

PROYECTO RÍO SURATÁ

PROPUESTA DE MANEJO INTEGRADO DEL MERCURIO EN EL PROCESO DE AMALGAMACION EN VETAS Y CALIFORNIA (DEPARTAMENTO DE SANTANDER, COLOMBIA)

RODOLFO CONTRERAS MORENO

Ingeniero Metalúrgico

JUAN MANUEL PINZÓN ANGEL

Ingeniero Metalúrgico, Especialista en Ingeniería Ambiental

**Jornada Internacional sobre el Impacto Ambiental del Mercurio
Utilizado por la Minería Aurífera Artesanal en Iberoamérica**

Lima, 26 – 28 de Septiembre de 2.001



COOPERACIÓN TÉCNICA COLOMBO-ALEMANA

“REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL DEBIDA A LA PEQUEÑA MINERÍA EN LA CUENCA DEL RÍO SURATÁ” (Proyecto Río Suratá).

ENTIDADES SIGNATARIAS

POR COLOMBIA (Convenio Interadministrativo del Río Suratá)



CDMB Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (**Entidad Coordinadora**)

CAMB Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga

GOBERNACIÓN DE SANTANDER

MINERCOL Participación pendiente

POR ALEMANIA



BGR Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales

CONTENIDO

1. EL PROCESO	1
2. ACCIONES	2
2.1 Parámetros Optimos del Proceso	2
2.1.1 Calidad del Mercurio	3
2.1.2. Calidad del Concentrado.....	4
2.1.3 Variables de la Operación.....	5
2.1.3.1 Pruebas Experimentales	5
2.2 Recuperación de la amalgama	8
2.3. Procesamiento de la Amalgama.....	9
2.3.1 Optimización del Proceso	10
2. 3.1.1. Horno de Calentamiento.....	10
2. 3.1.2. Retorta.....	12
2. 3.1.3. Soplete o quemador	13
2.3.1.4 Condiciones de operación	14
2.3.1.5 Costos de Fabricación y Operación:.....	15
4. CONCLUSIONES	18
5. BIBLIOGRAFIA	19

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultados Pruebas Molienda - Amalgamación.....	7
Tabla 2. Resultados de las pruebas de destilación en retorta acero inoxidable con estufa a gasolina	11
Tabla 3. Pruebas de destilación con sistema integrado con horno a gas.....	13

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estado Inicial Canaletas.....	4
Figura 2. Reforma Efectuada	4
Figura 3. Barril de Laboratorio y Elutriador	6
Figura 4. Elutriador Proyecto Río Suratá	8
Figura 5. Retorta Nariño (Primer Plano) y Retorta MEDMIN (Segundo Plano)	9
Figura 6. Sistema de destilación a gasolina.....	11
Figura 8. Sistema de destilación de amalgamas a gas	14
Figura 9.y 10 Retorta en Operación e Ilustración de la Temperatura Alcanzada.	14
Figura 11. Sistema Implementado para Fundir Oro Libre	15
Figura 12. Plano de Sistema de Destilación de Mercurio.....	17

PROPUESTA DE MANEJO INTEGRADO DEL MERCURIO EN EL PROCESO DE AMALGAMACION REALIZADO EN VETAS Y CALIFORNIA (SANTANDER, COLOMBIA)

RESUMEN

El siguiente trabajo muestra las acciones adelantadas por el “Proyecto Río Surata” y los resultados obtenidos en la campaña para la reducción de la contaminación originada en el pequeño distrito minero de Vetás – California (Departamento de Santander, Colombia), por los procesos de recuperación de oro por amalgamación.

El diagnóstico realizado establece los orígenes y cuantifica los vertimientos y emisiones de mercurio, responsables del efecto contaminante. La no observancia de las técnicas y parámetros adecuados de operación, tanto en el proceso de la recuperación del oro que se realiza en cilindros rotatorios como en la posterior recuperación del mercurio, son los responsables.

En concordancia, las acciones se han encaminado a la divulgación y enseñanza práctica de los parámetros óptimos de operación y la introducción de los equipos adecuados para los procesos. Se diseñó y se masificó la utilización, con muy buenos resultados, de un sistema para la destilación de amalgamas adecuándolo a las condiciones del área.

De llegarse a adoptar las medidas recomendadas y la introducción de los equipos adecuados para el proceso de amalgamación, se podrá lograr una reducción cercana al 90% de los vapores de mercurio metálico emitidos al ambiente y hasta un 50 % del mercurio asociado con las colas.

1. EL PROCESO

En el distrito minero aurífero Vetas-California (Santander-Colombia) la recuperación de oro de yacimientos filonianos de tipo hidrotermal se lleva a cabo a través de operaciones de beneficio que involucran principalmente la molienda, concentración gravimétrica, amalgamación en barriles y cianuración por percolación. Operan aproximadamente 25 plantas de beneficio, las cuales globalmente procesan entre 35000 Y 45000 t mineral / año, produciendo de 250 a 350 kg oro / año. Entre vertimientos y emisiones de mercurio se estableció un volumen de 1000 a 1200 kg de mercurio / año. Gran parte del mercurio es vertido al sistema hídrico del área, que abastece a una de las plantas del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.

Adicionalmente operan en el área cerca de 200 mineros informales, que procesan el mineral en barriles para molienda – amalgamación y cianuración por percolación en pequeñas instalaciones. Normalmente los barriles están instalados cerca o al interior de las viviendas y operan en forma discontinua, realizando entre 2 y 4 operaciones por semana.

La amalgamación se realiza en cilindros metálicos rotatorios, con diámetros entre 30 y 60 cm y longitudes entre 50 y 80 cm, accionados hidráulica o eléctricamente, en los cuales se introduce concentrados de mineral, agua, medios amalgamadores (bolas o barras), mercurio y en algunas ocasiones aditivos según el caso (detergentes, cal, sal, etc.) y se obtiene como productos amalgama y colas.

En la evaluación realizada por el Proyecto al proceso de amalgamación, se detectaron fallas que originan grandes pérdidas de mercurio y bajas recuperaciones de oro, siendo algunas de ellas:

- Baja o ausencia de selectividad y preparación del mineral a amalgamar.
- Baja calidad y cantidad excesiva de mercurio.
- Altas velocidades de rotación de los barriles amalgamadores.
- Relación inadecuada peso cuerpos moledores / peso mineral.
- Baja densidad de pulpa.
- Proceso remolienda amalgamación simultaneo.
- Deficiente separación de amalgama – colas.
- Procesamiento inadecuado para la recuperación del oro de la amalgama.

Las técnicas y procedimientos adelantados por los mineros han venido siendo utilizados durante décadas y transmitida sin variación de generación en generación. Esta particularidad, junto con la idiosincrasia de los mineros, hace difícil la modificación drástica de los procedimientos actuales, sin previa concientización y apropiada capacitación.

2. ACCIONES

La estrategia del Proyecto, en concordancia con lo anteriormente expuesto, se dirigió inicialmente a dar a conocer a la comunidad minera, los peligros y consecuencias en la salud, derivados de la contaminación con mercurio. Se adelantaron campañas ilustrativas apoyadas por medios audiovisuales, cartillas y charlas con personal médico especializado.

Una vez asimilada por la comunidad los peligros a que esta expuesta, se inició el asesoramiento para mejorar el proceso, mediante:

- ❖ Indicación teórica y práctica e introducción de los parámetros óptimos del proceso de amalgamación.
- ❖ Introducción de técnicas para la eficiente recuperación de la amalgama.
- ❖ Tecnificación del procesamiento de la amalgama (destilación).

2.1 Parámetros Óptimos del Proceso

En el proceso de amalgamación por barriles, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Calidad del mercurio.
- Calidad del concentrado a amalgamar.
- Variables de la operación.

2.1.1 Calidad del Mercurio

Para lograr la amalgamación del oro, se necesita que tanto la superficie del oro como de mercurio se encuentren libres de cualquier impureza. Dentro del proceso el mercurio puede sufrir degradación por la combinación con metales bajos, creándose una película de óxido de los mismos que cubre su superficie; perdiendo la afinidad para combinarse y tornándose inestable en su cohesión (atomización). Adicionalmente elementos tales como: arsénico, azufre, grasas y algunas sales metálicas, como el cloruro de calcio producen el mismo efecto degradante.

Para eliminar las películas de grasa es de uso general adicionar soda cáustica, amoníaco y carbonato de sodio disueltos en agua. Aunque algunas de estas prácticas eran utilizadas en la operación de las principales plantas, en el común de las mismas eran ignoradas.

Para la eliminación de la película los óxidos, se adiciona amalgama de sodio previa obtención por hidrólisis, técnica esta conocida como de “activación de mercurio” en la cual se utiliza solución de cloruro de sodio al 10% en peso como electrolito.

La activación es un proceso electrolítico, en el que al paso de la corriente se produce la descomposición del electrolito, absorbiendo el mercurio al sodio y donde el cloro es eliminado al ambiente en forma gaseosa. El sodio le otorga mayor reactividad al mercurio, sin embargo, debido a la gran actividad del mismo el efecto perdura corto tiempo.

La amalgama de sodio adicionada al proceso, ejerce un doble efecto, ya que en contacto con el agua produce soda cáustica que ataca las grasas y adicionalmente libera hidrógeno que reduce los óxidos de la superficie del mercurio.

El Proyecto Río Suratá mediante campañas de capacitación ha logrado que en algunas plantas de beneficio la activación sea una práctica rutinaria del proceso de beneficio.

2.1.2. Calidad del Concentrado

Generalmente el mineral enviado a amalgamación proviene de alguna etapa de concentración. Dependiendo de la técnica se obtienen concentrados de diferentes calidades y tenores, presentándose situaciones de amalgamación que solo conducen a pérdidas de mercurio.

Al igual que el mercurio, la superficie del oro puede llegar a contaminarse con grasa, películas de óxidos metálicos y otros elementos que inhiben la adhesión al mercurio. Los mismos aditivos mencionados en el numeral anterior, al igual que la continua fricción de las partículas por efecto de la rotación del barril, ayudan a contrarrestar los efectos negativos de estas películas.

Paralelo a la campaña de capacitación, se adelantaron trabajos tendientes a mejorar los procesos de concentración gravimétrica, en especial la concentración en canaletas por ser la técnica de concentración más empleada en la zona de trabajo, (Figuras 1 y 2). Ajustes como disminución del ancho de la canaleta, regulación del flujo de pulpa, incremento de la pendiente en algunos casos, implementación del tapete sintético atrapamugre tipo Nomad, permitieron recuperar mayor cantidad de oro libre y reducir en un 50% el material enviado a amalgamación.

En la actualidad se adelanta una caracterización mineralógica de los diferentes minerales que permitirá establecer el óptimo grado de liberación, fundamental en cualquier proceso de recuperación que se llegue a elegir para el oro.



Figura 1. Estado Inicial Canaletas



Figura 2. Reforma Efectuada

2.1.3 Variables de la Operación

La no observancia de los óptimos parámetros de operación conducen a la baja recuperación de los valiosos y a la degradación y excesivo consumo de mercurio; en este aspecto las variables de mayor importancia para el proceso son:

- ❖ Tiempo de amalgamación: No exceder los tiempos máximos determinados en la práctica como óptimos para cada mineral y descartar la remolienda en el proceso de amalgamación, reduciéndose la posibilidad de atomización del mercurio (harina de mercurio) principal causa de contaminación en las fuentes hídricas.
- ❖ Carga de cuerpos para la fricción: Es acertado usar barras de acero, cuya carga esta usualmente en el 50 % de la usada para la molienda en molinos cilíndricos.
- ❖ Densidad de la pulpa: La cantidad de sólidos debe ser del 30 al 50%.
- ❖ Factor de llenado: Puede fluctuar entre 1/2 y 2/3.
- ❖ Velocidad de rotación: Para la amalgamación no se requiere de velocidades altas de rotación ,debido a que esta provocarían atomización del mercurio, el 30% de la velocidad critica es un valor acertado.
- ❖ Consumo de Mercurio: Teniendo en cuenta que el consumo de mercurio es función del tenor y el grado de liberación del oro, los consumos óptimos se deben ajustar a los resultados prácticos de la operación para cada mineral.

2.1.3.1 Pruebas Experimentales

Teniendo en cuenta que algunas de las variables de amalgamación se determinan mediante la práctica, se requiere desarrollar pruebas para cada material en particular, a fin de obtener los rangos de operación mas acertados.

Las pruebas se realizan en un barril de 22 cm de diámetro y 30 cm de longitud con capacidad de 11.4 l (Figura 3); la velocidad de rotación del barril es 62 rpm (70% de la velocidad crítica).



Figura 3. Barril de Laboratorio y Elutriador

Se adelantaron pruebas en las que la carga de bolas, agua, mercurio y la cal (adicionada frecuentemente a los procesos por los mineros), se variaron de acuerdo a la cantidad de mineral, adicionalmente se manejaron diferentes tiempos de molienda y de amalgamación. Para no variar sustancialmente la técnica tradicional del área, la molienda y la amalgamación se realizaron en forma consecutiva y bajo los mismos parámetros de operación, es por esto la selección de una mayor velocidad de rotación a la usual para el solo proceso de amalgamación.

Los resultados se presentan en la tabla 1; donde se observa que el mejor resultado corresponde al ensayo 8, ratificando que un excesivo tiempo de operación, de volumen de cuerpos de fricción y de mercurio aunado a una adición exclusiva de cal son contraproducentes para el proceso, prácticas estas acostumbradas en el área. El uso de la cal sin otros aditivos, promueve junto con las grasas jabones insolubles que se adhieren bien a la superficie del oro o del mercurio.

	Referencia	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7	Ensayo 8	Ensayo 9
Muestra: 011299PMRO10	536gAu/t	536gAu/t	536gAu/t	536gAu/t	536gAu/t	536gAu/t	536gAu/t	536gAu/t	536gAu/t	536gAu/t
Tiempo Molienda [h]	0	6	7	8	6	6	6	6	6	6
Tiempo Amalgamación [h]	0	6	7	8	6	6	6	6	6	6
Agua. [l agua / l mineral]		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Bolas [Kg bolas/Kg. mineral]		0.75	0.75	0.75	0.50	1.0	0.75	0.75	0.75	0.75
Factor de llenado[%]		70	70	70	67	74	70	70	70	70
Mercurio [gr. Hg/Kg mineral]		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	10	5.0	10
Cal [gr. Cal/Kg mineral]		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	5.0
Ph de trabajo	5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7.0	6.0	6	9.5
Granulometría	12% < 75 µm	56%	67%	72%	35%	93%	63%	75%	64%	60%
	4% < 45µm	37%	42%	47%	22%	74%	43%	40%	38%	37%
Recuperación Oro [%]	0	70.6	57.5	61	41.8	55.2	86.5	88.7	90.3	67.4
Perdidas de Mercurio[%]	0	9.4	11.3	8.5	11	27	11.1	7.2	4.9	28.2
Observaciones										

Tabla 1. Resultados Pruebas Molienda - Amalgamación.

2.2 Recuperación de la amalgama

Terminado el proceso se debe separar la amalgama de la pulpa. En la región el material es descargado a baldes a los cuales se le agrega agua a presión, para que las colas sean evacuadas por rebose y la amalgama y el mercurio residual se depositen en el fondo del recipiente. Este procedimiento requiere de un manejo cuidadoso y por ende un tiempo largo en su ejecución para que no se incrementen las pérdidas tanto de amalgama como de mercurio.

La técnica usual para este procedimiento es la utilización de separadores hidráulicos, práctica que es desconocida en el área. El Proyecto ha hecho demostraciones de estos equipos, partiendo del prototipo del hidroseparador desarrollado por MEDMIN, previa modificación para poder ser operado con la presión de agua de la red domiciliaria (ver Figura 4).

Se efectuaron pruebas de amalgamación con los parámetros indicados anteriormente, incorporando el hidroseparador para el lavado de la pulpa. Los resultados arrojan recuperaciones de mercurio entre 93 y 95% atribuibles a la eficiente separación de la amalgama y mercurio presentes en el barril.

Ante los resultados obtenidos las Asociaciones Mineras, han solicitado al Proyecto, la pronta introducción de esta técnica, en principio mediante la entrega de esta clase de equipos a las principales plantas de beneficio del área.



Figura 4. Elutriador Proyecto Río Suratá

2.3. Procesamiento de la Amalgama

La separación del mercurio de la amalgama para obtener oro comercial se hace por destilación en retortas a temperaturas superiores a 360°C. El procedimiento generalizado en el área es la quema de la amalgama mediante contacto directo de esta con carbón vegetal en combustión; allí los vapores de mercurio se emiten directamente al medio ambiente, muchas veces dentro de las viviendas de los operadores, generando efectos altamente nocivos para los seres vivos.

En una primera etapa el Proyecto distribuyó retortas fabricadas y utilizadas en la minería del departamento de Nariño – Colombia. Infortunadamente, los resultados no fueron los mejores y el gremio retomó el procedimiento tradicional. Las principales limitantes de la retorta de Nariño (ver Figura 5) fueron: reducida capacidad de refrigeración, contaminación del mercurio recuperado, tiempos excesivos para el calentamiento (alrededor de 45 minutos) e inestabilidad física al operar las retortas en fogones de leña, fraguas con coque y hornos de fundición.

En una segunda etapa el Proyecto intentó incorporar la retorta diseñada por MEDMIN (ver Figura 5), sin embargo se continuaban presentando inconvenientes en la operación, debidos especialmente a la carencia en el medio de la adecuada fuente de calor.



Figura 5. Retorta Nariño (Primer Plano) y Retorta MEDMIN (Segundo Plano)

2.3.1 Optimización del Proceso

A fin de subsanar los inconvenientes expuestos anteriormente, el Proyecto decidió introducir las reformas pertinentes. Primó el concepto de obtener un sistema integrado para la destilación de amalgamas, en el cual se cuente con la unidad de calentamiento y la retorta como tal. Se adelantaron trabajos experimentales que permitieron el diseño final.

El sistema obtenido está compuesto por tres elementos: Horno de calentamiento, retorta de destilación y soplete o quemador.

Se realizaron pruebas de destilación utilizando mercurio metálico, amalgamas de bronce y amalgamas de oro. En estas pruebas se determinó la tasa de recuperación de mercurio bajo el siguiente esquema:

$$\text{Tasa de recuperación de Hg (\%)} = \frac{\text{Hg destilado} \times 100}{\text{Hg asociado}}$$

Los resultados obtenidos justificaron la masificación de la unidad diseñada, por el Proyecto, orientándose principalmente a las plantas de beneficio y algunos operadores informales.

2. 3.1.1. Horno de Calentamiento

Se trabajó en las posibilidades de disponer de hornos de calentamiento operados con gas propano y con gasolina previendo la existencia de mineros situados en sitios de difícil acceso vial.

Para los hornos a gas, los ensayos preliminares realizados por el asesor local Ing. Jorge Avella, orientaron el diseño hacia un horno de pared metálica, recubierto en su interior con cemento refractario. Se trabajó con cilindros metálicos de acero al carbono de 4" de diámetro sin revestimiento y 6" de diámetro con revestimiento refractario Concrax Erekos Ref: 1700 °C, , determinando la altura necesaria en relación al diámetro para simular las condiciones del horno de fundición. Para la

operación con estufas manuales de gasolina, se trabajó adicionalmente con hornos de arcilla.

Al igual que el horno a gasolina, (Ver figura 6) el horno a gas tiene su respectiva tapa, con un agujero en el centro que facilita el ingreso del gas y su combustión al interior del mismo. Adicionalmente se acondicionó un soporte en la pared del mismo, el cual permite instalar y remover fácilmente el soplete.



Figura 6. Sistema de destilación a gasolina

Pruebas iniciales en las estufas de gasolina permitieron determinar el tiempo necesario para la destilación total del mercurio metálico, siendo 15 minutos el tiempo necesario para este objetivo (Tabla 2),

Horno	Amalgama Bronce [g]	Mercurio Asociado [g]	Tiempo [min]	Mercurio Destilado [g]	Esponja de Bronce [g]	Consumo Gasolina [ml]	Tasa de Recuperación [%]
Acero 4" sin recubrimiento	30	10	15	6,0	18,5	204	60
Acero 6" recubierto con Concrax	30	10	15	8,9	18,5	215	89
Arcilla 6" con tapa	30	10	15	9,4	18,6	230	94

Tabla 2. Resultados de las pruebas de destilación en retorta acero inoxidable con estufa a gasolina

El horno de arcilla representa un buen aislamiento térmico y conduce a altas tasas de recuperación pero su estabilidad física es muy baja. El horno en acero sin recubrimiento es sencillo, durable, pero con baja retención de calor que incide en la tasa de recuperación de mercurio. Al ser recubierto el horno con cemento refractario (Concrax) se obtienen aceptables tasas de recuperación.

2. 3.1.2. Retorta

Para el diseño final de la retorta se consideraron las deficiencias de los modelos anteriormente referidos y la correspondencia necesaria con el horno de calentamiento. Algunas características a superar fueron:

- ◆ Tiempos excesivos de calentamiento y consumo de combustible originados en la ausencia de un dispositivo de calentamiento adecuado.
- ◆ Contaminación del mercurio destilado debido a la oxidación del acero.
- ◆ Inyección de agua adicional asociada a la baja capacidad de refrigeración del tanque, originando practicas inseguras.
- ◆ Dificultad para operación de la retorta en fogones de leña o fraguas, debido a la consideración de la retorta como un elemento individual.

Retomando el diseño de MEDMIN, que superaba algunos de los inconvenientes anteriores, se realizaron ajustes que permitieron obtener el diseño final que presenta las siguientes características:

- ◆ Vaso y tubo de condensación en acero inoxidable AISI 304, con sistema de roscado cónico.
- ◆ Tanque de refrigeración cilíndrico en lamina galvanizada con capacidad para 7,8 l de agua.
- ◆ Curvatura del tubo de condensación que garantiza la salida del mercurio destilado.
- ◆ Posibilidad de operar la retorta con dos vasos de diferente capacidad, 200 y 400g de amalgama, según las necesidades.
- ◆ La retorta puede ser operada en estufa a gasolina o en horno a gas.
- ◆ Cierre hermético del vaso (rosca cónica) reduciendo drásticamente las fugas.

2. 3.1.3. Soplete o quemador

En el mercado local se encuentran varias clases de sopletes, siendo los fabricados por la empresa brasilera Jackwall (referencia 75.102.200) los más seguros y ajustables a las aplicaciones requeridas por el Proyecto Río Suratá. Se seleccionó el soplete a gas en el cual se modificó el diámetro de los inyectores de gas y aire pasando de 0,2 a 0,8 mm y de 2 mm a 5 mm respectivamente. Estas variaciones permitieron el ingreso y la combustión del gas al interior del horno. El consumo promedio de gas para un diámetro de 0,8 mm en el inyector es 1200 g/h.

Como se mencionó anteriormente, el soplete se ubica en la base adjunta al horno, a una distancia de 7 cm de la pared del mismo.

Teniendo fabricado el sistema de destilación con utilización de gas propano (Figura 8), se implementaron pruebas iniciales para determinar el tiempo necesario en la destilación de muestras de mercurio metálico y amalgamas de bronce. Este parámetro de operación se determinó en promedio de 8 a 15 minutos. En pruebas posteriores (Tabla 3) se evaluó la tasa de recuperación de mercurio para las muestras mencionadas.

Muestra	Peso de Muestra [g]	Mercurio Asociado [g]	Tiempo [min]	Mercurio Destilado [g]	Esponja de Bronce [g]	Tasa de Recuperación [%]
Amalgama Bronce	16	7	10	5.7	9	81
Amalgama Bronce	21	9	8	7.9	12	87
Mercurio Metálico	40	40	8	37.3	---	93

Tabla 3. Pruebas de destilación con sistema integrado con horno a gas.

Los resultados muestran que el sistema de calentamiento con gas propano requiere tiempos menores para la destilación total de las muestras, asociado con el mayor

tiempo de residencia de los gases de combustión en el interior del horno. También se destaca un nivel de recuperación aceptable para el sistema, el cual oscila entre 75 y 90 %. Cierta cantidad de mercurio se mantiene adherida al interior del tubo de condensación, según inspecciones visuales.



Figura 8. Sistema de destilación de amalgamas a gas

2.3.1.4 Condiciones de operación

El tiempo necesario para la destilación total oscila entre 15 y 20 minutos según el tipo de horno utilizado. El consumo de combustible para 15 minutos de calentamiento es 300 ml de gasolina o 0,2 lbs de gas propano. Durante el calentamiento con el horno a gas se alcanzan temperaturas cercanas a los 550 °C en 10 minutos de operación (Figuras 9 y 10).



Figura 9.y 10 Retorta en Operación e Ilustración de la Temperatura Alcanzada.

El proyecto realizó pruebas con el sistema de destilación, alcanzando temperaturas superiores a la referenciada anteriormente, que permiten su utilización en la fundición de pequeñas cantidades de oro libre (Figura 11).

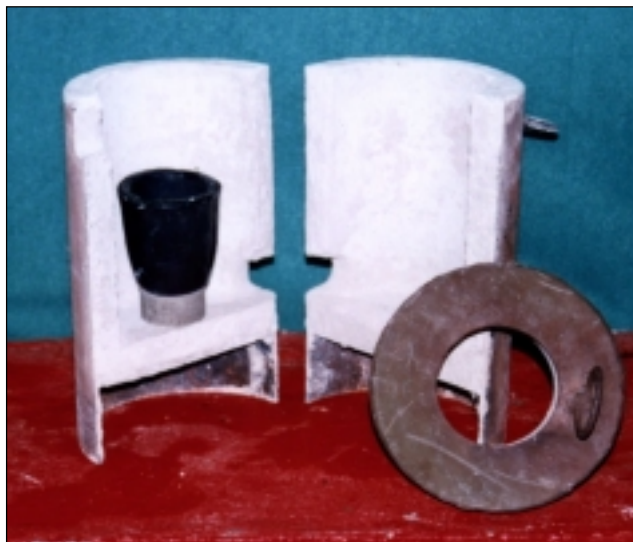


Figura 11. Sistema Implementado para Fundir Oro Libre

Debido a las temperaturas de operación del los hornos se requiere de un tiempo aproximado de 15 minutos para el enfriamiento de la retorta, previniendo a los mineros del enfriamiento brusco para evitar anomalías en la rosca y grietas en las soldaduras que conllevan a la fuga de los vapores de mercurio.

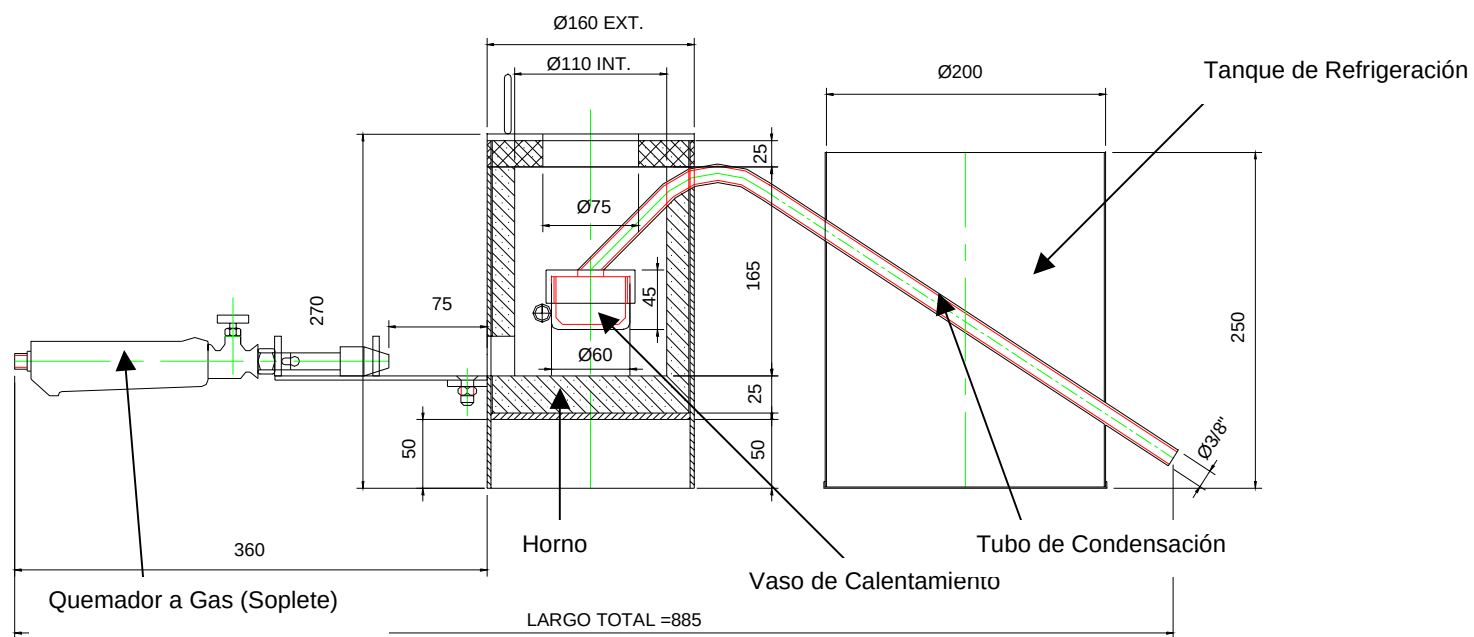
2.3.1.5 Costos de Fabricación y Operación:

Horno de acero recubierto con Concrax 1700	US\$ 25.00
Retorta	US\$ 30.00
Soplete marca Jackwal referencia 75.102.200	<u>US\$ 30.00</u>
TOTAL	US\$85.00

Aunque el costo de fabricación parece alto, la durabilidad y eficiencia del sistema integrado para destilación de amalgamas lo justifican, dado que el sistema puede tener una duración aproximada de varios años y adicionalmente la construcción y materiales son de origen local (Figura 12), condición que facilita cualquier reparación del conjunto. En cuanto a los costos de operación son muy bajos y pueden ser nulos

si se tiene en cuenta el costo del mercurio recuperado de la amalgama, el cual fácilmente compensa los costos de combustible.

La principal ventaja asociada al sistema es la protección de la salud de los mineros y sus familias en primera instancia y la reducción de emisiones de este metal al ambiente, razones de peso que justifican la inversión para la adquisición de la unidad diseñada.



Medidas en milímetros (mm)

Figura 12. Plano de Sistema de Destilación de Mercurio

4. CONCLUSIONES

El estudio de las interrelaciones de los diferentes factores incidentes en el proceso de amalgamación permitió abordar el problema con una visión integral que proyecta reducir en un 90 % la emisión de vapores metálicos y en 50 % el vertimiento de mercurio asociado en las colas del proceso.

Aunque el proceso de amalgamación realizado por los mineros tiene características muy particulares, las propuestas del proyecto además de considerar los aspectos técnicos, involucraron aspectos culturales y de idiosincrasia de la comunidad minera, con el objeto de facilitar la incorporación de las técnicas y equipos.

Los ajustes realizados a algunos equipos conocidos como las retortas e hidroseparadores, además de permitir la reducción de la contaminación, facilitan el trabajo y mejoran los niveles de recuperación que inciden en la economía de la operación.

El proyecto diseña y construye con materiales y mano de obra local un sistema de destilación para amalgamas que ha demostrado ser seguro, eficiente, sencillo en su operación y económico. Este sistema ha sido acogido por los mineros y representa una herramienta fundamental para la prevención de la contaminación por vapores de mercurio en ambientes familiares y laborales.

5. BIBLIOGRAFIA

ESCOVAR, J y ECHEVERRY, A. Notas Sobre Minería y Cianuración. Fundición Escobar y Cía Ltda. Medellín, Colombia 1990.

GTZ, PROYEKT - CONSULT y CORPONARIÑO. Mitigación de Emisiones de Mercurio en la Pequeña Minería Aurífera de Nariño / Colombia. Pasto (Colombia) y Königstein (Germany), 1992.

MEZA, L y GAVIRIA, A. Programa Modular Procesamiento de Minerales Auroargentíferos. Convenio Universidad Nacional, Cimex, Mineralco y Sena. Medellín 1992 (16p).

PAGINA Web: www.hruschka.com

PRIESTER, M., HENTSCHEL, T., BENTHIN, B. Pequeña Minería - Técnicas y Procesos. Gate - GTZ. República Federal de Alemania. 1992.

WOTUBRA, H., HRUSCHKA, F., HENTSCHEL, T., PRIESTER, M. Manejo Ambiental en la Pequeña Minería. MEDMIN – COSUDE. La Paz 1998 (60p).