

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“INFLUENCIA DE LA REACTIVACION TERMICA
EN LA RECUPERACION DE ORO DE UN CARBON
DESORBIDO EN UNA EMPRESA MINERA DE
CAJAMARCA, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Autor:

Bach. Willi Omar Jambo Espinoza

Asesor:

Ing. Víctor Eduardo Álvarez León

Cajamarca - Perú

2021



DEDICATORIA

A Dios por todas las bendiciones y a todas las personas que has puesto en mí camino, porque todas ellas me han dado alguna lección de vida. A mis padres quienes me han sabido apoyar en todo momento y guiarme a lo largo de toda mi vida, a mis hermanas a quienes admiro con todo cariño por su bello ejemplo de vida y perseverancia, contribuyendo así lograr mis metas y objetivos propuestos. A los docentes por haberme brindado su orientación y los conocimientos en mi formación como estudiante universitario en la Universidad Privada del Norte.

Willi

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad; por poder llegar a culminar una de nuestras metas, la elaboración y sustentación de nuestra tesis, a nuestras familias que con su apoyo incondicional nos incentivaron seguir adelante día a día a pesar de las adversidades que se presentan en el camino de nuestra formación.

A nuestros docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarnos como personas y profesionales en la Universidad Privada del Norte.

Al Ing. Víctor Eduardo Alvarez León, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo de investigación.

Willi

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN	5
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Realidad problemática	6
1.2. Formulación del problema	24
1.3. Objetivos.....	24
1.3.1 Objetivo general	24
1.3.2 Objetivos específicos.....	24
1.4. Hipótesis	24
1.3.3 Hipótesis general	24
1.3.4 Hipótesis específicas.....	25
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	26
2.1. Tipo de investigación	26
2.2. Población y muestra	26
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	27
2.4. Procedimiento	29
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	30
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	35
4.1. Discusión	35
4.2. Conclusiones	36
REFERENCIAS	38
ANEXOS	41

RESUMEN

El propósito de la investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de la reactivación térmica en la recuperación de Oro de un carbón desorbido en una empresa minera de Cajamarca, 2021. El tipo de investigación fue de tipo aplicado, experimental con pruebas de laboratorio. La muestra utilizada consistió en carbones desorbidos de la planta de carbón en columnas (CIC) de una empresa minera durante el año 2020, las cuales fueron tomadas después de la etapa de desorción. Estas muestras fueron codificadas y son las siguientes: P-10 (carbón desorbido con lavado ácido y reactivado térmicamente), P-20 (carbón con lavado ácido sin reactivación térmica), P-30 (carbón sin lavado ácido y reactivado térmicamente), P-40 (carbón sin lavado ácido sin reactivación térmica) y P-50 (carbón nuevo); para las pruebas de capacidad de adsorción y velocidad de adsorción se tomó solución rica de la plata de carbón de la empresa minera en estudio. Las técnicas utilizadas fueron el análisis documental, la observación y experimentación. Los resultados indicaron que la muestra P-50 (Carbón nuevo), el porcentaje recuperación es mayor, en Au 96.25% y Ag 89.37% en un tiempo promedio de 24 horas. Luego le sigue en recuperación de Au y Ag, la muestra P-10 (Carbón desorbido con lavado ácido y reactivado térmicamente) con Au 93.03% y Ag 78.74%. Así mismo la muestra de carbón P-20 (Carbón con lavado ácido sin reactivación térmica), tiene menor recuperación en todas las muestras, con un porcentaje de Au 74.08% y Ag 43.00%. Se concluye que la reactivación térmica mejora notablemente la eficiencia y velocidad de adsorción de Au y Ag sobre el carbón activado, siendo la reactivación química de menor influencia.

Palabras Claves: Reactivación térmica, carbón nuevo, carbón desorbido, recuperación.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de determinar la influencia de la reactivación térmica en la recuperación de Oro (Au) de un carbón desorbido, en la cual se evaluó la recuperación, velocidad de adsorción retenido en el carbón. El problema se presenta cuando no se realiza reactivación química a los carbones desorbidos que retornan al proceso de carbón en lixiviación, carbón en pulpa y carbón en columnas. En estos carbones la recuperación de Oro por adsorción disminuye, por ende, los carbones a pesar de que su granulometría todavía es la adecuada, se manifiesta la baja recuperación de Oro.

El problema mencionado se presenta en todas las plantas que utilizan carbón activado para la recuperación de Oro por lixiviación. En este sentido el objetivo de la investigación es demostrar que los carbones desorbidos deben ser reactivados químicamente y/o térmicamente, para incrementar la recuperación de Oro en la adsorción.

La investigación se realizó con muestras de carbón activado que provienen de la planta de la empresa minera en estudio, las cuales fueron tomadas después de la etapa de desorción.

En el contexto mundial la recuperación de Oro, para producir solo unas libras, primero se deben extraer, triturar, tostar, moler, tratar, convertir en pulpa y lixiviar miles de toneladas de mineral. El carbón activado cumple un papel fundamental en la captación del oro de la mina. En una mina, todo el oro que el carbón activado no haya adsorbido

se pierde. Para garantizar la mayor producción de oro posible, es esencial seleccionar el producto de carbón activado correcto. Atentos a la calidad, la mínima formación de finos, la fiabilidad y los servicios, podemos marcar la diferencia a la hora de maximizar el proceso de recuperación de oro de las minas y sus circuitos de oro.

En el Perú, la cianuración ha sido el principal proceso usado para la producción de la mayor parte de oro y de una proporción significativa de plata. El proceso ha sido usado para tratar minerales concentrados y calcinas en escala comercial en el mundo. Mientras la mayoría de las plantas de oro usan tanques agitados para la lixiviación con cianuro, la lixiviación en pila ha encontrado un incremento en número de aplicaciones, particularmente en el tratamiento de minerales de bajo grado conteniendo 0.1 onz. / t de oro o menos. La química del proceso de cianuración está basada en el hecho, que bajo condiciones oxidantes, el oro y la plata pueden ser complejas y disueltas de cianuro alcalino. A partir del licor de lixiviación, el oro y la plata son recuperados usando uno o más de los siguientes cuadro procesos: Cementación con polvo de zinc, adsorción con carbón activado, intercambio Iónico y la electrodeposición.

En la mina, la recuperación de Oro en planta de Columnas de Carbón Activado, opera mediante un sistema en cascada a contracorriente en el área de adsorción; la etapa de desorción se lleva a presión y alta temperatura. Los circuitos de adsorción son complementados con áreas de regeneración química y regeneración térmica. La generación de carbón fino (como producto de la fragmentación del carbón normal usado en la operación) es asociada a las transferencias, condiciones agresivas de operación y

envejecimiento del carbón. Los valiosos de este carbón fino normalmente son recuperados mediante operaciones pirometalúrgicas. La presente tesis demuestra que mediante un adecuado acondicionamiento de la planta de columnas de carbón de la mina, complementado con una correcta adición de reactivos en la etapa de desorción, es posible la recuperación de más del 95% de valiosos del carbón fino generado en la planta de Columnas de Carbón sin tener ninguna interferencia en la operación normal de la planta.

Según Cárdenas (2016) en su tesis titulada “Diseño evaluativo y balance del proceso de desorción de oro en carbón activado y su reactivación en la U.M. Antonio Raymondi”, cuyo objetivo principal de la investigación fue Optimizar la eficiencia de desorción de Oro en Carbón Activado y su reactivación química, a través de la manipulación de variables y determinación de sus parámetros adecuándose a la infraestructura de la U.M. Antonio Raymondi. El diseño de investigación fue de tipo analítico experimental para las muestras representativas del lote del carbón cargado y carbón desorbido al inicio y al final del proceso de desorción, muestras de solución de elusión de ingreso a la celda de electrodeposición (salida del tanque de desorción) y a la salida de celda de electrodeposición.

Según Lapo, (2014) En su tesis denominada “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; en la metodología utilizada de la presente investigación fue de tipo descriptivo ya que se analizó el grado de reactivación química con cuatro agentes químicos: ácido nítrico, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico e hidróxido

de sodio; donde se llegó a la conclusión de que, la mejor reactivación del carbón activado, se refleja con el uso del ácido clorhídrico en una relación en volumen de 1:1.5 con una concentración al 5% y un tiempo de agitación de 3 horas. Se observa que con estos resultados se ha desprendido la mayor cantidad de incrustaciones y sustancia extrañas adsorbidas durante el proceso de lixiviación. Al utilizar un carbón activado nuevamente en el proceso el carbón cargó un promedio de 600 mg/g carbón y en carbón virgen cargó 875 mg/g carbón, al reactivar químicamente el carbón activado con la ayuda de ácido clorhídrico a una concentración del 5% un tiempo de agitación de 3 horas.

Grijalva, (2008) En su tesis denominada “Análisis de factibilidad económica de un horno de regeneración de carbón activado granular” donde se llegó a la conclusión de que al regenerar el carbón activado no afecta las propiedades fisicoquímicas (capacidad adsorbente), aún hasta la cuarta regeneración; Así mismo el carbón activado puede ser regenerado hasta un máximo de tres veces antes de perder 7.5% en masa, manteniendo sus propiedades fisicoquímicas.

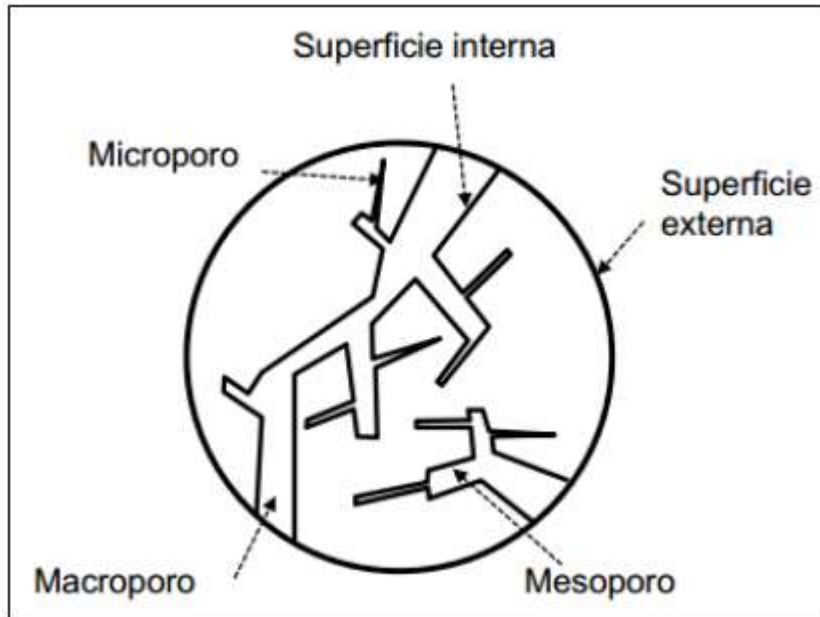
El carbón activado es un material de carbón de coco, que se prepara en la industria para que tenga una elevada superficie interna y así poder adsorber (retener sobre su superficie) una gran cantidad de compuestos muy diversos, tanto en fase gaseosa como en disolución. (Espín 2001)

Los carbones activados son productos carbonosos con una estructura porosa desarrollada y elevada área superficial que pueden adherir en su superficie una alta gama de

moléculas por medio del proceso de adsorción. Su volumen de poros es en general mayor a 0.2 ml/g y su superficie interna mayor a 400 m² /g (CEFIC, 1986).

El uso del carbón activado se ha incrementado en las últimas décadas en el campo de la Hidrometalurgia, especialmente en la recuperación de oro y plata desde soluciones cianuradas, Esto se debe a ser el más versátil de los adsorbentes sólidos usados en la industria, su extremadamente alta área superficial y su distribución de tamaño de poro, bimodal (a veces trimodal) proporciona el buen acceso de las moléculas del adsorbato al interior. (Navarro, 2009)

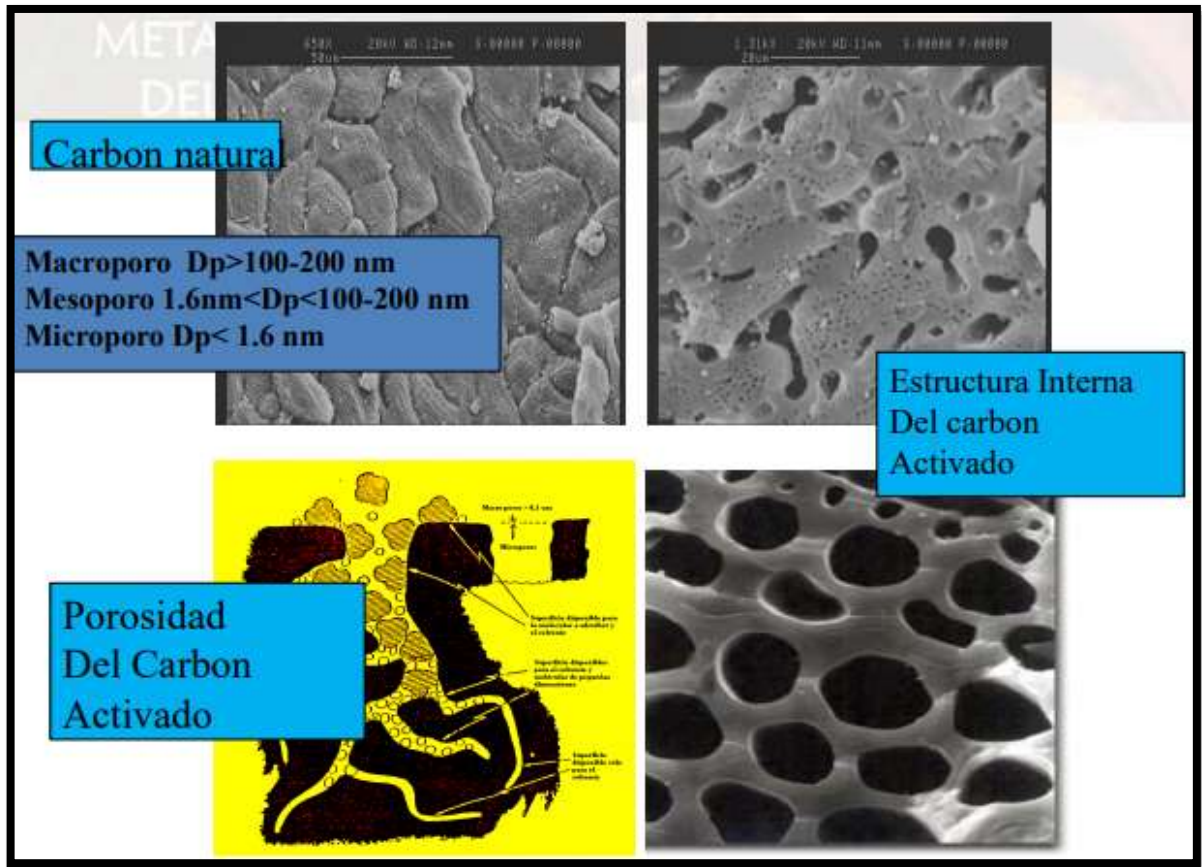
Figura 1
Estructura porosa de carbones activados



Nota. La figura representa la estructura de los poros de un carbón activado. Tomado de Gómez, 2010.

El carbón tiene una gran área específica por la gran porosidad que presenta, el fenómeno de adsorción se define como la adhesión de sustancias disueltas en las superficies de sólidos con los cuales se halla en contacto. La adhesión puede deberse a causas físicas y químicas y el fenómeno de adsorción se relaciona a la tensión superficial de la interface sólido líquido. El carbón presenta una marcada selectividad para absorber sustancias orgánicas en mayor intensidad que la inorgánica. Las sustancias orgánicas de alto peso molecular son espontáneamente absorbidas que las de bajo peso molecular. La no polaridad de las moléculas también favorece a la absorción.

Figura 2
Adsorción en carbón activado



Nota. La figura representa la adsorción en carbón activado y las estructuras internas. Tomado de InterMet consultores metalúrgicos.

Las propiedades más importantes a considerar al seleccionar un carbón son el diámetro de los poros y las características de los mismos. Los poros de un carbón activado se clasifican en tres, de acuerdo a su tamaño:

- Microporos
- Mesoporos
- Macroporos

Los microporos son poros con un radio de 20 \AA o menos y son los que más área proporcionan. Son útiles para adsorber moléculas muy pequeñas, que generalmente se encuentran presentes en purificaciones de gases.

Los Microporos constituyen los principales lugares de adsorción y tienden a ser cargados con altas leyes de oro y plata. Comparando con los mesoporos y los macroporos. Por otro lado, los mesoporos y macroporos capturan iones de alto peso molecular y como resultado hay una declinación en la eficiencia de adsorción. El carbón usado en circuitos CIP necesita tratamientos en forma periódica para remover los compuestos orgánicos que durante el proceso quedan dentro del carbón ya sea durante la adsorción o en la desorción de los metales.

Los mesoporos están en el rango de $20 - 500 \text{ \AA}$, aunque su contribución al área total es menor que los microporos, su tamaño les permite adsorber moléculas grandes que por lo general están presentes en purificación de líquidos.

Los macroporos casi no contribuyen al área total de un carbón, pero su importancia radica en que actúan como vías de acceso a los poros medios y microporos, afectando la velocidad de difusión de las impurezas en el carbón.

El carbón activado es un producto que posee una estructura cristalina reticular similar a la del grafito; es extremadamente poroso y puede llegar a desarrollar áreas superficiales del orden de 1,500 metros cuadrados o más, por gramo de carbón.

Los requisitos primarios de un carbón granulado previstos para su uso en el proceso de recuperación del oro, son los siguientes:

- El carbón debe tener una alta actividad para el oro
- El carbón debe ser resistente a la abrasión, ya que el carbón fino será cargado con el oro, el cual se pierde.

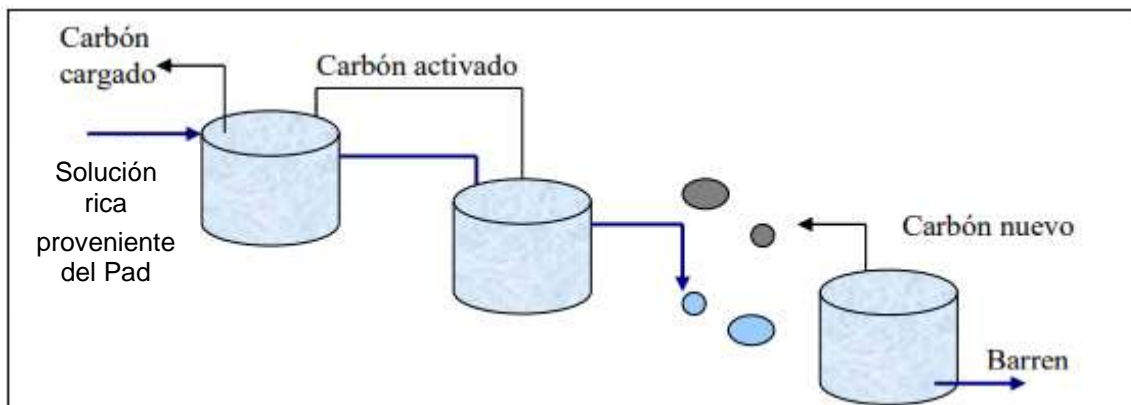
El carbón utilizado es de tipo granular elimina las impurezas mediante la adsorción y tiempo de contacto.

El carbón activado se emplea generalmente para extraer oro del mineral o de residuos, incluidos los minerales carbonosos que no son recuperables a través de técnicas de cianuración convencional. Entre las aplicaciones de proceso, donde el carbón activado ha demostrado su eficacia de adsorción son: carbón en pulpa (CIP), carbón en lixiviación (CIL) y carbón en la columna (CIC).

Las propiedades del carbón activado sobre el oro en soluciones de cianuro son conocidas desde finales del siglo XIX, pero su uso industrial estuvo restringido durante largo tiempo a la falta de un procedimiento eficiente de desorción o elución que permita recuperar oro y el carbón desorbido, debiendo recurrirse en el pasado a la calcinación. Esta desventaja junto a los avances técnicos alcanzados por la precipitación con zinc, disminuyeron el interés del carbón activado.

En el proceso de carbón en Columna (CIC), el líquido lixiviado es generado en la mayoría de las operaciones de lixiviación en pilas de minerales con baja ley de oro y están prácticamente libres de sólidos suspendidos. En tales operaciones la solución rica (líquido lixiviado clarificado) es circulada a través de columnas empaquetadas con carbón activado en contracorriente.

Figura 3
Circuito CIC

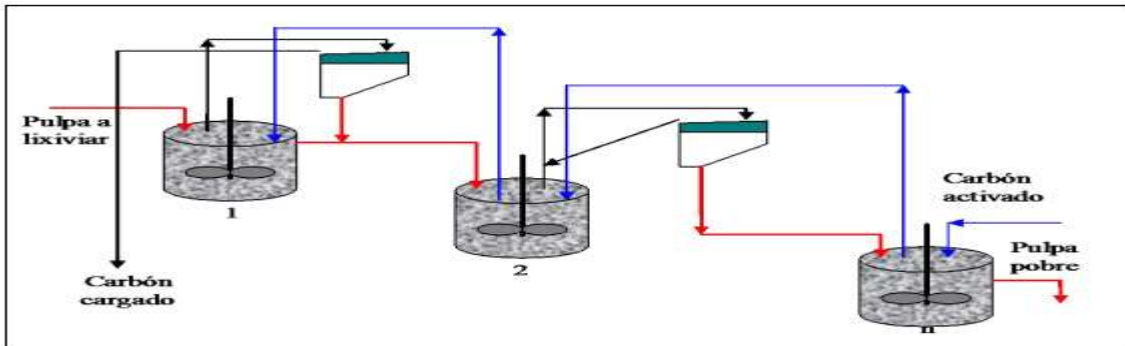


Nota. La figura representa el circuito de los procesos de un carbón en columna.

Tomado de EPOSCC4.

El proceso de carbón en Pulpa (CIP), consiste esencialmente en adsorber los iones complejos de oro $Au(CN)_2^-$ directamente desde la pulpa cianurada con carbón activado. La disolución del oro por cianuración después de ser molido el mineral, el carbón es mantenido en suspensión en la pulpa, gracias a la agitación mecánica y suministro de aire. La pulpa avanza de un tanque hacia el siguiente por gravedad o un puente aéreo, de tal modo que el carbón activado sea retenido por un tamiz. El avance del carbón se realiza en contracorriente respecto a la pulpa y su cosecha se realiza en forma que satisface la producción diaria requerida. Después que el carbón alcanza una carga satisfactoria, es lavado en cernidores y luego conducido al circuito de desorción de carbón.

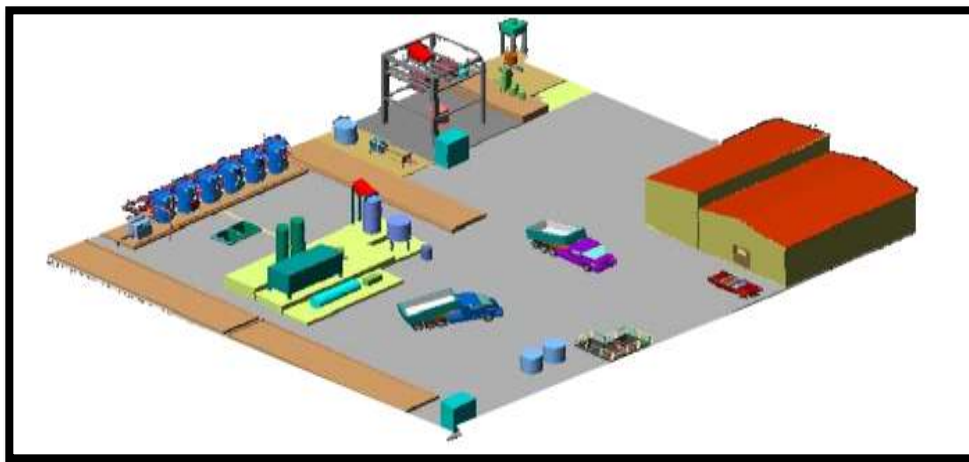
Figura 4
Circuito CIP



Nota. La figura representa el circuito de los procesos de un carbón. Tomado de EPOSCC4.

El proceso de carbón en el Lixiviación (CIL), es una modificación relativamente nueva del proceso de carbón en pulpa. En este caso, el oro lixiviado como cianuro y la adsorción de los iones $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ sobre el carbón activado están simultáneamente acompañados en el mismo tanque. Además, los tanques usados para la lixiviación son completamente eliminados o reducidos en números.

Figura 5
Planta de adsorción en carbón activado



Nota. La figura representa la planta de adsorción en carbón activado. Tomado de Heap Leaching Consulting

La mayoría de los carbones, absorben el oro en mayor o menor cantidad, pero en la práctica la mayor parte de los carbones activos son producidos específicamente a partir de la cáscara del coco o de pepa de melocotón a temperaturas de 700°C a 800°C en presencia de vapor. Numerosas marcas se encuentran disponibles comercialmente y estudios recientes fueron llevados a cabo para establecer una relación entre la constante de capacidad de equilibrio del carbón activado para el oro y los parámetros fácilmente determinados como: contenido de cenizas, área superficial y pH, respectivamente.

En 1950 el descubrimiento de J. B. Zadra en la U.S. Buereaum of Mines de un método de desorción que permitió la reutilización de carbón, este proceso fue comercializado por primera vez por la mina Homestake en Dakota sur en 1973. Desde entonces se han desarrollado y propuesto diferentes métodos de desorción hasta la actualidad en al que la tecnología del carbón activado se ha convertido en una alternativa a la técnica del proceso Merrill Crowe en la recuperación de valores metálicos de oro y plata a partir de soluciones cianuradas. La finalidad del Proceso de Desorción:

- Recuperar la mayor cantidad de oro cargado a partir de la solución desorbida en un volumen tan pequeño como sea posible
- Producir una solución con la mayor cantidad de concentración de oro 16
- Dejar la menor cantidad de oro posible en el carbón desorbido
- Reactivar el carbón para retornar al sistema de desorción

Operar con seguridad y forma económica del carbón activado es extraído los metales en el circuito de desorción de carbón.

El circuito de desorción contiene cinco componentes importantes:

- Columnas Strip de carbón (Reactor de Desorción)
- Equipo de concentración de metal (Celda Electrolítica)
- Equipo de manipulación de carbón (Reactor de Reactivación de Carbón)
- Equipo calentador
- Tanque de reactivos

Columna de carbón puede operarse de manera en contracorriente. Los parámetros de operación dependen de la característica del carbón, la temperatura de la columna, la operación del equipo, concentración de metal y método de proceso de desorción.

El proceso de carbón en lixiviación (CIL) y carbón en columna (CIC), son básicamente una modificación del Carbón en pulpa (CIP), bajo ciertas condiciones. La mayor diferencia para el primer caso consiste en que los procesos de lixiviación y adsorción se realizan simultáneamente. A pesar de que esta alternativa representa menores costos capitales, existen algunas desventajas que deben evaluarse para cada aplicación. En primer lugar, la presencia de minerales adsorbentes, producen una competencia entre éstos y el carbón, lo que reduce la eficiencia del proceso de adsorción de oro. (DE VOYS, 1983)

La adsorción es un proceso por el cual átomos, iones o moléculas son atrapados o retenidos en la superficie de un material, en contraposición a la absorción, que es un fenómeno de volumen. En química, la adsorción de una sustancia es su acumulación en una determinada superficie interfacial entre dos fases. El resultado es la formación de una película líquida o gaseosa en la superficie de un cuerpo sólido o líquido. (Aliaga, 2009).

El sistema de Recuperación de Oro por Carbón Activado es un proceso moderno que en los últimos años se viene usando en diferentes minas del país y del mundo. A diferencia de otros procesos, este sistema no necesita mucho control y sus recuperaciones llegan hasta 99%. Este sistema es muy usado en el caso de cierre de minas, en que las soluciones son con contenidos bajos en Au, son fácilmente recuperables.

El principal mecanismo por medio del cual se retienen contaminantes orgánicos en la superficie del carbón activado granular es el de la adsorción física y, como tal, es reversible. La teoría de adsorción señala que al cambiar las condiciones en las que se encuentra el carbón, se podrá lograr la desorción o desprendimiento de los adsorbatos retenidos, dejando libre la superficie del carbón activado. (Bansal, Donnet y Stoeckli 1988)

Aunque la adsorción del oro aumente generalmente con el aumento de la concentración de una sal, esto no es verdad si el anión implicado es cianuro. La capacidad de cargado de oro es reducida a altas concentraciones de cianuro y es por esta razón que es utilizada en el proceso de elución Zadra, en la que el cianuro de sodio a altas temperaturas se utiliza para desplazar el equilibrio de la adsorción.

El proceso de desorción es un fenómeno de transferencia de masa inverso a la adsorción. Es decir, la sustancia que ha sido adsorbida en el carbón es extraída por medio de una solución, que atraviesa el lecho de carbón cargado en un reactor especialmente para este proceso. El proceso de Desorción de oro en Carbón y su reactivación se trabaja con productos peligrosos; pero se dispone con la información, procedimientos, normas y reglas nacionales e internacionales que se cumplen para evitar cualquier tipo de daño ya sea a la Salud, Medio Ambiente, infraestructura y Maquinaria.

La desorción, sin embargo, puede ser muy lenta y puede no llegarse a restablecer toda o casi toda la capacidad original del carbón. Por otra parte, la desorción química implica una reacción química, por lo que las moléculas retenidas por este otro mecanismo se desprenderán con estructuras moleculares completamente distintas de aquella que tenía el adsorbato originalmente; finalmente, existen moléculas inorgánicas que no han sido adsorbidas pero que sí precipitan y se depositan en la superficie del carbón y cuya eliminación tampoco responderá a los métodos de desorción de moléculas adsorbidas físicamente. (Sevilla, 2009)

El oro y la plata en soluciones cianuradas son exitosamente recuperadas comercialmente por adsorción en carbón activado granular. Los iones calcio (Carbonatos de calcio) presentes en las soluciones cianuradas, favorecen la adsorción del complejo aurocianuro, mientras que los iones sodio inhiben la adsorción, particularmente sobre pH 10.

La regeneración térmica consiste en someter al carbón activado a un calentamiento gradual y en forma indirecta, hasta la temperatura de 700 - 900°C con un corto tiempo de retención a esta temperatura.

La reactivación térmica consiste en pasar el carbón a través de un horno a una determinada temperatura e intensidad de corriente, con la finalidad de abrir por completos los poros del carbón activado que quedan obstruidos por acción de los carbonatos remanentes, Además de eliminar las materias orgánicas contaminantes sin producir combustión.

La reactivación térmica es empleada en la eliminación de los adsorbatos de un carbón agotado mediante un horno igual al utilizado para la activación térmica de carbón activado, pero a una menor temperatura. La reactivación térmica es el método más

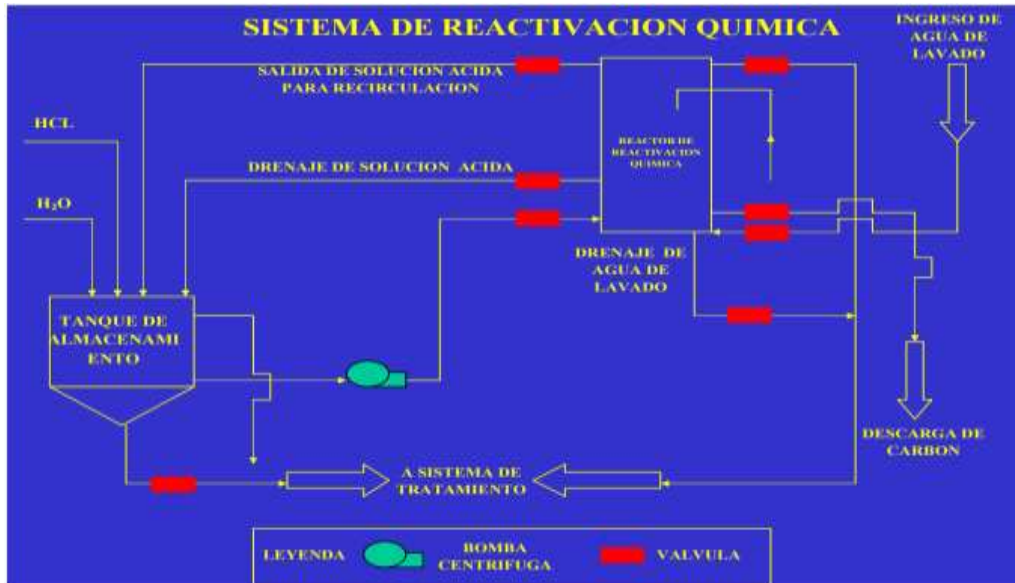
utilizado, ya que elimina prácticamente todos los contaminantes orgánicos retenidos por adsorción física o química. También remueve algunos compuestos inorgánicos y destruye óxidos y grupos superficiales. Por lo tanto, reactiva carbones utilizados en decoloración o en la eliminación de cloraminas, permanganato de potasio, ozono y otros agentes oxidantes. (Alarcón 1971)

Las etapas de la reactivación son las siguientes:

- Secado: Para eliminar las sustancias adsorbidas volátiles tales como alcoholes etc. La temperatura es alrededor de 200°C
- Vaporización: De las sustancias adsorbidas y también la descomposición de las sustancias volátiles (200-500°C).
- La pirolisis de las sustancias adsorbidas: No son volátiles, las cuales resultan en la deposición de residuos carbonáceos sobre la superficie del carbón activado. La oxidación selectiva:
- La oxidación selectiva de los residuos pirolisados es (700 a 900°C) por vapor de CO₂ o cualquier otro agente oxidante. Las tres primeras etapas, secado, vaporización y pirolisis, normalmente se dan sin mayores complicaciones. Sin embargo, la pirolisis no debería ser realizada a temperaturas mayores a 850°C y debe estar en una atmósfera controlada (sin presencia de aire), para evitar grafitización de los residuos pirolisados, resultando una estructura parecida a la del carbón, pero refractaria a la adsorción.

Figura 6

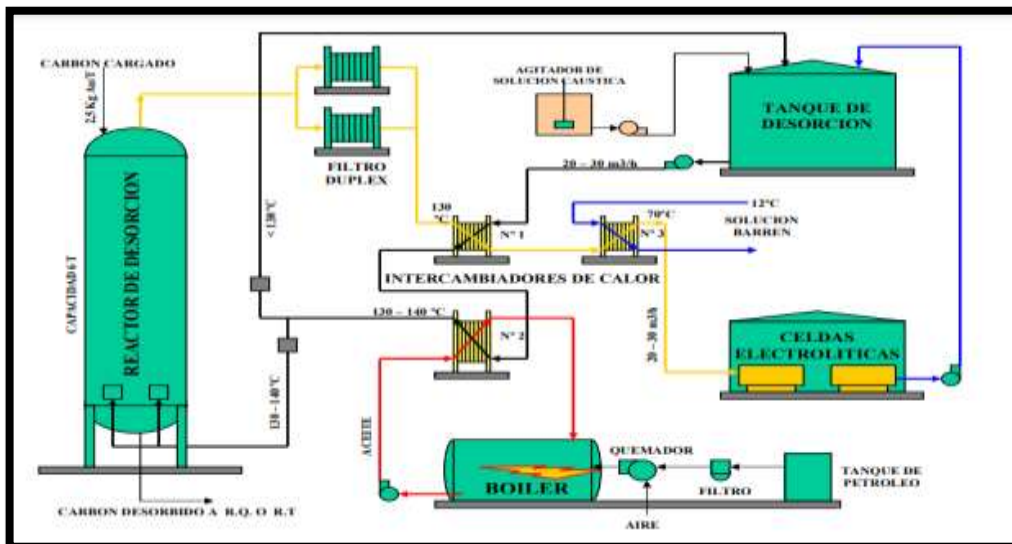
Sistema de reactivación química



Nota. El circuito representa el sistema de reactivación química del carbón. Tomado de Heap Leaching Consulting.

Figura 7

Sistemas de desorción a presión



Nota. El circuito representa el sistema de desorción a presión del carbón cargado. Tomado de Heap Leaching Consulting.

La recuperación de oro a partir de una mena, involucra la oxidación del oro a Au^+ y su coordinación con el cianuro para obtener la especie soluble o complejo aurocianuro, $Au(CN)^{-2}$. Convencionalmente, la recuperación del oro a partir de la solución cianurada se llevaba a cabo por sedimentación con zinc en el proceso Merrill-Crowe. Sin embargo, este método perdió aceptación cuando Zadra et al. y la U.S: Bureau of Mines desarrollaron el primer sistema de recuperación de oro por adsorción sobre carbón activado, y lo implementó industrialmente en el año de 1951 en la planta de tratamiento de Golden Cycle Gold ubicada en Cripple Creek, en el estado de Colorado, EEUU. El lavado ácido del carbón activado llamado también lavado Químico, puede realizarse de las siguientes maneras:

- Lavado simple con agua o lavado con vapor.
- Lavado con ácido diluido (3%) de HCl a 90 °C, que ayuda a eliminar la sílice y el calcio del carbón.

Los precipitados de carbonatos y/o sulfatos de calcio atrapados en los poros del carbón afectan negativamente la capacidad de carga del carbón. Los carbonatos son consecuencia de la cal que se utiliza para regular el pH. El carbonato al precipitarse en la superficie del carbón forma una capa delgada como una película que prácticamente impide el contacto entre el carbón y la pulpa o entre el carbón y la solución desorbente, con lo cual disminuye drásticamente la capacidad del carbón.

Tabla 1

Resultados de las pruebas de regeneración de carbón activado

Resumen de resultados				
Parámetros	$k_2*(g*mg^{-1}*h^{-1})$	$q_e*(mg*g^{-1})$	$q_{24}*(mg*g^{-1})$	%
Carbón desorbido	0.6898	0.5067	0.4522	72%
Carbón reactivado químicamente	0.7981	0.5298	0.4823	77%
Carbón reactivado térmicamente	0.6792	0.6336	0.5777	92%
Carbón nuevo	2.2316	0.646	0.6278	100%

Fuente: VII Congreso Nacional de Minería

En la tabla de resultados obtenidos con las muestras de carbón desorbido la recuperación con carbón desorbido de 72%, así como reactivado químicamente fue de 77%, reactivado térmicamente fue de 92%.

Tabla 2

Datos experimentales

Parámetros de prueba	
Peso de la muestra (Kg)	60 Kg
Ley de Oro (g/TM)	1.009
Ley de Plata (g/TM)	7.6
Humedad (%)	4.50%
Granulometría (plg) 100%	< 1.5
Altura de la columna (m)	2
Diámetro (m)	0.18
pH	10 - 10.5
Tiempo de la prueba (días)	24
Fuerza del cianuro (mg/l)	180

Fuente: VII Congreso Nacional de Minería

Se realizó los parámetros de prueba con una muestra de 60 kg, con una ley de oro de 1.009 g/TM, ley de plata 7.6 g/TM y con humedad del 4.50%.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia de la reactivación térmica en la recuperación de oro de un carbón desorbido en una empresa minera de Cajamarca, 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar la influencia de la reactivación térmica en la recuperación de Oro de un carbón desorbido en una empresa minera de Cajamarca, 2021

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la velocidad de absorción y recuperación de Oro de un carbón con lavado ácido y reactivado térmicamente, carbón sin lavado ácido sin reactivación térmica, carbón sin lavado ácido y reactivado térmicamente, carbón con lavado ácido y sin reactivación térmica, carbón nuevo.
- Comparar la velocidad de adsorción y recuperación de Oro de un carbón con lavado ácido y reactivado térmicamente, carbón sin lavado ácido sin reactivación térmica, carbón sin lavado ácido y reactivado térmicamente, carbón con lavado ácido y sin reactivación térmica, carbón nuevo.

1.4. Hipótesis

1.3.3 Hipótesis general

Con los resultados obtenidos se podrá determinar la influencia de la reactivación térmica en la recuperación de Oro de un carbón desorbido en una empresa minera de Cajamarca, 2021.

1.3.4 Hipótesis específicas

- Con los análisis de las pruebas de laboratorio se obtienen resultados de velocidad de absorción y recuperación de Oro de un carbón con lavado ácido y reactivado térmicamente, carbón sin lavado ácido sin reactivación térmica, carbón sin lavado ácido y reactivado térmicamente, carbón con lavado ácido y sin reactivación térmica, carbón nuevo.
- Al evaluar la velocidad de absorción y recuperación de Oro, el carbón nuevo se obtuvo la más alta velocidad de adsorción y recuperación de Oro, seguido del carbón reactivado térmicamente.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicado, experimental con pruebas de laboratorio.

Para Murillo (2008), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad.

Según Palella & Martins (2010), define el diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa.

2.2. Población y muestra

2.2.2. Población

Carbones desorbidos de la planta de carbón en columnas (CIC) de una empresa minera durante el año 2020.

2.2.3. Muestra

Carbones desorbidos de la planta de carbón en columnas (CIC) de una empresa minera durante el año 2020, las cuales fueron tomadas después de la etapa de desorción. Estas muestras fueron codificadas y son las siguientes:

P-10: Muestra de carbón desorbido con lavado ácido y reactivado térmicamente.

P-20: Muestra de carbón sin lavado ácido sin reactivación térmica.

P-30: Muestra de carbón sin lavado ácido y reactivado térmicamente.

P-40: Muestra de carbón con lavado ácido sin reactivación térmica.

P-50: Carbón nuevo.

Para las pruebas de capacidad de adsorción y velocidad de adsorción se tomó solución rica de la plata de carbón de la empresa minera en estudio.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas utilizadas fueron el análisis documental, la observación y experimentación.

Con la técnica del análisis documental se realizó la revisión de información relacionado a la investigación, en repositorio de universidades y revistas especializadas; También se recogió la información de los reportes de las leyes de Oro y Plata de la solución rica y de las pruebas de velocidad de adsorción, por parte del laboratorio químico de la empresa.

Con la técnica de la observación directa se pudo visualizar en primer lugar los carbones desorbidos, las pruebas de laboratorio y las reactivaciones con lavado ácido y térmica.

Con la experimentación se pudo recolectar datos de las pruebas de capacidad de adsorción, velocidad de adsorción. El detalle de estas pruebas se encuentra en el anexo n° 2.

2.3.2 Técnicas e instrumentos de análisis de datos

La técnica consistió en realizar una tabulación en Excel de los resultados de las cinco pruebas, primero identificando el tipo de carbón, si es reactivado con ácido o térmicamente, procesamiento en la recuperación y velocidad de adsorción. Luego se hicieron gráficos estadísticos para una mejor interpretación de los resultados. Para la determinación de la velocidad de adsorción de oro se utilizó la ecuación de Freundlich, que relaciona los $(mgAu/gC - H) \times 10^{-2}$.

2.3.3 Validación de instrumento

Para la validación de instrumento se solicitó a tres expertos para que puedan revisar los formatos utilizados en la tesis, a continuación, se menciona a cada uno de ellos y en el anexo n°3 se adjunta la ficha de revisión:

- **Datos del experto que validan el instrumento Experto (a) 1**
Apellidos y nombres: MARTÍNEZ ROMÁN CLAUDIO CÉSAR
Grado académico: INGENIERO METALÚRGISTA
- **Datos del experto que validan el instrumento Experto (a) 2**
Apellidos y nombres: FERNANDEZ ULLOA MARYURI LUCERITO
Grado académico: INGENIERO METALÚRGISTA
- **Datos del experto que validan el instrumento Experto (a) 3**
Apellidos y nombres: FERNANDEZ ULLOA MARYURI LUCERITO
Grado académico: INGENIERO METALÚRGISTA

2.4. Procedimiento

2.4.1 Gabinete

Inicialmente se procedió a la revisión de estudios previos y antecedentes relacionados al tema de investigación, en los ámbitos tanto internacional y local; para lo cual se recurrió a las bibliotecas virtuales de las universidades, para conocer aspectos de reactivación térmica y reactivación química en un carbón desorbido.

2.4.2 Laboratorio

Las muestras de los siguientes carbones fueron proporcionadas por la empresa y luego fueron codificadas. Inmediatamente cada muestra pesada, se colocó en una bandeja de acero inoxidable y se colocó en una estufa de secado a una temperatura de 60 °C durante una hora. Después que las muestras fueron retiradas de la estufa, estas se cuartearon en el cuarteador de rifles de la malla 10 y se obtuvieron porciones representativas para las pruebas.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1 Recuperación de Oro y velocidad de adsorción de las pruebas con carbón activado

Tabla 1

Porcentaje de recuperación de Oro y Plata en función del tiempo

Tiempo Hr	P-10		P-20		P-30		P-40		P-50	
	Au (%)	Ag (%)	Au (%)	Ag (%)	Au (%)	Ag (%)	Au (%)	Ag (%)	Au (%)	Ag (%)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	16.35	14.01	9.38	6.28	17.43	14.98	13.67	8.21	22.25	16.91
1.5	27.61	22.71	14.75	9.18	30.29	22.71	18.50	11.11	34.58	28.50
2.5	39.95	30.43	21.18	14.01	43.16	32.37	26.54	14.98	50.13	40.10
4	52.82	39.13	27.61	16.91	53.89	41.06	34.05	18.84	62.47	49.76
7	66.76	51.69	36.73	24.04	67.29	53.62	46.92	25.60	76.41	65.22
20	89.81	74.88	59.79	40.38	89.28	75.85	73.73	45.89	94.64	86.47
24	93.03	78.74	64.08	43.00	91.42	79.71	77.48	50.72	96.25	89.37

Fuente: Datos recopilados de las pruebas

Figura 1

Recuperación de Oro y Plata de la muestra P-10 en función del tiempo.

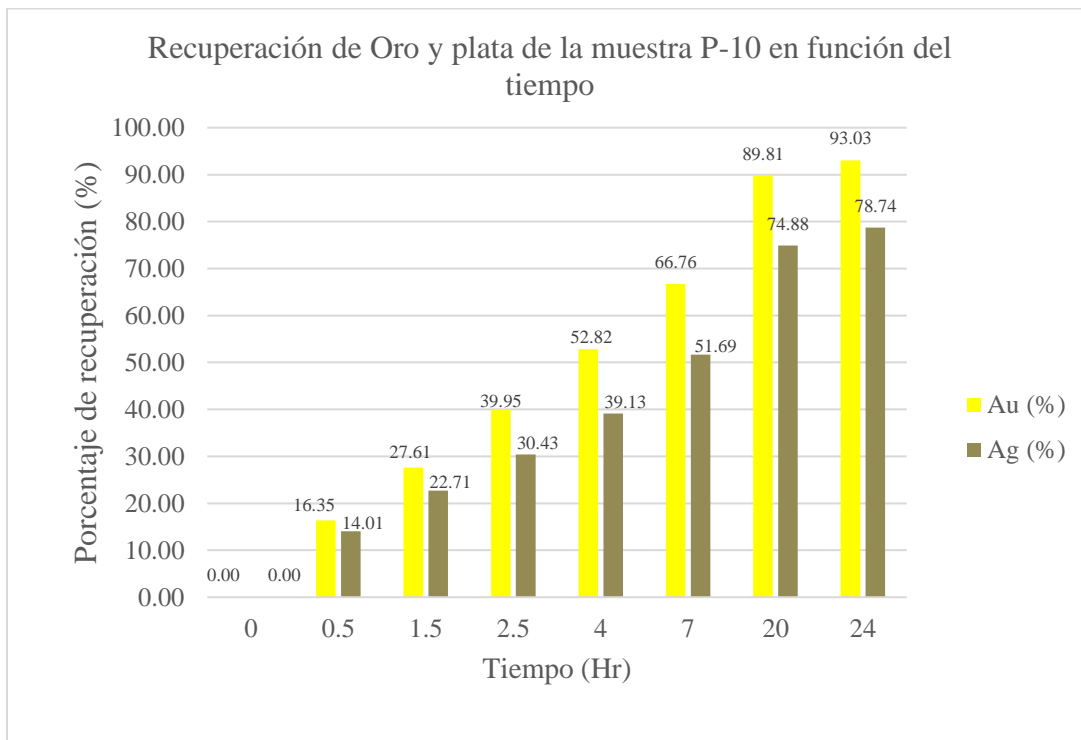


Figura 2

Recuperación de Oro y Plata de la muestra P-20 en función del tiempo.

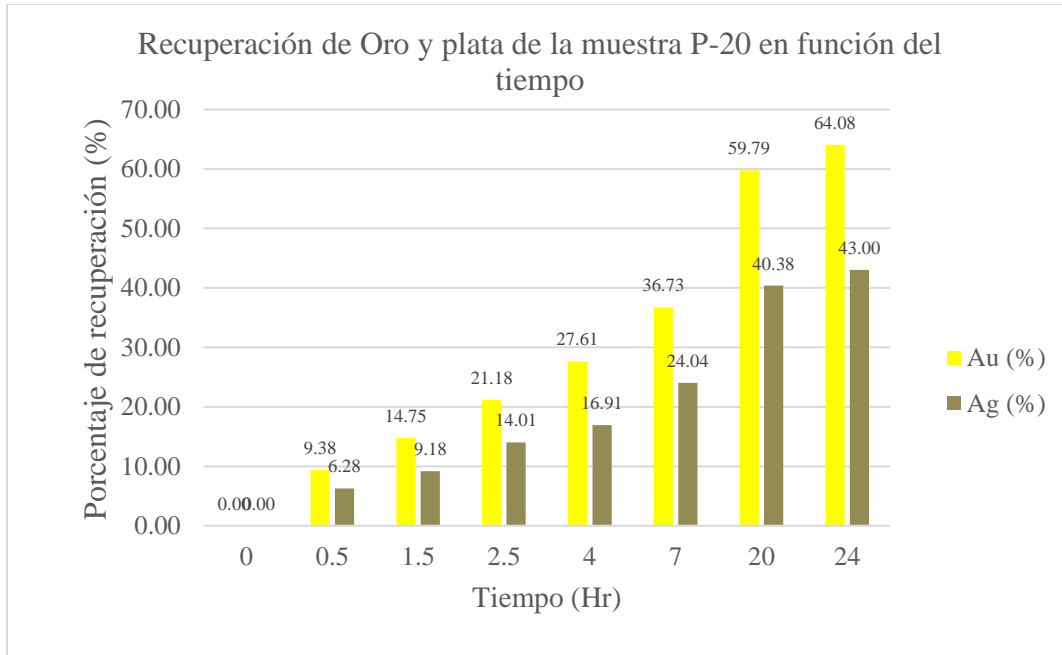


Figura 3

Recuperación de Oro y Plata de la muestra P-30 en función del tiempo.

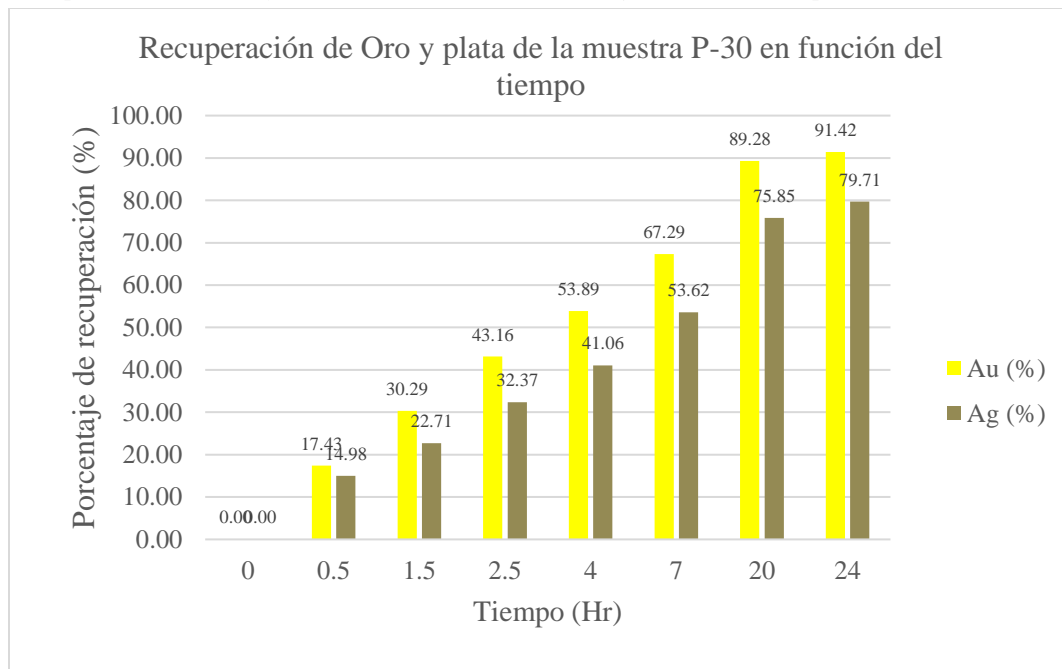


Figura 4

Recuperación de Oro y Plata de la muestra P-40 en función del tiempo.

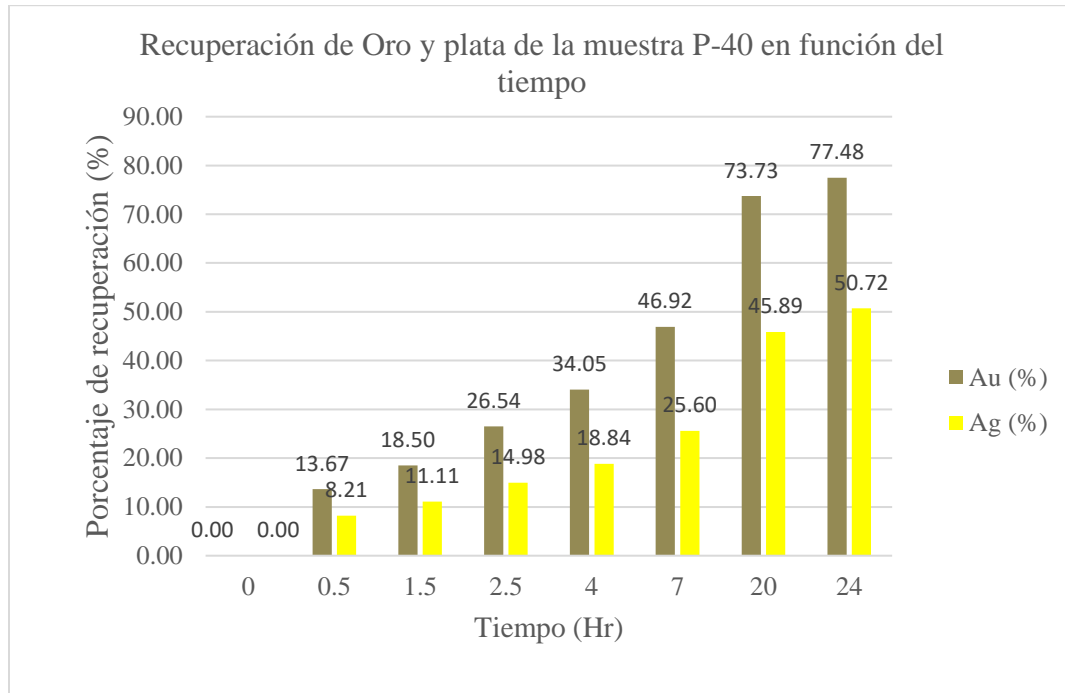
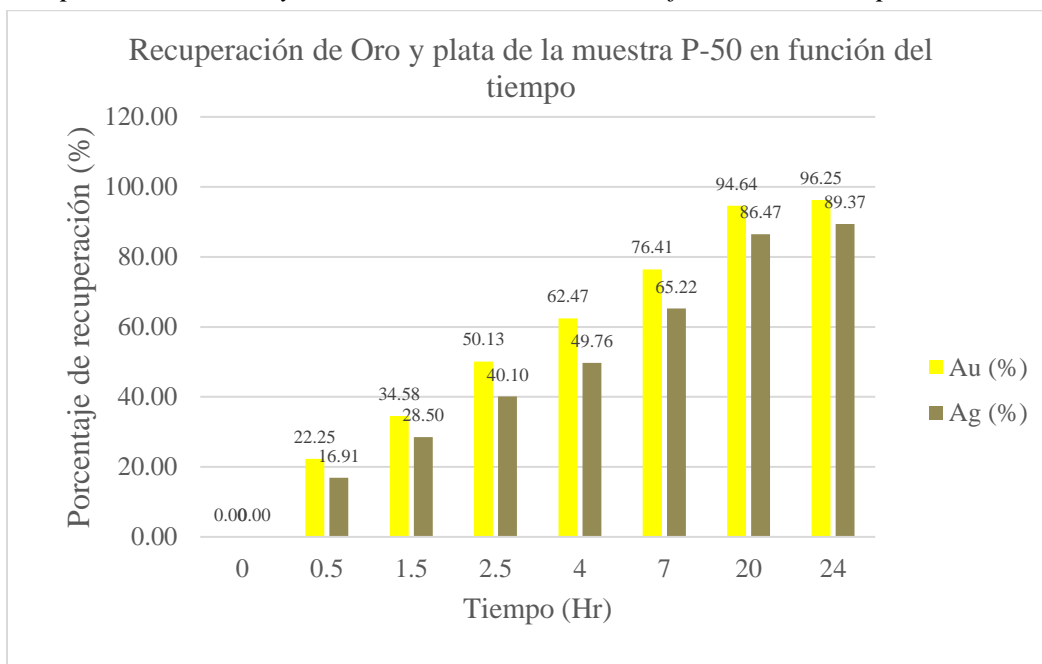


Figura 5

Recuperación de Oro y Plata de la muestra P-50 en función del tiempo.



3.2 Comparación de la velocidad de adsorción y recuperación de Oro

Tabla 2

Porcentaje de recuperación de Oro y velocidad de adsorción para cada carbón activado

TEST	Carbón	Lavado Acido	Reactivación Térmica	Recup. Au (%)	Velocidad Adsor $(mgAu/gC - H) \times 10^{-1}$	Au + Ag (Oz/TM)
P-10	C.Stripping 65	si	si	93.03	33.00	63.06
P-20	C.Stripping 65	no	no	64.08	17.20	40.56
P-30	C.Stripping 67	no	si	91.42	33.60	62.57
P-40	C.Stripping 67	si	no	77.48	21.90	48.72
P-50	Carbón nuevo	no	no	96.25	42.50	67.27

Fuente: Datos recopilados de las pruebas

Figura 6

Recuperación y velocidad de Oro y Plata.

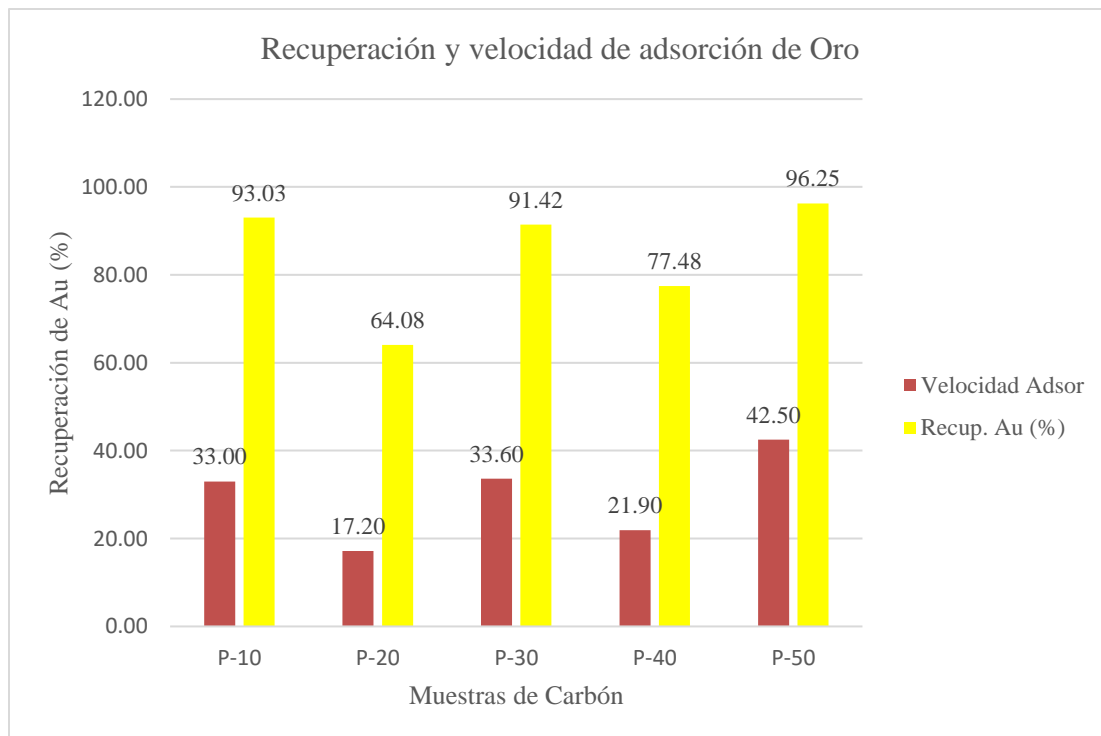


Tabla 3

Velocidad de adsorción para cada muestra de carbón activado

TEST	Carbón	Lavado Acido	Reactivación Térmica	Velocidad Adsor ($mgAu/gC - H$) $\times 10^{-2}$
P-10	Carbón desorbido con lavado ácido y reactivado térmicamente	si	si	33.00
P-20	Carbón sin lavado ácido sin reactivado térmica	no	no	17.20
P-30	Carbón sin lavado ácido y reactivado térmicamente	no	si	33.60
P-40	Carbón con lavado ácido sin reactivación térmica	si	no	21.90
P-50	Carbón nuevo	no	no	42.50

Fuente: Datos recopilados de las pruebas

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En la tabla N° 1 se pudieron apreciar que la muestra P-50 (Carbón nuevo) el porcentaje de recuperación es mayor en Au 96.25% y Ag 89.37% en un tiempo promedio de 24 horas. Seguidamente la recuperación de Au y Ag en la muestra P-10 (Carbón desorbido con lavado ácido y reactivado térmicamente) con un porcentaje de Au 93.03% y Ag 78.74%. Así mismo la muestra de carbón P-20 (Carbón con lavado ácido sin reactivado térmica), tiene menor recuperación en todas las muestras con un porcentaje de Au 74.08% y Ag 43.00%.

De la tabla N° 2 se puede apreciar que la velocidad de adsorción en cada una de las muestras es mayor en la P-30 (Carbón sin lavado ácido y reactivado térmicamente), obteniendo una velocidad de adsorción de $33,60 \text{ (mg Au/g C-H)} \times 10^{-2}$

Los resultados obtenidos contrastan con la investigación de (Silva O, 2015) sobre “Isotermas de desorción y modelos cinéticos aplicados al estudio de la recuperación de Oro con carbón activado” que consistió en realizar pruebas con carbón reactivado térmicamente que alcanza una recuperación de Oro comparable de 92% a la del carbón nuevo para 24 horas.

Por otro lado, los resultados obtenidos confirman la investigación de Lapo, (2014), en su tesis denominada “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, donde se llegó a la conclusión de que al utilizar un carbón activado nuevamente en el proceso el carbón cargó un promedio de 600 mg/g carbón y en carbón

virgen cargó 875 mg/g carbón, al reactivar químicamente el carbón activado con la ayuda de ácido clorhídrico a una concentración del 5% un tiempo de agitación de 3 horas.

De acuerdo a nuestros antecedentes (Cárdenas, 2016), el carbón activado usado en circuitos CIP necesita tratamientos en forma periódica para remover los compuestos orgánicos que durante el proceso que quedan dentro del carbón ya sea durante la adsorción o en la desorción de los metales.

4.2. Conclusiones

Se determinó la influencia de la reactivación térmica en la recuperación de Oro de un carbón desorbido en una empresa minera de Cajamarca, 2021. El lavado ácido y la reactivación térmica aplicado a un carbón recupera el 93.03% de Au, mientras que sin lavado y sin reactivación térmica del carbón, la recuperación de Au en la adsorción es de 64.08%. Concluyéndose que la recuperación de Au se incrementa en un 28.95% cuando el carbón activado se aplica un lavado ácido y se reactiva térmicamente.

Se concluye que la velocidad de adsorción y recuperación de Au de un carbón activado con lavado ácido y reactivado térmicamente es de $33 (mgAu/gC - H) \times 10^{-2}$ y 93.03%, el carbón sin lavado ácido y sin reactivación térmica es de $17.20 (mgAu/gC - H) \times 10^{-2}$ y 64.08%, el carbón sin lavado ácido y con reactivación térmica es de $33.60 (mgAu/gC - H) \times 10^{-2}$ y 91.42%, el carbón con lavado ácido y sin reactivación térmica es de $21.90 (mgAu/gC - H) \times 10^{-2}$ y 77.48% y por último el carbón nuevo es de $42.50 (mgAu/gC - H) \times 10^{-2}$ y 96.25%.

El lavado ácido (reactivación química) no es suficiente para obtener resultados óptimos de recuperación de Au y velocidad de adsorción, ya que remueve parcialmente los carbonatos precipitados sobre la superficie del carbón, concluyéndose que la recuperación de Au aplicándose lavado ácido en el carbón activado, llega a un valor de 77.48%.

REFERENCIAS

Alarcón, M (1971). *Especificaciones de calidad y reactivación del carbón activado.*

<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/20980/Capitulo2.pdf> indice de yodo 1 (accessed Octubre 2013).

Aliaga, H. (2009). *Recuperación del oro a partir de carbón activado cargado empleando soluciones hidro alcohólicas en la planta de cianuración de Laytaruma.*

Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.

Bansal, Donnel y Stoeckli (1988). *Sistema de recuperación de Oro por carbón activado*

Cárdenas, A. (2016). *Diseño evaluativo y balance del proceso de desorción de oro en carbón activado y su reactivación en la U.M. Antonio Raymondi.* Universidad nacional San Agustín, Arequipa.

CEFIC (1986). *Carbón activado*

DE VOYS, F. *The pore size distribution of activated carbon, Activated Carbon a fascinating material. 1983.*

EPOSCC4. *Circuitos de proceso del carbón activado*

Espín, J. A. (2001). *El libro de la Minería de Oro.* Iberoamérica, Monterreina. Madrid.

Gomez (2010). *Estructuras de los carbones activados.*

Grijalva, R. (2008). *Análisis de factibilidad económica de un horno de regeneración de carbón activado granular*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Heap Leaching Consulting. *Planta de adsorción en carbon activado*.

ITERMET – Consultores Metalúrgicos. *Proceso de recuperación de oro con carbón activado*.

Lapo, J. (2014). *Reactivación química del carbón activado del tipo calgón americano 6x12 utilizado en la Sociedad Minera “PROMINE” para el proceso de adsorción de metales preciosos*. Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

Murillo (2008). *“Investigación Practica o empírica”*

Navarro (2009). El uso del carbón activado en el campo de la Metalurgia.

Palella & Martins (2010). *Definición de diseño experimental bajo condiciones estrictamente controladas para un estudio*.

Sevilla (2009). *El proceso de desorción de un carbón activado*.

Silva, O. (2008) *Isotermas de desorción y Modelos Cinéticos Aplicados al estudio de la Recuperación del Oro con Carbón Activado*. VII Congreso Nacional de Minería. Trujillo

Yampasi, O. (2017). *Adsorción del carbón activado de tallos y hojas de Cañihua*

(chenopodium pallidicaule), para la recuperación del oro en LA MINERA

COLIBRÍ S.A.C. Universidad nacional del Altiplano, Puno.

ANEXOS

Anexo N° 01: Hoja de datos Carbón activado Clarimex



DOCUMENTO # HDS - 03-E	VERSION 03
PAGINA 1 / 8	FECHA DE REVISIÓN 12/06/20

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

CARBÓN ACTIVADO ACTIVACIÓN FÍSICA

Sección 1	Identificación del Producto e información del Fabricante
Nombre de la sustancia o mezcla:	Carbón Activado
Otros medios de identificación:	Carbón Activado
Uso recomendado de la sustancia o mezcla:	Procesos de purificación, para remover color, olor y sabor a través de un proceso de adsorción.
Restricciones de uso:	No hay información disponible.
Datos del fabricante:	CLARIMEX, S.A. de C.V. Km. 26 Carretera Jorobas-Tula, Parque Industrial de Tula, C.P. 42970 Atitalaquia, Hidalgo, México.
Teléfono de emergencia:	
SETIQ (MEXICO)	800-00-214-00
CHEMTREC (USA & CANADA):	+52 800-262-8200
CHEMTEL Inc (USA & CANADA)	+52 888-255-3924
Nombre del producto:	
	En todas las granulometrias: CG 500, 700, 900, 900 G, 900 AW, 1000, 1000 G , 1000 AW, 1100, 1100 PLUS , CG 1000 12X40 BS, 046 V, 046 V6, 046 VC5, 046 VC8, 046 VC10, 055, C-70, SUCHAR W, CP 1000, CG1, CG1-100, PAH 4, PAH 7.
	En todas las granulometrias: AQUACTIV, CAGRB, CAGRB MI, CARBOACTIV, CARBOACTIV 700, CARBOACTIV PLUS, CARBOACTIV AG PLUS, CARBOACTIV AG 0.8%, CARBOACTIV LD, CARBOACTIV PLUS LD, HIDROACTIV, CMX GAC PLUS, MG, BIR.
	CARBO500 8x30, CARBOACTIV 10x30, CARBOACTIV 8x30 PGPB, CARBOACTIV PELET, CARBOACTIV PELET HG, CARBOACTIV PELET KOH, MPELET, BM, BM-5, BM-7, BM-8, BM9, BM-W, BM-HG, 061 CBF.
	CAGR 8 x 30, DB, CAGR-LA 8 x 30

Sección 2	Identificación de los peligros.
1.- Clasificación de la sustancia o mezcla:	
	El carbón activado se encuentra en la relación de mercancías peligrosas emitidas por ONU bajo el número 1362, sin embargo, de acuerdo a lo establecido en disposiciones especiales (numero 646 en el ADR y número 325 en el código IMDG) el carbón activado por vapor de agua no esta sometido a las disposiciones especificadas en cada uno de ellos, por lo cual NO se considera material peligroso.
	No es una sustancia peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008 (CLP), sus diversas enmiendas y adaptaciones .

CLARIMEX, S.A. DE C.V.
TEL: (+52 55) 5390 8711 www.clarimex.com • ventasmx@clarimex.com • ventasexport@clarimex.com

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD - CARBÓN ACTIVADO - ACTIVADO FÍSICO



DOCUMENTO # HDS - 03-E	VERSION 03
PAGINA 3 / 8	FECHA DE REVISIÓN 12/06/20

Sección 6	Medidas que deben tomarse en caso de derrame o fuga accidental
------------------	---

1.-Precauciones personales, equipo de protección y procedimiento de emergencia:

- I.- Utilizar el equipo de protección personal adecuado que lo proteja de ropa, piel, ojos y sistema respiratorio.
- II.-Eliminar las fuentes de combustión y proporcione ventilación suficiente.
- III.-Aplique el procedimiento de emergencia indicado en el Plan de Respuesta a Emergencias vigente en la empresa.

2.-Precauciones relativas al medio ambiente:

No se requieren precauciones medioambientales especiales.

3.-Metodos y materiales para la contención y limpieza de derrames o fugas:

El carbón activado es un producto sólido en forma pulverizada o granular, evitar el barrido en seco, se puede emplear algún material absorbente como aserrín húmedo para barrer y limpiar el área afectada, no crear nubes de polvo usando un cepillo o aire comprimido, utilizar de preferencia sistemas de limpieza por aspiración., El carbón derramado que no haya sido utilizado, podrá ser desechado conforme a las disposiciones para residuos sólidos acordes a las leyes, reglamentos o normas conducentes. Si se trata de carbón agotado o usado, este deberá ser confinado de acuerdo a las regulaciones aplicables.

Sección 7	Manejo y almacenamiento
------------------	--------------------------------

1.-Precauciones que se deben tomar para garantizar un manejo seguro:

I.- Siga las buenas prácticas de manejo y almacenamiento para minimizar derrames, generación de polvo en el aire y acumulación de polvo en superficies expuestas. Proporcione ventilación adecuada. Utilice respiradores, guantes y gafas para prevenir o minimizar la exposición al polvo. Lave las áreas de la piel expuestas con jabón y agua después del manejo.

II.- Durante el manejo y almacenamiento indicar las recomendaciones sobre higiene en general: "prohibido comer, beber o fumar en las áreas de trabajo", "lávase las manos después de manejar el producto, mantener los contenedores de carbón activado cerrados.

2.-Condiciones de almacenamiento seguro, incluida cualquier incompatibilidad:

Se recomienda seguir los siguientes condiciones para el almacenamiento y manejo del carbón activado.

- I.- Temperatura de almacenamiento: Ambiente
- II.-Presión de almacenamiento: Atmosférica
- III.-El carbón activado es un producto estable por lo que no requiere de ningún producto para su estabilización.
- IV.-Considere condiciones de ventilación para evitar deficiencias de oxígeno. El almacenamiento debe quedar lejos de fuentes directas de calor o fuego, oxidantes como ozono, oxígeno líquido, cloro, permanganato, así como cualquier agente comburente fuertes y ácidos fuertes por su incompatibilidad.



DOCUMENTO # HDS - 03-E	VERSION 03
PAGINA 2 / 8	FECHA DE REVISIÓN 12/06/20

Sección 2	Identificación de los peligros
------------------	---------------------------------------

2.-Elementos de la señalización:

- I. Identificación de la sustancia: Carbón activado.
- II. Pictograma: Ninguno
- III. Palabras de advertencia: Ninguno
- IV. Código de identificación peligro (H): Ninguno
- v. Código de identificación prudencia (P): Ninguno

3.-Otros peligros que no contribuyen a la clasificación: Gránulos o polvo inodoro. Evítase el contacto con la piel y los ojos. Evite respirar el polvo. El carbón activado cuando esta húmedo puede reducir el oxígeno del aire en espacios confinados.

Sección 3	Composición / información sobre los componentes
------------------	--

Nombre químico	Sinónimo	No. CAS	UN	% en peso	Impurezas y aditivos
Carbón activado	Carbón activado	7440-44-0	1362 *	100	Ninguno

* Ver sección 2.

Sección 4	Primeros auxilios
------------------	--------------------------

1.- Descripción de los primeros auxilios:

Contacto ocular: Enjuague con agua abundantemente, consulte a su medico en caso de irritación.

Contacto dérmico: Lave con agua y jabón consulte a su medico en caso de enrojecimiento, comezón o sensación de quemado.

Inhalación: Ubíquese en una área con aire fresco consulte a su medico en caso de tos o problemas respiratorios.

Ingestión: Beba uno o dos vasos de agua, acuda al medico en caso de problemas gastrointestinales.
(Nunca de a tomar nada cuando la persona esta inconsciente).

- I.-Solicitar atención medica inmediata si aparecen síntomas.
- II.-Desplazar a la persona expuesta a un lugar donde pueda respirar aire no contaminado.
- III.-No requiere quitar la ropa y calzado de la persona expuesta, solo se hará por cuestiones de limpieza.
- IV.- Se recomienda contar con personal capacitado para brindar los primeros auxilios, siguiendo las instrucciones indicadas en el procedimiento conforme a seguir de acuerdo a cada vía de ingreso al organismo.

2.- Síntomas y efectos mas importantes agudos o crónicos:

Cuando el carbón activado se encuentra húmedo puede reducir el oxígeno del aire en un espacio confinado por lo que se deberá evaluar el nivel de oxígeno y de monóxido de carbono presentes para evitar síntomas de asfixia.

3.- Indicaciones de la necesidad de recibir atención medica inmediata y, en su caso, de tratamiento especial.

Tratar sintomáticamente.

Sección 5	Medidas contra incendios
------------------	---------------------------------

1.-Medios de extinción apropiados: Usar polvo químico seco, dióxido de carbono, espuma o agua pulverizada. En caso de usar agua, aplicarla pulverizada o en forma de niebla. Es importante evitar medios de alta presión que pudiera causar la formación de una mezcla aire-polvo que pueda propagar el incendio.

2.-Peligros específicos de la sustancia o mezcla: En caso de incendio, la combustión puede producir humos de monóxido de carbono. Se recomienda mantener una separación entre estibas de carbón para reducir el riesgo de propagación del evento. El carbón activado no entra fácilmente en ignición y tiende a formar brazas sin producir llamas, ya que estas son producidas por el empaque del producto.

3.-Medidas especiales que deberán seguir los grupos de combate contra incendio: En caso de incendio, el personal que acuda a extinguirlo deberá utilizar el equipo de protección personal apropiado, que incluye un equipo de respiración autónoma. No usar chorros compactos de agua ya que pueden dispersar el material incendiado y extender el fuego.



DOCUMENTO # HDS - 03-E	VERSION 03
PAGINA 4 / 8	FECHA DE REVISIÓN 12/06/20

Sección 8	Controles de exposición / Protección personal
------------------	--

1.-Parámetros de control

I.-El valor límite de exposición establecido en la NOM-010-STPS-2014 para el polvo de carbón activado es el siguiente.

Limite de exposición recomendado para 8 hrs. Tiempo Promedio Ponderado	Carbón Activado
Polvo total	10 mg/m ³
Fracción respirable	2 mg/ m ³

2.-Controles técnicos apropiados:

I.-Mantenga las concentraciones del carbón activado en el ambiente laboral por debajo del valor límite de exposición para 8 horas establecido en la NOM-010-STPS-2014.

II.-Proveer la ventilación natural o mecánica necesaria para cumplir con el límite de control sugerido.

3.-Medidas de protección individual, como equipo de protección personal, EPP

Utilice lentes de seguridad o goggles y disponga de equipo lavajos durante la exposición al polvo de carbón activado (se recomienda no utilizar lentes de contacto). Use el equipo de respiración apropiado aprobado por la regulación de seguridad conducente. Evite el contacto con la piel. Use ropa adecuada resistente al polvo, lave la ropa sucia antes de reutilizarla. Lave la piel vigorosamente después del manejo del material.

Sección 9	Propiedades físicas y químicas
------------------	---------------------------------------

Apariencia: Gránulos o polvo de color negro, sólido.

Olor: Inoloro

Umbral del olor: No determinado

pH: NA

Punto de fusión/punto de congelación: NA

Punto de inicial e intervalo de ebullición: NA

Punto de inflamación: NA

Velocidad de evaporación: NA

Inflamación (sólido, gas): ND

Límite superior de inflamabilidad o explosividad: NA

Límite inferior de inflamabilidad o explosividad: NA

Presión de vapor (mmHg a 20°C): ND

Densidad de vapor: NA

Densidad relativa: 0.25 a 0.56 g/cc

Solubilidad en agua: Insoluble

Coefficiente de partición: NA

Temperatura de ignición espontánea: ND

Temperatura de descomposición (°C): ND

Viscosidad: ND

Peso molecular: 12

Porcentaje de volatilidad: NA

Clasificación de la exposición del polvo: ND



DOCUMENTO # HDS - 03-E	VERSION 03
PAGINA 6 / 8	FECHA DE REVISIÓN 12/06/20

Sección 11	Información toxicológica
------------	--------------------------

Este material en su estado original no es tóxico. El carbón activado usado puede presentar las características del material adsorbido.

1.-Información sobre las posibles vías de ingreso:

I.-Vía respiratoria: Es la vía de acceso al organismo mas importante en el medio ambiente del trabajo ya que al respirar se pueden introducir sólidos en forma de polvo, líquido en forma de vapor y gases mezclados con el aire, sin embargo, no se espera riesgos por la entrada del carbón activado.

II.-Vía dérmica: El factor de entrada por la vía dérmica no es compatible con el carbón activado debido a las características propias de este material.

III.-Vía digestiva: Existe la posibilidad de entrada de carbón activado por vía digestiva cuando se come en el área de trabajo, cuando no se lavan las manos antes de la ingestión de la comida aun fuera del puesto de trabajo.

IV.-Vía parenteral: Esta vía de entrada se realiza a través de una herida preexistente y podría causar infecciones o irritación cutánea.

v.-Vía ocular: Esta vía de entrada se debe a la falta de uso de equipo de protección personal y aunque el carbón activado no es corrosivo, como cualquier material particulado puede causar desde irritaciones leves hasta conjuntivitis graves.

2.-Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas: En base a la experiencia industrial y los datos disponibles no se esperan efectos adversos sobre la salud por la exposición al carbón activado.

3.-Efectos inmediatos y retardados, así como efectos crónicos producidos por una exposición a corto y largo plazo: En base a la experiencia industrial y los datos disponibles no se esperan efectos adversos sobre la salud por la exposición al carbón activado.

4.-Medidas numéricas de toxicidad (tales como estimaciones de toxicidad aguda): No se cuenta con la información disponible.

5.-Efectos interactivos: No se cuenta con la información disponible.

6.-Cuando no se disponga de datos químicos específicos: No se dispone de datos específicos.

Sección 12	Información ecotoxicológica
------------	-----------------------------

1.-Toxicidad: No tóxico. La sustancia es altamente insoluble en agua y es improbable que la sustancia atraviese las membranas biológicas, no se conocen efectos ecotoxicológicos adversos.

2.-Persistencia y degradabilidad: No se espera que se degrade.

3.-Potencial de bioacumulación: Debido a las propiedades físico químicas del carbón activado no se espera que presente bioacumulación.

4.-Movilidad en el suelo: No se espera que migre, El carbón activado es insoluble.

5.-Otros efectos adversos: No se cuenta con información disponible.



DOCUMENTO # HDS - 03-E	VERSION 03
PAGINA 5 / 8	FECHA DE REVISIÓN 12/06/20

Sección 10	Estabilidad y reactividad
------------	---------------------------

Reactividad: Este producto se considera estable bajo condiciones específicas de uso, almacenamiento y embarque.

Estabilidad química: El carbón activado es estable bajo condiciones ambientales normales de presión y temperatura por lo que no requiere de sustancias estabilizadoras o inhibidoras para mantenerse estable.

Posibilidad de reacciones peligrosas: El carbón activado es un producto químicamente estable por lo que no reacciona o polimeriza ni libera presión en exceso o genera otras condiciones peligrosas.

Condiciones que deberán evitarse: Durante su almacenamiento evite el calor extremo y las condiciones de humedad altas.

Materiales incompatibles: En contacto con oxidantes fuertes tales como ozono, oxígeno líquido, cloro, permanganato puede resultar una combustión rápida. También evite el contacto con ácidos fuertes.

Productos de descomposición peligrosos: Monóxido de carbono y dióxido de carbono.

Sección 11	Información toxicológica
------------	--------------------------

Toxicidad aguda: No clasificado. No se dispone de datos.

Corrosión / irritación cutánea: No clasificado. No se dispone de datos.

Lesión ocular grave/ irritación ocular: No clasificado. No se dispone de datos.

Sensibilización respiratoria o cutánea: No clasificado. No sensibilizante en base al ensayo del nódulo linfático local (OCDE 429)

Mutagenicidad en células germinales: No clasificado. No se dispone de datos.

Carcinogenicidad: No clasificado. No se dispone de datos.

Toxicidad para la reproducción: No clasificado. No se dispone de datos.

TSEOB-exposición única: No clasificado. No se dispone de datos.

TSEOB exposición repetida: No clasificado. No se dispone de datos.

Peligro por aspiración: En base a la experiencia industrial y los datos disponibles, no se espera riesgo por aspiración.

CLARIMEX, S.A. DE C.V.
TEL: (+52 55) 5390 8711 www.clarimex.com • ventasmex@clarimex.com • ventasexport@clarimex.com



DOCUMENTO # HDS - 03-E	VERSION 03
PAGINA 8 / 8	FECHA DE REVISION 12/06/20

Sección 15	Información reglamentaria
-------------------	----------------------------------

1.-Disposiciones específicas sobre seguridad, salud y medio ambiente para las sustancias o mezclas de que se trate:

Clasificación de peligro

I.- México: NOM-018-STPS-2000 / 2015 : No peligroso

II.-Estados unidos: OSHA (29CFR 1910.1200): No Peligroso

III.-Canada: Clasificación WHMIS-Servicios de información sobre materiales peligrosos en el trabajo - Workplace Hazardous Material information service (CPR, SOR/88-66): No controlado.

Se indica que el carbón activado no es objeto de prohibición por restricción en México y países a los que se suministra.

Sección 16	Otra información incluidas las relativas a la preparación y actualización de las hojas de datos de seguridad
-------------------	---

1.-Descripción de las abreviaturas

ND: No determinado

NA: No aplica

CAS: Chemical Abstracts Service

RIT: Reglamento sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por ferrocarril.

ONU: Organización de las naciones unidas.

HDS: Hoja de datos de seguridad

MARPOL: Convenio internacional para prevenir la contaminación de los buques.

SETIQ: Servicio de emergencia en el transporte de la industria química.

ADR: Acuerdo europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por vía terrestre.

OCDE: Organización de cooperación y desarrollo económicos.

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional

IATA: Asociación de Transporte Aéreo Internacional

IMDG: Código marítimo internacional de mercancías peligrosas

Esta hoja de datos de seguridad fue elaborada de conformidad con el NOM-018-STPS-2015 Sistema Armonizado para la Identificación y Comunicación de Peligros y Riesgos por Productos Químicos Peligrosos en los Lugares de Trabajo, así como NMX-R-019- SCFI-2011, Sistema Armonizado de Clasificación y Comunicación de Los productos químicos.

Control de cambios:

Versión 0 (30/05/18): Se unifica hoja de seguridad origen lignita, bituminosa y vegetal.

Versión 1 (08/05/19): Re-aprobada sin cambios.

Versión 2 (26/09/19): Se cambia # documento antes 14 ahora 3-E, adecuación al número de emergencia SETIQ.

Versión 3 (12/06/20): Se incluye en sección 1 el PAH 4 y 7.

NOTA: La información se considera correcta pero no es exhaustiva y se utilizara únicamente como orientación, la cual esta basada en el conocimiento actual de la sustancia química o mezcla y es aplicable a las precauciones de seguridad apropiadas para el producto.



DOCUMENTO # HDS - 03-E	VERSION 03
PAGINA 7 / 8	FECHA DE REVISIÓN 12/06/20

Sección 13	Información relativa a la eliminación de los productos
-------------------	--

1.-Metodo de eliminación: El carbón activado, en su estado original, no es un material peligroso o residuo peligroso. Siga las regulaciones gubernamentales aplicables para la eliminación de residuos.

El carbón activado usado puede ser clasificado como residuos peligrosos según la aplicación. Siga los reglamentos aplicables para su eliminación.

Debe evitarse la formación de polvo a partir de los residuos de los envases y asegurar una protección adecuada a los trabajadores. Almacenar el material de empaque usado en recipientes confinados. El reciclaje o reactivación es otra posibilidad de alternativa viable para su disposición.

Sección 14	Información relativa al transporte
-------------------	------------------------------------

El carbón activado se encuentra en la relación de mercancías peligrosas emitida por ONU bajo el numero 1362, sin embargo, de acuerdo a lo establecido en disposiciones especiales (numero 646 en el ADR y numero 925 en el código IMDG) el carbón activado por vapor de agua no esta sometido a las disposiciones especificadas en cada uno de ellos, por lo cual NO se considera material peligroso.

1.-Numero ONU: NA

2.-Designación oficial de transporte:

I.-NOM-002-SCT-2011. La determinación para designación oficial para el transporte deberá realizarse conforme a lo indicado en las tablas 1 y 2 de la norma oficial mexicana mencionada.

II.-DOT Departamento de los Estados Unidos de Norteamérica

III.-Y las siguientes designaciones oficiales de transporte no regulado: ADR (terrestre), RID (ferrocarril), OACI (aéreo), IATA (aéreo), IMDG (marítimo)

IV.-MARPOL (marítimo) : Convenio Internacional.

3.-Clase (s) relativas al transporte: NA

4.-Grupo de embalaje / envasado: NA

5.-Riesgos ambientales: El carbón activado no es un contaminante marino conocido.

6.-Transporte a granel con arreglo al anexo II de MARPOL 73/78 y al código IBC: NA

Sección 15	Información reglamentaria
-------------------	---------------------------

1.-Disposiciones específicas sobre seguridad, salud y medio ambiente para las sustancias o mezclas de que se trate:

No está clasificado como peligroso. No se cuenta con información de que el carbón activado este sometido a algún protocolo o convenio internacional.

Anexo N° 02:

PLAN DE PRUEBAS CON CARBON ACTIVADO DE PLANTA

OBJETIVOS:

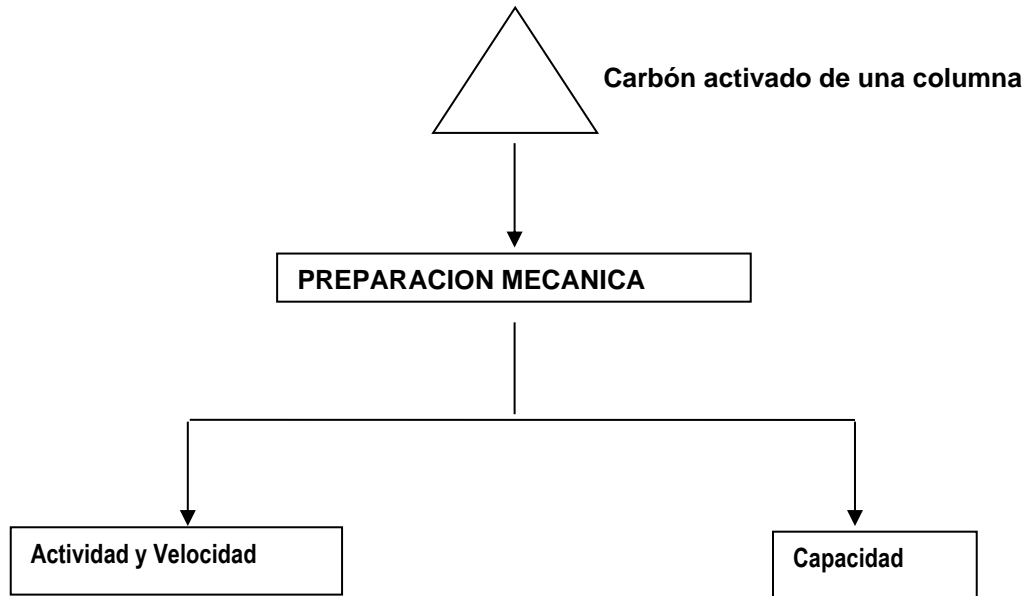
- Realizar pruebas metalúrgicas de adsorción de oro (actividad, velocidad, y capacidad) en el equipo Prueba de Jarras, con muestras de carbón de las columnas de la Planta.
- Evaluar y determinar en los tres carbones de las columnas C-1, C-2 y C-3; el carbón más activo (%), el que tiene mayor velocidad (mg Au/g Carbón*hora) y capacidad de carga (kg Au/TM carbón).

METODOLOGÍA A APLICAR:

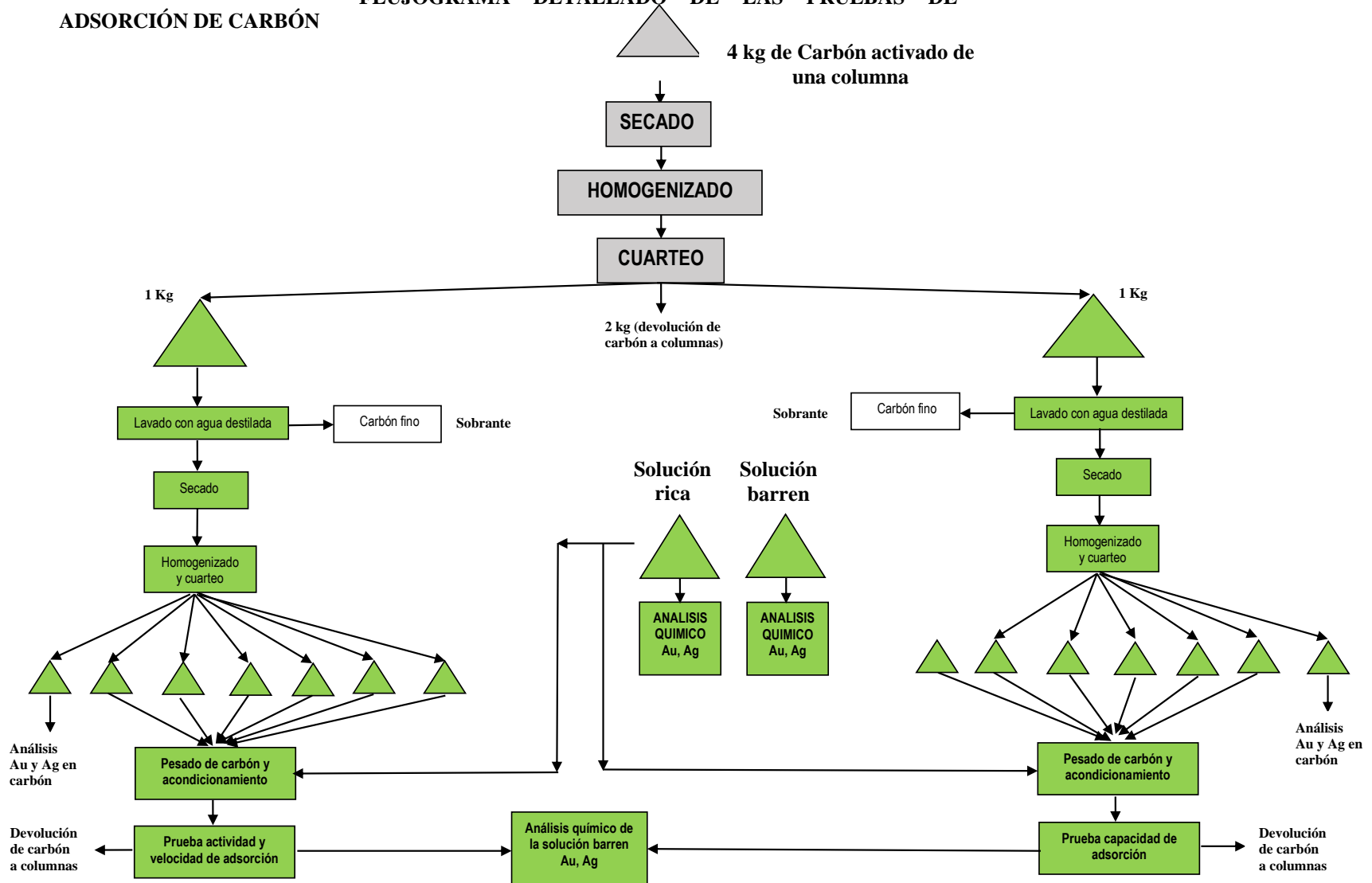
- Las pruebas de actividad se realizarán utilizando una modificación al procedimiento estándar de Newmont, en el cual se utilizará solución rica/barren en contacto con 0.50 g de carbón, y se compararán las pendientes de la curva del logaritmo de la concentración de oro en solución en función del tiempo. De esta información se determinará también la velocidad de adsorción de oro (R).
- Para las pruebas de capacidad también se utilizará una modificación al procedimiento de Newmont, en el cual se utilizará solución rica/barren. Se tomarán volúmenes de 100 ml de solución y pesos de carbón entre 0.2 y 1.0 gramo, agitándose mecánicamente a 150 rpm durante 4 horas. Luego se graficará la concentración de oro en el carbón en función de la concentración de oro en solución.

PRUEBAS METALURGICAS:

Para las pruebas metalúrgicas se utilizará muestras representativas de carbón activado de las columnas C-1, C-2 y C-3, las cuales seguirán el siguiente procedimiento de preparación mecánica.



FLUJOGRAMA DETALLADO DE LAS PRUEBAS DE ADSORCIÓN DE CARBÓN



2.1 PREPARACION DE LA MUESTRA

- Muestrear aproximadamente 4 kg de carbón de cada columna de la Planta DX, colocar en una bolsa plástica transparente, cerrar la bolsa y codificarla.
- Lavar el carbón con agua destilada para eliminar los finos.
- Vaciar la muestra de carbón en una bandeja de acero inoxidable limpia y colocarla en el horno de secado a una temperatura de 150 °C durante 18 horas.
- Retirar la bandeja del horno y dejar enfriar.
- Homogenizar y cuartear hasta un peso aproximado de 1 kg.
- Homogenizar y cuartear la muestra obteniendo ocho cuarteos de 50 gramos.
- Dos porciones de 50 gramos, enviar a laboratorio químico para ensayos de Au, Ag.
- Las otras seis porciones se utilizarán en las pruebas de adsorción de oro.
- Los sobrantes colocarlos en sus respectivas bolsas para su posterior devolución.
- Evitar quebrar los carbones a la hora de manipularlos ya que es importante mantener su granulometría.

2.2 MUESTREO DE SOLUCIONES CIANURADAS

- Muestrear aproximadamente 10 litros de solución rica de Planta MC y coger una muestra de 200 ml para enviar a laboratorio químico para ensayos de Au, Ag, mediciones de NaCN y pH.

- Muestrear aproximadamente 10 litros de solución barren de la POZA DE MAYORES EVENTOS y coger una muestra de 200 ml para enviar a laboratorio químico para ensayos de Au, Ag, mediciones de NaCN y pH.

2.3 PESAR CARBON

- Codificar vasos de 100 ml de acuerdo al código asignado a la muestra de carbón.
- En la balanza analítica pesar 0.50 g de carbón en su respectivo vaso codificado.

2.4 PREPARAR SOLUCIÓN CIANURADA DE ACONDICIONAMIENTO

- El volumen de solución de acondicionamiento a preparar depende de la cantidad de muestras (aprox. 40 ml por muestra).
- Preparar la solución cianurada con agua destilada a 0.5 g/L de NaOH y 0.5 g/L de NaCN.

2.5 SATURAR EL CARBON CON SOLUCIÓN CIANURADA

- Agregar solución cianurada de acondicionamiento a los vasos conteniendo los pesos de 0.50 g de carbón.
- El carbón debe quedar completamente sumergido en solución.
- Tapar los vasos y dejar remojar el carbón mínimo por 8 horas.

2.6 HABILITAR MATERIALES Y EQUIPOS PARA LA PRUEBA

- Lavar vasos de 1 L y jeringas (uno por muestra) y enjuagarlos con un poco de solución rica/barren, finalmente codificarlos de acuerdo al código asignado.
- Codificar probetas de 50 ml (uno por cada muestra y monitoreo) y colocarlos ordenadamente en una gradilla.

- Programar el equipo de jarras PHIPS & BIRD a 150 RPM y 15 minutos de agitación.

2.7 PREPARAR MUESTRA Y SOLUCION PARA LA PRUEBA

- Pesar 1 litro de solución rica/barren en cada vaso e ir colocándolos en el equipo de agitación.
- Luego de 8 horas de remojo del carbón, desechar toda la solución del vaso, vaciar todo el carbón sobre papel toalla, secarlo untando el papel sobre el carbón y colocar el carbón seco en papel limpio previamente codificado.
- Una vez secadas todas las muestras, agregar cada muestra de carbón a su respectivo vaso de 1 litro. Hacer esto en forma rápida y consecutiva.
- Encender equipo de agitación para iniciar la prueba.

2.8 REALIZAR MONITOREOS

- Los tiempos de monitoreo son cada 15 minutos, es decir a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 minutos.
- Al monitorear, apagar el equipo de agitación, enjuagar la jeringa con la misma solución que se va a muestrear, tomar aproximadamente 20 ml de solución y colocarlo en su respectiva probeta codificada.
- Enviar las muestras a Laboratorio Químico para ensayos de Au, Ag, mediciones de NaCN y pH.
- Desechar la solución de los vasos en el lavadero de solución cianurada y colocar los carbones utilizados en sus respectivos contenedores originales para su posterior devolución.
- Lavar, secar y guardar equipos y materiales usados durante la prueba.

Anexo n°3:

- Validación de instrumento experto n°1

Informe de validación de instrumento

- 1. Denominación del instrumento**
 - Ficha de registro de recuperación de oro y velocidad de absorción de las pruebas con carbón activado
 - Ficha de porcentaje de recuperación de oro y velocidad de absorción para cada carbón activado
 - Ficha de velocidad de adsorción para cada muestra de carbón activado

- 2. Variable investigada en el instrumento**
 - Recuperación de oro de un carbón desorbido

- 3. Nombre del autor del instrumento**

Jambo Espinoza Willi Omar

- 4. Datos del experto que validan el instrumento**

Experto (a) 1
Apellidos y nombres: MARTÍNEZ ROMÁN CLAUDIO CÉSAR
Grado académico: INGENIERO METALÚRGISTA

Plantilla de validación de instrumento

Validación de los tres instrumentos indicados en el ítem 1

La presente plantilla tiene por objetivo aportar información para identificar el nivel de validación del instrumento, por lo expertos:

Gracias por su colaboración

Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
1.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
1.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.3.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.4.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
2.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
2.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
3.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
3.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
4.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
5.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
5.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.3.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
6.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
6.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6.3.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
7.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
7.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7.3.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Experto (a) N° : **1**
 Apellidos y nombres del (a) experto (a) : **MARTÍNEZ ROMÁN CLAUDIO CÉSAR**
 Grado académico/ Universidad : **INGENIERO METALÚRGISTA**
 Institución donde actualmente labora : **UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**
 Firma, Sello y DNI del (a) experto (a) :



Firma y Huella del experto
Apellidos y nombres: Martínez Román Claudio César
DNI: 73699350
CIP: 227537

Marcona, 11 de julio del 2021

Tabla de validación

Indicador	Cuestionario	De manera adecuada por completo	En su gran mayoría	De ninguna manera
Congruencia /relevancia	Los ítems del instrumento representan el dominio o universo de contenido de la propiedad (variable) que se desea medir	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	El instrumento responde al propósito de la investigación (planteamiento del problema)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	El instrumento responde a la variable de estudio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Las dimensiones consideradas representan a la variable de estudio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Los indicadores definidos representan a la variable de estudio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Los ítems especificados corresponden a los indicadores planteados	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Indicador	Cuestionario	De manera adecuada por completo	En su gran mayoría	De ninguna manera
Claridad en la redacción	Los ítems están formuladas con un lenguaje apropiado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Los ítems están redactados en forma precisa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Los ítems están redactados en forma clara	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Los ítems se presentan de forma lógica	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	La estructura que presenta el instrumento facilita la opción de respuesta	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Las indicaciones son entendibles	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sugerencias

Anotaciones, críticas o recomendaciones para mejorar el instrumento:

Resultado de la validación

Mediante el presente documento doy fe que he analizado el instrumento y cumple adecuadamente con producir un rango de respuestas que representan los universos respectivos de cada constructo mental o conceptual a ser medido según los objetivos propuestos y el proceso de operacionalización de las variables, éste último desde la definición conceptual de las variables, su definición operacional, y finalmente la elaboración de sus indicadores.

Expido el presente documento para los fines pertinentes.



Firma y Huella del experto
Apellidos y nombres: Martínez Román Claudio César
DNI: 73699350
CIP: 227537

Marcona, 11 de julio del 2021

- **Validación de instrumento experto n°2**

Informe de validación de instrumento

1. Denominación del instrumento

- Ficha de registro de recuperación de oro y velocidad de absorción de las pruebas con carbón activado
- Ficha de porcentaje de recuperación de oro y velocidad de absorción para cada carbón activado
- Ficha de velocidad de adsorción para cada muestra de carbón activado

2. Variable investigada en el instrumento

- Recuperación de oro de un carbón desorbido

3. Nombre del autor del instrumento

Jambo Espinoza Willi Omar

4. Datos del experto que validan el instrumento

Experto (a) 2

Apellidos y nombres: FERNANDEZ ULLOA MARYURI LUCERITO

Grado académico: INGENIERO METALÚRGISTA

Plantilla de validación de instrumento

Validación de los tres instrumentos indicados en el ítem 1

La presente plantilla tiene por objetivo aportar información para identificar el nivel de validación del instrumento, por lo expertos:

Gracias por su colaboración

Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
1.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
1.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.3.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.4.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
2.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
2.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
3.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
3.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
4.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
5.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
5.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.3.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
6.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
6.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6.3.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
7.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
7.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7.3.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Experto (a) N° : 2
 Apellidos y nombres del (a) experto (a) : FERNANDEZ ULLOA MARYURI LUCERITO
 Grado académico/ Universidad : INGENIERO METALÚRGISTA
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
 Institución donde actualmente labora : JONGOS EIRL
 Firma, Sello y DNI del (a) experto (a) :




Firma y Huella del experto
 Apellidos y nombres: FERNANDEZ ULLOA MARYURI LUCERITO
 DNI: 70364380
 CIP: 225618

La Libertad, 12 de julio del 2021

Tabla de validación

Indicador	Cuestionario	De manera adecuada por completo	En su gran mayoría	De ninguna manera
	Los ítems del instrumento representan el dominio o universo de contenido de la propiedad (variable) que se desea medir	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	El instrumento responde al propósito de la investigación (planteamiento del problema)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Congruencia /relevancia	El instrumento responde a la variable de estudio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Las dimensiones consideradas representan a la variable de estudio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Los indicadores definidos representan a la variable de estudio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Los ítems especificados corresponden a los indicadores planteados	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Indicador	Cuestionario	De manera adecuada por completo	En su gran mayoría	De ninguna manera
	Los ítems están formuladas con un lenguaje apropiado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Los ítems están redactados en forma precisa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Claridad en la redacción	Los ítems están redactados en forma clara	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Los ítems se presentan de forma lógica	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	La estructura que presenta el instrumento facilita la opción de respuesta	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Las indicaciones son entendibles	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sugerencias

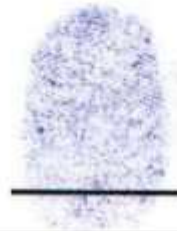
Anotaciones, críticas o recomendaciones para mejorar el instrumento:

Resultado de la validación

Mediante el presente documento doy fe que he analizado el instrumento y cumple adecuadamente con producir un rango de respuestas que representan los universos respectivos de cada constructo mental o conceptual a ser medido según los objetivos propuestos y el proceso de operacionalización de las variables, éste último desde la definición conceptual de las variables, su definición operacional, y finalmente la elaboración de sus indicadores.

Exipdo el presente documento para los fines pertinentes.

Firma, Sello y DNI del
(a) experto (a) :



Firma y Huella del experto
Apellidos y nombres: FERNANDEZ ULLOA MARYURI
LUCERITO
DNI: 70364380
CIP: 225618

La Libertad, 12 de julio del 2021

- **Validación de instrumento experto n°3**

Informe de validación de instrumento

1. Denominación del instrumento

- Ficha de registro de recuperación de oro y velocidad de absorción de las pruebas con carbón activado
- Ficha de porcentaje de recuperación de oro y velocidad de absorción para cada carbón activado
- Ficha de velocidad de adsorción para cada muestra de carbón activado

2. Variable investigada en el instrumento

- Recuperación de oro de un carbón desorbido

3. Nombres de los autores del instrumento

- Jambo Espinoza Willi Omar

4. Datos del experto que validan el instrumento

Experto (a) 3

Apellidos y nombres: López Sánchez Jean Carlos Javier

Grado académico: Ingeniero Metalúrgico

Plantilla de validación de instrumento

Validación de los tres instrumentos indicados en el ítem 1

La presente plantilla tiene por objetivo aportar información para identificar el nivel de validación del instrumento, por lo expertos:

Gracias por su colaboración

Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
1.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
1.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.3.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.4.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
2.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
2.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
3.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
3.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
4.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
5.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
5.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.3.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
6.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
6.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6.3.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Indicador	Congruencia		Claridad de redacción		Sesgo de información		Observación
	No	Sí	No	Sí	No	Sí	
7.1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
7.2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7.3.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Experto (a) N° : 3
 Apellidos y nombres del (a) experto (a) : Lopez Sanchez Jean Marco Javier
 Grado académico/ Universidad : Ingeniero Metalurgista
 Institución donde actualmente labora : EMCZ CONSULTING SAC / U.N. Yanacocha
 Firma, Sello y DNI del (a) experto (a) :


 Firma y Huella del experto:
 Apellidos y nombres: Lopez Sanchez Jean Marco Javier
 DNI: 74075669
 CIP: 246209

Cajamarca, 23 de junio del 2021

Tabla de validación

Indicador	Cuestionario	De manera adecuada por completo	En su gran mayoría	De ninguna manera
Congruencia /relevancia	Los ítems del instrumento representan el dominio o universo de contenido de la propiedad (variable) que se desea medir	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	El instrumento responde al propósito de la investigación (planteamiento del problema)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	El instrumento responde a la variable de estudio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Las dimensiones consideradas representan a la variable de estudio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Los indicadores definidos representan a la variable de estudio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Los ítems especificados corresponden a los indicadores planteados	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Indicador	Cuestionario	De manera adecuada por completo	En su gran mayoría	De ninguna manera
Claridad en la redacción	Los ítems están formuladas con un lenguaje apropiado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Los ítems están redactados en forma precisa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Los ítems están redactados en forma clara	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Los ítems se presentan de forma lógica	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	La estructura que presenta el instrumento facilita la opción de respuesta	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Las indicaciones son entendibles	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sugerencias

Anotaciones, críticas o recomendaciones para mejorar el instrumento:

Resultado de la validación

Mediante el presente documento damos fe que hemos analizado el instrumento y cumple adecuadamente con producir un rango de respuestas que representan los universos respectivos de cada constructo mental o conceptual a ser medido según los objetivos propuestos y el proceso de operacionalización de las variables, éste último desde la definición conceptual de las variables, su definición operacional, y finalmente la elaboración de sus indicadores.

Expedimos el presente documento para los fines pertinentes.



Firma y Huella del experto

Apellidos y nombres: *Lopez Sanchez Jeon Marco Javier*
DNI: *74075669*
CIP: *246209*