

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Modelado y construcción de equipo gravimétrico JIG

Arley Calle Muñoz

Juan Pablo Zapata Alcaraz

Ingeniería electromecánica

Santiago Gómez Arango

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

2021

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

En Colombia se realiza la minería a distintos niveles tales como artesanal, pequeña, mediana y gran escala, el nivel de tecnificación varía de acuerdo con el tipo de minería, por tal razón, no todos los impactos ambientales se pueden atribuir a la minería a grande escala, ya que su metodología de trabajo, capital y seguridad laboral es superior, comparado con la minería artesanal y mediana minería (Martínez Ortiz & Aguilar, 2012).

El objetivo de este trabajo es la técnica de estratificación limpia utilizando el método de concentración gravimétrica por JIG, por lo tanto, para el diseño seleccionado es realizado el modelado CAD en Solid Edge, donde se plasmaron las ideas propuestas para su construcción; el material propuesto para el prototipo es el acrílico ya que cumple con requerimientos de resistencia, hermeticidad y permite la visibilidad del proceso de separación.

Palabras claves: minería, sedimentación, JIG`s, gravimétrico, construcción, estratificación.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Queremos agradecerle en primer lugar a los tutores Santiago Gómez Arango y Manuel Alejandro Ospina Alarcón quienes con su apoyo y conocimiento nos guiaron a través del desarrollo del trabajo de grado para alcanzar los objetivos deseados; agradecerles a los compañeros que consiguieron desempeñaban su trabajo de grado. A la institución agradecerle por brindarnos las instalaciones y herramientas de trabajo, las cuales fueron necesarias para llevar a cabo el proceso de construcción e investigación. A los laboratoristas Gabriel y Andrés quienes con su experiencia nos orientaban durante la construcción del prototipo. Por último, agradecerles a familiares y amigos por su apoyo moral los cuales fueron de gran ayuda para superar aquellos momentos de gran dificultad emocional.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

CAD Diseño Asistido por Computadora.

JIG Grupo de Inspección Conjunta.

V voltios.

KV kilovoltios.

Hz Hertz, unidad de frecuencia del sistema internacional de unidades.

mm Milímetros, unidad de distancia de sistema internacional de unidades.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	8
3. METODOLOGÍA.....	12
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	28
REFERENCIAS.....	30
APÉNDICE.....	¡Error! Marcador no definido.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

La minería artesanal es realizada centrada en la estratificación de metales preciosos, para esto son utilizados métodos rudimentarios y utilizando químicos como mercurio y cianuro, los cuales resultan dar un impacto negativo y daños irreversibles al medio ambiente en ecosistemas y fuentes hídricas, adicional a esto, es realizada por mano de obra poco calificada, por ende, baja productividad y eficiencia en la explotación. Por tal motivo, para esto se busca implementar técnicas de extracción limpia como el método de concentración gravimétrica por JIG (Martínez Ortiz & Aguilar, 2012).

Con base en la problemática ambiental, se busca implementar un JIG a pequeña escala para realizar pruebas involucrando las fuerzas hidrodinámicas (arrastre y empuje), debido a la diferencia de densidad de las partículas y adicional a esto, implementando un campo eléctrico aplicado en la cámara de separación del equipo, el cual pretende mejorar el rendimiento de este.

OBJETIVOS

General

- Diseñar el prototipo del equipo gravimétrico JIG aplicando el campo eléctrico.

Específicos

- Identificar las principales variables operacionales y principios de funcionamiento del equipo.
- Modelar el prototipo del equipo en software computacional.
- Implementar el equipo de concentración gravimétrica destinado a la estratificación de minerales pesados.
- Validar el funcionamiento del concentrador gravimétrico, mediante pruebas en laboratorio.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Este documento consta de cinco secciones. En la primera sección se presenta una introducción acerca del concepto de concentrador gravimétrico por JIG`s y una síntesis de las intervenciones que se realizará en dicho concertador dada la problemática presentada. La segunda sección explica el marco teórico, donde se desarrolla la definición, principio de funcionamiento y componentes fundamentales del concentrador; así como también se esbozan los conceptos de algunos elementos que serán implementados en el equipo. En la tercera sección se presenta la metodología empleada para dar solución a los objetivos planteados. En la cuarta sección son presentados los resultados y su respectivo análisis, luego de la implementación del concentrador con y sin campo electromagnético, evaluando el proceso en tiempo real. Finalmente, en la quinta sección se presentan las conclusiones y posibles trabajos futuros.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

Según los estudios realizados en el país, el 72% de las minas corresponden a pequeñas mineras, de este porcentaje, el 66% son prácticas ilegales y de estas el 39% llevan más de 10 años realizando esta actividad, por lo que son consideradas como minería tradicional no legalizada (Güiza, 2012).

La minería artesanal, es considerada como minería de subsistencia y es realizada en gran parte por familias y grupos étnicos con el fin de generar ingresos para su sustento, centrados en la extracción de metales preciosos y para esto utilizan métodos rudimentarios (Benavides et al., 2013).

Para reemplazar estos métodos rudimentarios y tener un mejor desempeño y eficiencia en la estratificación del metal precioso y buscando disminuir los impactos ambientales producidos por la utilización de químicos en estas prácticas, se implementa un concertador gravimétrico por JIG's a pequeña escala para el cual previamente se realizó simulaciones en MATLAB (R2021a) para abalzar el comportamiento de las partículas ingresadas a el equipo.

El principio de funcionamiento del equipo consiste en ingresar el material de alimento por la tolva y este desciende hasta la cámara de separación; con un pistón se ejerce presión para generar la pulsación de agua que ingresa a la cámara y mueve el lecho de partículas de densidad intermedia, el cual ocasiona la separación de minerales por diferencia de densidades. En la separación de partículas, las de mayor densidad bajan y pasan por la criba y las menos densas flotan sobre el lecho y son expulsadas de la cámara de separación (Ospina Alarcón & Bustamante Rúa, 2015). (ver Figura 1).

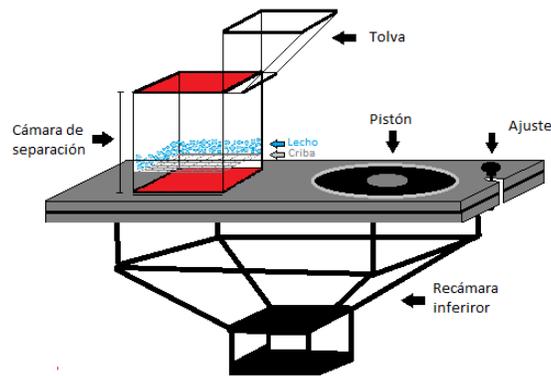


Figura 1. Ilustración de concentración. Elaboración propia

A partir de las simulaciones del modelo de trayectoria de partículas realizadas en MATLAB (R2021a) (ver Figura 2), se aprecia que cuando se le adiciona el campo eléctrico afecta significativamente la trayectoria de las partículas al interior de la cámara, indicando que se podría mejorar el tiempo necesario para la estratificación y posterior recuperación de mineral, logrando dejar de lado la manipulación de mercurio, cianuro, entre otros.

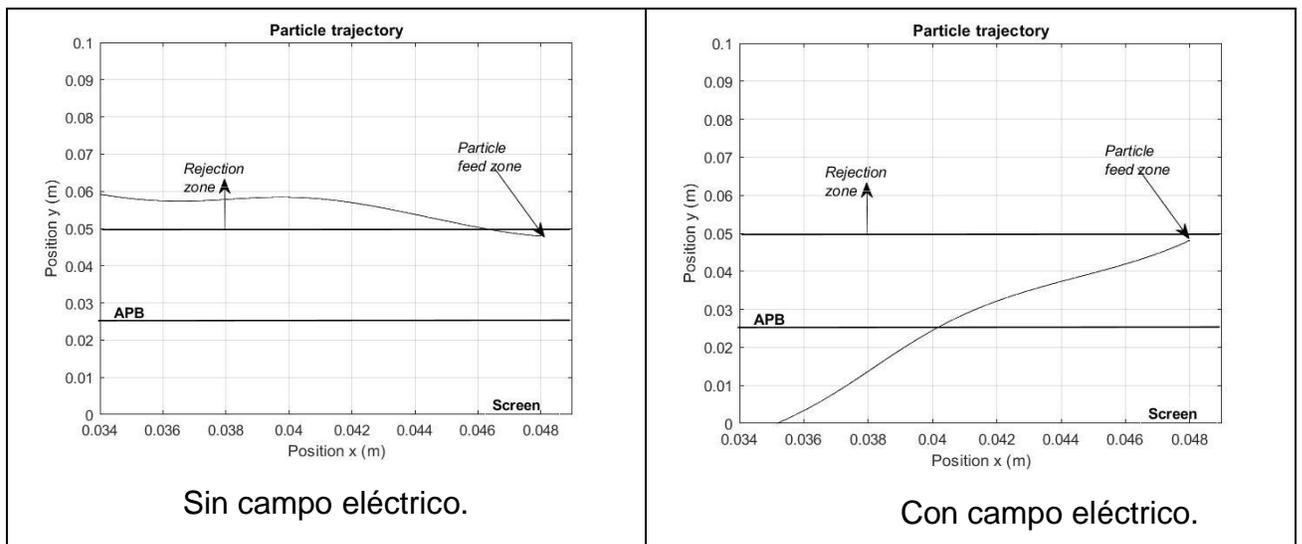


Figura 2. Trayectoria de la partícula con densidad 3029kg/m^3 y diámetro de $125\mu\text{m}$. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Descripción del proceso:

El equipo cuenta con dos plataformas, en la superior se encuentra la cámara de separación y la membrana, y en la otra se encuentra la recamara inferior. Estas dos plataformas están sujetas en la parte trasera por unas bisagras y en la parte delantera por un tornillo, de esta forma cuando se necesita abrir el equipo simplemente se suelta el tornillo de la parte de adelante y se abre el equipo (tipo puerta).

Para el funcionamiento se cuenta con un variador de frecuencia conectado a un motor eléctrico, el cual va ensamblado directamente con el eje principal y el movimiento rotatorio de este eje es el que hace que, por reacción, el vástago que está pegado directamente de la membrana del equipo genere las pulsaciones de agua. La membrana está compuesta de una banda de látex y a su alrededor y en la parte central tiene un refuerzo hecho con Poliisopreno (neumático) para lograr tener un equilibrio de resistencia y elasticidad, la membrana está sujeta al equipo por un aro de acrílico y 5 tornillos de cabeza hexagonal con tuerca.

Para el ingreso del agua al equipo, se realizó una perforación roscada a un costado del mismo y se puso un acople con válvula de bola para controlar el flujo del agua y una adaptación para poder conectar la manguera directamente, y en el caso de la salida del flujo se cuenta con dos puntos que son, el rechazo de material en la parte de la cámara de separación y el otro en la parte inferior del equipo, en este segundo, se realizó también una perforación roscada para colocar un acople y una válvula de bola para controlar la salida del agua con el material sedimentado y a la salida se sitúa un recipiente para recibir dicho material.

Para el proceso de introducir el material a trabajar en el equipo, se cuenta con una tolva que dirige el material directamente a la cámara de separación, en la cual se encuentran unos balines de 2mm y 3mm de diámetro (lecho poroso). Estos balines están sobre una malla con perforaciones de 2x2mm (criba), por el cual desciende el material sedimentado luego de entrar en contacto con las pulsaciones de agua y el movimiento de los balines.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Definiciones:

Criba: Instrumento para separar las partes finas y las gruesas. En este caso una malla de 2x2mm.

Lecho poroso: Lecho formado por partículas sólidas, entre las cuales se presentan espacios vacíos.

Cámara de separación: Lugar donde se ponen en contacto el material a tratar con el lecho poros y las fuerzas hidrodinámicas.

Recamara inferior: Espacio por el cual circula el agua y se genera el pulso sobre la misma. A su vez por dicha cámara bajan las partículas sedimentadas.

Densidad de la partícula: Es el cociente de la masa con respecto al volumen de la partícula, también llamada masa volúmica, cuya unidad de medida es el kilogramo por metro cúbico (kg/m³).

Tolva: Recipiente en forma cónica, utilizado para canalizar el material granulado evitando que se derrame la sustancia a tratar.

Campo electromagnético: Combinación de campos de fuerza eléctrica y magnética invisibles, producido por elementos cargados eléctricamente y que afecta a partículas con carga eléctrica.

Poliisopreno: Nombre dado a los polímeros que se producen por polimerización de isopreno. También llamado caucho de isopreno, es un ingrediente principal del caucho natural.

Látex: Sustancia producida por las células laticíferas, está compuesta por resinas, ceras, grasas y otros elementos. Muy utilizado en la medicina y otros campos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

Para el cumplimiento del objetivo específico uno, por medio de la literatura y basados en las simulaciones realizadas en Matlab sobre las posibles trayectorias de la partícula teniendo en cuenta el campo electromagnético y las fuerzas hidrodinámicas, se evidenciaron las principales variables operacionales que son la frecuencia, amplitud, longitud, caudal y tensión eléctrica, y valores constantes como dimensiones de la cámara de separación, altura del lecho poroso y posición inicial de la partícula, para tener en cuenta durante el proceso de construcción. Dichas variables operacionales son las principales que influyen en el funcionamiento del equipo.

Para el cumplimiento del segundo objetivo, se buscaron varias herramientas computacionales de diseño asistido (CAD) como Creo Parametric, Inventor, Autor CAD y Solid Edge, tomando como elección el software Solid Edge (versión 2021 edición académico) por su fácil instalación y compatibilidad de archivos con otro software, permitiendo exportar los planos de corte de las piezas para su impresión a láser. Mediante el diseño (CAD) se planificó la construcción del prototipo, teniendo como referencia las medidas implementadas en la simulación de Matlab como las dimensiones de la cámara de separación, posición inicial de caída de las partículas a estratificar y la distancia entre placas.

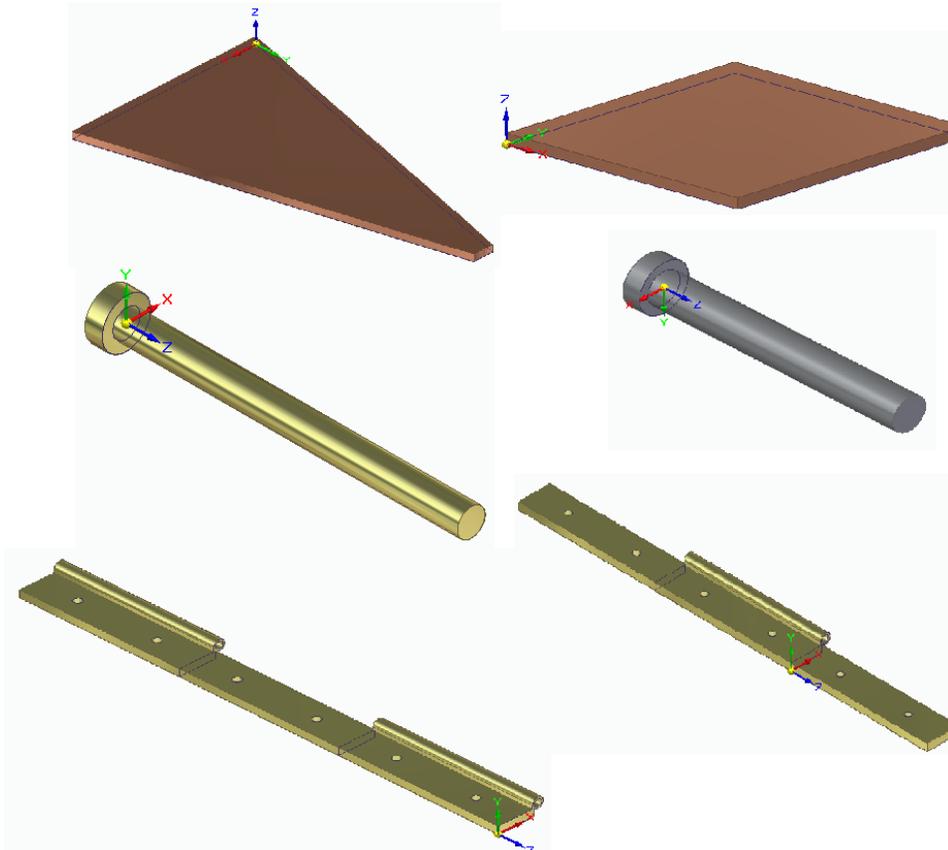
Para el cumplimiento del tercer objetivo, se ensambla el equipo en el área de trabajo para la estratificación, poniendo el equipo en acción para extraer minerales preciosos. Fue necesario evaluar la ubicación de este, con el fin de acondicionar la zona de operación teniendo en cuenta la conexión de las placas de campo y del motor, el suministro constante de agua, los depósitos para el material concentrado y rechazado, adicional a esto, el mantenimiento de lecho poroso para la conservación de los balines.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para el cumplimiento del cuarto objetivo, después de tener desarrollado en su totalidad la construcción del prototipo se procede a chequear su correcto funcionamiento y parametrización, con el fin de realizar pruebas aleatorias, para la validación de resultados. Por medio de estas pruebas, se evidenciaron las fallas que tenía el equipo por corregir y se pudo definir los valores máximos y mínimos que puede alcanzar el equipo en su funcionamiento pleno.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Teniendo presente estas condiciones metodológicas se modelaron cada una de las piezas necesarias para la construcción de la tolva, cámara de separación, caída del rechazo, recámara inferior, placas, bisagras y pasadores para el ensamble del modelado CAD, como se muestra en la Figura 3.



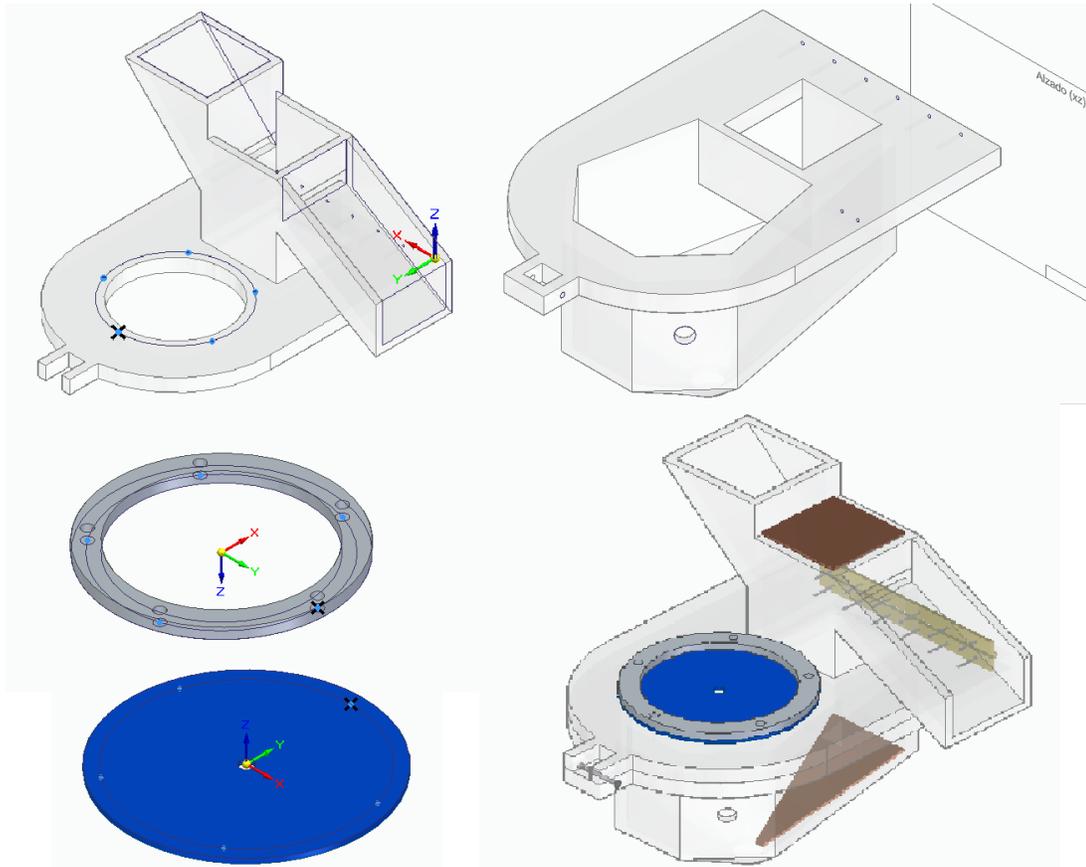


Figura 3. Modelado de piezas. Elaboración propia

Para el desarrollo del prototipo de concentrador gravimétrico por JIG's se procede a realizar los planos de cada una de las piezas descritas anteriormente (ver Figura 4).

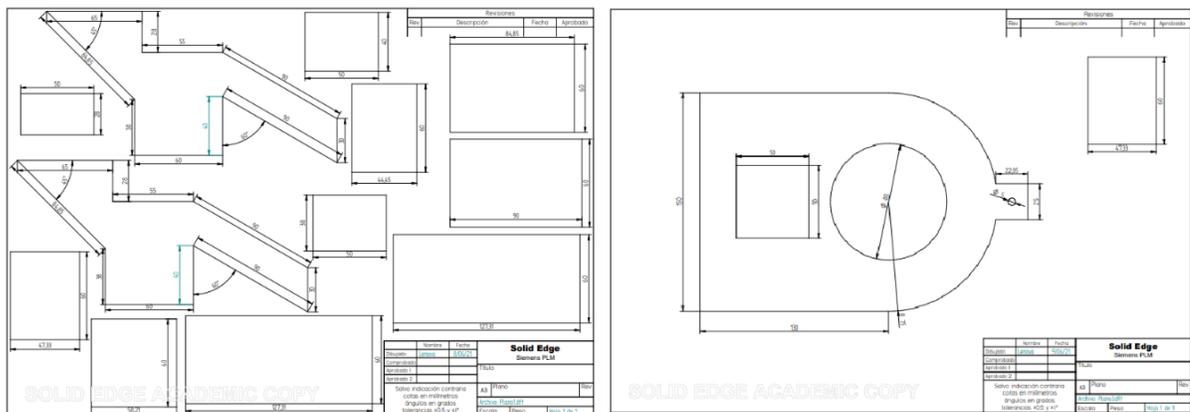


Figura 4. Planos de piezas de corte. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Posterior a ello se realiza los cortes necesarios mediante una máquina láser para la construcción de la recámara de separación e inferior (ver Figura 5).

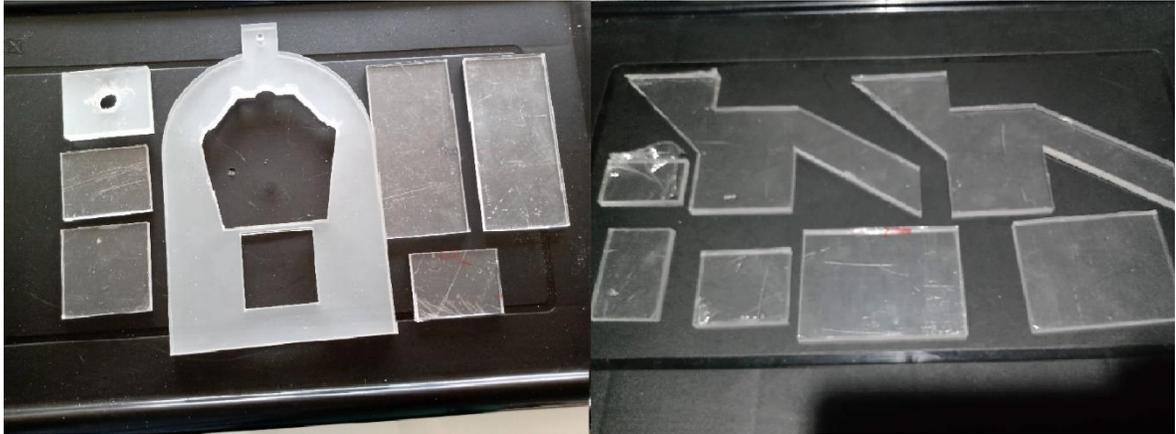


Figura 5. Corte de piezas acrílicas. Elaboración propia

Teniendo los cortes se procede al ensamble de estas piezas utilizando Cloruro de Metileno y teniendo como guía el modelado 3D (ver Figura 6).

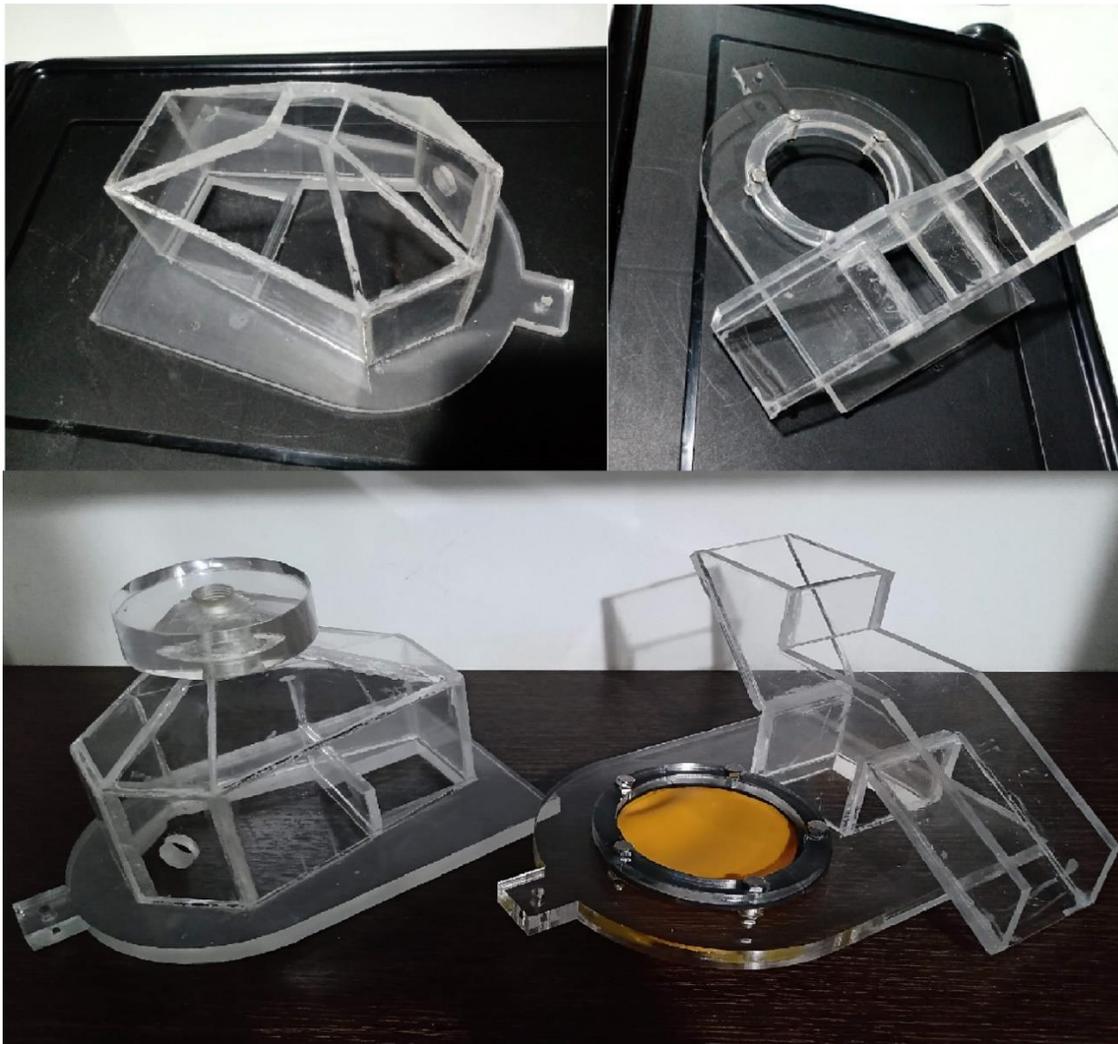


Figura 6. Ensamble piezas acrílicas. Elaboración propia

Para la elaboración de la membrana se utiliza una banda de látex de alta resistencia, la cual se obtuvo mediante un molde circular de un diámetro 80mm y a su alrededor se situó un refuerzo con Poliisopreno (neumático) para evitar posibles fugas de agua, este está sujeto al equipo mediante 5 tornillos en su alrededor (ver Figura 7).



Figura 7. Construcción de diafragma. Elaboración propia

El proceso de impermeabilización entre las caras principales del equipo se realiza utilizando un empaque con Poliisopreno (neumático), el cual va adherido con pegamento amarillo sobre el contorno de la superficie de contacto (ver Figura 8).



Figura 8. Empaques de impermeabilización. Elaboración propia

Adicionalmente se hace el corte e instalación de la malla de acero inoxidable que sostiene el lecho poroso y permite el paso de las partículas sedimentadas. Para su instalación en la cámara de separación es necesario doblar cada lado

con el fin de generar presión y seguido a esto se utilizó resina acrílica para reforzar su sujeción (ver Figura 9).

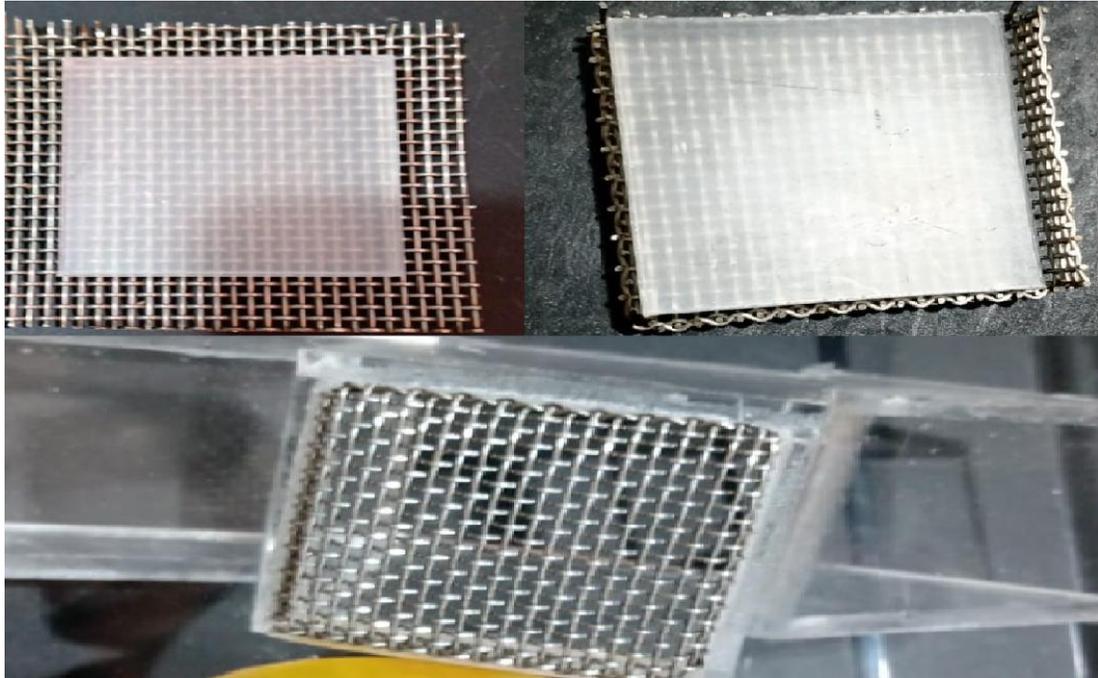


Figura9. Instalación de malla de separación. Elaboración propia

Para la sujeción de la cámara de separación e inferior, fueron utilizadas tres bisagras en la parte posterior del equipo y en su parte delantera un ajuste por medio de un tonillo y una rosca (ver Figura 10).



Figura 10. Ajuste de equipo. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para la adecuada sujeción del equipo se diseñó una estructura de apoyo, los cuales se reformaron para encajar adecuadamente en la mesa de prueba (ver Figura 11).



Figura 11. Fabricación de apoyos. Elaboración propia

Se presenta el soporte del eje de transmisión, el cual fue termoformado utilizando el equipo de oxiacetileno para su posterior ajuste al banco de pruebas. (ver Figura 12).



Figura 12. Elaboración de apoyo del eje. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Posteriormente se muestra la construcción del eje, para el cual se mecanizaron unos bujes en el torno, y a partir de una varilla de acero se diseñó el eje, al cual se le redujo su diámetro externo para que pudiera encajar con el diámetro interno de las balineras y así transmitir el movimiento rotativo del motor (ver Figura 13).



Figura 13. Mecanización de bujes y. Elaboración propia

Se realizó el ensamble con soldadura MIC, donde fueron puestos los bujes y la prensa en (C) que permite sostener el apoyo del eje donde fue situado y se comprobó su funcionamiento (ver Figura 14).



Figura 14. Ensamble del eje. Elaboración propia

Para generar el pulso se diseñó un cuadrante que permite mediante el movimiento rotativo no concéntrico con el eje, generar el pulso por medio de un vástago que se encuentra unido a la membrana del diafragma (ver Figura 15). Con el tornillo que se encuentra en uno de los laterales del cuadrante, se regula la amplitud del pulso y el resorte hace la contra fuerza para que la balinera se sostenga en la posición configurada.



Figura 15. Cuadrante generador de pulso. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El vástago se sostiene en la membrana por un sistema de contra tuerca que aprisiona la membrana (ver Figura 16).



Figura 16. Sujeción del vástago. Elaboración propia

Luego de terminar la construcción de cada uno de estos elementos, se realizó la instalación del equipo, se chequeó que los apoyos estuvieran a nivel y que el eje soportara el movimiento rotativo para generar el pulso (ver Figura 17).



Figura 17. Chequeo de apoyos. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para ensamblar el motor al eje, se diseñó un acople con un tonillo que hace la función de prisionero, para conectar el acople al motor directamente (ver Figura 18).



Figura 18. Acople de motor. Elaboración propia

El motor se desmontó de sus apoyos y se le diseñó unas platinas, las cuales por medio de tornillos lo sostiene a la plataforma, evitando que se mueva de lugar (ver Figura 19).



Figura 19. Sujetador inferior y ajuste de motor. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 20. Equipo en funcionamiento. Elaboración propia

En la Figura 20 se evidencia la cámara de separación, en la cual se puede apreciar el equipo en funcionamiento ya que el material a concentrar está en contacto con el lecho poroso por la acción de las fuerzas hidrodinámicas, en la parte superior se observa la onda de agua generada por el pulso hecho por la membrada que se encuentra situada en la parte posterior de la cámara de separación, y en la parte superior e inferior del equipo los cables conectados en los terminales de color amarillo, utilizados para la conexión de las placas de cobre para generar el campo electromagnético.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 21. Prueba 1 muestras obtenidas. Elaboración propia

En la Figura 21 se observa una de las muestras tomadas luego de realizada la prueba, en el lado izquierdo está el material que se fue al rechazo y en el lado derecho el material concentrado. Después de cada prueba el material es recogido, almacenado en las bolsas y puesto a secar para luego ser pesadas, de esta manera también se buscó poder poner el quipo puesta a punto.

Cada prueba fue realizada con 200gr de arena previamente seca durante un minuto y medio, tomando para cada uno una configuración diferente, con el fin de evidenciar las observaciones que se obtiene en el material de interés en función de cada variable operacional (ver Tabla 1).

Los rangos operacionales de cada uno de los parámetros se presentan a continuación:

- Frecuencia: 10 Hz, 12 Hz y 15 Hz
- Tensión aplicada al campo: 0V, 600V, 2000V y 4000V
- Amplitud: 3mm, 6mm y 9mm
- Longitud: 70mm, 80mm y 90mm
- Caudal: 4 gal/min, 2,24 gal/min y 1 gal/min
- Altura del lecho: 2,5mm con balines de 3mm de diámetro.

Variables operacionales	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6
Amplitud	6,85mm	6,85mm	9mm	9mm	9mm	9mm
Frecuencia	10Hz	10Hz	10Hz	15Hz	12Hz	15Hz
Velocidad	300rpm	300rpm	300rpm	900rpm	720rpm	900rpm
Voltaje	480V	0V	600V	0V	0V	600V
Concentrado	11gr	2,3gr	8gr	15gr	16gr	15gr
Rechazo	190gr	197.7	189gr	187gr	185gr	187gr

Tabla 1. Registro de pruebas realizadas. Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 1, en las pruebas tres, cuatro y cinco, se varía la frecuencia respectivamente en su rango operacional, obteniendo una mayor concentración de material (16gr) en la prueba cinco a una frecuencia de 12Hz, Adicionalmente, a diferencia con el resultado obtenido con la prueba tres con una frecuencia de 10Hz se obtuvo la menor concentración de material (8gr). Las pruebas uno y dos fueron realizadas con los mismos parámetros, donde se puede apreciar que la cantidad de material concertado para la prueba uno con campo eléctrico, es tres veces mayor a la prueba dos que se realizó sin este.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Conclusiones:

- Las variables operacionales con que cuenta el equipo tales como flujo, campo y frecuencia, pueden ser configuradas mientras este se encuentra en operación a diferencia de la amplitud, longitud y altura del lecho que solo pueden ser modificadas con el equipo en reposo.
- El modelado en CAD permitió concretar las medidas correctas para cumplir con las dimensiones de la cámara de separación en función del lecho, la distancia entre placas y la posición inicial de la partícula.
- En las pruebas realizadas sin campo, se aprecia que la cantidad de material de incertidumbre que queda situado sobre el lecho poroso es mayor a la cantidad presente cuando este es aplicado.
- La recámara inferior por su estructura de inclinación es mejor implementar en su construcción la técnica de termoformado y así evitar fugas en esta parte del equipo.
- Se decide trabajar con un flujo de agua que se encuentre dentro del rango operacional (1 a 4 gal/min) debido a que, si este es superado, se genera el fenómeno conocido como "golpe de ariete" lo cual provoca cambios repentinos en la pulsación de agua alterando el correcto funcionamiento del equipo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Recomendaciones y trabajo futuro:

- Implementar una instalación de la placa superior que sea removible, de esta forma facilitar la extracción de los balines de la cámara de separación para su correcta limpieza.
- Diseñar un depósito para el material sedimentado, en el cual se logre filtrar de mejor manera el agua que ingresa sin que salga el material sedimentado.
- Automatizar el ingreso del material para que este sea constante y evitar que se acumule el material en la tolva de la humedad generada por la onda de agua.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

-
- Benavides, H. A. G., Ortiz, L. Á. S., & Naicipa, E. A. D. (2013). 2019_mineria_artesanal_colombia. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Güiza, L. (2012). La pequeña minería en Colombia: Una actividad no tan pequeña Bogotá: Universidad del Rosario.
- Martínez Ortiz, A., & Aguilar, T. (2012). Impacto socioeconómico de la Minería en Colombia. *Sector de Minería a Gran Escala*, 50.
http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/Impacto-socioeconomico-de-la-mineria-en-Colombia-Informe_Impacto_de_la_mineria_Final-26-abril.pdf
- Ospina Alarcón, M. A., & Bustamante Rúa, M. O. (2015). Estudio hidrodinámico de equipos de concentración gravimétrica tipo JIG. *Prospectiva*, 13(1), 52.
<https://doi.org/10.15665/rp.v13i1.359>

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Verley Calle Utrera

FIRMA ESTUDIANTES _____

[Signature]

[Signature]
Entrega informe final
24/Nov/2021

FIRMA ASESOR _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO _____ ACEPTADO _____ ACEPTADO CON
MODIFICACIONES _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____