

ARTÍCULOS ORIGINALES

INGENIERÍA DE QUÍMICA Y METALURGIA

RECONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MESA CONCENTRADORA GRAVIMÉTRICA Y DETERMINACIÓN DEL RANGO DE VARIABLES RELEVANTES DE OPERACIÓN

Pedro Inga Zaratea, Luis Alberto Cossio Herreraa, Robert Álvarez Riveraa, Donato Condea

Escuela de Ingeniería Química,
Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (Perú),
Av. Universitaria S/N, Ayacucho, código postal 12351-456, Peru.
E-mail: pedro.inga@unsch.edu.pe

RESUMEN

El objetivo general del trabajo fue reconstruir y poner en marcha la mesa concentradora gravimétrica construida en la UNSCH y determinar el rango de las variables relevantes de operación. Y como objetivos específicos: Diseñar el mecanismo de movimiento vibratorio vertical a movimiento vibratorio horizontal de la mesa concentradora gravimétrica para concentrar minerales metálicos deseados. Adecuar la velocidad de vibración horizontal de la mesa concentradora gravimétrica para concentrar minerales metálicos deseados. Determinar los parámetros de operación de los modelos Wilfley y Deister para concentrar minerales metálicos deseados. El tipo de investigación fue aplicativo y tecnológico. El nivel de investigación fue experimental tecnológico. El método analítico comparativo. El diseño fue explicativo experimental. El muestreo fue puntual y compuesto. Se cumplió con el objetivo general y los objetivos específicos, realizándose 2 pruebas usando como fluido el agua, observando con ello el proceso de concentración gravimétrica. El rango de las variables relevantes de operación son: Geometría del tablero de la mesa (rectangular y trapezoidal), grado de inclinación transversal del tablero (de 5° a 9° y de 2° a 10°), frecuencia de r.p.m. (270 r.p.m. a 338 r.p.m.), caudal de agua de lavado (regulable con 2 llaves), granulometría del mineral (Malla 20), (densidad de pulpa (% de solidos), tiempo de operación. Se recomienda continuar con otras investigaciones en el rubro de la concentración gravimétrica, en vista que se cuenta con la mesa concentradora gravimétrica operativa.

Palabras claves. Mesa concentradora gravimétrica, Wilfley, Deister

RECONSTRUCTION AND COMMISSIONING OF A GRAVIMETRIC CONCENTRATOR TABLE AND DETERMINATION OF THE RANGE OF RELEVANT OPERATING VARIABLES

ABSTRACT

The general objective of the work was to rebuild and start up the gravimetric concentrator table built at UNSCH and to determine the range of the relevant operating variables. And as specific objectives: Design the mechanism of vertical vibratory movement to horizontal vibratory movement of the gravimetric concentrating table to concentrate desired metallic minerals. Adapt the horizontal vibration speed of the gravimetric concentrator table to concentrate desired metallic minerals. Determine the operating parameters of the Wilfley and Deister models to concentrate desired metallic minerals. The type of research was applicative and technological. The research level was technological experimental. The comparative analytical method. The design was explanatory and experimental. The sampling was punctual and compound. The general objective and the specific objectives were met, carrying out 2 tests using water as fluid, thereby observing the gravimetric concentration process. The range of relevant operating variables are: Geometry of the tabletop (rectangular and trapezoidal), degree of transverse inclination of the tabletop (from 5° to 9° and from 2° to 10°), frequency of r.p.m. (270 rpm to 338 rpm), wash water flow (adjustable with 2 keys), mineral granulometry (20 mesh), (pulp density (% solids), operating time ... It is recommended to continue with other investigations in the heading of gravimetric concentration, in view of the fact that the gravimetric concentrator table is operative

Keywords. Gravimetric concentrator table, Wilfley, Deister

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (2017), Ramírez (2017) y otros autores, la contaminación relacionada a la extracción y procesamiento del oro es una de las actividades que causa más preocupación ambiental, debido a que vierten millones de toneladas al año de reactivos como el cianuro o el mercurio. El impacto ambiental producido por la minería informal y artesanal del oro afecta ecosistemas y consecuentemente las actividades humanas que anteriormente se desarrollaban en estos lugares. A nivel mundial más de la mitad del oro producido tiene impactos negativos para el medio ambiente.

En Perú, el departamento de Ayacucho, según los anuarios estadísticos (2016, 2017, 2018, 2019) del Ministerio de Energía y Minas del Perú, es el 5to mayor productor de oro y plata. El año 2017 se consiguió formalizar en el departamento de Ayacucho a 1500 pequeños mineros y mineros artesanales ubicados principalmente en la zona sur de Ayacucho, siendo esta circunscripción en la que se estaría produciendo contaminación ambiental desde mucho tiempo.

En este sentido es necesario tomar conciencia de la importancia de este problema para disminuir la contaminación, aportando con diferentes estrategias ambientales tales como el reciclaje de productos con contenido de oro, para así ser reutilizados dentro de un esquema de economía circular. Además de estrategias de reciclaje existen otras formas de reducir la contaminación producida por la minería del oro, una de ellas es el uso de equipos que, incorporados a la minería artesanal puede ser de suma importancia para la minimizar la contaminación. El presente trabajo de investigación, permitirá abordar el problema de la contaminación a causa de que en las operaciones mineras se usan reactivos contaminantes como el cianuro o el mercurio.

En cuanto a la mesa concentradora gravimétrica se ha tenido como referencia los trabajos realizados por Pérez (2007), Mamani (2018), Gastelu (2018). El presente trabajo tiene como objetivo reconstruir y poner en marcha una mesa concentradora gravimétrica construida en la UNSCH con la finalidad de determinar las variables de operación, por lo que se modificó el mecanismo de movimiento vibratorio vertical a movimiento vibratorio horizontal, velocidad de vibración horizontal, para finalmente determinar del rango de variables relevantes de operación con los 2 modelos: Wifley y Deister.

METODOLOGÍA

Se realizó la reconstrucción y puesta en marcha de una mesa concentradora gravimétrica construido en la UNSCH para determinación de variables de operación con fines didácticos y de investigación. La mesa gravimétrica es un equipo cuya función es concentrar minerales metálicos deseados. La operación de este equipo no utilizará reactivos químicos como el cianuro o mercurio por lo que tiene ventaja ambiental ante la ventaja ante otros procesos para la recuperación de minerales.

Esta mesa concentradora gravimétrica se encontraba parcialmente construida, por lo que se realizaron modificaciones de diseño y posteriormente pruebas, ensayos, tomas de muestras y análisis para obtener parámetros que nos permitan tener un rango de operabilidad. La elaboración de

base de datos se hará en la hoja de cálculo y los resultados se presentarán usando tablas pertinentes.

El presente estudio corresponde al tipo de investigación aplicativo y tecnológico, porque se modificó el diseño, se instaló y se puso en marcha la mesa concentradora gravimétrica construido en la UNSCH y se determinó las variables óptimas de operación con fines de mejora en los aspectos didácticos, funcionabilidad y económico en el proceso de recuperación de oro a partir de minerales auríferos. El nivel de investigación es teórico-experimental, porque se aplicará un conjunto de modificaciones de diseño y pruebas de concentración gravimétrica con muestra de minerales.

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron: una wincha, eclímetro, balanza, cronometro, probeta graduada, zarandas. La reconstrucción de la concentradora gravimétrica fue hecha en el “Taller Electromecánico Holger K. Hansen” y en el Laboratorio de Metalurgia de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Los parámetros evaluados fueron la geometría del tablero de la mesa, forma y distribución de los rifles, granulometría del mineral, densidad de pulpa (porcentaje de sólidos), frecuencia de golpes (rpm), frecuencia de la vibración (Hertz), grado de inclinación transversal del tablero, caudal de agua de lavado, tiempo de operación. Estos parámetros fueron modificados con la finalidad de obtener una mejor cantidad y calidad de recuperación de concentrado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Reconstrucción de la mesa concentradora gravimétrica

En cuanto a la reconstrucción de la mesa concentradora gravimétrica, se presenta los cálculos obtenidos, para tener ya la mesa reconstruida, en cuanto al accesorio de regulador de velocidad, se solucionó con el cambio de polea, el cual se colocó, y que nos permite reducir la velocidad en la mesa concentradora gravimétrica

Cuando se hizo la prueba con el concentrador gravimétrico, se observó que el movimiento de la mesa era vertical. Lo correcto es que el movimiento debe ser horizontal, por lo que se tuvo que hacer las modificaciones



Figura 1 . En la prueba inicial la mesa concentradora tenía un movimiento vertical



Figura 2. Equipo a ser modificado: (a) izquierda, estructura de la mesa gravimétrica; (b) derecha, tablero superior.

3.2 Especificaciones técnicas del equipo construido

La mesa concentradora gravimétrica, inicialmente construida en el taller electromecánico, tenía las siguientes

especificaciones técnicas, tal como se muestra en la Tabla 1, sin embargo estas fueron reajustadas

Tabla 1. Especificaciones técnicas iniciales de la mesa concentradora gravimétrica construido.

Descripción	Características
Designación	Mesa concentradora gravimétrica
Tipo de tablero	Intercambiable (Tipo Wifley y Deister)
Capacidad de producción	48 Kg/h aproximadamente
Angulo de inclinación	Regulable (desde 0° a 10°)
Voltaje	220 / 380 V
Amperaje	2.08 /3.5 A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad de golpe (rpm)	450
Longitud de golpe	4 cm
Frecuencia de vibración	2.5 Hz
Potencia	1 HP

Fuente: Elaboración propia

3.3 Reconstrucción y dimensionamiento

La finalidad es reconstruir una mesa concentradora gravimétrica para la operación, con una capacidad de producción de 3.0 kg/batch. Se cuenta con 2 modelos el

Wifley y el Deister. En el modelo Wifley los rifles son paralelos al lado más largo de la mesa, en el modelo Deister los rifles tienen un ángulo de inclinación.

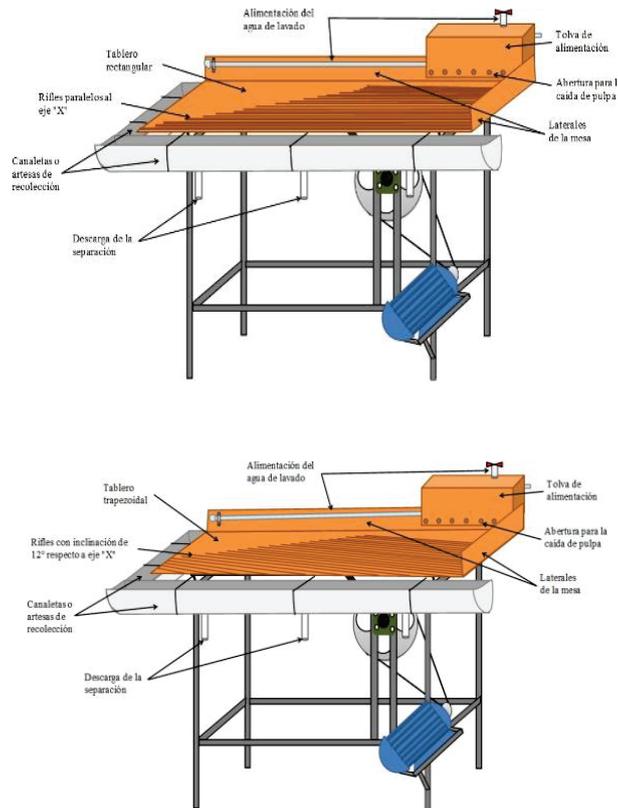


Figura 3: Equipo concentrador gravimétrico: (a) tablero tipo Wilfley; (b) tablero tipo Deister. (Fuente: Elaboración propia)

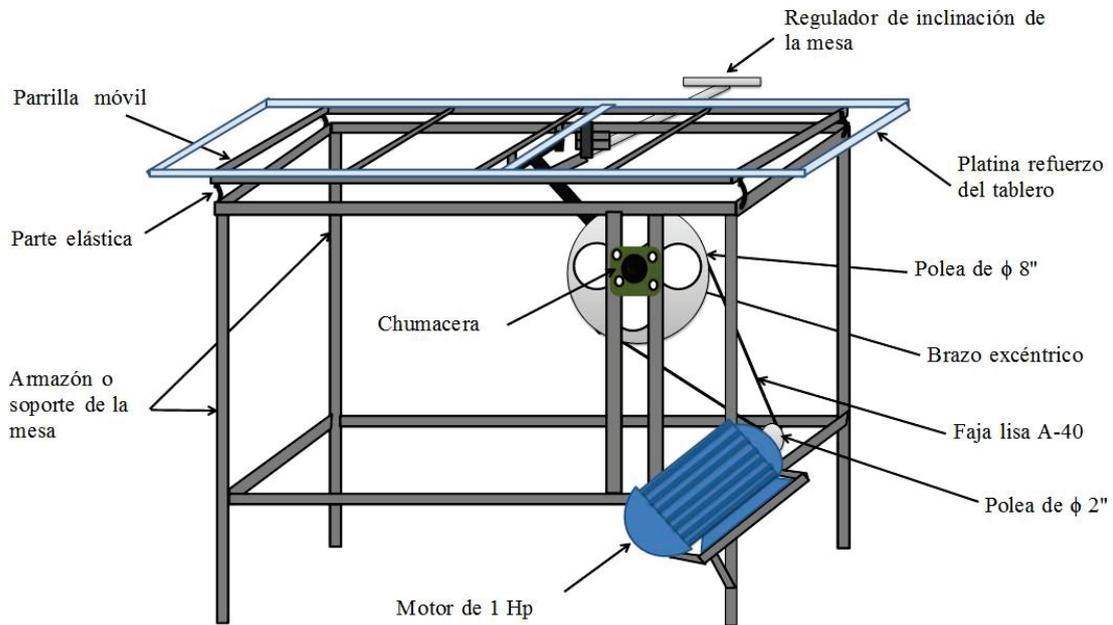


Figura 4. Estructura metálica completa de la mesa (Fuente: Elaboración propia)

3.4 Reconstrucción del concentrador gravimétrico

3.4.1. Reducción de velocidad

La polea del motor es de 2 pulgadas y tiene 1800 rpm, después se comunica con una polea de 8 pulgadas y 450 rpm,

luego se comunica con una polea de 3 pulgadas y 450 rpm. Finalmente se tiene una polea de 4 pulgadas y 338 rpm

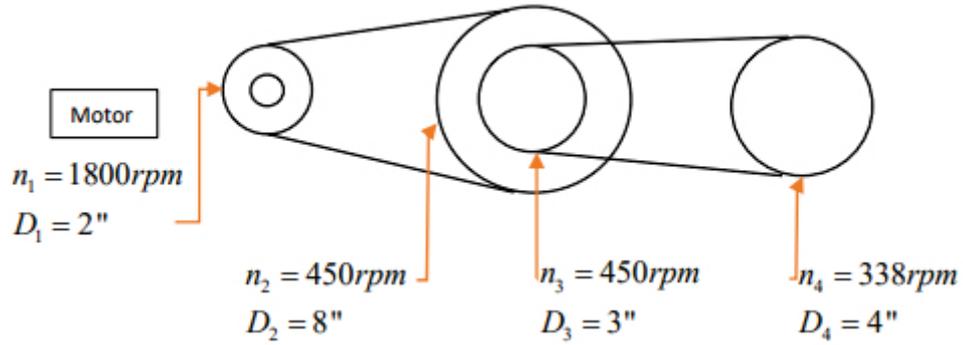
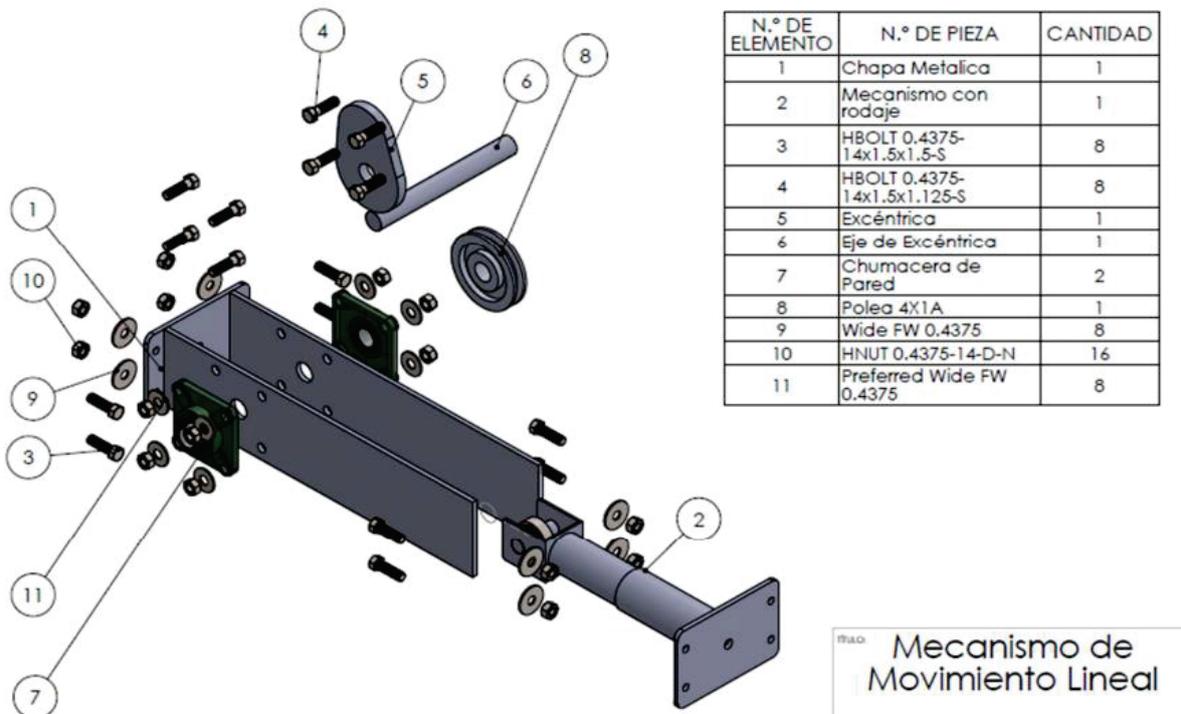


Figura 5 Diámetro y r.p.m. de las poleas de la mesa concentradora gravimétrica

3.4.2. Especificaciones a probar

Parámetros	Especificaciones técnicas	
	iniciales	a probar
Velocidad de golpe	450 rpm	270 - 338 rpm
Longitud de golpe	4 cm	1.27 - 3.17 cm
Angulo de inclinación	0 - 10 grados	0 - 10 grados

3.4.2.1 Mecanismo de movimiento lineal



Mecanismo de Movimiento Lineal

Se presenta el plano de construcción del mecanismo de movimiento lineal horizontal especificando el nombre de la pieza y las cantidades



Figura 7. Mesa concentradora reconstruida modelo Wilfley (rectangular) , antes de su instalación en el Laboratorio de Metalurgia de la UNSCH

3.4.2.2 Puesta en marcha de la mesa concentradora gravimétrica y determinación de variables óptimas de operación

En cuanto a la puesta en marcha de la mesa concentradora gravimétrica se ha podido solucionar el movimiento de la

mesa de vertical a horizontal, con la construcción del mecanismo de movimiento lineal, en la cual se utilizó 1 chapa metálica, 2 mecanismos de rodaje, 1 excéntrica, 1 eje de excéntrica, 2 chumaceras de pared, 1 polea y otros accesorios

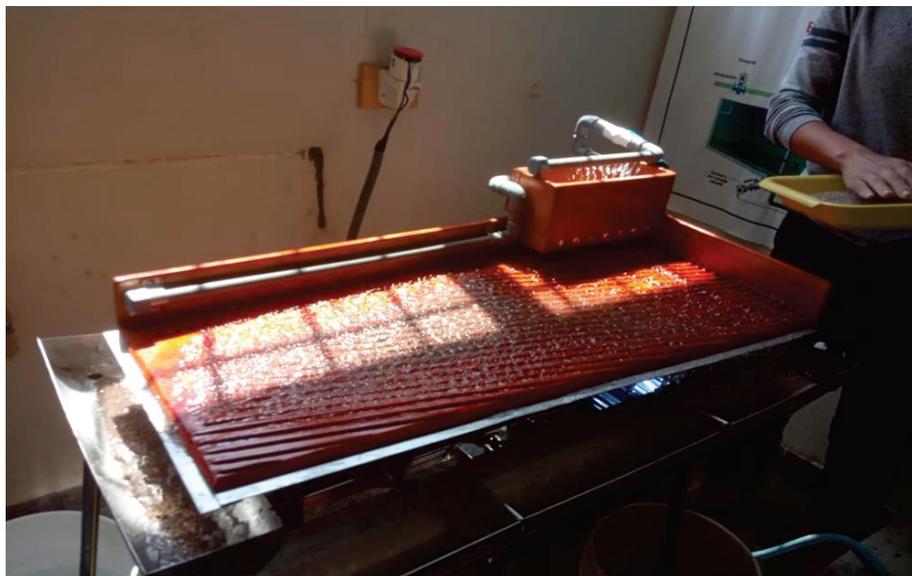


Figura 8. La mesa concentradora modelo trapezoidal , luego de fijar su instalación con pernos , se puso en marcha, realizándose las pruebas con los 2 tipos de modelo (Wilfley y Deister), verificando la puesta en marcha para observar las variables de relevantes de operación

En cuanto a la determinación del rango de variables relevantes de operación, se ha podido realizar 2 corridas por problemas de la pandemia del COVID 19.

Luego de las corridas se ha podido determinar el rango de las variables relevantes de operación, siendo estas: Geometría del tablero de la mesa (rectangular y trapezoidal), grado de

inclinación transversal del tablero , el ángulo de inclinación de 5° a 9° y de 2° a 10°), frecuencia de r.p.m. (270 r.p.m. a 338 r.p.m), caudal de agua de lavado (regulable con 2 llaves) , granulometría del mineral (Malla 20) , densidad de pulpa. En las corridas se ha usado como fluido el agua y no utiliza ningún reactivo contaminante como el cianuro o el mercurio



Figuras 9, 10. Mesa concentradora gravimétrica modificada e instalada en el Laboratorio de Metalurgia de la UNSCH.

CONCLUSIONES

1. El diseño inicial de la mesa concentradora gravimétrica se consiguió realizar la modificación del movimiento vertical a horizontal, construyendo el mecanismo de movimiento lineal
2. Para adecuar la velocidad de vibración horizontal, se realizó la reducción de la velocidad de la mesa concentradora inicial. La polea del motor es de 2 pulgadas y tiene 1800 rpm, después se comunica con una polea de 8 pulgadas y 450 rpm, luego se comunica con una polea de 3 pulgadas y 450 rpm. Finalmente se tiene una polea de 4 pulgadas y 338 rpm

3. Se ha puesto en operación los 2 tipos intercambiables de mesa Wilfley y Deister, determinando el rango de variables relevantes de operación : frecuencia de golpes (270 rpm - 338 rpm), frecuencia de la vibración (Hertz), grado de inclinación transversal del tablero (de 5° a 9°) y (de 2 a 10°)

CONCLUSIÓN FINAL

Finalmente se ha logrado reconstruir y poner en marcha los 2 modelos de mesa concentradora gravimétrica (Wilfley y Deister) para la recuperación de minerales metálicos, el cual usa como fluido el agua y no utiliza ningún reactivo contaminante como el cianuro o el mercurio



Figura 11 - Mesa concentradora gravimétrica en el cual se observa: el soporte de la mesa, la polea, el brazo excéntrico, la platina de refuerzo del tablero, la faja, el motor, las artesas de recolección, la descarga de la separación, el tablero de la mesa, la tolva de alimentación, la alimentación del agua de lavado.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por financiarnos el presente trabajo de investigación. Al Ing. Aquiles López La Serna, trabajador del Centro de Experimentación Taller Electro Mecánico de la UNSCH, al Estudiante Luis Rodríguez que con su apoyo y esfuerzo han hecho posible la culminación del presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Aguilar y Corella (2016) Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador “Diseño y construcción de una mesa concentradora para la optimización del proceso de extracción de oro en una Empresa minera de Zaruma”.
- Ballester Antonio y otros. (2003). “Metalurgia extractiva “. Volumen I y II. Editorial Síntesis. España
- Bustamante et al (2008) Selección de materiales
- Cabrera Santiago (2014) Universidad Técnica Particular de Loja .” Recuperación de oro por gravimetría proveniente del distrito minero de Nambija. Condominio sur
- Carbajal Martínez & Chávez Basurco. (2015) Separación solido liquido
- García Bendezú, Aníbal (2016) “ Tratamiento de minerales “ . UNSCH. Ayacucho Perú
- Gastelú Lujan, Cesar (2018). U.N.S.C.H.- F.I.Q.M." Informe de Practicas Pre Profesionales: Construcción de una mesa concentradora gravimétrica”
- Hinojosa Carrasco (2016) Revista Metalúrgica
- Mamani Huanca Mario (2018) . Universidad Jorge Basadre Facultad de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales. “Evaluación metalúrgica de minerales auríferos proveniente de la zona de Lechemayo San Gabán Región Puno”
- Organización Mundial de la salud (2017). “La minería aurífera artesanal o de pequeña escala y salud”. Informe de la organización mundial de la salud. Ginebra.
- Perry Yhon (2001). Manual del Ingeniero Químico
- Pérez y Mendoza R.(2007). Mesas concentradoras
- Pérez Villegas Alejandro Arturo (2007) Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Área de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Facultad de Ingeniería. “Mesa vibradora para concentración de metales auríferos”
- Ramírez Salas. (2017). “Impacto ambiental de la pequeña minería y minería artesanal en la sub cuenca del rio Inambari Madre de Dios”. Tesis para optar el grado académico de magister scientiae en gestión ambiental y desarrollo sostenible. Universidad Nacional del Centro del Perú. Perú.
- Rivera Sandra (2017). Universidad del Azua .Escuela de Ing. de Minas de la Facultad de Ciencias y Tecnología “Optimización de concentración gravimétrica de oro en la mesa vibratoria de la Mina Vicente”.
- Romero A., Garay T. y Gallarday T. (2014). “Tecnología minera en la extracción artesanal del oro”. Informe de investigación. Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú
- TECSUP (2018) “ Concentración de minerales” .Lima Perú.
- Villachica L & Pérez H. (2008). Beneficio económico de minerales auríferos