

Recibido: 25 / 11 / 2008, aceptado en versión final: 19 / 12 / 2008

# Construcción de un prototipo de celda de flotación a escala piloto

Construction of a prototype flotation cell pilot

**Aquiles Figueroa, Víctor Vega, Eusebio Dionisio, Manuel Caballero, Héctor Villacorta<sup>1</sup>, Luis Moreno<sup>2</sup>**

## RESUMEN

El estudio comprende la construcción de un prototipo de celda piloto de flotación "San Marcos" a nivel piloto, para lo cual se han desarrollado las siguientes actividades: confección de los planos de los órganos de máquina, incluyendo cortes necesarios, preparación de los moldes para fundir las piezas y demás partes, ensamblaje del equipo, instalación de la celda en los circuitos de la Planta Piloto y prueba del funcionamiento adecuado del equipo.

**Palabras claves:** celda, motor, impulsor, máquina.

## ABSTRACT

The study is about the construction of a prototype from flotation cell pilot "San Marcos" to pilot level, for develop this the next activities has been performed: confection of planes from machine organs including necessary cuts, preparation of molds for fuse the pieces and other parts, assembly the flotation equipment, Install the cell in the circuits from pilot plant, and prove the suitable functioning for the equipment.

**Keywords:** cell, motor, impeller, machine.

## I. INTRODUCCIÓN

La flotación es un proceso metalúrgico en el que se separan materias de distinto origen que se efectúa desde sus pulpas acuosas por medio de burbujas de gas y a base de sus propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas. En general, es un proceso de separación, pues se trata de la individualización de las especies mineralógicas que representaban anteriormente una mezcla mecánicamente preparada.

Cuando las especies útiles constituyen una fracción menor del mineral y las especies estériles son de

gran volumen, las separaciones por flotación toman el aspecto de un proceso de concentración.

La flotación es un proceso sumamente complejo donde intervienen muchas variables que se explican mejor mediante el estudio de la cinética de la flotación o sea, la recuperación de especies minerales en la espuma en relación con el tiempo.

Sin entrar en detalles del mecanismo cómo se unen las partículas con las burbujas, se pueden considerar los fenómenos en forma estadística, utilizando los factores cinéticos que participan en el proceso y

1 Docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Metalúrgica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. E-mail: aquilesfigueroaloli@yahoo.es

2 Alumno de Ingeniería Metalúrgica. E-mail: lmoreno44@hotmail.com.

obteniéndose fórmulas matemáticas con las que se pueden graficar curvas de cinética de flotación que depende del carácter del mineral y de la máquina de flotación.

Desde que se desarrolló por primera vez la flotación como un método de concentración, se han introducido muchos diseños de máquinas de flotación, todas con operaciones mecánicas y/o neumáticas que originan desgastes de equipos y altos consumos de energía.

La eficiencia de una máquina de flotación, en consecuencia, se determina por el tonelaje que puede tratar por unidad de volumen, calidad de los productos obtenidos y recuperaciones, consumo de energía eléctrica, reactivos, gastos de operación y mantenimiento necesarios por tonelada del mineral.

### EQUIPOS DE FLOTACIÓN

Aunque existen diseños diferentes de máquinas de flotación, todas ellas tienen la función primaria de hacer que las partículas que se han convertido en hidrofóbicas entren en contacto y se adhieran a las burbujas de aire, permitiendo así que dichas partículas se eleven a la superficie y formen una espuma, la cual es removida.

Actualmente, las máquinas más usadas por su importancia tecnológica, por lo menos en lo que se refiere al continente americano, son las celdas de flotación Sub "A", Agitair y de columna. También se toman conceptos de máquinas de flotación de nueva generación, como la celda Jameson de Australia.

Para lograr esta función, una buena máquina de flotación debe:

1. Mantener todas las partículas en suspensión.
2. Asegurar que todas las partículas que entren en la máquina, tengan la oportunidad de ser flotadas.
3. Dispersar burbujas finas de aire en el seno de la pulpa.
4. Promover el contacto partícula-burbuja.
5. Minimizar el arrastre de pulpa hacia la espuma.
6. Proporcionar suficiente espesor de espuma.

### Los factores principales para calificar el rendimiento de la máquina son:

1. Rendimiento metalúrgico, representado por la ley y la recuperación.
2. Capacidad, en TMH y por unidad de volumen.
3. Costos de operación por tonelada de alimentación
4. Facilidad de operación (la cual puede bien ser subjetiva).

### Según el método de introducción del aire a la pulpa, podemos distinguir diferentes tipos de máquinas:

1. Máquinas mecánicas, en la que el aire se introduce por agitación mecánica y en cuya distribución es de fundamental importancia un agitador.
2. Máquinas mecánicas, en que el aire se introduce bajo presión en la parte inferior de la pulpa, manteniendo la agitación mecánica.
3. Máquinas neumáticas, la inyección de aire se produce a elevada presión (compresoras) no se cuenta con agitación mecánica.

### Una buena máquina de flotación debe tener facilidades para:

1. Alimentación de la pulpa en forma continua.
2. Mantener la pulpa en estado de suspensión.
3. Evitar las sedimentaciones.
4. Separación apropiada de la pulpa y de la espuma mineralizada.
5. Evacuación de la última en forma ordenada.
6. Fácil descarga de los relaves.

## II. DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La construcción del prototipo se ha desarrollado en las siguientes etapas:

1. Cálculo de los parámetros de diseño.
2. Confección de los planos digitales utilizando el programa Autocad.
3. Construcción de las piezas que conforman la celda piloto en los talleres de Mametsa, gracias al apoyo brindado por su gerente general Dr. César Janampa Ramos.
4. Fundición del impulsor en los laboratorios de la E.A.P. de Ingeniería Metalúrgica.
5. Pintado de las piezas en la Planta Piloto de la Universidad Mayor de San Marcos.
6. Ensamblaje final de la celda piloto con el motor.
7. Instalación del prototipo en el circuito de flotación de la Planta Piloto de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
8. Pruebas metalúrgicas de funcionamiento.

Por tratarse de un proyecto de investigación de construcción de un equipo físico, la mejor manera de presentarlo será mediante la exposición de fotografías de acuerdo al orden antes mencionado, indicando también que se cuenta con un video de funcionamiento para las pruebas metalúrgicas.

1. PARÁMETROS DE DISEÑO:

CAPACIDAD DE LA CELDA

CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO DE ALIMENTACIÓN

	Mínimo	Máximo
KSPH	30.000	50.000
% de sólidos	40.0	40.0
Densidad del sólido	2.80	2.80

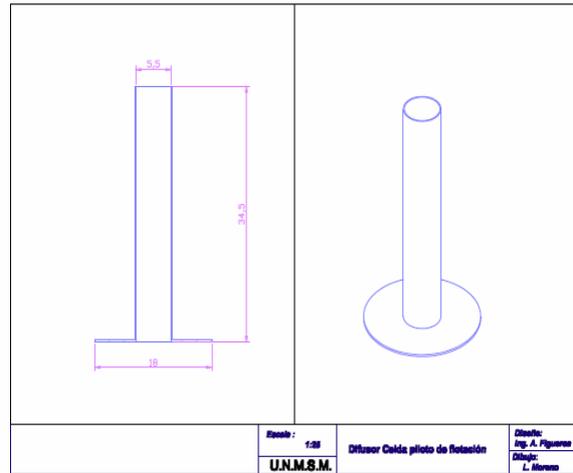
CÁLCULOS:

M <sub>p</sub>	Kg	75.000	125.000
M <sub>w</sub>	Litros	45.000	75.000
Q <sub>p</sub>	LPH	55.714	92.857
P <sub>sV</sub>	%	19.230	19.230
dp	gr/litro	1 346	1 346

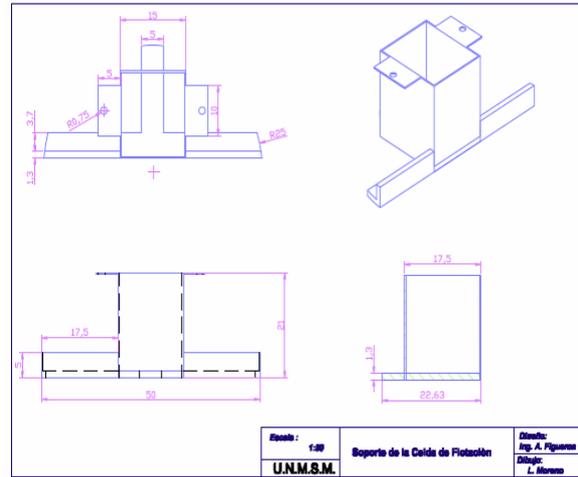
De los cálculos desarrollados y de los diseños aplicados se presenta un resumen de las especificaciones técnicas importantes.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO

Tipo	Tanque cilíndrico
Tamaño	300 mm diámetro y 400 mm de altura
Revoluciones	950 rpm
Material	Acero de medio carbono
Motor	1.50 Kw 4P motor enjaulado
Accesorios	Faja en V con cobertura de seguridad Tubería de 1/4" para aire a baja presión Sistema para ducha de agua Válvula de desagüe Canaleta de recepción de concentrados Patas de soporte
Tiempo de flotación	22.5 minutos para alimentación de 30 kph 13.5 minutos para alimentación de 50 kph

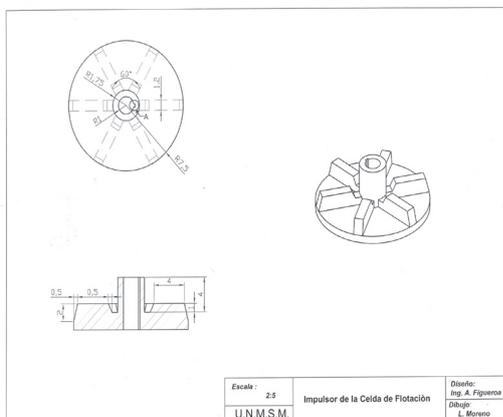


Plano N.º 2. Tubo de alimentación y difusor.

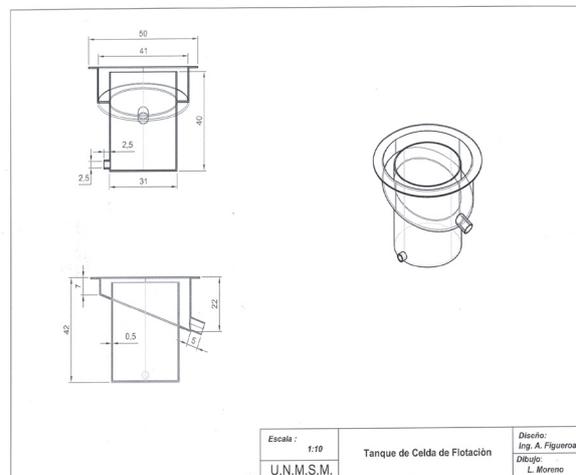


Plano N.º 3. Soporte del sistema de transmisión.

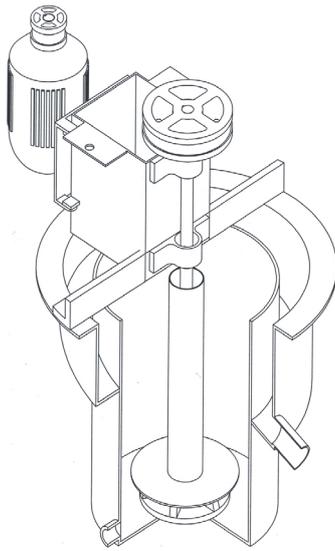
2. CONFECCIÓN DE LOS PLANOS DIGITALES:



Plano N.º 1. Impulsor de la celda.



Plano N.º 4. Tanque de agitación y canales.



Plano N.º 5. Vista general del equipo.

### 5. PINTADO DE LAS PIEZAS DE LA CELDA DE FLOTACIÓN



Foto N.º 3. Pintura de las piezas del equipo.

### 3. CONSTRUCCIÓN DE LAS PIEZAS DE LA CELDA PILOTO



Foto N.º 1. Tanque de agitación y canales de salida de productos.

### 6 y 7. RESULTADO FINAL



Foto N.º 4. Celda "San Marcos" instalada en los circuitos de la Planta Piloto de flotación.

### 4. FUNDICIÓN Y MAQUINADO DEL IMPULSOR



Foto N.º 2. Fundición del impulsor.

### 8. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Concluida la instalación de la celda piloto, en los ambientes de la Planta Piloto de la E.A.P. de Ingeniería Metalúrgica, se procedió con las pruebas de funcionamiento de acuerdo a un programa. Este se inició con el chequeo de los componentes mecánicos y eléctricos en funcionamiento. Luego se pasó a operar el equipo solo con agua durante cinco días consecutivos y se verificó el buen estado del equipo en sus aspectos mecánicos y eléctricos.

Se finalizó el estudio desarrollando una prueba metalúrgica con mineral de calcopirita durante un día, para ello fue necesario el funcionamiento de toda la Planta Piloto. El equipo funcionó eficientemente en todos sus aspectos, existe un video de esta prueba.

### III. CONCLUSIONES

1. Los parámetros de diseño han sido correctamente establecidos para operar la celda en la Planta Piloto de flotación de la E.A.P. de Ingeniería Metalúrgica.
2. Los planos de los órganos de máquina han permitido la correcta construcción de las piezas que conforman la celda piloto.
3. No se presentaron problemas en el ensamblaje por las previsiones tomadas en el diseño.
4. La celda operó correctamente en vacío y con solo agua en forma continua por tres días, dando pruebas de su eficiencia mecánica y eléctrica.
5. Las pruebas metalúrgicas en blanco desarrolladas operando toda la Planta Piloto han demostrado que la celda se adecua perfectamente a este tipo de concentración por flotación.
6. Los profesores y alumnos de la E.A.P. de Ingeniería Metalúrgica están en capacidad de emprender

nuevos retos, para crear tecnología propia en el procesamiento de minerales.

### IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Mular AL., Bhappu RS. (1978). *Mineral Processing Plant Design*. Society of Mining Engineers. New York.
- [2] Gray Meredith P., Harbort Gregory J., Murphy Andrew S. (1998). *Flotation circuit design utilising the Jameson cell*. Brisbane, Queensland, Australia.
- [3] Jameson GJ. (1991). The development and application of the Jameson cell, IMM Extractive Metallurgy Conference. Australia.
- [4] Errol Kelly G., Spottiswood David S. (1990). *Introducción al procesamiento de minerales*. México.
- [5] Sutulov Alexander (1963). *Flotación de minerales*. Concepción, Chile.
- [6] Wheeler DA. (1985). Column Flotation, II Congreso Latinoamericano de Flotación, Concepción, Chile.
- [7] Fueyo C. Luis (1999). *Equipos de trituración, molienda y flotación*. Madrid, España.