



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

**CARTAGENA, COLOMBIA
18 al 21 de septiembre de 2018**



DISMINUCIÓN DEL IMPACTO SOBRE LOS RECURSOS ACUÍFEROS A TRAVÉS DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA CONCENTRACIÓN DE ORO SIN MERCURIO

**Carlos Mario Moreno Paniagua,
Bayron Álvarez Arboleda**

**Institución Universitaria Pascual
Bravo
Medellín, Colombia**

Jairo Antonio Ruiz Córdoba

**Universidad de Antioquia
Medellín, Colombia**

Resumen

Se presenta el resultado del desarrollo de una máquina concentradora de metales preciosos que se alimenta con energía solar, como avance en investigación del tópic agua, la cual evita el uso del mercurio para las tareas de extracción, viabilizando las condiciones de trabajo y legalidad del pequeño minero. Así se propone una alternativa para disminuir los índices de contaminación de acuíferos por mercurio, a la cual está expuesta la población. Este desarrollo hace parte de la iniciativa de "Mecanos para la paz" que se adelanta en la Institución universitaria, con el fin de llevar tecnología de punta y fácil manejo, a las regiones devastadas por el conflicto armado y la minería descontrolada, para lo cual se revisa el tema de la minería ilegal, el impacto en los recursos naturales y las condiciones de vida, para caracterizar el contexto de operación de la máquina, de lo cual se concluye que la operación debe ser automatizada, con energía solar con potencia inferior a 100 vatios y con recirculación de agua.

Palabras clave: concentración de oro; contaminación con mercurio; recirculación de agua

Abstract

Powered by solar energy precious metals concentrating machine development is presented, as an advance in research on the topic of water, which avoids the use of mercury for extraction tasks, making the small miner work conditions viable and legal. This machine constitutes an alternative

to reduce the aquifers mercury contamination rates, to which part of the population is exposed. This development is part of the "Mecanos para la paz" initiative that is being carried out at the university institution, in order to bring easy operation cutting-edge technology to devastated by the armed conflict and uncontrolled mining regions. This implies the illegal mining exploitation reality, the impact on the natural resources, and the people life conditions review, to characterize the machine operation context, from which it is concluded that the machines must work automatically with solar energy less than 100 watts and with water recirculation.

Keywords: *gold concentration; mercury contamination; water recirculation*

1. Introducción

El conflicto armado en Colombia y las condiciones de desigualdad, visible en las zonas rurales, son caldo de cultivo para el surgimiento de prácticas de minería ilegal, entre las cuales es destacable la concentración de oro utilizando mercurio, con lo cual se contaminan acuíferos afectando actividades tradicionales como la pesca y el aprovechamiento de ríos para el abastecimiento de pequeñas comunidades (Corrales Castrillo, 2017).

Para contribuir a la mitigación de los efectos de tal situación, se propone el desarrollo de una máquina concentradora de oro con energía solar y recirculación de agua, presentada en la figura 1, la cual hace parte de la iniciativa de "Mecanos para la paz" que se adelanta en la Facultad de Ingeniería de la Institución Universitaria. Esta iniciativa implica la provisión de recursos tecnológicos basados en energía solar, la formación del recurso humano para atender in-situ las actividades de instalación y mantenimiento y de un sistema de información para la promoción de pequeños lotes de producción. La iniciativa aplica a los recursos productivos, a la potabilización de agua, a la equidad de género y otras estrategias propuestas por el Departamento Nacional de Planeación para el post-conflicto (CONPES 3867, 2016).

El proyecto es desarrollado por un grupo de investigadores del departamento de Metalurgia de la Universidad de Antioquia y de la facultad de ingeniería de la Institución Universitaria Pascual Bravo de Medellín, Colombia. Uno de los productos es el presente escrito, el cual revisa el problema de la minería ilegal en Colombia como factor contaminante de los acuíferos en el país, así mismo presenta los detalles de construcción de la máquina concentradora de oro como elemento que aporta a la solución del problema y concluye sobre la integración con otras iniciativas para llevar tecnología a las comunidades vulnerables en las regiones devastadas por el conflicto armado observando los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) del Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD).



Figura 1. Máquina concentradora de oro con energía solar. Fuente: elaboración propia.

2. Descripción del problema

Según el Departamento Nacional de planeación “la minería ilegal está relacionada con una baja dinámica económica y mayores niveles de pobreza”, uno de cuyos factores claves está en que los municipios con mayor incidencia de conflicto armado, tienen a su vez los más altos Índices de Pobreza Multidimensional (IPM) rural. La incidencia de la pobreza en los municipios afectados por el conflicto armado es de 88,8%, 8,8 puntos porcentuales por encima del promedio nacional. Sumado a este fenómeno, hay regiones con conflictos en el uso del agua para consumo humano. El problema descrito se agrava con la explotación ilícita de minerales, y por procesos de deforestación de cuencas abastecedoras que reducen la oferta hídrica de agua. Así, amplias zonas del país están afectados por la explotación ilícita de minerales, la cual se ha desarrollado generando deslizamientos, erosión del suelo, acumulación de residuos y vertimiento de químicos a las fuentes hídricas (CONPES 3867, 2016).

Con la evolución del conflicto armado, la explotación ilícita de minerales, en particular del oro, se ha convertido en uno de los mayores desafíos en materia ambiental y de salud pública para el país. En 2010, aproximadamente el 86% del oro producido provino de la explotación ilícita de minerales, generando contaminación en el suelo, el aire y el agua. Se estima que cada año en Colombia se liberan 75 toneladas de mercurio a los ríos, lo que posiciona al país como el tercero con más liberaciones de este metal en el mundo, después de China e Indonesia. En la figura 2 se observa que la explotación ilícita de oro se presenta especialmente en departamentos como Cauca, Chocó, Valle del Cauca, Antioquia, Bolívar (sur), Córdoba y Nariño (CONPES 3867, 2016).

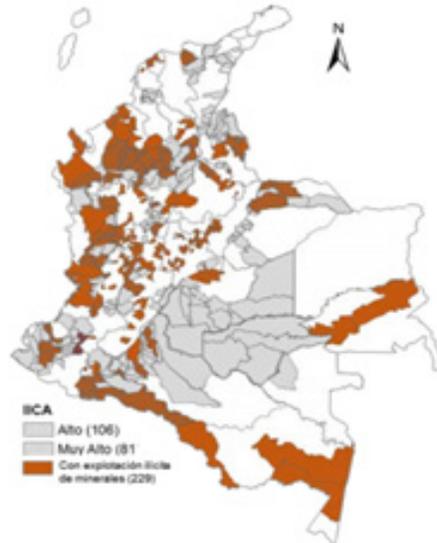


Figura 2. Mapa de la explotación ilícita de minerales en Colombia. Fuente: DNP.

3. Solución propuesta

La concentración de oro por gravimetría está basada en la diferencia de densidad. Es una técnica que se ha utilizado por milenios. Muchos buscadores de oro utilizaron el lavado de oro para hacer fortuna. En la medida en que la concentración de oro y la granulometría bajan, se recurre a amalgamar el oro con mercurio para su concentración final (Finch, 2015). A parte de la gravimetría se tiene en cuenta la recirculación de agua como factor fundamental de la solución, con lo cual se protege este recurso vital, generando un impacto positivo sobre los recursos acuíferos de las zonas de aplicación de la iniciativa (Torrejón, 2016).

Para el diseño y la construcción de la parte mecánica de la máquina se utilizan tubos y perfiles de aluminio, un recipiente de plástico, una batea plástica con fondo en espiral, mangueras de plástico (Besa González, A.J.; Valero Chuliá, 2016). Para el diseño y la construcción de la parte eléctrica de la máquina se utilizó un panel solar de 100 Vatios poli cristalino de luz indirecta, un controlador de máxima potencia con control lógico y manejador para motor de paso, un motor de paso de 280 onzas pulgada, una bomba de agua de 20 Vatios, un módulo de comunicación Bluetooth y cableado. Con lo anterior se ha logrado que la máquina con el panel solar tengan un peso inferior a 20 kilogramos para poder ser transportados en una motocicleta. En primera instancia se realiza el prototipo para operar sólo de día con operación automática, basada en la utilización de un autómeta programable (Moreno Carlos Mario, 2016).

Para el desarrollo de la máquina se siguieron las recomendaciones del numeral 8.3 de la norma ISO9000-2015 para el diseño y desarrollo de los productos y servicios empezando por la formulación de requerimientos no establecidos, normativos y de impacto, para luego hacer la planificación del diseño y desarrollo. Luego se hizo el análisis estructural, funcional y de fallas y efectos. A continuación se realizó el diseño integrando la solución de cada uno de los resultados del análisis para posteriormente obtener las salidas del diseño y desarrollo mediante la

DISMINUCIÓN DEL IMPACTO SOBRE LOS RECURSOS ACUÍFEROS A TRAVÉS DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA CONCENTRACIÓN DE ORO SIN MERCURIO

implementación a partir de los planos y cálculos de diseño. Finalmente se hicieron las pruebas y los correctivos al prototipo (ISO9000:2015, 2015).

Como se observa en la figura 1, la máquina de concentración de metales preciosos, sin mercurio, consta de un recipiente plástico de recepción de vertimientos, montada en una estructura de aluminio que contiene la batea de plástico con fondo en espiral y el motor de paso. Además tiene una bomba sumergible que bombea agua a través de una flauta a la batea. También tiene un sistema de inclinación de la batea y un control electrónico que recibe la energía del panel solar, varía la velocidad de la batea y se comunica con el dispositivo móvil del minero para el manejo de la máquina, ya que esta no posee botones ni perillas puesto que debe ser hermética. Los resultados del proyecto de diseño e implementación se ven plasmados en un prototipo funcional que concentra metales preciosos. Esto lo hace atractivo para ser utilizado por diferentes actores del sector minero y para diferentes iniciativas de buen manejo de los recursos en la minería (Ruiz Córdoba, Carmona, & Bolívar García, 2016).

Se realizaron pruebas con materiales de diferente granulometría con resultado que los expertos en la materia calificaron de exitosos. El sistema electrónico de la máquina permitirá establecer cuantitativamente los indicadores objetivos de rendimiento y operación de la máquina.

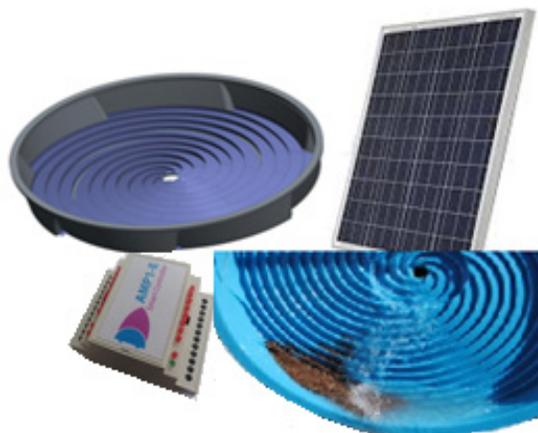


Figura 3. Elementos constructivos de la máquina concentradora. Fuente: elaboración propia.

Finalmente, el proyecto de desarrollo de la máquina concentradora de minerales con suministro de energía solar y recirculación de agua apunta a contribuir con el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) del Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD), particularmente los objetivos de Agua limpia y saneamiento (ODS-6), Energía asequible y no contaminante (ODS-7) y Trabajo decente y crecimiento económico (ODS-8). El ODS 6 enfatiza que “Con el fin de garantizar el acceso universal al agua potable segura y asequible para todos en 2030, es necesario realizar inversiones adecuadas en infraestructura, proporcionar instalaciones sanitarias y fomentar prácticas de higiene en todos los niveles”. De forma similar el ODS 7 establece que “Para garantizar el acceso universal a electricidad asequible para 2030, es necesario invertir en fuentes de energía limpia, como la solar, eólica y termal. La adopción de estándares eficaces en función del costo en una variedad de tecnologías también podría reducir

en 14 por ciento el consumo mundial de electricidad en los edificios. Esto equivale a la energía generada por unas 1.300 centrales medianas cuya construcción se podría evitar”. De lo cual es importante anotar que el ODS 8 concluye que “Los Objetivos de Desarrollo Sostenible apuntan a estimular el crecimiento económico sostenible mediante el aumento de los niveles de productividad y la innovación tecnológica” (PNUD-ODS, 2018).

4. Conclusión

Se puede contribuir a la conservación de los recursos acuíferos mediante la integración de tecnologías de punta en máquinas de fácil manejo, que podrán ser utilizadas por personal sin necesidad de largos procesos de entrenamiento, de la misma forma como utilizan el dispositivo móvil.

Se debe continuar con la iniciativa a través del desarrollo de otras máquinas para concentrar metales preciosos y completar el proceso minero, garantizando el cuidado de los recursos naturales mediante el diseño y la fabricación de centrifugadoras para la separación del oro, mesas rectangulares, retortas para recuperación de mercurio y otras máquinas de extracción por métodos mecánicos.

La iniciativa de “Mecanos para la paz” debe avanzar mediante la presentación de diferentes proyectos para diseñar y construir máquinas como compactadoras de material vegetal, deshidratadoras, lavadoras con energía solar, trituradoras (PNUD, 2003). Todas estas máquinas deben ser de baja potencia, o sea, que reemplacen el esfuerzo humano, trabajar con energía solar, permitir un fácil ensamble in situ, pesar menos de 25 kilogramos y poder ser transportadas en motocicleta. Se debe formar el personal que instale y preste servicio de mantenimiento a las máquinas.

5. Bibliografía

- Besa González, AJ.; Valero Chuliá, F. (2016). Diseño de máquinas. *Universitat Politècnica de València*.
- CONPES 3867. (2016). Estrategia de preparación institucional para la paz y el postconflicto. *Departamento Nacional de Planeación*, 87. Retrieved from <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Economicos/3867.pdf>
- Corrales Castrillo, A. (2017). Análisis y evaluación de la problemática socioambiental ocasionada por el uso del mercurio en la minería aurífera artesanal en Colombia. *Universidad Libre, Bogotá*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10901/10600>
- Finch, B. A. W. and J. A. (2015). An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery. *Wills' Mineral Processing Technology*, (8).
- ISO9000:2015. (2015). Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario.
- Moreno Carlos Mario, P. H. (2016). Autómatas basados en microcontrolador con programación. *Revista Silicio*, 5, 23–28.

- PNUD. (2003). Tecnologías en la erradicación de la pobreza. *Naciones Unidas, USA*.
- PNUD-ODS. (2018). Objetivos de desarrollo sostenible. Retrieved from <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Ruiz Córdoba, J. A., Carmona, M. E., & Bolívar García, W. (2016). Análisis del impacto ambiental generado por la emisión de mercurio desde fuentes fijas o entables del municipio de Andes - Antioquia. *Orporación de Ingenieros Metalúrgicos Y de Materiales de La Universidad de Antioquia*.
- Torrejón, J. A. V. (2016). Mecanismo de producción más limpia: EL reúso de aguas residuales en la actividad minera. *Vox Juris*.

6. Sobre los autores

- **Carlos Mario Moreno Paniagua**. Ingeniero eléctrico de la Universidad Nacional politécnica de Odesa Ucrania. Docente de la Institución Universitaria Pascual Bravo. C.moreno1975@pascualbravo.edu.co.
- **Bayron Álvarez Arboleda**. Ingeniero electricista. Magíster en ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana. Docente de la Institución Universitaria Pascual Bravo. balvarez@pascualbravo.edu.co.
- **Jairo Antonio Ruiz Córdoba**. Ingeniero Metalúrgico. Magister en Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Industrial de Santander. Docente de la Universidad de Antioquia. jairo.ruiz@udea.edu.co.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)