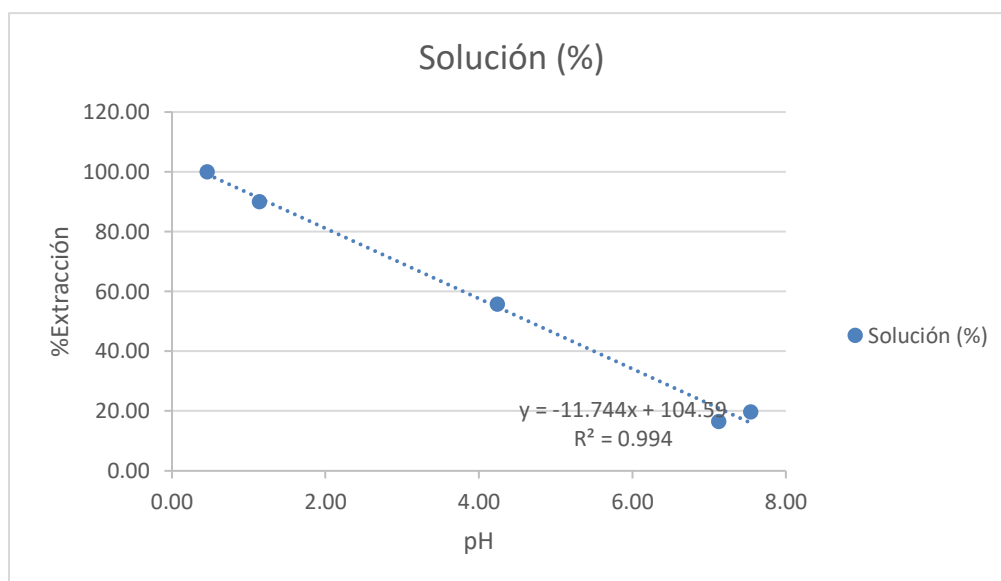


Figura 9 Curva de extracción del carbonato en función de la concentración del HCl

De la figura 9 la relación matemática que representa el porcentaje de extracción del carbonato de calcio, en relación al pH está representado por $(\%CaCO_3) = -11,744(pH) + 104,59$; para un coeficiente de correlación de $R^2 = 0,994(r=0,999)$.

4.2. Contrastación de Hipótesis.

4.2.1. Contrastación de Hipótesis General.

H1: Realizando un tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción, se obtendrá un carbón activado regenerado para su posterior uso en la minera Laytaruma S.A.

H0: Realizando un tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción, no se obtendrá un carbón activado regenerado para su posterior uso en la minera Laytaruma S.A.

a) Análisis de regresión: Carbón (mg/L) vs. pH; HCl (mol/L)

Tabla 11

Coefficientes de Carbón (mg/L) vs. pH; HCl (mol/L)

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	933	4807	0,19	0,864	
pH	5577	672	8,30	0,014	5,17
HCl (mol/L)	-1002	1395	-0,72	0,547	5,17

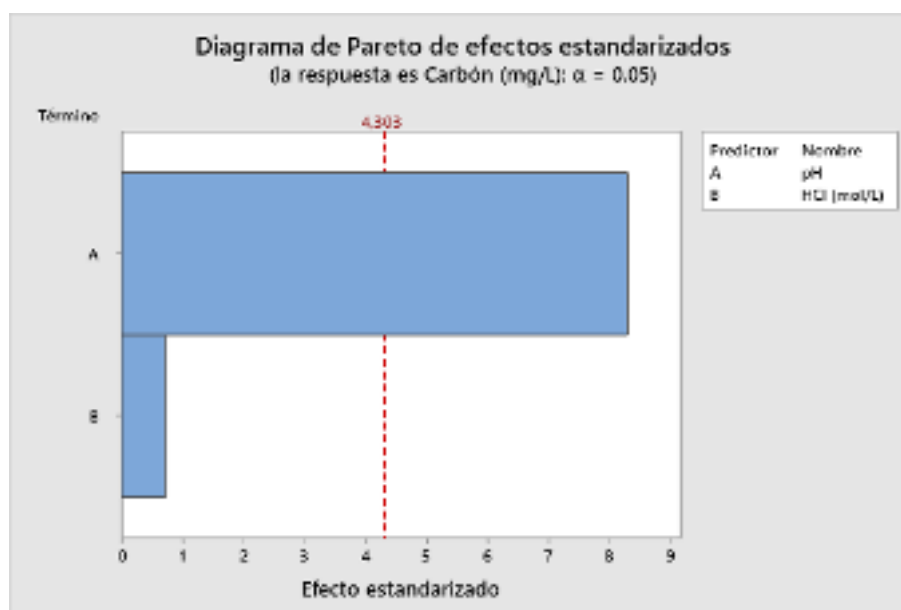


Figura 10 Diagrama de Pareto para extracción de carbonato de calcio en el Carbón (mg/L) vs. pH; HCl (mol/L)

De la tabla 11 y de la figura 10 estadísticamente para una confiabilidad del 95% tiene efecto el pH en la extracción del carbonato de calcio(mg/L) del carbón activado en la regeneración química de carbón activado ya que el valor p calculado es de 0,014 menor, respecto al valor de 0,05; Para el HCl(mol/L) no tiene efecto ya que el valor es de 0,547. Mientras que en el diagrama de Pareto la barra A del pH es superior a la línea de referencia de 4,303. Indica que tiene un efecto en el proceso, pero para la barra B está por debajo de la línea de referencia de 4,303 indica no tiene efecto en el proceso.

b) Análisis de regresión: Solución (%) vs. pH; HCl (mol/L)

Tabla 12

Coefficientes en Solución (%) vs. pH; HCl (mol/L)

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	98,18	9,39	10,45	0,009	
pH	-10,90	1,31	-8,30	0,014	5,17
HCl (mol/L)	1,96	2,73	0,72	0,547	5,17

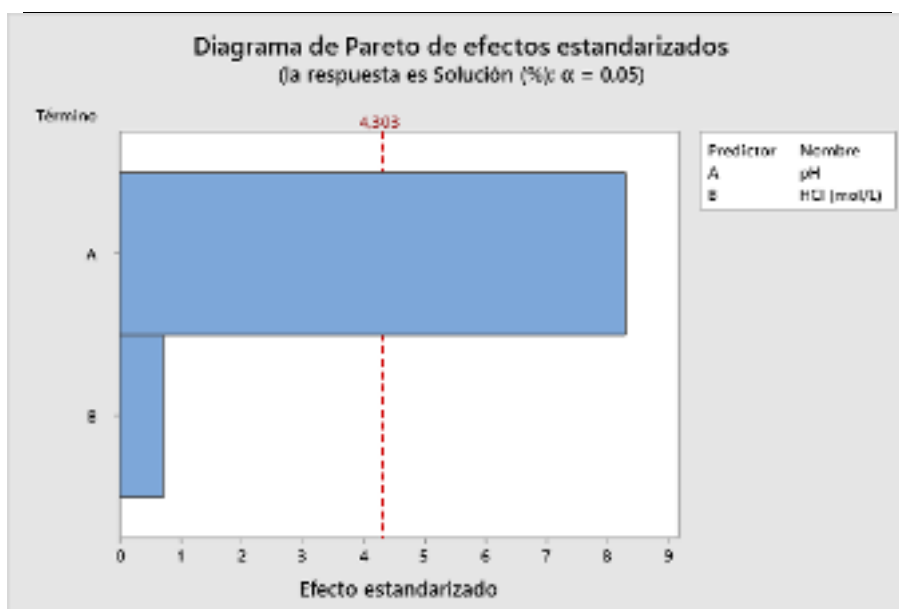


Figura 11 Diagrama de Pareto para extracción de carbonato de calcio en la Solución (%) vs. pH; HCl (mol/L).

De la tabla 12 y de la figura 11 estadísticamente para una confiabilidad del 95% tiene efecto el pH en el porcentaje de extracción del carbonato de calcio(mg/L) del carbón activado en la regeneración química de carbón activado ya que el valor p calculado es de 0,014 menor, respecto al valor de 0,05; Para el HCl(mol/L) no tiene efecto ya que el valor es de 0,547. Mientras que en el diagrama de Pareto la barra A del pH es superior a la línea de referencia de 4,303. Indica que tiene un efecto en el proceso, pero para la barra B para el HCl está por debajo de la línea de referencia de 4,303 indica no tiene efecto en el proceso.

c) Análisis de regresión: Carbonatos (mg/L) vs. Tiempo (Min); pH

Tabla 13

Coefficientes de Carbonatos (mg/L) vs. Tiempo (Min); pH

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	43258	933	46,35	0,000	
Tiempo (Min)	114,8	16,1	7,15	0,000	1,36
pH	-2807	124	-22,68	0,000	1,36

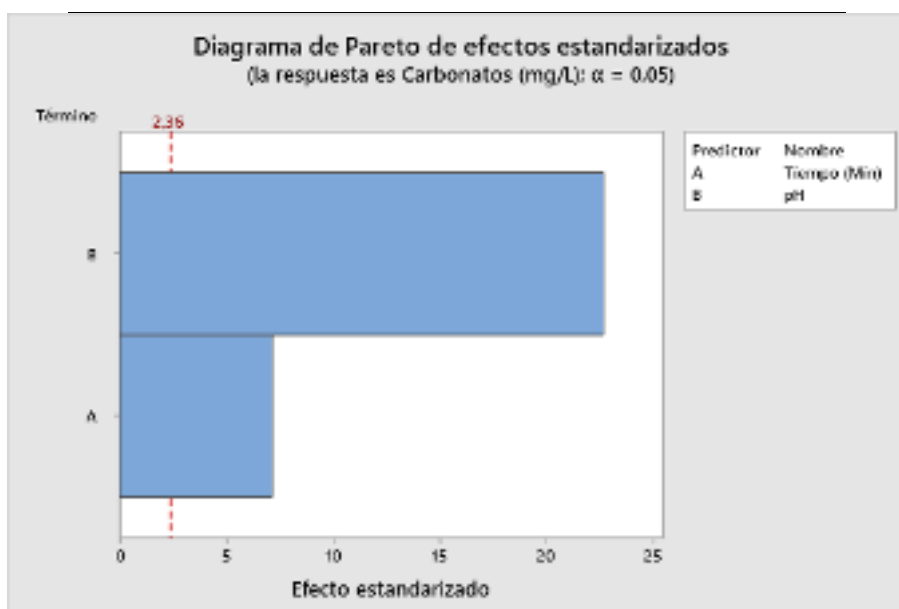


Figura 12 Diagrama de Pareto para extracción de carbonato de calcio en la Carbonatos (mg/L) vs. Tiempo (Min); pH

De la tabla 13 y de la figura 12 estadísticamente para una confiabilidad del 95% tiene efecto el tiempo(minuto) y el pH en la extracción del carbonato de calcio(mg/L) del carbón activado en la regeneración química de carbón activado ya que el valor p calculado es de 0,000 menor, respecto al valor de 0,05; para tiempo(minuto) y el pH. Mientras que en el diagrama de Pareto la barra A del tiempo(minuto) es superior a la línea de referencia de 2,36 y la barra B para el pH es superior de la línea de referencia de 2,36 en menor porcentaje indica también que tiene efecto en el proceso.

a) Análisis de regresión: % Extracción vs. Tiempo (Min); pH

Tabla 14

Coeficientes % Extracción vs. Tiempo (Min); pH

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	84,52	1,82	46,35	0,000	
Tiempo (Min)	0,2243	0,0314	7,15	0,000	1,36
pH	-5,485	0,242	-22,68	0,000	1,36

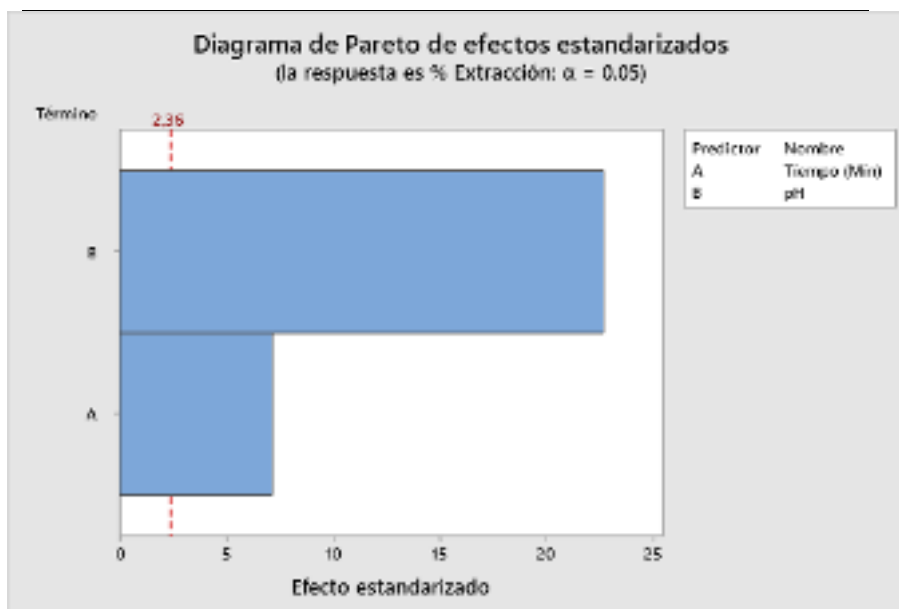


Figura 13 Diagrama de Pareto para extracción de carbonato de calcio en la % Extracción vs. Tiempo (Min); pH.

De la tabla 14 y de la figura 13 estadísticamente para una confiabilidad del 95% tiene efecto el tiempo(minuto) y el pH en el porcentaje de extracción del carbonato de

calcio(mg/L) del carbón activado en la regeneración química de carbón activado ya que el valor p calculado es de 0,000 menor, respecto al valor de 0,05; para tiempo(minuto) y el pH. Mientras que en el diagrama de Pareto la barra A del tiempo(minuto) es superior a la línea de referencia de 2,36 y la barra B para el pH es superior de la línea de referencia de 2,36 en menor porcentaje indica también que tiene efecto en el proceso.

En función del dos anteriores análisis predetermina la hipótesis alternativa respecto a tiempo y pH, mientras que para la concentración del HCl tiene preferencias la hipótesis nula.

4.2.2. Contrastación de Hipótesis Específico.

A. H1: Aplicando un tiempo prudencial en el tratamiento, se tendrá una extracción del carbonato de las porosidades del carbón activado obteniendo un carbón limpio.

H0: Aplicando un tiempo prudencial en el tratamiento, No se tendrá una extracción del carbonato de las porosidades del carbón activado obteniendo un carbón limpio.

a) Análisis de regresión: Carbonatos (mg/L) vs. Tiempo (Min)

Tabla 15

Coefficientes Carbonatos (mg/L) vs. Tiempo (Min)

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	30238	5940	5,09	0,001	
Tiempo (Min)	302	111	2,71	0,027	1,00

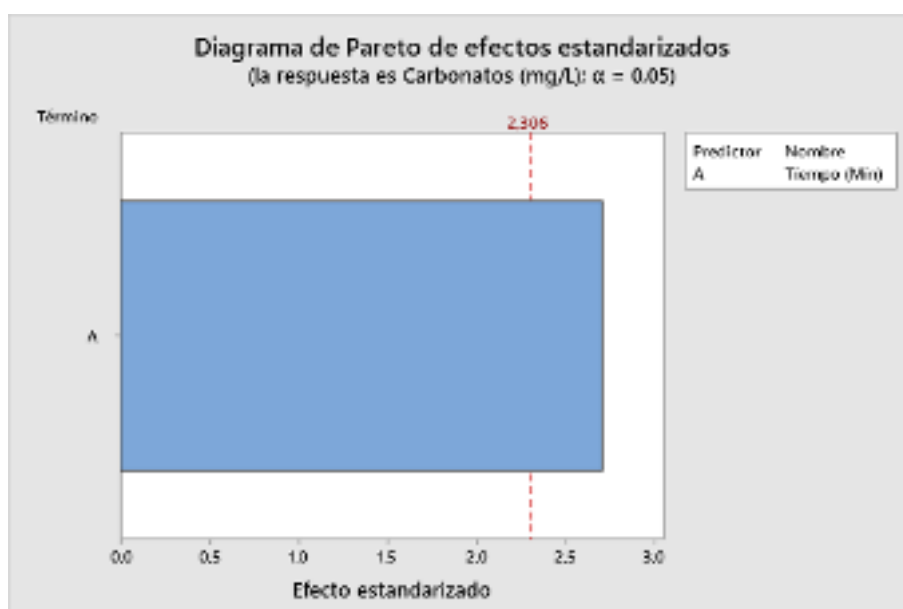


Figura 14 Diagrama de Pareto para extracción de carbonato de calcio en la Carbonatos (mg/L) vs. Tiempo (Min).

De la tabla 15 y de la figura 14 estadísticamente para una confiabilidad del 95% tiene efecto el tiempo en la extracción del carbonato de calcio(mg/L) del carbón activado en la regeneración química de carbón activado ya que el valor p calculado es de 0,027 menor, respecto al valor de 0,05. Mientras que en el diagrama de Pareto la barra A del tiempo (minuto) es superior a la línea de referencia de 2,306. Indica que tiene un efecto en el proceso.

a) Análisis de regresión: % Extracción vs. Tiempo (Min)

Tabla 16

Coefficientes % Extracción vs. Tiempo (Min)

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	59,1	11,6	5,09	0,001	
Tiempo (Min)	0,589	0,217	2,71	0,027	1,00

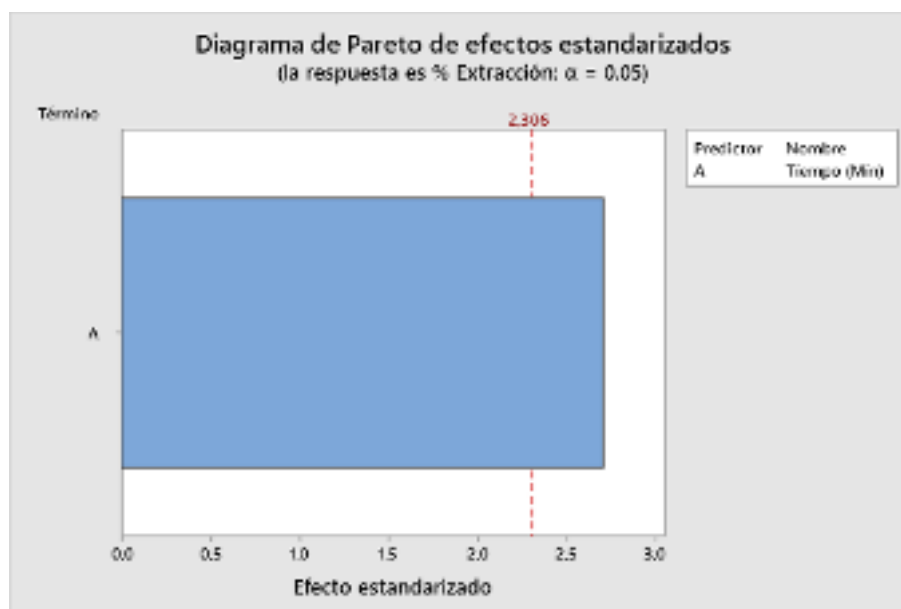


Figura 15 Diagrama de Pareto para extracción de carbonato de calcio en la % Extracción vs. Tiempo (Min)

De la tabla 16 y de la figura 15 estadísticamente para una confiabilidad del 95% tiene efecto el tiempo(minutos) en el porcentaje de extracción del carbonato de

calcio(mg/L) del carbón activado en la regeneración química de carbón activado ya que el valor p calculado es de 0,027 menor, respecto al valor de 0,05. Mientras que en el diagrama de Pareto la barra A del tiempo (minuto) es superior a la línea de referencia de 2,306. Indica que tiene un efecto en el proceso.

En virtud a dos anteriores análisis predetermina la hipótesis alternativa y se descarta la hipótesis nula.

B. Empleando una concentración de HCl adecuado, se disolverá el carbonato de las porosidades del carbón activado eliminando la mayor cantidad de las impurezas. Empleando una concentración de HCl adecuado, No se disolverá el carbonato de las porosidades del carbón activado eliminando la mayor cantidad de las impurezas.

a) Análisis de regresión: Solución (mg/L) vs. HCl (mol/L)

Tabla 17

Coefficientes Solución (mg/L) vs. HCl (mol/L)

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	11767	6144	1,92	0,151	
HCl (mol/L)	11399	2981	3,82	0,031	1,00

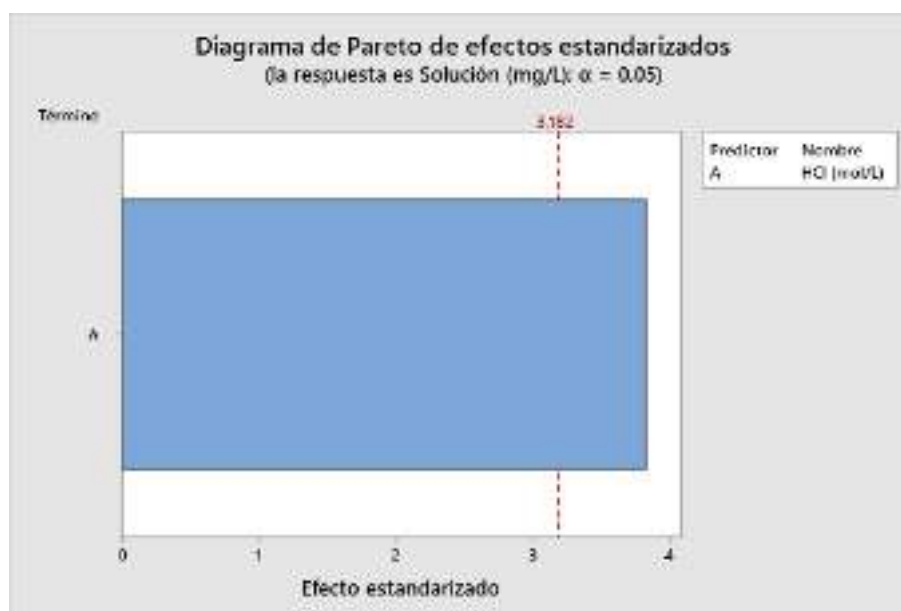


Figura 16 Diagrama de Pareto para extracción de carbonato de calcio en la Solución (mg/L) vs. HCl (mol/L)

De la tabla 17 y de la figura 16 estadísticamente para una confiabilidad del 95% tiene efecto la concentración del ácido clorhídrico en la extracción del carbonato de calcio del carbón activado en la regeneración química de carbón activado ya que el valor p calculado es de 0,035 menor, respecto al valor de 0,05. Mientras que en el diagrama de Pareto la barra A de la concentración del ácido es superior a la línea de referencia de 3,182. Indica que tiene un efecto en el proceso.

b) Análisis de regresión: Solución (%) vs. HCl (mol/L)

Tabla 18

Coeficientes regresión: Solución (%) vs. HCl (mol/L)

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	23,0	12,0	1,92	0,151	
HCl (mol/L)	22,27	5,82	3,82	0,031	1,00

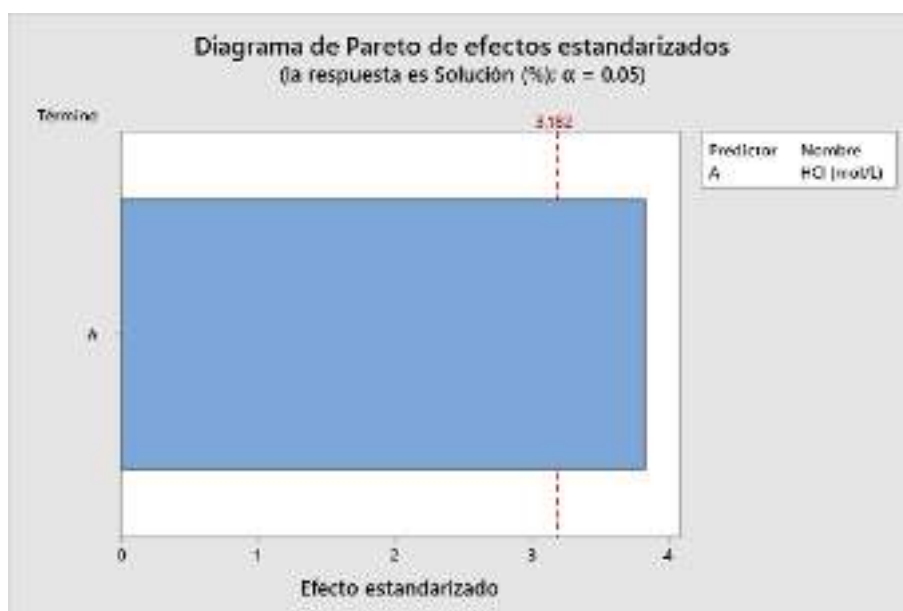


Figura 17 Diagrama de Pareto para extracción de carbonato de calcio en la Solución (%) vs. HCl (mol/L)

De la tabla 18 y de la figura 17 estadísticamente para una confiabilidad del 95% tiene efecto la concentración del ácido clorhídrico en el porcentaje de extracción del carbonato de calcio del carbón activado en la regeneración química de carbón activado ya que el valor p calculado es de 0,035 menor, respecto al valor de 0,05. Mientras que en el diagrama de Pareto la barra A de la concentración del ácido es superior a la línea de referencia de 3,182. Indica que tiene un efecto en el proceso.

En función del dos anteriores análisis predetermina la hipótesis alternativa y se descarta la hipótesis nula.

CAPITULO V

DISCUSIONES

5.1. Discusiones de Resultados.

En el trabajo respecto al “tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera LAYTARUMA S.A”, se realizaron 5 pruebas cada uno con 10 evaluaciones para la eliminación de los carbonatos de calcio con el ácido clorhídrico para la regeneración del carbón activado para ello se contó con una concentración de 0,25 M; 0,50M; 1,00M; 2,00M y 4,00M. con un tiempo de 10 minutos para la evaluación teniendo un total de nueve evaluaciones para un espacio de 90 minutos.

La extracción en relación a la concentración del HCl para un tiempo de 90 minutos se tiene: para 0,25 M a un pH de 7,13 se tiene una extracción de 8715 mg/L (16,44%) quedando en el carbón de 42768 mg/L (83,56%). Para una concentración de 0,50 M pH de 7,55 de 10086 mg/L (19,71%), quedando 41097 mg/L (80,29%). Mientras que para una concentración de 1,00 M se tiene 28545 mg/L (55,77%), quedando 22638 mg/L (44,23%). En una concentración de 2,00 M se tiene 46118 mg/L (90,10%), quedando 5066 mg/L (9,90%) y para una concentración del 4,00M se tiene 51167 mg/L (99,97%), quedando 17 mg/L(0,03%) en el carbón activado. Quedando una relación de extracción de $(\%CaCO_3) = -10,552(HCl \text{ mol/L})^2 + 68,379(HCl \text{ mol/L}) - 4,6128$, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0,9866(r=0,9933)$. Para el pH de $(\%CaCO_3) = -11,744(pH) + 104,59$; para un coeficiente de correlación de $R^2 = 0,994(r=0,999)$.

La extracción del carbonato de calcio en relación al tiempo para una concentración del HCl de 4,00M está representado por la ecuación $(CaCO_3 \text{ mg/L}) = -8,9025(\text{minutos})^2 + 1102,8(\text{minutos}) + 19555$, con coeficiente correlación al cuadro de $R^2 = 0,7457(r=0,8635)$. Mientras que el porcentaje de extracción esta con la ecuación de $(\%CaCO_3) = -0,0174(\text{minutos})^2 + 2,1547(\text{minutos}) + 38,205$, con coeficiente correlación al cuadro de R^2

= 0,7457($r=0,8635$). En función a las ecuaciones el tiempo máximo de extracción esta en 45 minutos con una extracción de 51153,44 mg/L con un 99,93% quedando en el carbón activado del orden del 0,07%.

En relación del “tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción, se obtendrá un carbón activado regenerado para su posterior uso en la minera Laytaruma S.A.”, en función del Carbón (mg/L) vs. pH; HCl (mol/L), tiene efecto el pH y la concentración no tiene efecto. En relación de la Solución (%) vs. pH; HCl (mol/L) solo tiene efecto el pH y no la concentración del HCl. En relación del Carbonatos (mg/L) vs. Tiempo (Min); pH y % Extracción vs. Tiempo (Min); pH tiene efecto el tiempo y el pH.

Aplicando un tiempo prudencial en el tratamiento, se tendrá una extracción del carbonato de las porosidades del carbón activado obteniendo un carbón limpio. En relación del Carbonatos (mg/L) vs. Tiempo (Min) y % Extracción vs. Tiempo (Min) el tiempo tiene efecto el tiempo en el proceso.

Por otra parte, en relación al empleando una concentración de HCl adecuado, se disolverá el carbonato de las porosidades del carbón activado eliminando la mayor cantidad de las impurezas, la presencia del carbonato en la Solución (mg/L) vs. HCl (mol/L) y Solución (%) vs. HCl (mol/L), tiene efecto en el proceso.

Por otra parte para Mokhlesur y otros (2014) “el carbón activado comercial y producido fueron efectivos para promover la eliminación por adsorción de paraquat y solución NaCl (0.9%) es el solvente más efectivo”. Mientras que para, Lapo (2014) él “ácido clorhídrico al 5% en 3 horas de agitación se obtener un carbón activado limpieza” (p.52). mientras que para Carrasco & Londa (2018) la “activación de carbón activado es con 40% de ácido fosfórico, presentó mejores propiedades fisicoquímicas” (p.118). mientras que Martín (2019) que un “carbón activado con un rendimiento del 60% (...) se obtiene con operación de 400°C con una (..) ácido fosfórico del 80% y en (...) 240 minutos” (p.21).

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

En el siguiente trabajo realizado sobre el “tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera LAYTARUMA S.A” se llegaron a las siguientes conclusiones.

Para una concentración del HCl de 4,00 molar se tiene una extracción del carbonato de calcio del carbón activado de 51167 mg/L que representa el 99,97% en un tiempo de 90 minutos mientras que, para una concentración de 2, 00 molar se tiene 46118 mg/L del orden del 90,10% para un tiempo de 90 minutos.

En relación del tiempo para una concentración del 4,00 molar en 80 minutos se tiene 99,61% y para 90 minutos del orden del 99,97%. Mientras que para una proyección en función de los datos obtenidos se tiene la máxima extracción en un tiempo de 45 minutos de 51153,44 mg/L que es el 99,93%.

En relación del pH y concentración del HCl tanto en la concentración y el porcentaje de extracción, el pH tiene efecto estadísticamente para una confiabilidad del 95% ya que p calculada es 0,014 es menor a comparación del 0,05; mientras que la concentración del HCl (mol/L) es de orden de 0,547 que es mayor a 0,05 por lo que no tiene efecto en el proceso. Mientras que el tiempo y el pH en la concentración de extracción y el porcentaje de extracción si tiene significancia estadísticamente para una confiabilidad del 95% el valor p calculado para tiempo(min) y pH tiende a 0,000 es menor a 0,05.

Referente al tiempo en minutos respecto a la concentración de extracción y el porcentaje de extracción es estadísticamente es significativa ya que el p calculado para el tiempo es de 0,027 menor a 0,05.

La concentración del ácido clorhídrico (mol/L) en relación de la concentración del carbonato de calcio es estadísticamente significativa ya que el valor p calculada es 0,031 que es menor a 0,05.

6.2. Recomendaciones.

Referente a las recomendaciones en función al trabajo realizado sobre, “tratamiento químico del carbón activado proveniente de la desorción para la regeneración en la minera LAYTARUMA S.A” se recomienda:

Realizar después del tratamiento de reactivación química, la activación térmica para la activación de las micro porosidades del carbón activado.

El carbón activado debe pasar a la siguiente fase a pruebas de absorción de oro, para ver la efectividad del carbón.

Seleccionar el carbón activado en un tamaño adecuado de acuerdo los estándares para un mejor aprovechamiento del carbón ya que los finos tienden a perderse.

CAPÍTULO V

FUENTES DE INFORMACION

5.1. Fuentes Bibliográficas

Arrau, J. (2006). *Manual general de minería y metalurgia*. Santiago: Servicios de Impresión Laser S.A.

Bembibre, V. (2008). *General*. Obtenido de Definición ABC:
<https://www.definicionabc.com/general/proceso.php>

Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Chía: Pearson.

Carrasco, B., & Londa, E. (2018). Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco “Cocos Nucífera L”. *Ingeniero Químico*. Universidad de Cuenca, Cuenca.
 Obtenido de
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31705/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

Carrasco, S. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San marcos.

Daintith, J. (2008). *A Dictionary of Chemistry*. New York: Oxford University Press.

Davila, J. (2011). *Diccionario Geológico*. Lima: Arth Grouting SAC.

Esteban, M., & Domic, M. (2001). *Hidrometalurgia Fundamentos Procesos y Aplicaciones*. Santiago.

Fernandez, C. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F: Mc Gram Hill .

Guevara, M. (2019). Carbón Activado a Partir de la Pulpa de la Cereza de Café Mediante Activación Química. *Ingeniero en Industrias Alimentarias*. Universidad Nacional de Jaen, Jaen. Obtenido de
http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/208/Guevara_BM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Kumar, C. (2003). *Chemical Metallurgy*. Mumbai: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

- Lapo, J. (2014). Reactivación química del carbón activado del tipo calgon americano 6×12 utilizado en la sociedad minera “PROMINE” para el proceso de adsorción de metales preciosos. *Ingeniero Químico*. Universidad Técnica de Machala, Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2175/1/CD00239-TEISIS.pdf>
- Lazo, R. (2015). *Operaciones y procesos para la producción de carbón activado a partir de la cáscara de coco*. Callao: Universidad del Callao. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/1043/246.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Marín, J. (2019). Obtención de carbón activado a partir de la cascara de naranja por método de activación química para la adsorción de cloro y materia orgánica del agua, en la provincia de Jaén. *Ingeniero Ambiental*. Universidad de Lambayeque, Chiclayo. Obtenido de <http://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/242>
- Marsh, H., & Rodríguez, F. (2006). *Activated Carbon*. Alicante: Elsevier Science & Technology Books.
- Ministerio de Minas y Energía. (2003). *Glosarios Técnico Minero*. Bogotá: República de Colombia. Obtenido de <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero.pdf>
- Misari, F. (2010). *Metalurgia del oro*. Lima: San Marcos.
- Mokhlesur, R., Mohamed, A., Mohosina, B., Kamaruzzaman, Y., Fuad, M., & Rezaul, K. (2014). Preparation of Activated Carbon by Chemical Activation and Its In Vitro Adsorption Efficacy Tests for Paraquat. *ResearchGate*, 240.
- RAE. (2019). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/adsorber?m=form>

- San Jorge, J. (2015). Informe Técnico Empresa Minera Laytaruma S.A. *Ingeniería Química*. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/150/B2-M-18249.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sekirifa, M., Cherraye, R., Hadj, M., Chenine, B. L., & Dujailib, H. (2014). Chemical Activation of an Activated Carbon Prepared from Coffee Residue. *Elsavir*, 399.
- Significados. (2014). *Significado de optimizar*. Obtenido de Significados: <https://www.significados.com/optimizar/>
- Strand, G. (2001). *Activated carbon for purification of alcohol*. Obtenido de EPDF: <https://epdf.pub/activated-carbon-for-distilling-purposes-handbook.html>
- West, K. (2008). *Carbon Chemistry*. New York: An imprint of Infobase Publishing.
- Zela, J. (2018). Obtención de carbón activado a partir de residuos maderables de la actividad forestal en la provincia de Tahuamanu mediante una técnica ecológica a nivel piloto. *Ingeniero forestal y Medio Ambiente*. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado. Obtenido de <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/540>

ANEXOS

Anexo 2. Localización Planta Laytaruma S.A

Planta Laytaruma S.A



Localización del Valle



Mapa Provincia de Lucanas



Mapa Departamento Ayacucho



Mapa del Perú



Anexo 3 Prueba con 0,25 Molar HCl

Factor =	4,125		Muestra ml=	5							
Tiempo	Gasto-ml		Concentracion de CaCO ₃ (mg/L)		Carbonatos (mg/L)	pH	CaCO ₃ (g/L)		CaCO ₃ Porcentaje(%)		
	1	2	1	2			Solución	Carbón	En Carbón	% Extracción	
0	0,09	0,07	74	58	66	11,5	66,00	51117,00	99,87	0,13	
15	10,20	10,25	8415	8456	8436	6,2	8435,63	42747,38	83,52	16,48	
30	11,50	11,55	9488	9529	9508	6,4	9508,13	41674,88	81,42	18,58	
60	11,00	10,60	9075	8745	8910	7,1	8910,00	42273,00	82,59	17,41	
90	10,20	10,20	8415	8415	8415	7,1	8415,00	42768,00	83,56	16,44	
12	10,25	10,25	8456	8456	8456	7,2	8456,25	42726,75	83,48	16,52	
180	9,95	9,90	8209	8168	8188	7,2	8188,13	42994,88	84,00	16,00	
240	9,55	9,90	7879	8168	8023	7,3	8023,13	43159,88	84,32	15,68	
300	9,35	9,35	7714	7714	7714	7,3	7713,75	43469,25	84,93	15,07	
360	9,30	9,30	7673	7673	7673	7,4	7672,50	43510,50	85,01	14,99	
420	9,05	9,00	7466	7425	7446	7,5	7445,63	43737,38	85,45	14,55	
480	8,90	9,00	7343	7425	7384	7,6	7383,75	43799,25	85,57	14,43	
540	8,85	8,70	7301	7178	7239	7,6	7239,38	43943,63	85,86	14,14	
600	8,70	8,65	7178	7136	7157	7,5	7156,88	44026,13	86,02	13,98	

Anexo 4 Prueba con 0,50 Molar HCl

Factor =	4,125		Muestra ml=	5							
Tiempo	Gasto-ml		Concentracion de CaCO ₃		Carbonatos	pH	CaCO ₃ (mg/L)		CaCO ₃ Porcentaje(%)		
	1	2	1	2			Solución	Carbón	En Carbón	% Extracción	
0	8,8	8,8	7260,0	7260,0	7260,0	12,820	7260,00	43923,00	85,82	14,18	
10	16,2	16,3	13365,0	13447,5	13406,3	4,420	13406,25	37776,75	73,81	26,19	
20	17,5	17,5	14437,5	14437,5	14437,5	5,354	14437,50	36745,50	71,79	28,21	
30	17,6	17,65	14520,0	14561,3	14540,6	6,140	14540,63	36642,38	71,59	28,41	
40	18,15	18,2	14973,8	15015,0	14994,4	6,300	14994,38	36188,63	70,70	29,30	
50	17,65	17,5	14561,3	14437,5	14499,4	6,638	14499,38	36683,63	71,67	28,33	
60	16,9	16,9	13942,5	13942,5	13942,5	6,712	13942,50	37240,50	72,76	27,24	
70	16,7	16,8	13777,5	13860,0	13818,8	6,888	13818,75	37364,25	73,00	27,00	
80	16,65	16,7	13736,3	13777,5	13756,9	6,937	13756,88	37426,13	73,12	26,88	
90	12,25	12,2	10106,3	10065,0	10085,6	7,545	10085,63	41097,38	80,29	19,71	

Anexo 5 Prueba con 1,00 Molar HCl

Factor =	4,125		Muestra ml=	2,5							
Tiempo	Gasto-ml		Concentracion de CaCO ₃		Carbonatos	pH	CaCO ₃ (g/L)		CaCO ₃ Porcentaje(%)		
	1	2	1	2			Solución	Carbón	En Carbón	% Extracción	
0	4,4	4,4	7260,0	7260,0	7260,0	12,820	7260,00	43923,00	85,82	14,18	
10	14,2	14,3	23430,0	23595,0	23512,5	1,675	23512,50	27670,50	54,06	45,94	
20	15	14,9	24750,0	24585,0	24667,5	2,112	24667,50	26515,50	51,81	48,19	
30	16,5	16,6	27225,0	27390,0	27307,5	2,775	27307,50	23875,50	46,65	53,35	
40	16,7	16,85	27555,0	27802,5	27678,8	2,893	27678,75	23504,25	45,92	54,08	
50	16,85	16,95	27802,5	27967,5	27885,0	3,689	27885,00	23298,00	45,52	54,48	
60	16,9	17	27885,0	28050,0	27967,5	3,881	27967,50	23215,50	45,36	54,64	
70	18	18,2	29700,0	30030,0	29865,0	4,057	29865,00	21318,00	41,65	58,35	
80	17,8	17,9	29370,0	29535,0	29452,5	4,170	29452,50	21730,50	42,46	57,54	
90	17,3	17,3	28545,0	28545,0	28545,0	4,242	28545,00	22638,00	44,23	55,77	

Anexo 6 Prueba con 2,00 Molar HCl

Factor =	4,125		Muestra ml=		2,5							
Tiempo	Gasto-ml		Concentracion de CaCO ₃		Carbonatos	pH	CaCO ₃ (g/L)		CaCO ₃ Porcentaje(%)			
	1	2	1	2			Solución	Carbón	En Carbón	% Extracción		
0	4,40	4,40	7260	7260	7260	12,82	7260,00	43923,00	85,82	14,18		
10	21,30	21,20	35145	34980	35063	0,79	35062,50	16120,50	31,50	68,50		
20	23,80	24,00	39270	39600	39435	0,88	39435,00	11748,00	22,95	77,05		
30	25,20	25,40	41580	41910	41745	0,93	41745,00	9438,00	18,44	81,56		
40	26,30	26,20	43395	43230	43313	0,98	43312,50	7870,50	15,38	84,62		
50	26,90	27,00	44385	44550	44468	1,02	44467,50	6715,50	13,12	86,88		
60	27,30	27,20	45045	44880	44963	1,05	44962,50	6220,50	12,15	87,85		
70	27,20	27,40	44880	45210	45045	1,08	45045,00	6138,00	11,99	88,01		
80	27,90	28,00	46035	46200	46118	1,12	46117,50	5065,50	9,90	90,10		
90	27,90	28,00	46035	46200	46118	1,14	46117,50	5065,50	9,90	90,10		
100	28,80	28,90	47520	47685	47603	1,17	47602,50	3580,50	7,00	93,00		
110	28,90	28,80	47685	47520	47603	1,19	47602,50	3580,50	7,00	93,00		
120	29,00	29,00	47850	47850	47850	1,25	47850,00	3333,00	6,51	93,49		

Anexo 7 Prueba con 4,00 Molar HCl

Factor =	4,125		Muestra ml=		1,25							
Tiempo (Min)	Gasto-ml		Concentracion de CaCO ₃ (mg/L)		Carbonatos (mg/L)	pH	CaCO ₃ (mg/L)		CaCO ₃ Porcentaje(%)			
	1	2	1	2			Solución	Carbón	% en Carbón	% Extracción		
0	2,20	2,20	7260	7260	7260	12,82	7260	43923	85,82	14,18		
10	12,50	12,50	41250	41250	41250	0,32	41250	9933	19,41	80,59		
20	13,50	13,50	44550	44550	44550	0,34	44550	6633	12,96	87,04		
30	14,30	14,20	47190	46860	47025	0,39	47025	4158	8,12	91,88		
40	14,50	14,50	47850	47850	47850	0,40	47850	3333	6,51	93,49		
50	14,80	14,90	48840	49170	49005	0,41	49005	2178	4,26	95,74		
60	14,90	14,80	49170	48840	49005	0,41	49005	2178	4,26	95,74		
70	15,20	15,10	50160	49830	49995	0,45	49995	1188	2,32	97,68		
80	15,50	15,40	51150	50820	50985	0,45	50985	198	0,39	99,61		
90	15,51	15,50	51183	51150	51167	0,46	51167	17	0,03	99,97		