

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y  
MANUFACTURERA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUÍMICO**

**“INCREMENTO DE LA CALIDAD DEL ANTIMONIO CRUDO  
POR CONTROL DE IMPUREZAS”**

**PRESENTADO POR:**

**ELARD ENRIQUE LANDA CHAUCA**

**SETIEMBRE 2002**

***DEDICATORIA***

***PARA ELLAS QUE ME AYUDARON A ALCANZAR MIS  
OBJETIVOS PROFESIONALES, LES DEDICO ESTE  
TRABAJO:***

***PERPETUA  
BERTHA  
MARY  
Y  
ALESSANDRA.***

***SIN EL APOYO DE USTEDES NO LO HUBIERA  
LOGRADO***

***¡LAS QUIERO MUCHO!***

## **RESUMEN**

El presente trabajo es uno de los varios informes que realice en mi condición como integrante del plan de becas de Centromin Perú, hoy Doe Run Perú, debido a que el antimonio es un semimetal no común me pareció interesante la idea de desarrollar el tema, en el cual a través de controles de impurezas y cantidades balanceadas de materia prima se ve claramente que es posible aumentar la calidad del antimonio crudo por encima del promedio que se tiene como especificación.

Las materias primas usadas son óxidos en forma de polvos provenientes de las planta de residuos anódicos y de antimonio, los cuales serán reducidos en hornos de reverberos para obtener el antimonio.

Estos óxidos poseen impurezas que tienen un papel determinante en la calidad del antimonio.

Las condiciones de operación para el proceso normal son las mismas utilizadas en las pruebas realizadas, para así demostrar el efecto que se tiene al controlar las impurezas en la calidad final del producto.

En resumen el presente informe, presenta mejoras a un método de trabajo clásico.

## CONTENIDO

1. <b>OBJETIVO</b> .....	(1)
2. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	(1)
2.1 Antecedentes.....	(1)
2.2 La empresa.....	(2)
2.3 Análisis del circuito de la planta de Antimonio.....	(3)
3. <b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	(5)
3.1 Materia prima.....	(5)
3.2 Propiedades físico químicas del antimonio.....	(5)
3.3 Principales reacciones para la obtención del antimonio.....	(6)
3.3.1 Primera Reducción.....	(6)
3.3.1.1 Fase metálica.....	(7)
3.3.1.2 Fase no metálica.....	(7)
3.3.2 Segunda reducción y desarsenizado.....	(9)
4. <b>RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PLANTA DE ANTIMONIO</b> .....	(10)
4.1 Tratamiento con polvo mixto.....	(10)
4.2 Tratamiento con polvo mixto y polvo de oxidación selectiva..	(11)
4.3 Análisis del proceso mejorado.....	(13)
5. <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	(14)
6. <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	(15)

<b>7. APENDICES.....</b>	<b>(17)</b>
El antimonio y la salud.....	(18)
Usos y características del antimonio.....	(22)
Importaciones en U.S.A. por consumo de antimonio metal.....	(24)
Reporte industrial de consumo en U.S.A. por producto.....	(25)
Especificaciones del antimonio.....	(26)
Diagrama de flujo de la planta de antimonio.....	(27)
Diagrama de producción de antimonio a partir de polvo mixto.....	(28)
Diagrama de producción de antimonio a partir de polvo mixto y polvo de oxidación selectiva.....	(29)
Tabla de porcentajes de variación de elementos en el proceso de producción del antimonio.....	(30)

## **1. OBJETIVO**

Demostrar técnicamente que es posible procesar polvo mixto y polvo de oxidación selectiva y obtener antimonio crudo de calidad mejorada, mediante un control estricto del contenido del plomo, bismuto y arsénico principales impurezas en el producto final.

Demostrar que es posible obtener antimonio crudo de calidad mejorada, mediante control. Especialmente en el cálculo de la cantidad adecuada de coque y perfeccionamiento del proceso Harris para extraer el arsénico.

## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.1 Antecedentes**

Al no estar operativo el tostador N° 17, el cual servía para reducir el arsénico, el polvo mixto comenzó a tratarse directamente en los hornos de reverbero de la planta de antimonio, obteniéndose altibajos en la calidad del antimonio crudo llegando a obtenerse concentraciones de 84% de pureza. Todo esto debido que dicha planta era manejada enteramente por personal obrero con la única experiencia de muchos años de trabajo, lo que no les permitían tener un enfoque técnico para la solución del problema.

El bismuto metálico que se obtiene en la primera etapa del proceso, es sometido a un tratamiento de oxidación selectiva con la finalidad de obtener óxidos de antimonio y luego mezclarlos con polvo mixto para mejorar significativamente la calidad del antimonio crudo.

Presentada la situación y habiéndose estudiado el problema, y dado que la división de refineries de cobre y plomo se hizo cargo de esta planta; realizando una serie de pruebas que llevaron a la conclusión de que la calidad del antimonio

crudo dependía íntegramente del contenido de plomo, bismuto y arsénico presentes en el polvo mixto.

En base a las conclusiones anteriores, se realizaron pruebas para establecer nuevos parámetros que condujeran a ajustar la proporción de coque para controlar el plomo y bismuto en la primera etapa o primera reducción parcial, luego perfeccionar el proceso Harris para lograr extraer la mayor cantidad de arsénico en la segunda reducción mediante el desarsenizado con soda cáustica.

## **2.2 La Empresa**

La empresa Doe Run Perú, antiguamente una de las unidades de negocio de Centromin Perú S.A., hasta 1997 que fue adquirida por The Doe Run Company, se encuentra ubicada en el departamento de Junín en la ciudad de La Oroya a 3755 m sobre el nivel del mar y es considerada como uno de los tres complejos metalúrgicos mas grandes del mundo, por la diversidad de operaciones y el número de procesos utilizados en el tratamiento de concentrados polimetálicos

El complejo metalúrgico esta formado por cuatro principales circuitos que son cobre, plomo, zinc y metales preciosos en los cuales se han introducido mejoras para la optimización de los procesos.

Doe Run Perú, produce once metales (cobre, plomo, zinc, plata, bismuto, cadmio, indio, oro, polvo de selenio, telurio y antimonio).

También como resultado de sus procesos produce ocho subproductos ( ácido sulfúrico, oleum, bisulfito de sodio, sulfato de cobre, sulfato de zinc, zinc en polvo, trióxido de arsénico y concentrados de plata zinc).

La capacidad anual de produccion de sus principales productos es 70,000 toneladas de cobre refinado, 115 000 toneladas de plomo refinado, 75 000 toneladas de zinc refinado, 1 200 toneladas de plata refinada y 2,35 toneladas de oro bullón.

Doe Run Perú tiene consumidores en el mercado local y alrededor del mundo, el metal producido en La oroya, es embarcado en el puerto del Callao a compañías de Asia, Europa, Estados Unidos y Sudamérica.

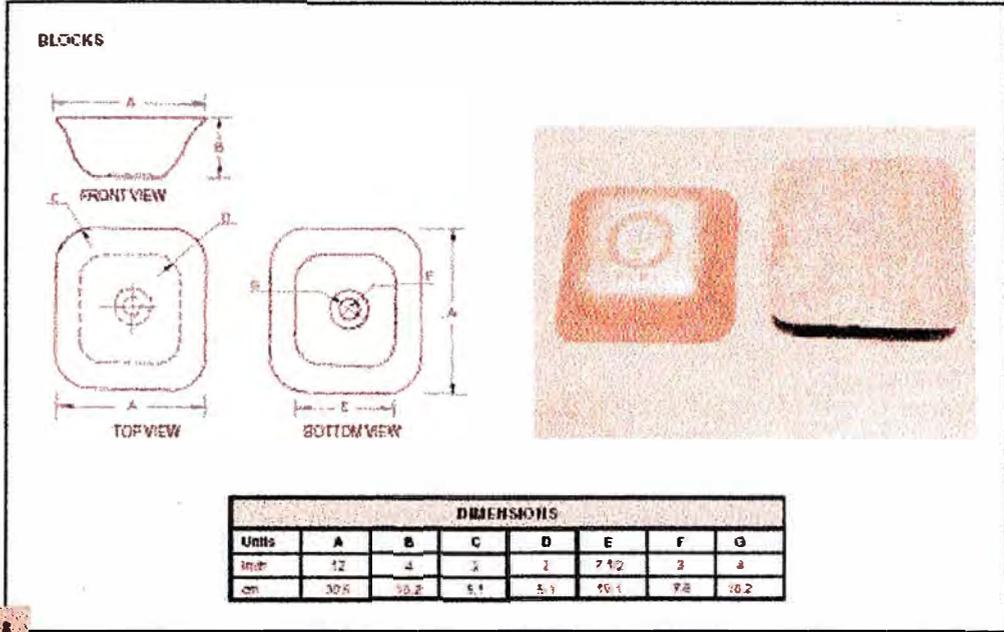
### **2.3 Análisis del circuito de la planta de antimonio**

La planta de antimonio esta constituida por tres hornos de reverberos, los hornos de reverberos usados son de 5m × 4m × 3m, que tienen como fuente de calor la proporcionada por un quemador de petróleo, un reactor de conversión de siete toneladas, tres ciclones para la clasificación de finos y dos filtros de bolsas para capturar los polvos con mejor eficiencia, la cual se muestra en el apéndice, pagina 27.

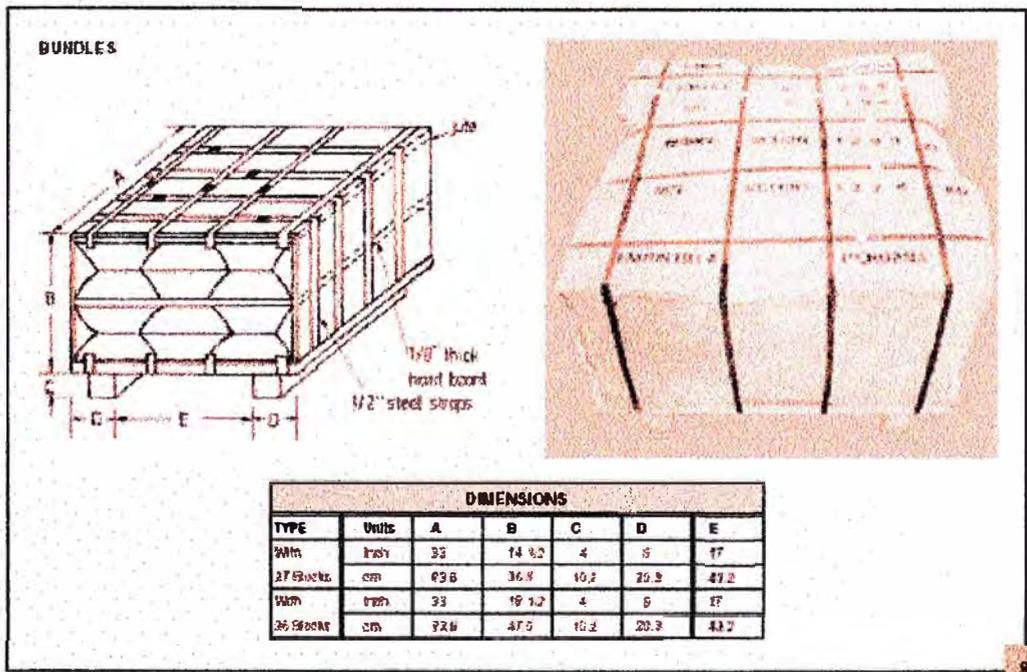
Los productos de los hornos de reverbero N° 2 y N°3 son bismuto metálico que va al reactor de conversión y escoria sódica que va a una segunda reducción.

Es en el horno de reverbero N°1 es donde se obtiene el antimonio crudo, mientras que en el reactor de conversión se obtiene un metal con alto contenido de bismuto(>85%) y polvo de oxidación selectiva que es rico en antimonio y que servirá como materia prima para la obtención del antimonio crudo.

Finalmente el antimonio es moldeado en blocks (ver fig. 1), con un peso promedio de 38 k , para luego ser paletizados en lotes de 27 y 36 blocks (ver fig. 2) para su despacho.



**Figura N°1**



**Figura N°2**

### 3. FUNDAMENTO TEORICO

#### 3.1. Materia prima

La materia prima esta constituida principalmente por óxidos de As, Sb, Pb y Bi provenientes de la planta de residuos anódicos y convertidores, de la misma planta de antimonio. A los óxidos provenientes de la planta de residuos anódicos se les denomina polvo mixto, este polvo viene a estar formado por la acumulación de todos los polvos en los sistemas de captación de polvos que tiene la planta de residuos anódicos y a los provenientes de los reactores de conversión de la planta de antimonio se les denomina polvo de oxidación selectiva en virtud a la oxidación selectiva que se da en dicho reactor. En el país no hay producción de antimonio proveniente de minas. El antimonio proviene como un subproducto que se elimina de las refinaciones electrolíticas del cobre y plomo.

Se usan como aditivos carbonato de sodio que actúa como fundente y escorificador del antimonio, hidróxido de sodio para eliminación del arsénico y aire para la agitación del baño y mejor contacto para la reacción.

#### 3.2 Propiedades Físicas y Químicas del antimonio

<b>Símbolo</b>	: Sb
<b>Número Atómico</b>	: 51
<b>Masa Atómica</b>	: 121,760
<b>Número de protones / electrones</b>	: 51
<b>Número de neutrones (Isótopo 122-Sb)</b>	: 71
<b>Estructura electrónica</b>	: [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup>
<b>Electrones en los niveles de energía</b>	: 2, 8, 18, 18, 5
<b>Números de oxidación</b>	: -3, +3, +5
<b>Electronegatividad</b>	: 2,05
<b>Energía de ionización (kJ.mol<sup>-1</sup>)</b>	: 834
<b>Afinidad electrónica (kJ.mol<sup>-1</sup>)</b>	: 103

<b>Entalpía de fusión (kJ.mol<sup>-1</sup>)</b>	: 20,9
<b>Entalpía de vaporización (kJ.mol<sup>-1</sup>)</b>	: 67,91
<b>Radio atómico (pm)</b>	: 141
<b>Radio iónico (pm) (carga del ion)</b>	: 245(-3), 89(+3), 62(+5)
<b>Punto de Fusión (°C)</b>	: 630,63
<b>Punto de Ebullición (°C)</b>	: 1587
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	: 6691 (gris); (20 °C)
<b>Volumen atómico (cm<sup>3</sup>/mol)</b>	: 18,20
<b>Estructura cristalina</b>	: Romboédrica
<b>Color</b>	: Blanco-Azulado
<b>Descubierto en</b>	: Antigüedad. Como elemento antes del siglo XVII.
<b>Ocurrencia en la naturaleza</b>	: Estibina o estibinita o antimonita (Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub> ), valentinita (Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), cervantina (Sb <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ) y kermesita (Sb <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O), allemontita (SbAs).

### 3.3 Principales reacciones para la obtención del antimonio

Estas son obtenidas en la planta de antimonio que se muestra en la figura de la pagina 27. La planta esta constituida como se ve por tres hornos de reverbero y una convertidora y los demás equipos auxiliares explicados anteriormente.

#### 3.3.1 Primera Reducción

La cama de fusión esta formada por polvo mixto que proviene de la planta de residuos anódicos y polvo de oxidación selectiva que viene de los reactores de conversión del bismuto metálico .

Los componentes del polvo mixto son óxidos que serán reducidos selectivamente de acuerdo a sus energías libres, algunos de estos óxidos son:  $\text{As}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{Ag}_2\text{O}$ , etc.

Así los óxidos que primero se reducen son aquellos que tienen menor energía libre, según el siguiente orden.

$\text{Ag} > \text{Bi} > \text{Pb} > \text{Sb} > \text{As}$ .

En este primer proceso se consigue obtener dos fases bien definidas en estado líquido, que son la fase metálica rica en bismuto y la fase no metálica rica en antimonio, usando coque fino como reductor, y carbonato de sodio como fundente y reactivo para la formación de escoria sódica (fase no metálica).

### **3.3.1.1 Fase metálica**

La fase metálica está formada por una aleación llamada metal de bismuto constituida principalmente por bismuto y plomo conteniendo la mayor cantidad de plata que ingreso al proceso así como cantidades de impurezas de antimonio y arsénico. Este material se procesa en el reactor de conversión para obtener el polvo de oxidación selectiva.

### **3.3.1.2 Fase no metálica**

Constituida por escoria con alto contenido de antimonio, así como antimonito de sodio y trióxido de antimonio ( $\text{NaSbO}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ), denominada escoria sódica, la cual es transferida a un segundo horno de reverbero, para una segunda reducción y así obtener antimonio crudo.

### **Reacciones químicas:**

Todas las reacciones que se dan a continuación son endotérmicas.

**Reacciones de Boudouard.****Fase metálica****Fase no metálica**

En la primera reducción parcial el principal objetivo es la reducción de todo el plomo y bismuto para evitar que estos elementos pasen con la escoria sódica a la segunda reducción y finalmente afecten la calidad química del antimonio crudo.

Para tal efecto el coque fino se adiciona en exceso respecto al porcentaje de bismuto y plomo contenidos en el polvo mixto y/o polvo mixto con polvo de oxidación selectiva, según el mecanismo de las reacciones 4 y 5, las cuales son

controladas en su fase final con ensayos de laboratorio hasta alcanzar el grado óptimo de reducción de manera que los contenidos de plomo y bismuto en la escoria sódica sean menores a 1% y 0,1% respectivamente.

### 3.3.2. Segunda reducción y desarsenizado

La fase no metálica o escoria sódica es sometida a un proceso de segunda reducción con carbonato de sodio y coque fino como reductor calculado por defecto en función del contenido de antimonio para evitar en lo posible la reducción del arsénico, obteniendo un metal de antimonio crudo "A" con contenido de 1,5% a 2,5% en arsénico. Ver cuadros N° 2 y 4 de las paginas 11 y 13 respectivamente y reacción N° 10, descrita mas adelante.

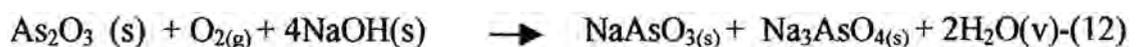
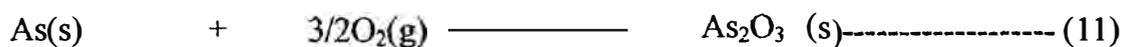
#### **Desarsenizado**

Finalmente el metal de antimonio crudo "A" , en el mismo horno de reverbero, es tratado con hidróxido de sodio basado en los principios del proceso Harris, insuflando aire para un óptimo desarsenizado. Ver reacciones N°11 y 12, descritas mas adelante.

#### **Segunda reducción**



#### **Desarsenizado**



#### 4. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PLANTA DE ANTIMONIO

En los diagramas N° 1 y N° 2 del apéndice, paginas 28 y 29, se presenta un resumen de los resultados obtenidos a nivel de planta tratando directamente el polvo mixto y otro mezclando el polvo mixto con polvo de oxidación selectiva .

##### 4.1 Tratamiento de polvo mixto

En el diagrama N° 1 del apéndice, pagina 28, se resume los resultados obtenidos, donde se ve que la cama esta compuesta con polvo mixto, el cual es reducido con coque, para dar como productos bismuto metálico y una escoria sódica que será como vemos sometida a una segunda reducción para obtener el antimonio crudo.

A continuación se presentan las condiciones de operación para el tratamiento de polvo mixto, en la primera y segunda reducción y en los cuadros N° 1 y 2 se presentan los resultados de los análisis químicos de los productos.

##### Primera Reducción

##### Condiciones de operación

Coque : 3,68%

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : 7,89%

Temperatura : 900 °C

Tiempo : 18 hr.

**Cuadro N° 1: Materia prima y productos de la primera reducción**

Material o Producto	Peso (toneladas)	Análisis Químico en %			
		Plomo	Bismuto	Arsénico	Antimonio
Polvo Mixto	9,50	8,50	7,50	7,70	48,80
Bismuto Metal	4,36	10,00	17,10	5,40	59,50
Escoria Sódica	3,36	0,16	0,01	9,60	45,40

## Segunda Reducción

### Condiciones de operación

Coque	: 8,10%
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	: 7,44%
NaOH	: 3,81%
Temperatura	: 800 °C
Tiempo	: 14 hrs
Inyección de aire	: 40 minutos

*Cuadro N° 2: Productos de la segunda reducción y desarsenizado*

Material o Producto	Peso (tonelada)	Análisis Químico en %			
		Plomo	Bismuto	Arsénico	Antimonio
Escoria Sódica	3,360	0,16	0,01	9,60	45,40
Escoria de Antimonio	1,538				3,70
Antimonio Crudo A		0,60	0,04	2,40	
Antimonio Crudo B	0,944	0,62	0,03	0,28	98,60

### 4.2 Tratamiento de polvo mixto con polvo de oxidación selectiva

En el diagrama N° 2 del apéndice, pagina 29, se resume los resultados obtenidos, donde se ve que la cama esta compuesta con polvo mixto y polvo de oxidación selectiva, los cuales son reducidos con coque, para dar como productos bismuto metálico y una escoria sódica que será como vemos sometida a una segunda reducción para obtener el antimonio crudo.

A continuación se presentan las condiciones de operación para el tratamiento de polvo mixto con polvo de oxidación selectiva en la primera y segunda reducción y en los cuadros N° 3 y 4 se presentan los resultados de los análisis químicos de los productos.

### Primera reducción

#### Condiciones de operación

Coque	: 3,37%
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	: 7,89%
Temperatura	: 900°C
Tiempo	: 14 hrs.

**Cuadro N° 3: Materia prima y productos de la primera reducción**

Material o Producto	Peso (tonelada)	Análisis Químico en %			
		Plomo	Bismuto	Arsénico	Antimonio
Polvo Mixto	7,50	7,00	9,60	4,20	50,90
Polvo de Oxidación Selectiva.	2,00	2,60	0,21	4,00	72,00
Cama	9,50	6,21	7,63	4,37	55,30
Bismuto Metal	3,664	6,10	21,10	2,50	64,90
Escoria Sódica	4,620	0,01	0,01	6,00	56,70

### Segunda Reducción

#### Condiciones de operación

Coque	: 8,10%
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	: 5,41%
NaOH	: 2,60%
Temperatura	: 800 °C
Tiempo	: 14 hrs
Inyección de aire	: 40 minutos

**Cuadro N° 4: Productos de la segunda reducción y Desarsenizado**

Material o Producto	Peso (tonelada)	Análisis Químico en %			
		Plomo	Bismuto	Arsénico	Antimonio
Escoria Sódica	4,620	0,06	0,01	6,00	56,70
Escoria de Antimonio	1,677				10,90
Antimonio Crudo A		0,18	0,04	1,4	
Antimonio Crudo B	1,582	0,19	0,05	0,13	99,20

### 4.3 Análisis del proceso mejorado

En el diagrama N° 1 de la página 28, se aprecia el diagrama de flujo de la obtención de antimonio crudo a partir de polvo mixto obteniéndose una calidad de 98,6% de antimonio siendo las mayores impurezas el plomo con 0,62% y arsénico con 0,28%.

En el diagrama N° 2 de la página 29, se observa el diagrama de flujo de la obtención de antimonio crudo a de la mezcla de polvo mixto y polvo de oxidación selectiva teniéndose como resultado un antimonio crudo de mayor calidad en comparación al obtenido al tratar solamente polvo mixto, llegándose a alcanzar hasta 99,2% de antimonio, con impurezas en menores niveles de plomo (0,19%) y arsénico (0,13%).

En la tabla N° 1 de la página 30, se analiza el comportamiento de las impurezas de plomo, bismuto y arsénico a través del proceso de obtención del antimonio crudo.

En camas de mezcla de polvo mixto y polvo de oxidación selectiva los contenidos de plomo y bismuto varían en los rangos de 5,84% a 7,10% para el plomo y de 4,80% a 11,52% para el bismuto, mientras que el contenido de arsénico varia en un rango mas estrecho de 4,15% a 5,42%, estas impurezas con las cantidades adecuadas de coque fino y carbonato de sodio son controladas para

una escoria sódica con contenidos de plomo de 0,06% a 0,35% y de bismuto de 0,01% a 0,03% por efecto de una primera reducción controlada, mientras que el arsénico se incrementa en su concentración variando de 5,7% a 7,50%.

De la escoria sódica de la segunda reducción con coque fino y carbonato de sodio, se obtiene un antimonio crudo A con impurezas de plomo de 0,18% a 1,0% , de bismuto de 0,04% a 0,36% y arsénico de 1,4% a 3,0%, el contaminante mayor, arsénico es reducido en el proceso de desarsenizado con soda cáustica llegando a obtener antimonio crudo B de calidad mejorada con antimonio de 97,4% a 99,2%.

Concluyendo con el análisis de la tabla N° 1 de la página 30, se deduce que la calidad del antimonio crudo esta ligada directamente a la mayor o menor presencia de contaminantes, principalmente plomo en la escoria sódica, de ahí que el control estricto de plomo en este material es necesario para garantizar buenos resultados de antimonio crudo.

Como se ve los resultados obtenidos en las pruebas realizadas comparados con la especificaciones que tiene Doe Run Perú, para el antimonio, ver apéndice, pagina 26. Que son el resultado de procesos sin control de impurezas en la materia prima basados en promedios de impurezas históricos y mayormente usando polvo mixto, demuestra que un control adecuado en las impurezas aumenta la calidad del antimonio crudo.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1. Es factible obtener antimonio crudo de buena calidad; procesando polvo mixto proveniente de la Planta de Residuos Anódicos se ha obtenido con una concentración del 98,6% ; y procesando la mezcla de polvo mixto y de oxidación selectiva se ha obtenido una concentración de 99,2%, como se observa en la tabla N°1.

2. La calidad del antimonio crudo depende de los contenidos de plomo, bismuto y arsénico, principales impurezas del polvo mixto.
3. Calculando la cantidad adecuada de coque, prácticamente debe lograrse una extracción del plomo del 99,5% , bismuto 99,9% y casi la totalidad de la plata, en la primera etapa del proceso, para lograr un producto de alta calidad.
4. De acuerdo al principio del proceso Harris, la eliminación de arsénico debe hacerse en un 99,6%, controlando la inyección de aire y la cantidad de NaOH en la etapa final del proceso.
5. Estudiar la factibilidad técnico-económica de producir antimonio de grado electrolítico , usando como materia prima antimonio crudo al 98,5%
6. Implementar el funcionamiento del tostador para procesar el polvo mixto con el cual se logra eliminar el arsénico y contar con una buena calcina de calidad homogénea y así obtener una producción de antimonio crudo de buena calidad, que además contribuirá a controlar el medio ambiente evitando la contaminación del arsénico.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, www. ATSDR – ToxFAQs
2. Bartels G. y otros ,”Process for the Preparation of High Purity Antimony” ;USA Patent N°4,115,220 ,(1978).

3. Carlin J.F.jr,2001 Antimony U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2001, p 20-21, U.S.GEOLOGICAL SURVEY PUBLICATION.
4. Coltirani, E.L. ,”Recovery of Antimony Sulfides” ;USA Patent N°4,029,741(1977).
5. Defense Logistics Agency, 2000, Inventory of stockpile material: Fort Belvoir, VA, Defense Logistics Agency monthly release, December 31, p. 1. Metal Bulletin, no. 8528, November 23, p. 7.
6. Lamb F.E., ”Hydrometallurgical Process for the Production of Antimony” ,USA Patent N°3,986,943 ;(1976).
7. Lauterbach H ,”Lead Refining by the Harris Process” ;Metal and Erz(1928).

**APENDICES**

## **EL ANTIMONIO Y LA SALUD**

### **¿Qué pasa cuando el antimonio entra en el ambiente?**

- El antimonio se desprende al ambiente de las fuentes naturales y de la industria.
- En el aire, el antimonio se une a partículas muy pequeñas que pueden quedarse en el aire durante muchos días.
- El antimonio se fija en la tierra dónde se une fuertemente a partículas que contienen hierro, manganeso, o aluminio.
- El antimonio se encuentra en los niveles bajos en algunos ríos, lagos, y arroyos.

### **¿Cómo podría exponerme al antimonio?**

- Porque el antimonio se encuentra naturalmente en el ambiente, la población general se expone a bajos niveles todos los días, principalmente en la comida, agua potable y aire.
- Puede encontrarse en el aire cerca de industrias que procesan o lo liberan, como las fundiciones, plantas carbón e incineradores de desecho.
- En áreas contaminadas que contienen niveles altos de antimonio, puede encontrarse en el aire, agua, y tierra.
- Pueden exponerse obreros en industrias que lo procesan o usan la mena del antimonio a los niveles superiores.

### **¿Cómo el antimonio puede afectar la salud?**

La exposición al antimonio a los niveles altos puede producir una variedad de efectos de salud adversos.

Los niveles altos de respiración pueden irritar los ojos y pulmones durante mucho tiempo y pueden atacar el corazón y dar problemas al pulmón, dolor de estómago, diarrea, vómitos y úlceras de estómago.

En los estudios a corto plazo, animales que respiraron niveles muy altos de antimonio murieron. Animales que respiraron los niveles altos tenían daño al pulmón, corazón, hígado y riñón. En los estudios a largo plazo, animales que respiraron niveles muy bajos de antimonio tenían irritación del ojo, pérdida de pelo, daño pulmonar, y problemas del corazón. Los problemas con la fertilidad también eran nombrados. En los estudios del animal, se han visto problemas con la fertilidad cuando las ratas respiraron niveles muy altos de antimonio durante unos meses.

Las dosis grandes ingeridas de antimonio pueden causar vómitos. No se sabe qué otros efectos pueden causarse ingiriéndolo. Los estudios de animales a largo plazo han informado lesión hepática y cambios en la sangre cuando los animales ingirieron el antimonio. El antimonio puede irritar la piel si entra en ella.

El antimonio puede tener los efectos beneficiosos cuando se usa por razones médicas. Se ha usado como una medicina para tratar a las personas infectadas con los parásitos.

**¿Es probable que el antimonio pueda causar cáncer?**

El Departamento de Salud y Servicios del Humano, la Agencia Internacional para la Investigación en Cáncer, y la Agencia de la Protección del ambiente (EPA) no ha clasificado el antimonio acerca de su genética cancerígena en el humano.

El cáncer pulmonar se ha observado en algunos estudios de ratas que respiraron niveles altos de antimonio. Ningún estudio humano está disponible. No se sabe si el antimonio causará el cáncer en las personas.

**¿Hay una prueba médica para mostrar si yo me he expuesto al antimonio?**

Las pruebas están disponibles para medir los niveles del antimonio en el cuerpo.

El antimonio puede medirse en la orina, el excremento, y sangre durante varios días después de la exposición. Sin embargo, estas pruebas no pueden decirle cuánto usted se ha expuesto al antimonio a o si usted experimentará cualquier efecto de salud.

Algunas pruebas normalmente no se realizan en la mayoría de consultorios comunes de los doctores y pueden exigir un equipo especial para dirigirlas.

**¿El Gobierno Federal ha hecho las recomendaciones para proteger la salud humana?**

El EPA permite 0,006 partes de antimonio por millones de partes de agua potable (0,006 ppm). El EPA requiere que la descarga o los derrames en el ambiente de 5 000 libras o más de antimonio se informen.

La Seguridad Profesional y Administración de Salud (OSHA) han puesto un límite de la exposición profesional de 0,5 miligramos de antimonio por metro cúbico de aire (0,5 mg/m<sup>3</sup>) durante un día laborable de 8 horas o semana laboral de 40 horas.

La Conferencia americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) y el Instituto Nacional para la Seguridad Profesional y Salud (NIOSH) actualmente recomiende las mismas pautas para el lugar de trabajo como OSHA.

Fuente<sup>(1)</sup>

## USOS Y CARACTERÍSTICAS DEL ANTIMONIO

### USOS:

La mitad de la producción del elemento se utiliza aleado en la industria de semiconductores para la fabricación de detectores de infrarrojos, diodos y dispositivos de efecto Hall. Incrementa la dureza y fuerza mecánica del plomo: baterías, aleaciones antifricción, metal de tipos de imprenta, armas pequeñas, balas trazadoras, revestimiento de cables y otros. La otra mitad se emplea para producir compuestos: óxidos, sulfuros, antimoniato de sodio y tricloruro de antimonio, que se usan en la fabricación de compuestos contra incendios, esmaltes cerámicos (vidrios cerámicos), cristales y cerámica.

### SOBRE EL ELEMENTO:

Los compuestos de antimonio se conocen desde la antigüedad, y como metal a comienzos del siglo XVII (1604) y posiblemente antes (en el antiguo Egipto se usaba el sulfuro de antimonio como unguento, colorete y para ennegrecer las uñas; Plinio (23-79 d. C.) menciona el "stibium"; Constantinos Africanus menciona el "antimonium" en 1050).

No es abundante ( $2 \times 10^{-5}$  en peso de la corteza), pero se encuentra en más de 100 minerales e incluso nativo. El mineral más frecuente es la estibina (contenido en Sb de alrededor del 72%)

La primera preparación del elemento puro data de 1604. Se obtiene fundiendo estibina para concentrar el  $Sb_2S_3$  y este se tuesta a  $Sb_2O_3$  que se reduce con carbón. Se purifica por sublimación o por fusión por zonas. También es un subproducto en los procesos metalúrgicos de cobre y plomo.

Es un elemento de color blanco azulado, brillante, muy quebradizo y puede pulverizarse fácilmente. Es estable frente al aire y el agua a temperatura ambiente. Se disuelve en los ácidos sulfúrico, nítrico y fosfórico concentrados y en caliente y en agua regia. Reacciona muy vigorosamente, incluso a temperatura

ambiente, con los halógenos. Forma aleaciones con la mayoría de los metales, dando mayor fuerza y resistencia a la corrosión a metal.

Es un pobre conductor de la electricidad (8% de la conductividad del cobre) y del calor.

Presenta varias formas alotrópicas: la amarilla y negra se transforma en la forma mas estable, metálica, cuya red es similar a la del arsénico gris.

Debido a sus propiedades mecánicas no tiene muchas aplicaciones en estado puro.

Una gran parte se emplea en la tecnología de semiconductores para la fabricación de detectores infrarrojos, diodos y dispositivos de efecto Hall(\*). Para incrementar la dureza y fuerza mecánica del plomo: Baterías, aleaciones antifricción, metal de tipos de imprenta, armas pequeñas, balas trazadoras, revestimiento de cables y otros. La otra mitad del antimonio producido se emplea para obtener compuestos: óxidos, sulfuros, antimoniato de sodio ( $\text{Na}_3\text{SbO}_4$ ) (soluble en agua) y tricloruro de antimonio.

Entre sus compuestos destacan:

El  $\text{SbH}_3$  (estibina) es gaseosa de olor desagradable y enormemente toxica. Se origina por acción de los ácidos sobre el elemento. El  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  empleado en la obtención de Sb, en la preparación de la masa inflamable de las cerillas, de vidrios coloreados, barnices y en pirotecnia. El  $\text{SbCl}_3$  o “manteca de antimonio” se emplea en la obtención de otros compuestos, como catalizador. <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> \*Efecto Hall: aumento de la resistencia eléctrica en un campo magnético.

**IMPORTACIONES EN U.S. POR CONSUMO DE ANTIMONIO METAL  
POR PAIS**

Pais	1999		2000	
	Cantidad (ton.met)	valor (miles)	cantidad (ton.met)	valor (miles)
Bolivia	*	*	1000	\$145
Canadá	58	\$303	62	274
China	13100	15800	12500	16400
Alemania	*	167	*	114
Hong Kong	267	270	206	222
Kazayastan	10	481	14	448
Japón	*	*	41	53
México	736	524	801	555
Perú	209	219	210	275
Singapur	400	439	300	316
Taiwán	*	11	-	-
Reino Unido	*	204	-	-
Otros	9	10	11	271
<b>TOTAL</b>	<b>14800</b>	<b>18500</b>	<b>14200</b>	<b>19100</b>

Fuente<sup>(5)</sup>

---

<sup>2</sup> \* menor que media unidad

**REPORTE INDUSTRIAL DE CONSUMO DE ANTIMONIO EN LOS  
ESTADOS UNIDOS POR PRODUCTO  
(Toneladas Métricas de contenido de Antimonio)**

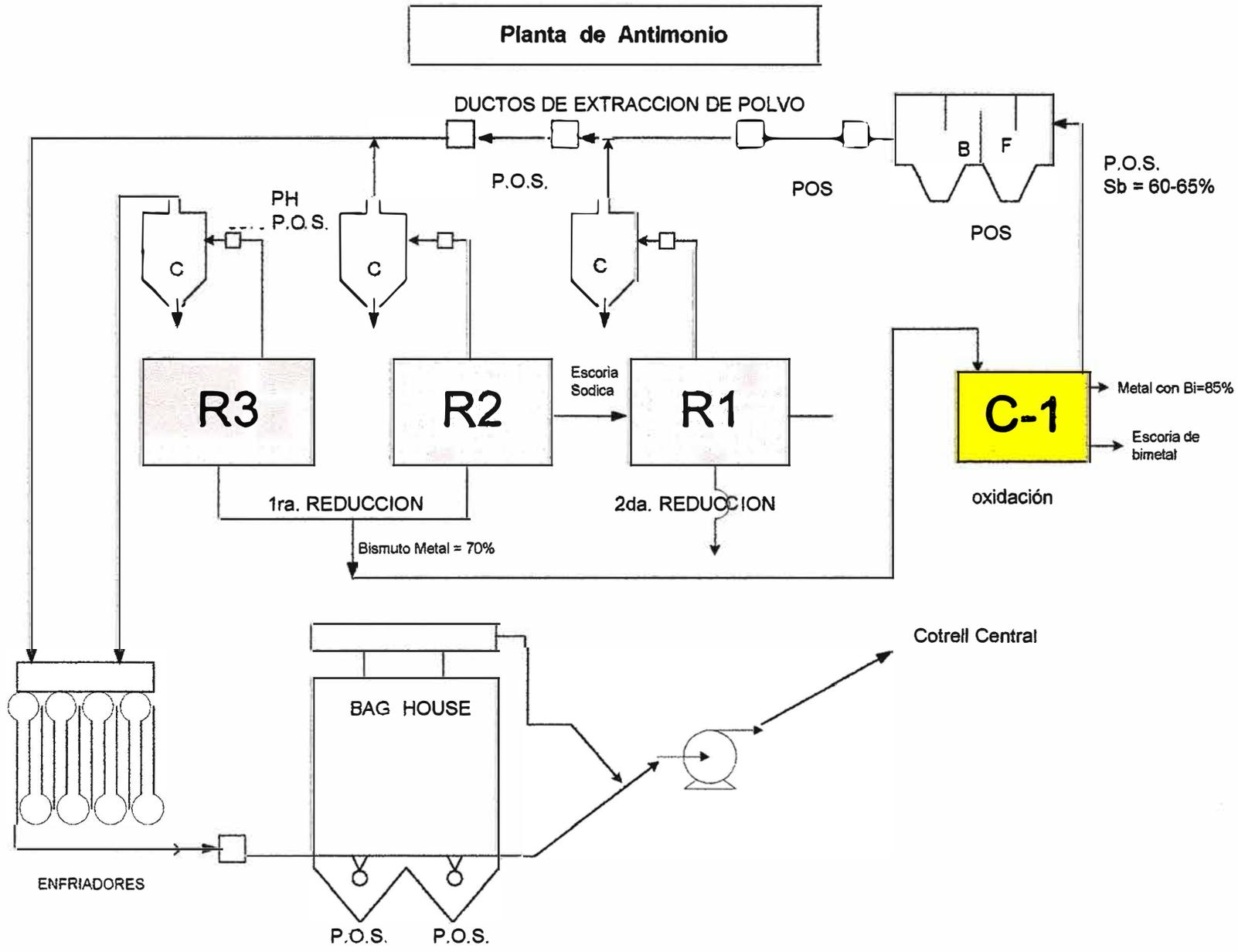
<b>PRODUCTO</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>
Productos de metal		
-Plomo Antimonial	1110	864
- Soldaduras	136	136
-Otros	1170	1660
Total	2416	2660
Productos no metálicos		
-Municiones	23	26
-Cerámicas y Vidrios	1120	862
-Pigmentos	1020	620
-Plásticos	1580	1980
-Otros	198	647
Total	3940	4410
Retardantes de Llama		
-Adhesivos	140	332
-Plásticos	6370	8920
-Caucho	391	382
-Textiles	229	221
-Otros	14	70
-Total	7140	9930
GRAN TOTAL	13496	17000
Fuente <sup>(3)</sup>		

**ESPECIFICACIONES DEL ANTIMONIO\*<sup>1</sup>**

<b>ELEMENTO</b>	<b>VALOR MINIMO</b>	<b>VALOR MAXIMO</b>
<b>Antimonio</b>	<b>96,000</b>	<b>97,5000</b>
<b>Azufre</b>	<b>0,600</b>	<b>1,000</b>
<b>Arsénico</b>	<b>0,180</b>	<b>0,300</b>
<b>Bismuto</b>	<b>0,150</b>	<b>0,250</b>
<b>Hierro</b>	<b>0,080</b>	<b>0,,150</b>
<b>Oro</b>	<b>Trazas</b>	<b>Trazas</b>
<b>Plata</b>	<b>0,007</b>	<b>0,010</b>
<b>Plomo</b>	<b>1,600</b>	<b>1,800</b>

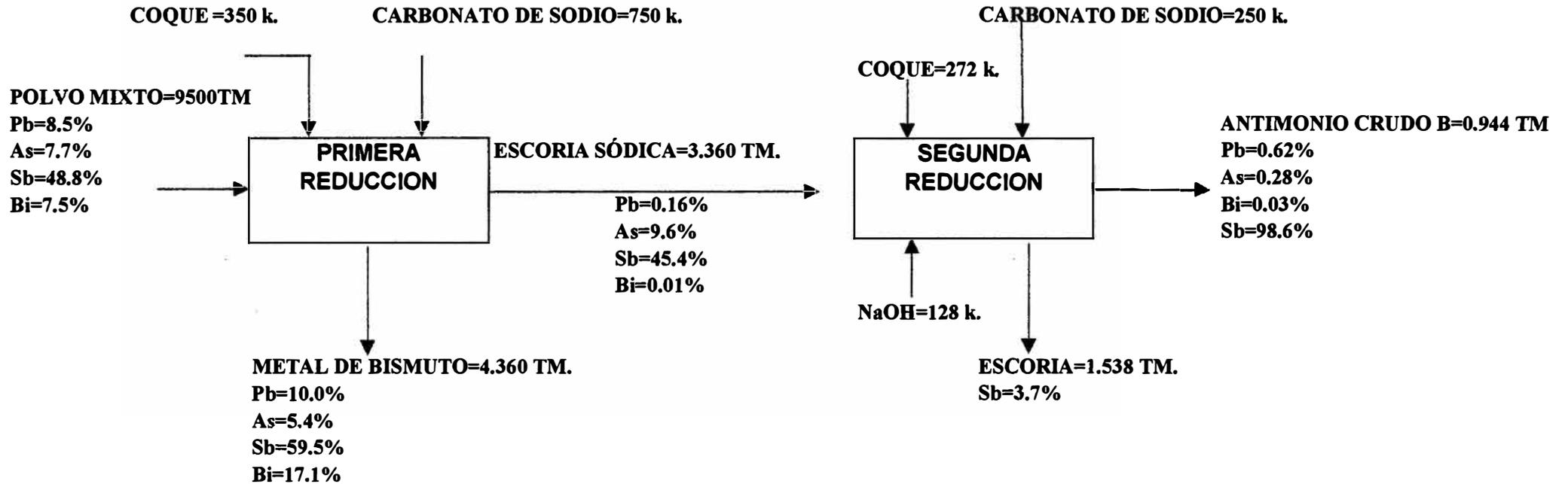
---

\*<sup>1</sup> DOE RUN PERU

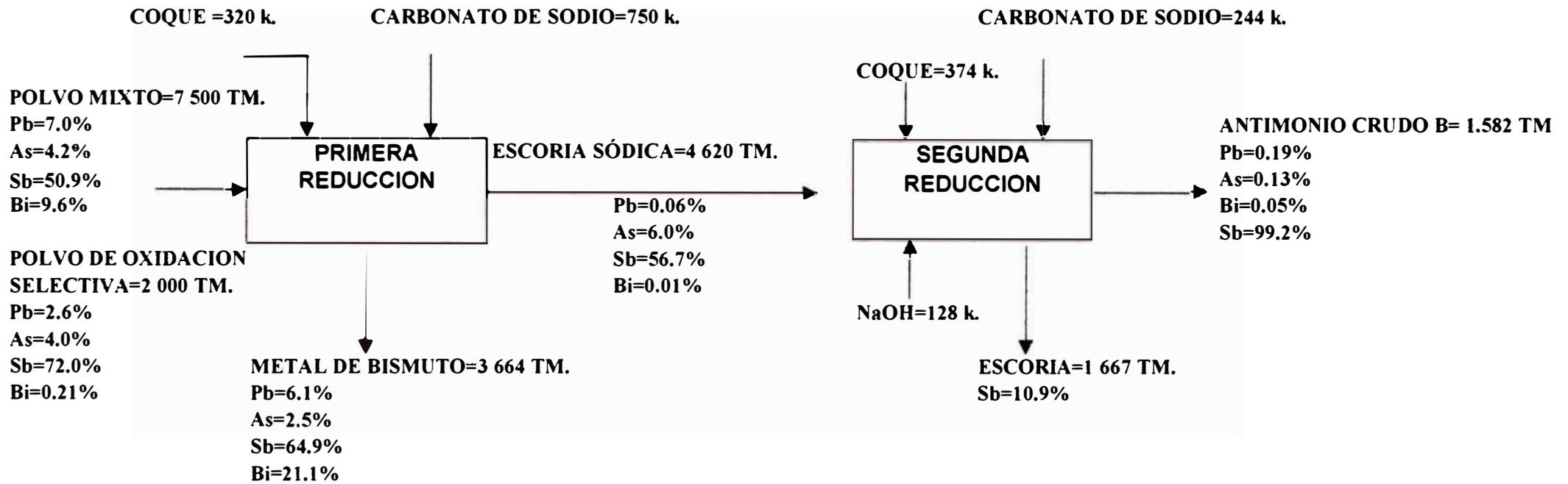


## DIAGRAMA N°1

PROCESO DE PRODUCCION DE ANTIMONIO CRUDO  
 MES DE MARZO  
 LOTE N° 44



**DIAGRAMA N°2**  
**PROCESO DE PRODUCCION DE ANTIMONIO CRUDO**  
**MES DE DICIEMBRE**



**TABLA N°1**  
**PORCENTAJE DE VARIACION DE ELEMENTOS EN EL PROCESO**  
**DE PRODUCCION DE ANTIMONIO CRUDO**  
**PARA MEZCLAS DE P.O.S. Y P.M.**

N° LOTE	Cama				Coque	Escoria sódica				Antimonio crudo A				Antimonio crudo B				
	%Pb	%As	%Sb	%Bi	%	%Pb	%As	%Sb	%Bi	%Fe	%Pb	%As	%Bi	%Fe	%Pb	%As	%Bi	%Sb
106	7.10	4.70	56.10	4.80	3.16	0.15	7.50	55.70	0.01	0.03	0.67	1.70	0.20	0.04	0.77	0.26	0.26	98.40
107	7.10	4.70	56.10	4.80	3.00	0.20	6.80	57.80	0.01	0.02	0.67	1.90	0.20	0.02	0.77	0.53	0.27	98.10
108	7.10	4.70	56.10	4.80	3.00	0.35	7.00	57.40	0.02	0.21	1.00	3.00	0.36	0.04	1.30	0.49	0.51	97.40
109	7.10	4.70	56.10	4.80	3.16	0.11	6.70	55.20	0.01	0.02	0.76	2.00	0.23	0.03	0.80	0.25	0.25	98.40
110	7.10	4.70	56.10	4.80	3.32	0.09	7.20	55.20	0.02	0.05	0.38	1.40	0.16	0.04	0.42	0.29	0.16	98.70
111	5.84	4.15	56.50	7.10	3.42	0.07	6.60	54.00	0.01	0.12	0.30	2.00	0.09	0.07	0.31	0.66	0.08	98.50
112	5.84	4.15	56.50	7.10	3.47	0.11	6.80	51.80	0.01	0.03	0.23	1.40	0.07	0.04	0.23	0.17	0.07	99.10
113	6.07	4.16	55.30	7.60	3.36	0.06	6.00	56.70	0.01	0.04	0.18	1.40	0.04	0.03	0.19	0.13	0.05	99.20
114	6.07	4.16	55.30	7.60	3.37	0.14	5.70	56.20	0.01	0.03	0.31	1.40	0.04	0.02	0.34	0.24	0.04	99.10
115	6.70	5.42	52.31	11.52	3.37	0.10	7.80	55.20	0.01	0.03	0.54	1.70	0.35	0.04	0.62	0.27	0.39	98.40
116	6.16	5.23	54.95	9.99	3.37	0.18	7.30	57.10	0.01	0.09	0.36	2.00	0.11	0.08	0.41	0.23	0.13	98.90
117	6.16	5.23	54.95	9.99	3.37	0.10	7.40	56.70	0.03	0.04	0.38	1.50	0.16	0.04	0.38	0.18	0.17	98.90