




ANEXO N°3: PROYECTO PLANTA DE FUNDICIÓN DE METALES

ANDACOLLO DE INVERSIONES LTDA.

Fundición Alcones	Memoria de Cálculos. Planta de Reciclaje de Metales ALCONES	Departamento Ingeniería.
Rev.:05	“Proyecto Planta de Fundición de Metales”	Fecha: 8 de julio de 2019

Memoria de Cálculo. Planta de Plomo

“Proyecto Planta de Fundición de Metales”

DOCUMENTO	MEMORIA DE CÁLCULO. PLANTA DE PLOMO.
FECHA	8 de julio de 2019
PROYECTO	"PROYECTO PLANTA DE FUNDICIÓN DE METALES".
PREPARADO POR	 <p>Enrique Palacios. Ing. Químico</p>

Contenido

Ítem N°	INDICE	PAG
1	Resumen Ejecutivo	5
2	Objetivo	5
3	Galpón de almacenamiento de baterías	5
4	Fragmentación o Molienda de baterías	6
5	Hornos	8
6	Breve Descripción del Proceso Secundario de Obtención de Plomo	10
7	Horno Rotatorio Horizontal	13
8	Diagrama de Bloque del Proceso	15
9	Materias Primas: Pasta de Baterías	16
10	Reactivos, Fundentes y su función	17
11	Coeficientes para Calculo	17
12	Carga Unitaria del Horno	18
13	Descripción del Combustible	19
14	Equipos de transferencia de Combustible	20
15	Reacciones Químicas en el Horno	21
16	Calculo Diferencia de Energía Absorbida/emitada por el Sistema	23
17	Energía absorbida por la Masa de Reactivos	25
18	Energía Disipada por la Pared del Horno	26
19	Energía de Gases a la Salida del Horno; Temperatura	26
20	Energía Expansión de Gases	26
21	Balance de Energía en el Horno	27
22	Calculo Caudal Combustible; Temperatura de Llama	27
23	Descripción de Gases a la Salida del Horno	28
24	Contenido de PbO en los Gases Salida del Horno	29
25	Descripción del Filtro de Mangas	29
26	Volumen de Gases a la Entrada del Filtro	30
27	Cálculo del Área del Filtros de Manga	30
28	Eficiencia de las Mangas de Filtro. Pérdida de PbO a la atmosfera	31
29	Cálculo de la Cantidad de Escoria producida	32
30	Balance de Masa para el Plomo	32
31	Diagrama de Flujo de Masas Global	33
32	Principales Resultados para la Operación Total de la Fundición	34
33	Disposición de la escoria generada total	36
34	Planta de Tratamiento de electrolito	37
35	Resumen del Proyecto	38
36	Bibliografía y planos del proyecto	42

Proyecto Planta de Fundición de Metales

Memoria de Cálculo.

1. Resumen Ejecutivo

El proyecto de la Planta de Fundición estará conformado por un sistema de molienda o trituración de baterías en desuso, tres hornos rotatorios bidireccionales horizontales con una capacidad de producción nominal de 480 ton., de plomo al mes, y un sistema de reproceso de escoria mediante un trapiche y Molino, más las dependencias administrativas.

Las baterías de desuso se desarmen en un equipo triturador mediante el cual se separan los componentes de esta: material con plomo o Pasta y Plástico de las cajas.

El material con plomo se funde en un proceso Piro metalúrgico de tipo Secundario implementado en Hornos de Fusión. Específicamente se presentan los cálculos relacionada con el Balance de Masas, Balance Térmico el que permite calcular el consumo de combustible y el Dimensionamiento del Filtro de Mangas, equipo que atrapa el polvo con contenido de plomo. Los hornos tradicionales de esta instalación son de tipo horizontal rotatorio y la planta utilizará tres unidades de este tipo.

Los Hornos serán cilíndrico de acero al carbono tipo A 36, revestido con ladrillo refractario de Alta Alúmina (65 %) con base metálica y sistema de giro por corona y motorreductor 10 HP, 3 F, 50 Hz. Los hornos contarán con quemadores tipo lanza o quemador de caldera y su sistema de abatimiento de gases constituido por filtros de mangas y sistema de extractores. Además, contarán con sistema de enfriamiento de gases, ductos y chimenea, Torres de absorción de SO₂, campanas sanitarias, molino de baterías y tanque de separación de pasta y plásticos, tanques para neutralización de electrolitos y bombas para transporte de electrolito y agua de cal.

Los Hornos serán cargados con Pasta de Plomo Comercial o Pasta de Plomo generada en la misma planta producto de la molienda de baterías en desuso

El proyecto considera un sector para la recuperación de metales de las escorias denominado Trapiche y Molino. Las escorias generadas por el nuevo proyecto se almacenarán de manera provisoria en un galpón para posteriormente ser reprocesadas en las instalaciones denominadas Trapiche y Molino. En el mismo sentido, las escorias dispuestas por la antigua operación de la fundición serán procesadas en las instalaciones anteriormente indicadas, quedando las escorias resultantes de este proceso dispuestas en un relleno de seguridad dentro de las mismas instalaciones o de terceros debidamente autorizados.

Inicialmente las escorias a procesar en el Trapiche y Molino provendrán de las antiguas escorias generadas en la fundición para ya en régimen del nuevo proyecto de fundición, las escorias provendrán únicamente desde el depósito intermedio que está en la zona de los hornos.

El trapiche consistirá en un molino de mandíbulas de 2 ton por hr. de capacidad. Esta capacidad supera la cantidad estimada de generación diaria de escoria (5,5 ton) por lo que su actividad se verá reducida a trabajar en ciclos de trabajo de 8 hr., coincidiendo con los horarios del personal. El molino romperá las escorias a partículas de menor tamaño, para liberar restos de metales que se pueden recuperar para darle mayor valor comercial.

El electrolito generado en la molienda de las baterías se limpiará y decantará en un tanque sedimentador desde donde una bomba especialmente diseñada para bombear líquidos ácidos los impulsará hacia un tanque reactor. El tanque dispondrá de un sistema de agitación por paletas para homogeneizar la mezcla y favorecer la neutralización. En otro tanque, denominado Tanque de Cal, se preparará una suspensión de 20 % de cal hidratada en polvo con agua con el cual se neutralizará el electrolito del primer estanque a un precipitado de color blanco denominado Yeso (sulfato de calcio) que precipita sobre el fondo del tanque. El agua neutra queda en el tanque sobre el yeso precipitado. Se descarga por la parte inferior el yeso formado y se envía en maxisacos al galpón de almacenamiento de escoria, desde ahí se dispondrá junto a las escorias del horno.

Las instalaciones con las que constará la planta para el personal serán oficinas para recepción de visitantes, sala de reuniones, oficinas administrativas, edificio de áreas de servicio al personal trabajador, duchas, vestuario, comedor, enfermería, lavandería, oficina, depto. de relaciones industriales, edificación construida en estructura de concreto armado, pared de bloque de cemento, ventanas y puertas en perfil de aluminio, vidrios de espesor 3 mm, techo de placa de concreto impermeabilizada, piso de loseta cerámica 30 x 30, y Caseta de vigilancia

La superficie total estimada en edificación y/o galpones es de 1.012 m² en un terreno de 9.000 m²

2.- Objetivo

El objetivo es dimensionar cada uno de los equipos y sectores de producción requeridos por el proyecto, y determinar las áreas mínimas necesarias para el almacenamiento, operación y disposición de las escorias.

La capacidad de producción de la Planta de Reciclaje de baterías será de 480 ton por mes de plomo producido.

El Proyecto tiene contemplado utilizar 1 máquina para triturar las baterías y 3 hornos de fundición de material con plomo.

Para los hornos se calcularán los equipos requeridos para una producción segura y eficiente. También se calculará la capacidad de filtración requerida para cada horno, para asegurar la eliminación de gases de fundición que cumplan con los contenidos mínimos de Plomo, y gases según las normas ambientales vigentes

3.- Galpón de almacenamiento de baterías

Las baterías de desuso que se procesen en la Planta se obtendrán de los distintos centros de acopio que posee la empresa o terceros y se transportarán en camiones.

Las baterías que ingresen a la planta serán colocadas sobre pallets de madera debidamente envueltos con una capa de filme plástico (pelletizado) para evitar derrames de electrolito. Luego se descargarán en el sector de almacenamiento temporal, hasta su ingreso al sector de molienda.

El galpón de acopio contará con una entrada, una salida y deberá estar cerrado, con puertas diseñadas para permanecer cerradas cuando no se usen. Además, presentará los equipos adecuados contra incendios y controles de seguridad, para que sólo personal autorizado pueda entrar al edificio. El piso de concreto armado debe ser resistente a 2,500 kg/m².

Se acumularán 200 ton de baterías.

Las baterías estarán distribuidas en pallets de 1200 kg cada una aproximadamente, estibadas de a 2 pallet de altura:

- Capacidad en kg / m² de depósito:

$$1200 \text{ kg} \times 2 / 1,5 \text{ m}^2 \text{ por pallet} = 1600 \text{ kg} / \text{m}^2 = 1,6 \text{ ton} / \text{m}^2$$

- Área total para almacenar 100 ton de stock en depósito

$$\text{Área} = 200 \text{ ton} / 1,6 \text{ ton} / \text{m}^2 = 125 \text{ m}^2$$

Conclusión: Se destinará al almacenamiento de baterías un galpón de 10 m x 15 m mínimo.

Área total: 150 m²

4.- Fragmentación o Molienda de baterías

En este proceso se separarán todos los componentes, como pasta, placas metálicas y conectores de plomo, carcasas de polipropileno y otros plásticos y electrolito ácido en flujos que se manejarán por separado en los pasos de reciclaje posteriores.

El proceso de desarmado comenzará cuando las baterías llegan a la “máquina de fragmentación”. En esta etapa, las baterías se trituran en fragmentos pequeños en un molino de martillos.

Las baterías serán cargadas en una cinta o banda transportadora de a una para que sean transportadas hacia el molino de martillos.

En el molino de martillos las baterías por efecto de los golpes se desintegrarán y se separarán sus componentes: material con plomo o pasta, plástico y electrolito. Todos estos materiales juntos caerán desde el molino hasta un estanque denominado de clasificación.

En el estanque de clasificación tendrá lugar el proceso de separación por gravedad en el que se dividirán los distintos materiales de plomo y plástico en flujos independientes.

Esta operación consistirá en la separación por gravedad de materiales metálicos pesados (Pasta de plomo) y ligeros (plástico)

El plástico o polipropileno flotará en el estanque clasificador y será removido del mismo por intermedio de las paletas de acero inoxidable hacia el extremo del estanque, donde caerá hacia un *big bag* en donde se almacenará para su comercialización en plantas recicladoras de polipropileno.

La pasta, por ser un material más pesado que el líquido del estanque, se depositará en el fondo, desde donde será extraída por acción de un tornillo giratorio inclinado colocado en la base del estanque. La pasta extraída se recibirá en un recipiente y se trasladará hasta un depósito intermedio para que se seque.

La pasta retirada del molino se estacionará en un sector del galpón de molienda para que se reduzca la humedad hasta aproximadamente 6 % y así esté en condiciones de ser cargado al horno de fundición. El secado será por evaporación del agua y no habrá generación de líquidos con electrolito hacia afuera del galpón. Una vez obtenidas las placas de plomo o "Pasta" de la trituradora, serán alimentadas como materia prima del horno rotativo.

Equipo utilizado: Molino de martillos de 5 ton / hora de capacidad de molienda

Capacidad del molino: 100 HP, 3F

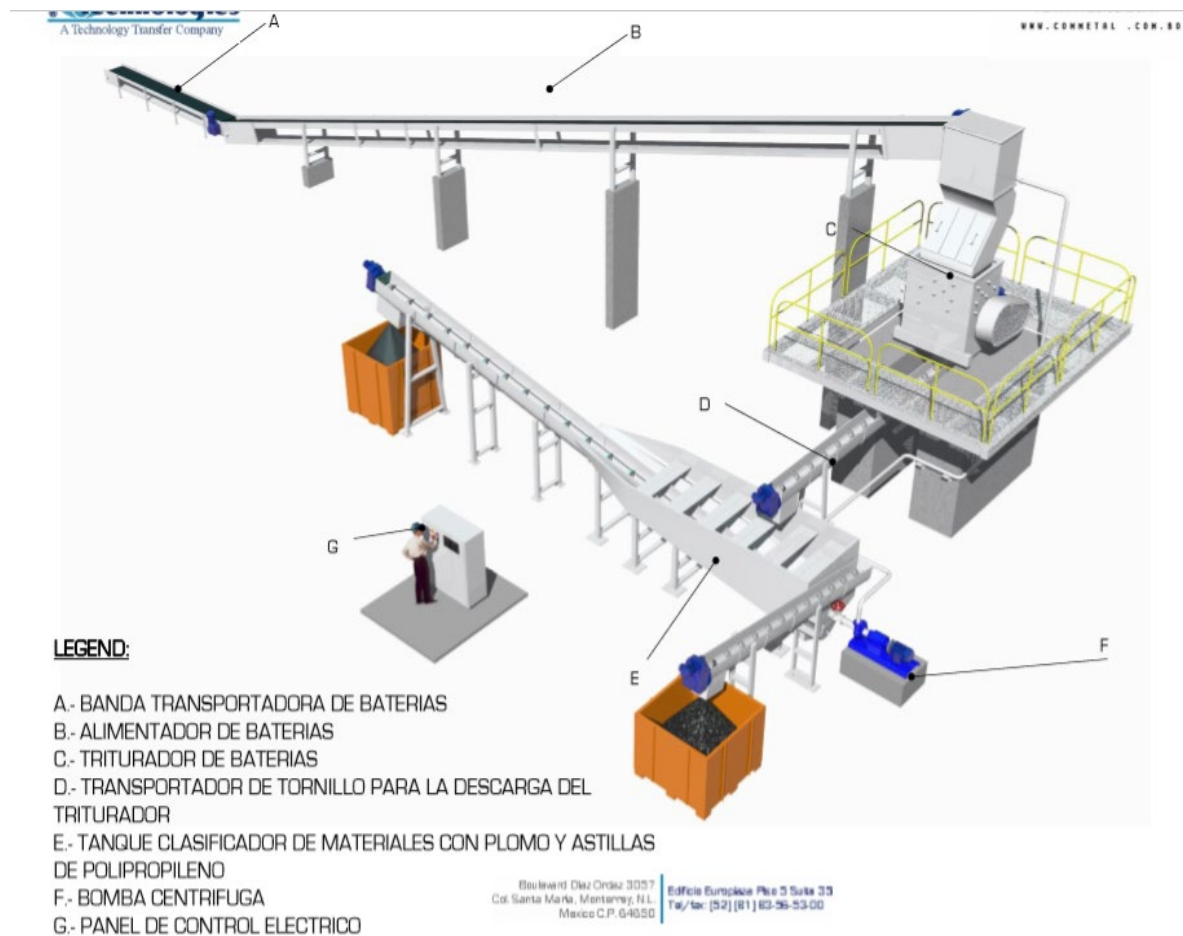
Provisto de tanques de acero inoxidable para separación por gravedad de los materiales con plomo o pasta de los plásticos.

Área requerida para el sector (incluidos almacenamientos de pasta de plomo y plástico obtenido y hornos de fundición): 25m x 20 m = 550 m²

Generación de electrolito y consumo de agua en el proceso de molienda de baterías:

- El electrolito generado en la molienda será enviado a la planta de tratamiento de electrolito.
- La cantidad de agua requerida por este equipo será de 6000 litros al inicio de la operación para llenar el estanque clasificador. Esa agua se renueva cada 30 días.
- Durante la operación no se requiere agua externa.
- Por lo tanto, el consumo de agua de la planta será de 6000 litros mensuales.
- El agua que se desecha de la planta de molienda será enviada a la planta de tratamiento de electrolitos para su neutralización.

Diagrama del molino de trituración de baterías:



5.- Hornos

Para el desarrollo del proyecto los cálculos que se exponen a continuación están en relación con el denominado Horno nro. 1.

Luego se definirán los equipos y la superficie necesarios para la operación de 3 hornos iguales.

Las dimensiones principales de estos hornos serán las señaladas en la tabla siguiente:

Dimensiones	Unidad de medida	Horno N° 1	Horno N° 2	Horno N° 3
Diámetro externo	Mt	1,70	2,05	2,05
Diámetro interno	Mt	1,40	1,65	1,65
Espesor de ladrillos	Mt	0,15	0,15	0,15

Dimensiones	Unidad de medida	Horno Nº 1	Horno Nº 2	Horno Nº 3
Largo externo	Mt	2,9	2,8	2,8
Diámetro Boca Mayor	Mt	0,6	0,8	0,8
Volumen de Carga	m3	1,521	1,769	1,769

Datos de diseño de cada Horno de Fundición

Modelo: Rotatorio Bidireccional Horizontal

Capacidad: 1,500 m3

Capacidad de carga: 2000 kg de materia prima.

Velocidad de giro: 0,3 - 1 rpm (variable según la etapa de operación del proceso productivo)

Características: Cilindro de acero al carbono tipo A 36, revestido con ladrillo refractario de Alta Alúmina (65 %).

Objetivo principal de Producción.

Como objetivo principal se plantea producir plomo metálico en lingotes en el rango de **480 toneladas mensuales** a partir de la materia prima denominada Pasta de plomo con una eficiencia en la recuperación de plomo no menor de 94% y simultáneamente no emitir por la chimenea más de 261 gr de óxido de plomo mensual y no más de 0,4 gr de SO₂ por metro cubico de gas saliendo por la chimenea.

Cada horno produce 5 coladas o ciclos de descarga de plomo por día y trabajan 20 días al mes en promedio. El resto de los días son destinados a mantención de los equipos.

3 hornos x 20 días / mes x 5 ciclos / día x 1,6 Ton / ciclo = 480 ton / mes

Simultáneamente, el operador de la planta la debe calibrar para anular la fuga de gases al aire exterior entorno a ella y esa situación se debe lograr operando correctamente los equipos que el proyecto total considera instalar en la Planta: Campana Sanitaria y ductos de conexión al filtro del horno.

6.- Breve Descripción del Proceso Secundario de Obtención de Plomo.

La siguiente descripción puede ser seguida a través del Diagrama de Flujos Másicos y del Diagrama de Bloques que se muestran en las Figura N°1 y Figura N°2. La numeración de la Figura N°1 esta consignada en la Tabla N°1 inmediatamente a continuación de la figura.

La materia Prima, Pasta de Plomo N°1 se alimentará a un Horno del Tipo Rotatorio Bidireccional Horizontal N°2 en conjunto con reactivos como son Carbón y Fierro. También se adicionará material escorificante como es la Ceniza de Soda y Bórax, ocasionalmente Carbonato de Calcio y Sílice.

En un extremo del horno un quemador de combustible líquido desarrollará una llama que se desplazará a través del horno en forma longitudinal. La temperatura de la llama considerada adiabática será de 2697°C.

La llama trasfiere calor a las paredes del horno revestido con ladrillos refractario y desde esta se transfiere calor a la masa de materias primas y reactivos. La masa alimentada al horno alcanzara una temperatura en torno a los 1000 a 1100°C y todos los materiales pasan a la fase liquida.

La temperatura indicada permitirá obtener las condiciones termodinámicas necesarias para que las reacciones químicas de reducción se orienten en el sentido de generar plomo metálico. Durante la etapa de Fusión de la carga y de Reacciones Químicas, el horno se mantendrá rotando a 0.3 RPM y esta rotación mejorará el contacto entre reactivos y reactantes acortando el tiempo de reacción. Los reactivos que formarán la masa constituyente alimentada al horno no reaccionarán entre sí en fase sólida y a temperaturas menores a 870°C.

Una vez que la carga del horno haya reaccionado químicamente, aproximadamente 2 horas, el plomo metálico se encontrará formando una fase separada de la escoria la que flota sobre él.

La apertura de la piqueta y el giro adecuado del horno permitirán descargar selectivamente el plomo a un Crisol de gran tamaño N°18. Una vez que todo el plomo salga del interior del Horno, se agrandará la piqueta para permitir evacuar la escoria la que se verterá en una lingotera N°19 similar geométricamente a la primera.

El Plomo obtenido llevará todo el Antimonio y Bismuto que venía originalmente en la carga de Pasta de Plomo.

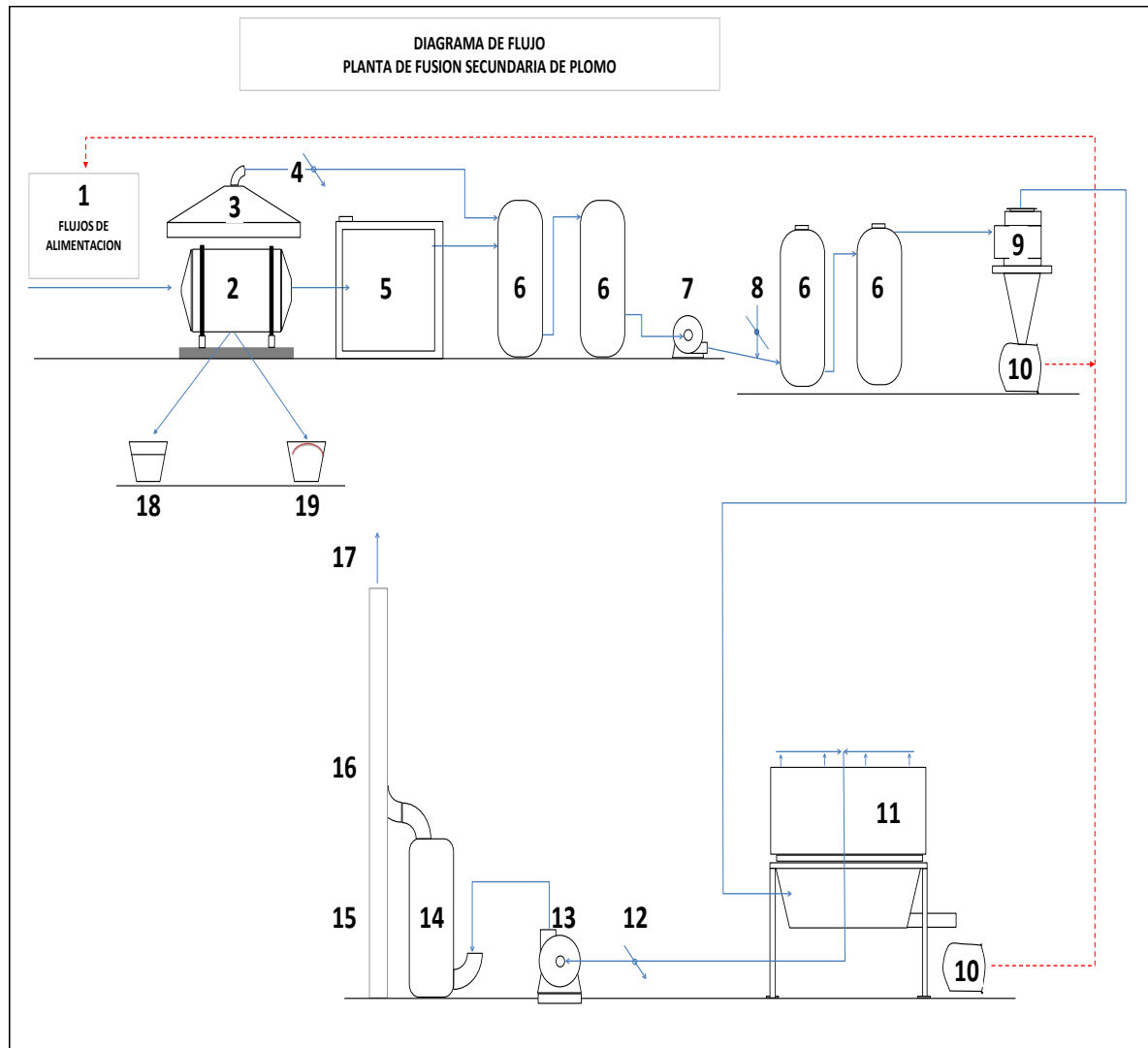


Fig. N° 1: DIAGRAMA DE FLUJOS DE MASAS para UN HORNO

1	FLUJOS DE ALIMENTACION:
	AIRE + COMBUSTIBLE N° 6
	SCRAP DE BATERIAS
	FIERRO
	CARBON
	CENIZA DE SODA
2	HORNO ROTATORIO
3	CAMPANA DE GASES FUGITIVOS
4	VALVULA MARIPOSA
5	CAMARA DE POST COMBUSTION CON TAPA DE EXPLOSION
6	ESTANQUES METALICOS DE ENFRIAMIENTO DE GASES
7	VENTILADOR N° 1
8	VALVULA DE MARIPOSA PARA CONTROL DE AIRE ATMOSFERICO
9	CICLON CON VALVULA ROTATORIA DE DESCARGA DE POLVO
10	MAXISACO PARA POLVO PbO
11	FILTRO DE 336 MANGAS CONTORNILLO ESPIRAL Y VALVULA ROTATORIA DE DESCARGA DE POLVO
12	VALVULA MARIPOSA
13	VENTILADOR N° 2
14	TORRE DE ABSORCION DE SO ₂ , HCL, CL ₂
15	CHIMENEA
16	PLATAFORMA Y TOMA DE MUESTRAS ISOCCINETICA
17	GASES SALIDA A LA ATMOSFERA
18	PLOMO BULLION
19	ESCORIA

Tabla N°1

Tren de Gases

La función de los equipos instalados a continuación del Horno será capturar las partículas sólidas con contenido de plomo que formen parte del flujo de gas que salga del interior del Horno y que está constituido principalmente por PbO, óxido de plomo, como también capturar gases cuya emisión esta normada como es caso del SO₂, HCl y Cl₂.

Los gases provenientes de la combustión salen por el extremo opuesto del Horno y son dirigidos hacia una Cámara de Post Combustión N°5.

Una campana para capturar los Gases Fugitivos N°3 se instalará sobre el Horno. Una serie de Estanques cerrados N°6 de gran área expuestos a la atmosfera permitirán bajar la temperatura del gas en una primera etapa a un valor inferior a 400°C alcanzando la condensación de compuestos que en el gas están en fase vapor como es el caso de plomo y óxidos de plomo PbO. Un ciclón N°9 permitirá capturar las partículas sólidas de mayor tamaño que están siendo transportadas por el flujo de gas.

A continuación, este gas parcialmente limpio ingresará a un Filtro de Mangas N°11 que opera a una temperatura nunca mayor a 150°C (para filtro fabricado con mangas de polipropileno). En el caso que la temperatura del Gas sea mayor al valor señalado se ingresa un flujo de aire atmosférico a través de la Válvula de Mariposa N°8.

En este Filtro se capturará hasta un 99,9 % del material solido que lleva el gas. Inmediatamente después del Filtros se instala el Ventilador Principal N°13. Esta ubicación permitirá mantener todo el tren de gases a una presión inferior a la atmosférica lo que evita la salida de gases conteniendo partículas de plomo hacia el exterior.

Usualmente se instala a continuación del ventilador un *Scrubber* o una Torre de Absorción N°14 los que a través de un flujo de agua en contracorriente con el gas absorbe el eventual gas HCl, Cl₂ y SO₂.

La válvula Mariposa N°12 controlará que la energía que se le suministra al gas para su movimiento este dentro de ciertos parámetros asociados a la caída de presión en las mangas a medida que se colmatan de polvo.

Una Plataforma y una Copla para muestreo isocinético N°16 se instala en la Chimenea N°17 la que evacua el gas limpio y frio a la atmosfera.

Los materiales sólidos capturados por el Filtro serán mayoritariamente oxido de plomo PbO N°10 el cual se retornará al horno en una nueva carga.

7.- Horno Rotatorio Horizontal.

El esquema siguiente representa el tipo de Horno Rotatorio de Fusión que utilizará la fundición Alcones.

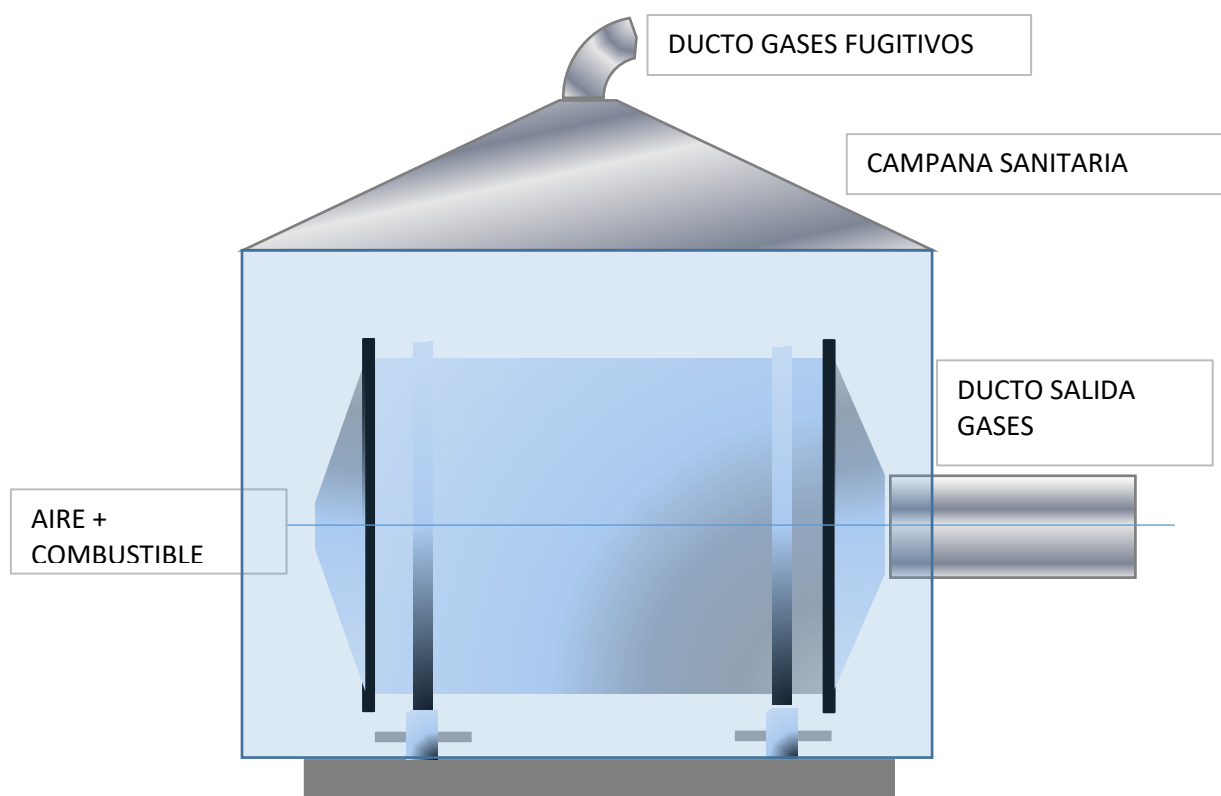


Figura Nº 2. Horno Rotatorio De Fusión.

El cuadro siguiente entrega las características principales del Horno de este Proyecto:

Horno de Fusión de Plomo

Largo Exterior Manto	mm	2820
Diámetro Exterior	mm	2050
Diámetro Entrada de Aire y Combustible	mm	800
Diámetro Salida de Gases	mm	600
Revestimiento Interior Ladrillo Refractario Cr / Mg	mm	150
Velocidad de Rotación Directa e Inversa	rpm	0.3 – 1,0

Este tipo de Horno son equipos que funcionan basados en procedimientos tipo Bach. Esto significa que su operación diferencia nítidamente etapas secuenciales y que finalizada la última etapa inicia nuevamente un nuevo ciclo. Estas Etapas son las siguientes:

- Etapa de Carguío de Materia Prima y Reactivos
- Etapa de Fusión utilizando Aire y Combustible
- Etapa de Colada en donde se evacua el Plomo Fundido
- Etapa de Escorificado en donde el horno se limpia de la Escoria también fundida.

El cálculo que se inicia a continuación asume que el equipo funcionará las 24 horas del día lo que se traduce que el calentamiento inicial del horno solo se hace en una ocasión o en caso de reparaciones o fallas y esta etapa no se consigna en el cálculo.

A partir del conocimiento histórico del proceso de este tipo de Horno se postula el desarrollo de cinco ciclos de producción en veinticuatro horas.

Tipo de Proceso de Fusión en Colada		Bach
Cantidad de Ciclos / día	Ciclos/día	5

8.- Diagrama de Bloque del Proceso

El Diagrama de Bloque del Proceso de Obtención de Plomo es el que se señala en la Figura N°3 que se expone a continuación:

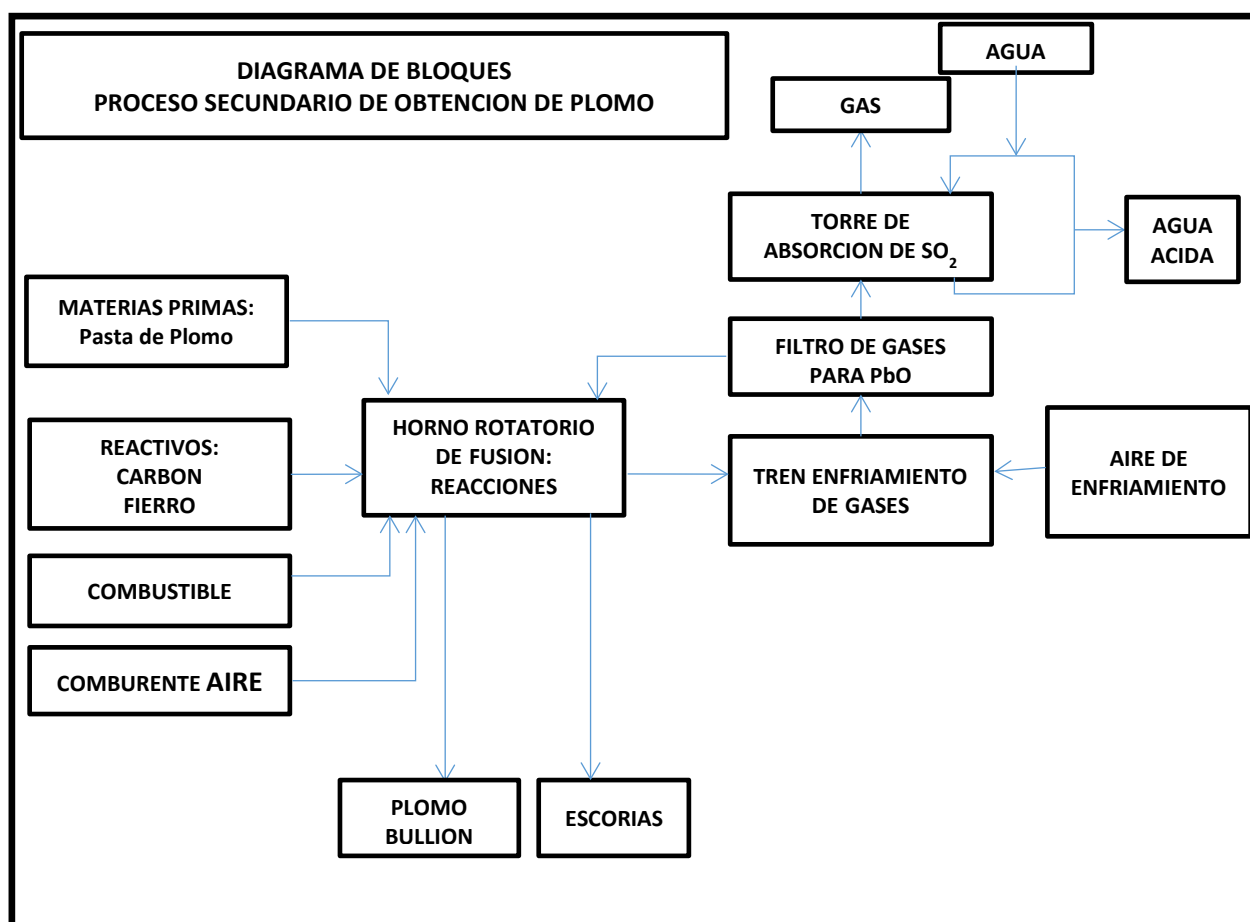


Figura N° 3. DIAGRAMA DE BLOQUES

En base a este Diagrama de Bloque se inicia el cálculo propiamente tal, definiendo previamente las caracterizaciones de la materia prima en base a las metas de producción planteadas y a las observaciones de terreno.

9.- Materias Primas: Pasta de Plomo

La Pasta de Plomo es una mezcla de grillas, óxidos de Plomo (PbSO_4 , PbO_2 y PbO), impurezas usualmente celulosas y finalmente humedad en un valor relativamente bajo.

Para efecto de este proyecto se considera que este material se ha recibido lavado. Esto significa que la Pasta de Plomo no contiene ácido sulfúrico que lo humedezca y si considera una humedad proveniente del agua residual de lavado.

El que la Pasta de Plomo sea lavada reviste importancia porque el eventual ácido sulfúrico se evaporará en el horno y luego se condensará en algún sector de los equipos de la Planta que constituyen el Tren de Gases generando problemas de corrosión y obstrucción si ellos llegan al Filtro de Mangas.

El siguiente cuadro describe los constituyentes solidos de la Pasta de Plomo.

	GLOSA	% en la Pasta de Plomo
Pasta de plomo	Sulfato de plomo, PbSO_4	58.6
	Dióxido de plomo, PbO_2	26.6
	Oxido de plomo, PbO	7.8
	Plomo Metálico fragmentado, Pb	3.6
	Separadores de PVC	3.1
		100,00

Se observa que existe una importante cantidad de azufre en la materia prima aportado por el sulfato de plomo.

La Pasta de Plomo cuya temperatura de trabajo está en el rango de 1000 a 1100°C. La humedad, considerada agua en este caso, usualmente en pasta de plomo es de 5 a 8 %.

Este material es la Alimentación de Materia Prima al Horno de Fusión.

10.- Reactivos, Fundentes y su Función.

El carbón y el fierro cumple funciones reductoras, esto es, el ion plomo acepta electrones aportados por el carbón o el fierro y adquiere su condición de metal.

Tanto el carbón como el fierro al ceder electrones adquiere un estado iónico y se ligan al oxígeno y al final de la reacción general ambos son encontrados como óxidos. El CO₂ como gas y el FeO como sólido.

El PbSO₄ dará origen a la formación de gas SO₂ o a la formación de un Sulfuro. En este último caso el Azufre se encontrará al final del ciclo en la escoria. La diferencia entre estas situaciones está asociada a la presencia o ausencia de Carbón, Fierro y Ceniza de Soda.

El ion Sodio de la Ceniza de Soda reacciona con el eventual ion Cloro contenido en el eventual PVC que ingrese al horno generando Cloruro de Sodio que también formara parte de la escoria.

La función principal de la Ceniza de Soda es servir de fundente aglutinando los Óxidos de Fierro y las sales de Sodio que se formaran por reacciones en fase líquida a 1000°C.

El Bórax, que se utiliza ocasionalmente también es un escorificante y baja la viscosidad de ella.

11.- Coeficientes para Calculo (Valores Estadísticos).

Hay varios valores de tipo operativos que al ser calculados no se condicen con los valores de orden estadístico que se obtienen por lecturas de fundiciones en operación. Algunos de estos valores simplemente no son calculables como son los parámetros descritos bajo el término "Eficiencia". En estos casos los valores que se utilizan para cálculo son las lecturas de terreno.

A continuación, se expone un listado de Coeficientes sus unidades y valores que se utilizarán en el desarrollo de estos cálculos. Algunos de ellos se determinarán y se recalcularán con exactitud.

Glosa del Coeficiente	Unidades Base Húmeda	VALOR
Carga de Pasta de Plomo Húmedas	Ton	2,0
Concentración de Plomo en Pasta de Plomo Base Seca	% Base Seca	87,25
Humedad	% Base Seca	5,36
Carbón Vegetal	% del Pasta Hdo.	5,36
Bórax	% del Pasta Hdo.	
Ceniza de Soda	% del Pasta Hdo.	7,14
Fierro	% del Pasta Hdo.	5,36
Consumo de Combustible	Kg Comb./1 kg Pb lingote	0,082±0.012
Extensión del Tiempo entre Inicios de Ciclo	horas	4.8
Duración del Ciclo de Operación del Horno	horas	3,0

Glosa del Coeficiente	Unidades Base Húmeda	VALOR
Eficiencia de Recuperación de Plomo Lingote	% del Plomo Alimentación	94
Temperatura de Pared Exterior del Horno	°C	100
Temperatura de Llama	°C	2000
Temperatura de Masa fundida	°C	1000
Temperatura Gases en Entrada Filtro de Mangas	°C	150
Eficiencia Sistema Ciclón-Filtro de Mangas	% sobre Masa de entrada	>99.00
Relación Flujo de Gas / Área de mangas A/C	(cft/min) / sqft= ft/min	1.10
Concentración de Plomo en Pasta de plomo Seco	%	87.25
Concentración de Plomo en Escoria	% de la Masa Total de Escoria	2,00
Concentración de Na en Escoria	Id.	13,10
Concentración de Fe en Escoria	Id.	20,00
Concentración de S en Escoria	Id.	21,40
Concentración de Plomo en Gas Entrada Filtro de Mangas	microgramo/dsmc:	985,30
Concentración de Plomo en Gas Salida Filtro de Mangas	microgramo/dsmc:	0,40
Diámetro de Poro de Tela Filtrante	micrón	10,00

12.- Carga Unitaria del Horno

Se denomina Carga Unitaria la mezcla de Materia Prima más los Reactivos Químicos con los que se alimenta el Horno al inicio de su Ciclo. Esta carga es una mezcla de Pasta de Plomo húmedo y los reactivos químicos que se utilizan ya sea para asumir el rol de reductores o escorificarte.

Los hornos que se utilizarán en este Proyecto aceptan físicamente como máximo las cargas que se detallan a continuación:

La carga de Pasta de Plomo que se cargará al Horno es de 2 ton con un contenido promedio de humedad del 6,96 %:

El cuadro siguiente muestra la carga típica de materias primas y reactivos que recibirá el horno durante su ciclo.

ALIMENTACION POR CICLO BASE SECA	PESO TON
Carga de Pasta de Plomo Seca por Ciclo	1,87
Agua como Humedad del Pasta	0,13
Carbón	0,10
Bórax	0,01
Ceniza de Soda	0,13
Fierro como viruta o trozos pequeños	0,10
PESO CARGA TOTAL	2,34

Del cuadro anterior y de la concentración de plomo total, cuyo valor es de 87,2 % se deduce el cuadro siguiente:

Cálculo de Plomo en la Carga Inicial

Carga de Pasta de Plomo Seca por Ciclo	Ton/Ciclo	1,87
Porcentaje de Plomo en la Pasta de Plomo seco	%	87,25
Peso Plomo en la carga	Ton/Ciclo	1,63
Recuperación del Plomo en forma de Lingote	%	94
Plomo recuperado	Ton /Ciclo	1,53

El porcentaje de recuperación estimado de plomo será de plomo de 94%.

13.- Descripción del Combustible

El Combustible que se evalúa para efecto de este Cálculo es Combustible Líquido (Fuel Oil) N°4 al 6 el cual se hace reaccionar con Aire en una relación suficiente para alcanzar el Dióxido de Carbono.

El consumo de combustible en este tipo de Horno es del rango de **0.082 Litros de comb. / kg de plomo producido**

El consumo de combustible en el quemador del Horno depende de:

- selección del combustible que se utilizará en la fundición lo cual lleva aparejado un poder calorífico definido y concreto.
- El segundo factor en juego es el exceso de aire por sobre el estequiométrico y su temperatura ya que ambos influyen en la temperatura de llama.

- Se debe tener presente también que el largo del horno y su relación con el diámetro genera un factor denominado tiempo de residencia de la masa gaseosa en el interior del horno el cual varía desde 1 a 3 segundos. Si la geometría del horno lo permite la llama se dirige contra la pared del horno lo que significa que la transferencia de calor desde la llama es por radiación y además por conducción.
- Adicionalmente es relevante el contenido de humedad del Pasta y el contenido de otras impurezas como es la “tierra” y que estará asociado a presencia de material que consume energía y no aporta al proceso. Esta “tierra” es alúmina y sílice fundamentalmente.

Los factores analizados inciden en el coeficiente real de consumo de combustible.

Poder Calorífico del Aceite Combustible.

Por condiciones de mercado se selecciona el Aceite Combustible (Fuel Oil) N°6.

Calculando la Densidad relativa con respecto al agua a 15°C mediante la relación

$$H = 26 - 15 * s$$

Siendo H = 10.49% se obtiene s = 1.034.

Utilizando la Fig. 27-3 (*) para un Fuel Oil de s = 1.034 y S= 0.84 % se obtiene un poder calorífico superior de 155.000 BTU/gal o lo que es lo mismo

Poder Calorífico Aceite Combustible N° 6	Kcal/kg	9.985
--	---------	-------

Este valor tiene un error estimado de un 1%.

(*) Fig 27-3 Perry Chemical Engineers Handbook Seventh Edition.

14.- Equipos de Transferencia de Combustible

El aceite combustible N°6 posee las siguientes características físicas:

PROPIEDADES	Unidad	N° 6
Punto de Inflamación mínimo	°C	60
Viscosidad Cinemática a 50°C mínima	mm ² /seg	363
Viscosidad Cinemática a 100°C máxima	mm ² /seg	34

Al observar la viscosidad a 50°C se constata que el transporte de este fluido solo se puede realizar a una viscosidad menor a la que presenta a temperatura ambiente.

Por esta razón este fluido se calienta a 75°C. A esta temperatura su viscosidad es del orden de 50 mm²/seg y puede ser bombeada con Bomba de Engranaje.

Este equipo deberá trabajar con un sistema de retorno a la bomba mediante válvula reguladora de presión y calefactor para alcanzar la temperatura señalada.

15.- Reacciones Químicas en el Horno

En primer lugar, reacciona el combustible con el oxígeno del aire, se forman variados compuestos y se desprende una gran cantidad de calor que es lo que se busca para que el grupo de reacciones químicas sea posible que procedan.

a- Reacciones Químicas del Combustible.

La caracterización química del Fuel Oil N°6 es la siguiente:

Elementos en Fuel N° 6, (Bajo en S). Tabla 27-6 Perry, 7° Edition	% en peso
Carbono	87,26
Hidrogeno	10,49
Oxigeno	0,64
Nitrógeno	0,28
Azufre	0,84
Ceniza	0,04

Las reacciones posibles que ocurran al interior del Horno por efecto de la acción del Oxígeno sobre el combustible son las siguientes:

Elementos en Combustible N° 6	Reacciones
Carbono	$C + O_2 \rightarrow CO_2$
Hidrogeno	$2 H + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$
Oxigeno	

Elementos en Combustible N° 6	Reacciones
Nitrógeno	$N + O_2 \rightarrow NO_2$
Azufre	$S + O_2 \rightarrow SO_2$

Estas reacciones tienen varios efectos. En primer lugar, se libera energía térmica la que permite elevar la temperatura en la llama que es lo que se busca para que las reacciones procedan. En segundo término, se genera un importante volumen de gases calculados de acuerdo a la Ley de Dalton. Este volumen, por efecto del calor desprendido induce un incremento de volumen el que deberá ser calculado de acuerdo con la Ley de Guy Lusac.

El carbón que forma parte de los Reactivos también consume Oxígeno y en consecuencia hay un volumen de Aire adicional necesario para su combustión.

b- Reacciones Químicas y Δ Energía de las Materias Primas y los Reactivos.

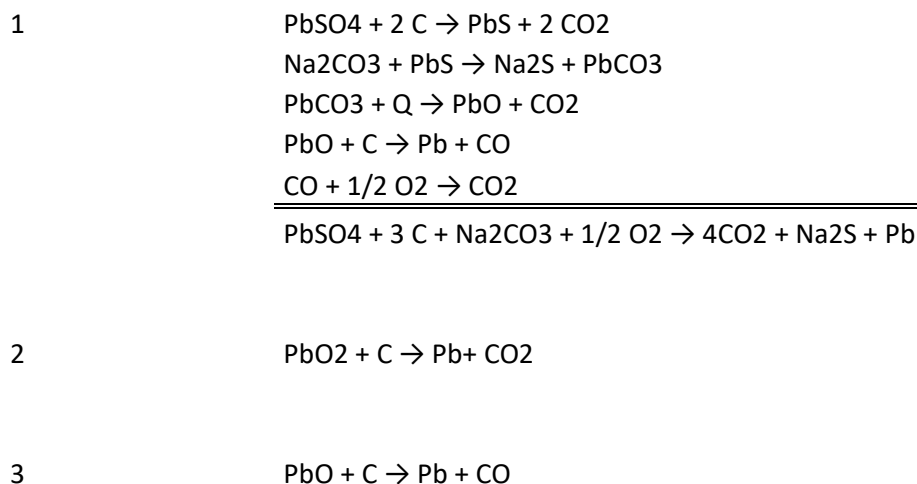
En segundo lugar, existen un grupo de reacciones asociadas a la Materia Prima. El cuadro siguiente muestra el desglose de compuestos químicos que forman esta materia prima:

	GLOA	% en la Pasta de Plomo
Pasta de plomo	PbSO ₄	58.6
	PbO ₂	26.6
	PbO	7.8
	Plomo Metálico fragmentado	3.6
	Separadores de PVC	3.1
		100,00

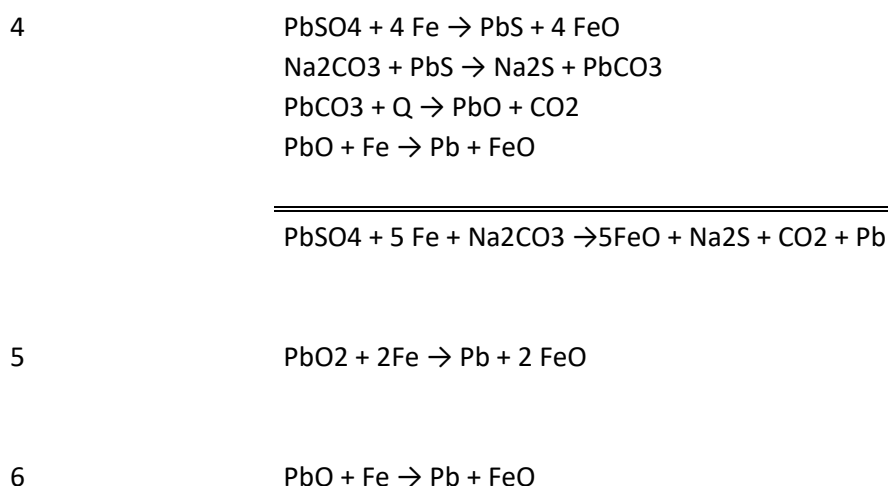
Los reactivos químicos utilizados para reducir el ion plomo a Plomo metálico son el Carbón y el Fierro. También juega un rol la Ceniza de Soda como se demostrará a continuación en el manejo del azufre.

Los seis grupos de reacciones más importantes, pero no únicas, que ocurran al interior del Horno son las siguientes:

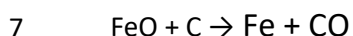
Reacciones en que participa el C como Reductor



Reacciones en que participa el Fe como Reductor



El esquema planteado se deriva del hecho que tanto el Carbón como el Fierro son reductores. Al estar ambos presentes en forma simultánea van a interactuar en forma simultánea y también cabe esperar una reacción entre los reductores como la siguiente:



Esta última reacción es la que permite obtener Fierro metálico en un alto horno. Sin embargo, este Fe puede cambiar a FeO en ausencia de C y en ambiente con oxígeno en exceso, situación que ocurre al final del proceso de fusión del plomo.

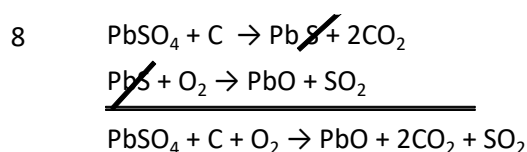
En estas circunstancias cabe esperar el FeO incorporado en la Escoria.

c- El Azufre y su manejo

El control del Azufre entonces se logra con una presencia masiva de la Ceniza de Soda de Soda según las reacciones N°1 y N°4 en donde se muestra que se forma el Na₂S y que este se aloja en la escoria.

En ocasiones también en el gas que sale del horno se encuentra SO₂, más alto que el que corresponde al azufre del Combustible.

Una explicación posible es la siguiente:



Esta reacción es característica en la obtención de plomo por el proceso primario. Esto significa que es una alternativa real.

En el caso que las concentraciones de SO₂ en los gases de salida de la Chimenea sean reiteradamente altas, la forma habitual de controlarlas en mediante una Torre de Absorción con agua en contracorriente instalada a continuación del Filtro de Mangas, precipitando en el agua el ion SO₄ como Sulfato de Calcio utilizando como precipitador la Cal Apagada o Cal Viva. Una segunda opción es utilizar ceniza de soda lo que forma sulfato de sodio que es una sal muy soluble en agua lo que evita la obstrucción de la torre de Absorción.

d- Reacciones Químicas formadoras de Escoria.

La Ceniza de Soda es el reactivo utilizado para formar la escoria ya que tiene un punto de fusión de 851°C. Como se explicó también es requerido por las reacciones N°1 y N°4 para fijar el azufre.

También y de acuerdo con la reacción N°7, la formación de FeO requiere Ceniza de Soda para bajarle el punto de fusión ya que en forma pura la sal FeO funde a 1420°C.

Requerimiento de Aire de Combustión para las Reacciones.

Lo que se busca es que la Energía Térmica (calor) que desprende la reacción de Combustión, caliente la masa que está en el interior del Horno hasta alcanzar 1000 a 1100°C.

El Oxígeno requerido para la combustión se alimenta como Aire que se toma desde la atmosfera.

Se deduce que un exceso de Oxígeno o de Aire obligará a consumir una cantidad de combustible mayor a la necesaria.

El cálculo de la cantidad de Oxígeno o de Aire de Combustión exacto necesario para la reacción con el Carbón y el Combustible que se utiliza, se desarrolla mediante el Principio Químico enunciado por Dalton quien planteó que las relaciones en peso en que reaccionan los constituyentes están en proporción simple a sus Peso Moleculares.

Para este Proyecto el consumo de aire es el siguiente:

Consumo de Aire para Combustión

Aire para combustión del Carbón	M3 estándar	970
Aire para combustión del Combustible N° 6	M3 estándar	2092
TOTAL	M3 estándar	3062

16.- Cálculo de Δ Energía Absorbido / Emitido por el Sistema Reaccionante

Del estudio de las Entalpías de las reacciones enunciadas ΔH , asociadas a sus cantidades molares se observa que algunas reacciones requieren aporte de energía térmica y otras al contrario lo liberan.

El cálculo global asociadas a cada reductor, carbón y hierro, concluye que el valor global medio es el siguiente:

Energía Total 25°C

Energía Emitida por el Sistema Reaccionando	Kcal	-1.845
---	------	--------

El signo – indica que el Sistema de Reacciones Químicas libera Energía Térmica. Solo que su valor es totalmente marginal.

17.- Energía Absorbida por la Masa de Reactivos; Temp Final 1000°C

A la temperatura de llama se produce un traspaso de calor por conducción y por radiación hacia la masa de Reactivos. Esta cantidad de calor transferido es determinada a través del cálculo de la Energía Térmica necesaria para calentar los reactantes y los reactivos desde 25°C a 1000°C.

Energía calculada a 1000°C

Energía Absorbido por los Reactivos y Combustible	Kcal / Ciclo	568.486
---	--------------	---------

18.- Energía Disipada a través de la Pared del Horno.

La temperatura de la pared exterior del horno es experimentalmente de $\pm 100^{\circ}\text{C}$ y se mantiene en ese valor. Esto significa que hay una pérdida de calor permanente por radiación desde esa pared.

El calor perdido a través de la pared es el siguiente:

Perdida de Calor por Radiación desde Pared del Horno	Kcal / Ciclo	53.408
--	--------------	--------

En este caso el Ciclo comprende 4 horas ya que las pérdidas de calor son constantes y continúan en los espacios de tiempo en que el equipo esta operacionalmente detenido.

19. Energía de Gases a la Salida del Horno; Temperatura

El Cálculo directo de la temperatura de los Gases a la Salida del horno no es posible y en este caso se trabaja con el valor de terreno. Lo usual es que esa temperatura este en torno a 1100°C .

T2 = Temperatura de Gases Salida Horno	$^{\circ}\text{C}$	1.100
--	--------------------	-------

Esta temperatura se utiliza para determinar la cantidad de Energía Térmica que está incorporada en los gases de Salida del Horno:

$Q = (T_2 - T_1) * (n * C_p)$	K cal /ciclo	1.095.501
-------------------------------	--------------	-----------

20.- Energía de Expansión de Gases

Parte de la Energía Térmica el sistema la absorbe por el Trabajo de Expansión de los Gases en el interior del Horno producto de la temperatura. Este trabajo de expansión se calcula determinando el Aumento de Volumen contra la presión del sistema

$$\text{Trabajo de Expansión} = E = (V_2 - V_1) * P$$

Energía de Expansión de Gases a 1.100°C

Energía	Kcal / Ciclo	61.684
---------	--------------	--------

21 Balance de Energía en el Horno

Con los valores de Energía Térmica calculados en los párrafos anteriores es posible determinar el requerimiento energético total del Horno, de su Carga y de los Gases:

BALANCE DE CALOR

Calor Absorbido por los Reactivos y Materia Prima	KCal / Ciclo	568.486
Calor Perdido por la Pared Exterior del Horno	KCal / Ciclo	53.408
Calor de Expansión de Gases a T° final de 1000°C	KCal / Ciclo	61.684
Calor Transportado por los Gases en la Salida del Horno	KCal / Ciclo	1.095.501
Energía Absorbido por el Reactivos Reaccionados	Kcal /Ciclo	1.845

POR LO TANTO

Energía Térmica requerida por el Sistema	KCal / Ciclo	1.780.925
---	---------------------	------------------

22 Cálculo Caudal de Combustible; Temperatura de Llama

La Energía Térmica requerida por el Sistema lo aportara el combustible N°6. La selección del combustible la fija el poder calorífico. Con este valor se calcula la cantidad de combustible en Kg que se necesita en un ciclo de trabajo.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Poder Calorífico Combustible N° 6	K cal/ Kg	9.985
Energía Necesaria para el Sistema Total	Kcal/ciclo	1.780.925
POR LO TANTO		
Consumo de Combustible	Kg/Ciclo	178

Con el valor de la energía que desprende el combustible y conociendo la cantidad de Gases que emite la combustión y con la relación $Q = (\sum M \cdot Cp) \cdot (T_2 - T_1)$ se calcula la temperatura de la Llama del Quemador la que resulta ser:

Temperatura de Llama T2	°C	2697
-------------------------	----	------

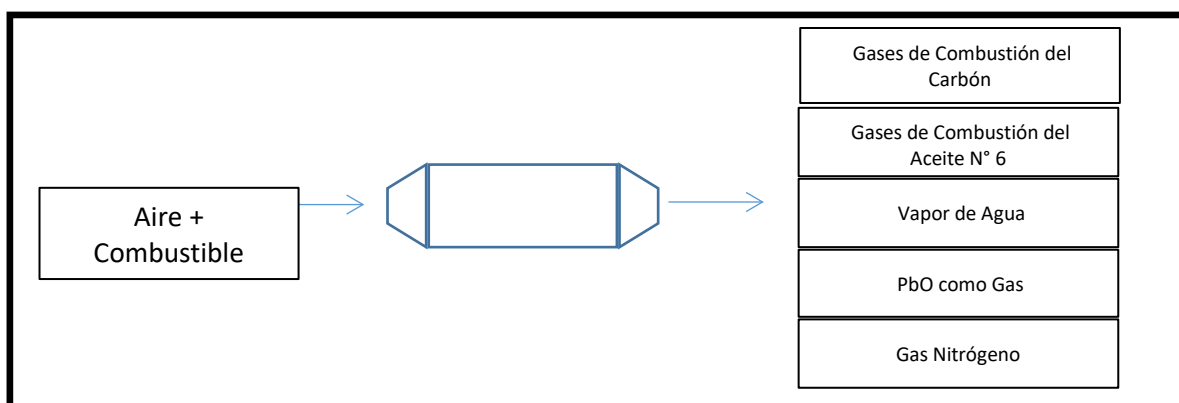
El cálculo del Coeficiente de Consumo de Combustible da el siguiente valor:

Coeficiente para Fund. Alcones	Kg Comb/ Kg Plomo producido	0,117
--------------------------------	-----------------------------	--------------

23 Descripción de Gases a la Salida del Horno.

Durante el proceso de Fusión propiamente tal se inyecta el Aceite Combustible N°6 simultáneamente con el Aire Atmosférico estequiométrico y Aire para la reacción del Carbón.

Durante las tres horas que se alimenta Combustible y Aire se produce una importante salida de gases por el extremo opuesto del horno gases cuyo origen se detallan en el cuadro siguiente.



La siguiente es la cantidad del Flujo de Gases a la Salida del horno descrito en las condiciones que se señalan.

DESCRIPCION DEL GAS (Condiciones Estándar)	Temp	M3 / ciclo	Kg/ciclo
Gases Combustión Carbón	25	204	367
Gases de Combustión Fuel Oil N° 6	25	555	579
Vapor de Agua de la Pasta de Plomo	25	177	130
Oxido de Plomo	25	0,0003	3,6
N ₂ asociado al Carbón	25	767	878
N ₂ asociado al Petróleo	25	1.653	1892
Total Gases Salida Horno	25	NM3/ciclo	3.850

Este gas que está descrito en la Tabla a 25°C, se debe corregir en función de la temperatura real de salida de gases desde el Horno, esto es 1000°C.

Volumen Físico del Gas Corregido.	Temp °C	M3
Volumen Total Gases Salida Horno	1000°C	16.446

24 Contenido de PbO en los Gases Salida del Horno.

El dimensionamiento del plomo en los gases de Salida del Horno podría seguir un modelo matemático.

La aplicación de la ley de Fick asociada al Coeficiente de Difusividad entrega una herramienta de cálculo. Sin embargo, no se ha encontrado en la literatura valores del Coeficiente de Difusividad del plomo gas.

Apoyado en los datos de la EPA (1 Environmental Production Agency, USA) obtenido de mediciones en Hornos de Fusión de Plomo del tipo Rotatorio se puede plantear que el contenido de Pb es de la magnitud de 1 gr/ M3 medido en condiciones estándar y seco (dscm; dry standard cubic meter). Este valor es el más alto detectado en veinte instalaciones dedicadas a producir plomo metálico Secundario en E.E.U.U y se utilizara en este caso.

Este valor asociado al volumen estándar del gas de salida del Horno señala que el contenido de plomo, expresado como elemento a la entrada del Filtro es de 3.850 gr/ciclo o 4.100 gr de PbO/ciclo según Punto N° 16.

25 Descripción de Filtro de Mangas

El Filtro de Mangas será de tipo Caja de Mangas, con 312 mangas que soportan temperaturas de hasta 150°C.

Su función será capturar el Solido PbO y material particulado.

Se compone de 8 secciones y cada una de ellas está conectada a un sistema de vibración accionada por aire comprimido.

Un PLC permite cambiar los tiempos de vibración y los tiempos de espera. El material descargado desde la manga cae al fondo de un buzón desde el cual un tornillo sinfín lo evacua al exterior. Dado que este equipo tiene una presión interior inferior a la presión atmosférica la descarga del polvo trasladado por el tornillo sinfín se realiza por la acción de una válvula rotatoria.

El material es recogido en Maxisacos y se retroalimenta al Horno.

26 Volumen de Gases Entrada Filtro

Es relevante mencionar que la pérdida de Calor por radiación y convección en el ducto de comunicación entre la Cámara de Post Combustión y el Filtro procura hacer descender la

temperatura hasta 150°C y produce una condensación del gas PbO a la fase solido además de una disminución de volumen general.

La temperatura mencionada permite evitar también la condensación de un eventual ácido sulfúrico que este impregnando la materia prima.

El valor que se presenta no se ha corregido por cambio de presión porque ella es marginal.

El nuevo volumen entonces es:

Volumen Físico del Gas	Temp °C	M3
Volumen Total Gases Entrada del Filtro	150°C	5.477

Este nuevo caudal incorpora un 15% de aire de enfriamiento y Gases de la Campana que succiona los Gases Fugitivos y que se instala sobre el Horno Rotatorio.

27 Cálculo de Área en el Filtro de Manga.

Utilizando las velocidades de traspaso de gases de los filtros de 0,005 mt/seg se calcula la cantidad de mangas mínimas requeridas.

Por razones de diseño comercial de las mangas sus medidas serán: diámetro de 155 mm y largo de 2300 mm. Con esas dimensiones el área de filtración de cada manga será de:

Área filtrante de cada manga: $3,14 \times 0.155 \times 2.3 = 1,12 \text{ m}^2$

La cantidad de mangas requerida se calcula en función al caudal de gases que circulará por el Filtro y al área filtrante total requerido para la filtración.

Primero se debe conocer el área requerida total para la filtración del caudal de gases:

- Área filtrante total = caudal / velocidad de traspaso

Caudal de gases: 16446 m3 por ciclo de 5 hr

Caudal de gases: $16446 / 5 = 3289 \text{ m}^3 / \text{hr}$

Reemplazando el caudal calculado en (1):

Área filtrante total: $3289 \text{ m}^3 / \text{hr} / 3600 \text{ seg} / \text{hr} / 0,005 \text{ m} / \text{seg} = 182,7 \text{ m}^2$

- Cantidad de mangas = Área filtrante total / área filtrante de cada manga

Cantidad de mangas= $182,7 / 1,12 = 163 \text{ un.}$

Cantidad de Mangas	Unidades	163
--------------------	----------	-----

El filtro de Mangas es una unidad que posee 312 Filtros de Mangas de las dimensiones señaladas de manera que esta unidad está bastante sobredimensionada.

Cantidad de filtros requeridos para todo el proyecto (3 hornos similares)

- Se requerirá del actual filtro existente de 312 mangas para operar extrayendo en forma conjunta los gases del horno Nro. 1 y Nro. 2.
- Un segundo filtro de 300 mangas será necesario para la Operación del Horno Nro. 3, conjuntamente con las Campanas Sanitarias de todos los hornos.
- Comercialmente se fabrican las cajas de mangas en Unidades de 100 mangas de capacidad por lo que se debe agregar 3 Unidades de filtración.
- Para el segundo filtro de mangas proyectado se debe colocar una nueva chimenea con su correspondiente Plataforma y Copla para muestreo isocinético.

28 Eficiencia de las Mangas de Filtro. Pérdida de PbO a la Atmosfera.

Las mangas de Filtro están fabricadas con una trama de tela que permite diámetro de poro de 10 μ . En estas circunstancias y bajo la experiencia previa la eficiencia de recolección de polvo es de 99,93 %.

Como fue mencionado anteriormente y aceptando los coeficientes de la EPA de 1 gr de Pb/dscm se tendrá 3.850 gr de polvo en la entrada del filtro de Mangas.

Con los dos valores señalados se puede determinar la cantidad de PbO que saldrá por la Chimenea.

Polvo escapando por la Chimenea	gr/ciclos	2.7
---------------------------------	-----------	-----

Debe mencionarse que la eficiencia señalada está informada por la EPA en una instalación similar a la Fundición de Alcones. El valor señalado es un promedio de tres mediciones desarrolladas por su personal. Simultáneamente EPA presenta otros informes que permiten concluir que esta eficiencia es la más alta detectada por ellos en la industria norteamericana de Producción Secundaria de Plomo.

El manejo del Filtro de Mangas obliga al operador de la planta a buscar la mejor combinación de tiempos de acumulación de polvo con los tiempos de vibración de la manga, para el tipo de manga que está instalado.

29 Cálculo de la Cantidad de Escoria.

Usando como trazador el contenido de Hierro, Sodio y Azufre en la escoria por una parte y su concentración estadística en segundo término se estima la cantidad a producir.

El Azufre se utiliza aun cuando eventualmente podría, parte de él incorporarse al flujo de gases bajo la forma de SO₂

Descripción de Escoria

Peso de la Escoria Producida	Ton /Ciclo	0,4
Fierro	%	20,0
Na	%	14,0
Pb	%	2,0
S	%	18,8

Con la información del cuadro es posible determinar la perdida de plomo en la escoria:

Perdida de Plomo en la escoria	Ton	0,008
--------------------------------	-----	-------

30 Balance de Masa para el Plomo

De acuerdo con la información generada en relación a la masa de plomo alimentada al Horno esta se separa en tres vías y se establece la siguiente igualdad:

**Peso Plomo contenido en Pasta de Plomo = Peso Plomo Lingote + Peso Plomo en Escoria +
Peso Plomo en la corriente gaseosa.**

Distribución del Plomo durante el Proceso	TON
En Alimentación Pasta de Plomo	1,629
En Lingote	1,531
En Escoria	0,0082

Para cerrar el Balance del Plomo se debería aceptar que el Plomo arrastrado por el Gas de salida del horno pesa 7500 gramos.

En oposición a este valor de acuerdo con la Información suministrada por EPA el máximo valor encontrado en los peritajes que ella ha realizado es de 1 grPb/m³ estándar de gas a la salida del horno lo que significa 3.850 gramos.

Este valor es un 0,15% de la masa de Plomo alimentada y es menor que el error estadístico que se produce en los análisis químicos. Por esta razón resulta inconducente intentar cerrar el Balance de Plomo.

31 Diagrama de Flujo de Masas Global

De acuerdo con los cálculos desarrollados para cada ciclo de operación del horno se puede establecer los siguiente Cuadro de Flujo Masas.

Balance Mensual de Materias Primas, Productos y Residuos.

Utilizando los valores calculados para cada ciclo y considerando que mensualmente se desarrollan 100 ciclos de producción se conforma el siguiente cuadro:

BALANCE MENSUAL DE ELEMENTOS RELEVANTES por HORNO

GLOSA	Unidad/mes	Valor
Ciclos de Operación del Horno	Cantidad	100

Pasta de Plomo Seco	Ton	187
Humedad (Agua)	Ton	13
Carbón	Ton	10
Bórax	Ton	1
Ceniza de Soda	Ton	13
Fierro como viruta o trozos pequeños	Ton	10
PESO CARGA TOTAL AL HORNO	Ton	234

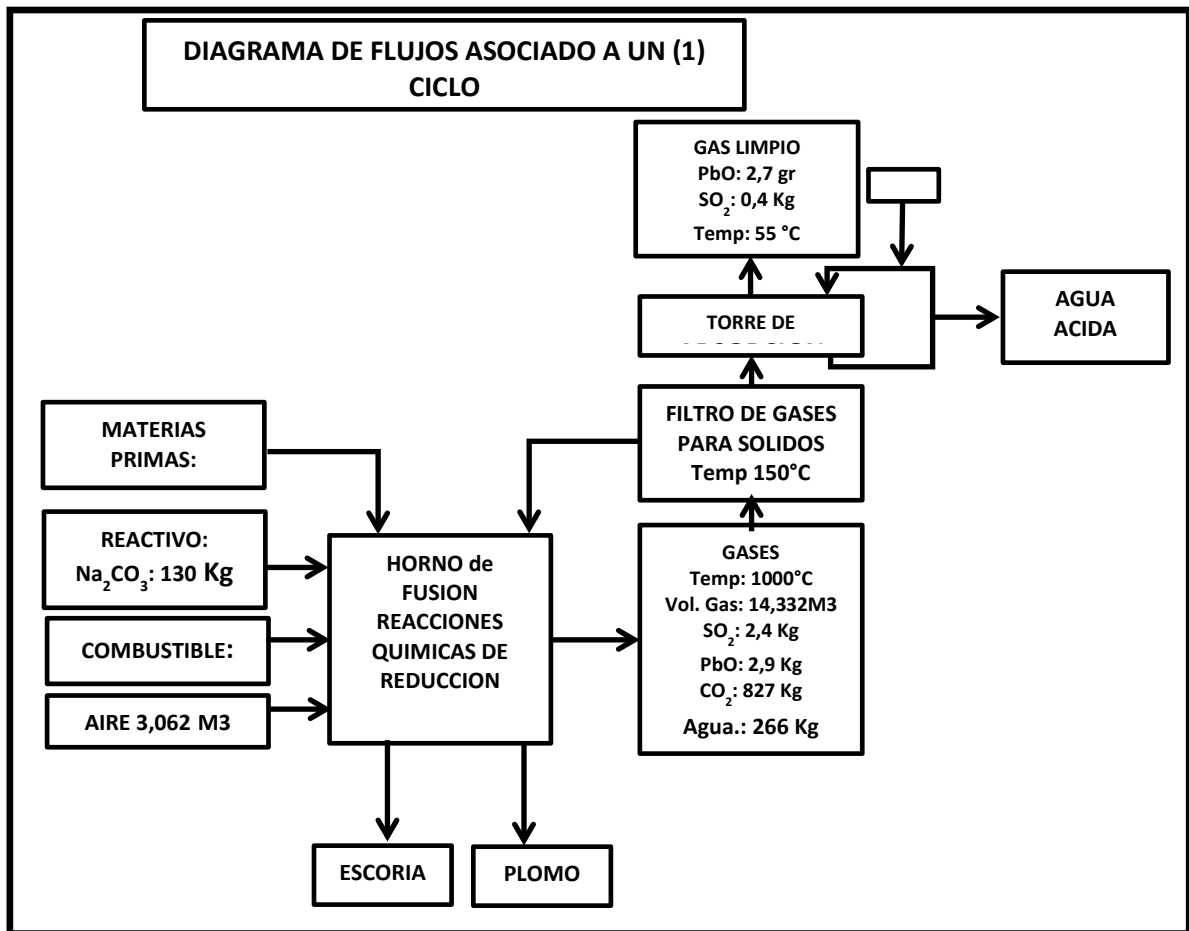
Producción de Plomo Lingote	Ton	160
-----------------------------	-----	-----

Consumo de Combustible N° 6	Ton	12
-----------------------------	-----	----

Emisión de PbO	gr	261
----------------	----	-----

Escoria	Ton	41
---------	-----	----

11 Balance por Ciclo de Materias Primas, Productos y Residuos Caudales volumétricos y temperaturas



32 Principales Resultados para la Operación Total de la Fundición

- Capacidad de producción Nominal de la Planta: 480 ton de plomo al mes
- Equipos
- Hornos de fundición: 3 unidades

Modelo: Rotatorio Bidireccional Horizontal

Capacidad: 1,500 m3 (2000 kg de materia prima)

Velocidad de giro: 0,3 - 1 rpm (variable según la etapa de operación del proceso productivo)

Características: Cilindro de acero al carbono tipo A 36, revestido con ladrillo refractario de Alta Alúmina (65 %) con base metálica y sistema de giro por corona y motoreductor 10 HP, 3 F, 50 Hz

- Quemador: 3 unidades

Modelo tipo lanza o quemador para calderas, Capacidad 400000 kcal / hr, para Fuel Oil nro 4 al 6 / aire

- Filtros de mangas: 2 unidades

Filtro nro 1: filtro de mangas de 350 m2 de área de filtración (existente)

Filtro nro 2: filtro de mangas de 300 m2 de área de filtración (proyectado)

- Extractores: 2 unidades

Modelo: extractor centrifugo, 25000 m3 / hr, 200 mm de c.a., 20 HP, temperatura de operación 100°C.

- Sistema de enfriamiento de gases, ductos y chimenea (tren de gases): 2 unidades
- Torres de absorción de SO2: 2 unidades
- Campanas sanitarias: 3 unidades (conectadas al filtro nro 2 proyectado)
- Molino de baterías y tanque de separación de pasta y plásticos: capacidad 3 ton por hr
- Tanques para neutralización de electrolitos: 3 unidades
- Bombas para transporte de electrolito y agua de cal: 2 unidades

- Producción por ciclo total (3 hornos) por día

El cuadro siguiente presenta la producción por ciclo de los tres hornos Horizontales en forma individual y también se presenta su desempeño en conjunto al considerar 5 ciclos /día.

		Horno Nº1	Horno Nº 2	Horno Nº 3	Total
Pb por Ciclo	Ton / Ciclo	1,75	0,88	1,82	4,23
	Ton /día	8.75	4,409	9,08	22.24
Combustible	Litros	178	102,58	211,21	491,80
Gases	NM3/ciclo	3850	2218,80	4568,38	10637,17
Mangas	unidades	175	175	175	525
Emisión a la atmosfera	gr PbO / ciclo	2,7	1,56	3,20	7,46
Escoria	ton/ciclo	0,4	0,23	0,47	1,11
Pb en escoria	ton/ciclo	0,0082	0,005	0,010	0,02

33 Disposición y reproceso de la Escoria total generada para el proyecto en el Trapiche y Molino

Las escorias generadas por el nuevo proyecto conformado por 3 hornos se almacenarán de manera provisoria en un galpón de a lo menos las siguientes dimensiones 10 m x 10 m., el cual

estará techado y cerrado. El objetivo de este almacenamiento es para que las escorias del proceso diario se enfríen y se revisen para verificar su calidad, o sea que no tenga restos de plomo.

Las escorias dispuestas por la antigua operación de la fundición serán procesadas en las instalaciones denominadas trapiche y molino, quedando las escorias resultantes de este proceso dispuestas en un relleno de seguridad dentro de las mismas instalaciones o de terceros debidamente autorizados.

- Trapiche y molino

El proyecto considera un sector para la recuperación de metales de las escorias denominado Trapiche y Molino.

Allí se procesará las escorias generada por los hornos, y las actuales escorias dispuestas en el sector de la fundición más las arenas de descarte que contienen bronce y que se encuentran en las instalaciones actuales de la fundición.

Dado lo anterior, inicialmente las escorias a procesar en el Trapiche y Molino provendrán de las antiguas escorias generadas en la fundición para ya en régimen del nuevo proyecto de fundición, las escorias provendrán únicamente desde el depósito intermedio que está en la zona de los hornos.

El trapiche consistirá en un molino de mandíbulas de 2 ton por hr de capacidad. Esta capacidad supera la cantidad generada de escoria por día (5,5 ton) por lo que su actividad se verá reducida a trabajar en ciclos de trabajo de 8 hr coincidiendo con los horarios del personal.

El molino romperá las escorias a partículas de menor tamaño, para liberar restos de metales que se pueden recuperar para darle mayor valor comercial.

Las escorias una vez molidas se enviarán al depósito final de escorias o relleno de seguridad.

La escoria también podrá ser enviada a empresas certificadas para realizar la disposición de las mismas, en transporte autorizado según normas ambientales vigentes.

- Relleno de seguridad

Es el depósito donde se dispondrán las escorias generadas en el proceso.

Dimensionamiento

Escoria generada por día proyectada de todo el proceso (3 hornos): 5.50 Ton / día

Escoria generada al mes: 110 Ton / mes

Densidad de la escoria 2.5 ton / m³

Volumen generado por mes 44.0 m³ / mes

Proyección para el dimensionamiento del relleno de seguridad

Si tomamos en cuenta que la duración del proyecto es de 25 años, renovable. La necesidad de terreno para la construcción de rellenos de seguridad es de:

Escoria generada en 25 años: 300 meses x 44 m³ / mes = 13200 m³

Si se dispone de una altura de 2.5 metros para disponer las escorias:

12000 m³ / 2.5 m = 5280 m²

Se requieren un área de 0,50 Ha mínimo, de terreno en la planta para hacer las instalaciones de los rellenos de seguridad.

34 Planta de tratamiento de electrolito

Electrolito generado por mes

Las baterías tienen en su composición 25 a 28 % P/P de electrolito con concentración 10 % de ácido sulfúrico en agua desmineralizada.

Para la producción estimada de 480 ton de plomo por mes la cantidad máxima de baterías a procesar si se adquiere Pasta de Plomo comercial es de: 480 ton / 0,65 = 730 ton de baterías al mes (tomando como referencia una recuperación del 65% de plomo de baterías).

Cantidad de electrolito: 730 x 28 / 100 = 204 ton al mes

Producción diaria de electrolito: dependerá del ritmo de producción de la planta de molienda de baterías, como se trabajará en un turno de 8 hr por día la generación de electrolito por día es de: 204 ton al mes / 25 días = 8.17 ton por día o 1.0 ton por hr

Neutralización del electrolito

El electrolito generado en la molienda de las baterías será limpiada y decantada en un tanque sedimentador de 6 m³ de capacidad, de esta manera se eliminarán por gravedad restos de plomo y metales pesados y óxidos de plomo.

Luego por intermedio de una bomba especialmente diseñada para bombear líquidos ácidos se transportará hacia un tanque reactor con capacidad de 3 m³. El tanque dispondrá de un sistema de agitación por paletas para homogeneizar la mezcla y favorecer la neutralización.

En otro tanque, denominado Tanque de Cal, con capacidad de 3 m³ se preparará una suspensión de 20 % de cal hidratada en polvo con agua y se mantendrá en suspensión haciendo recircular con una bomba.

Se llena el tanque reactor con electrolito y se mide el nivel de acidez o pH, y luego se comienza a bombear hacia el tanque reactor agua con cal desde el Tanque de Cal.

Este proceso se realiza hasta lograr que el valor de pH en el líquido sea igual a 7. Esto indica que se neutralizó el electrolito.

Se suspenderá el bombeo de agua de cal y se detendrá la agitación del tanque reactor. De esta manera se decanta un precipitado de color blanco denominado Yeso (sulfato de calcio) que precipita sobre el fondo del tanque. El agua neutra quedando en el tanque sobre el yeso precipitado.

Se descargará por la parte inferior el yeso formado y se enviará en maxisacos al galpón de almacenamiento de escoria, desde ahí se dispondrá junto a las escorias del horno.

El agua obtenida será apta para uso en la planta como agua industrial de riego para pisos. De esta manera se puede eliminar por evaporación.

El área requerida para la planta de tratamiento es de 100 m²

35 Resumen del Proyecto:

1- Personal de la planta

Administrativos	1 jefe de planta 1 Encargado de Producción 1 técnico de Seguridad e Higiene en el Trabajo 1 Auxiliar de Laboratorio 1 Auxiliar Administrativo 3 Guardias de Seguridad
-----------------	--

De Producción	1 operadores de producción en Hornos 1 Operador de auto elevador o Sampi 2 Operadores de Producción en Molinos
---------------	--

Para el personal se dispondrá de las instalaciones necesarias:

- Edificio de oficinas para recepción de visitantes, sala de reuniones y oficinas administrativas.
- Edificio de áreas de servicio al personal trabajador, duchas, vestuario, comedor, enfermería, lavandería, oficina, depto. de relaciones industriales, edificación construida en estructura de concreto armado, pared de bloque de cemento, ventanas y puertas en perfil de aluminio, vidrios de espesor 3 mm, techo de placa de concreto impermeabilizada, piso de loseta cerámica 30 x 30,
- Caseta de vigilancia

2- Áreas para servicios, producción y almacenamiento

Sector	Área estimada M2
Edificio de oficinas para recepción de visitantes, sala de reuniones y oficinas administrativas.	36
Edificio de áreas de servicio al personal trabajador, duchas, vestuario, comedor, enfermería, lavandería, oficina, depto. de relaciones industriales, edificación construida en estructura de concreto armado, pared de bloque de cemento, ventanas y puertas en perfil de aluminio, vidrios de espesor 3 mm, techo de placa de concreto impermeabilizada, piso de loseta cerámica 30 x 30, iluminación fosforescente 250 lumes por mt2.	36
Nave industrial principal con altura libre de 10 metros, techada con láminas metálicas, cierre lateral, piso en concreto armado con resistencia de 2,500 kgs/mts ² e iluminación	550

Procesos dentro de la nave: molino de baterías y hornos y almacenamiento temporal de insumos	
Bodega para almacenar baterías usadas para reciclar nave construida con piso antiácido de estructura en concreto armado, techo de lámina, fibra de cemento, laterales con pared en concreto armado de 25 cms. Piso de concreto armado resistente a 2,500 kg/m².	150
Bodega para almacenamiento temporal de escorias, nave construida de estructura en concreto armado, techo de lámina, fibra de cemento, laterales con pared de concreto de 25 cms. de espesor a 6.0 de altura	100
Planta de Tratamiento de electrolito	100
Caseta de para ubicación de subestación eléctrica y de compresores	30
Caseta de vigilancia	10

Superficie Total: **1.012 metros cuadrados cubiertos**

Superficie de relleno de seguridad para 25 años **5.000 metros cuadrados**

Superficie total del Proyecto: **9.000 m2**

3- Equipamiento necesario

Sector	Equipo existente	Equipo a incorporar
Molino triturador de baterías	-	1 (uno) Molino de baterías y tanque de separación de pasta y plásticos: capacidad 3 ton por hr

Hornos	Nro. 1 y Nro. 3	Nro. 2. De dimensiones similares al horno nro. 3
Filtro de mangas	1 (uno) filtro de mangas de 350 m2 de área de filtración	1 (uno) filtro de mangas de 300 m2 de área de filtración (proyectado)
Quemador	3 unidades	
Extractor centrifugo	1 (una) unidad	1 (una) unidad
Sistema de enfriamiento de gases	1 (dos) ductos, cámaras de enfriamiento y chimenea	1 (dos) ductos, cámaras de enfriamiento y chimenea
Torres de absorción de SO ₂	1 (una) unidad con capacidad para tratar gases de hornos nro. 1 y nro. 3	1 (una) unidad con capacidad para tratar gases de hornos nro. 2
Campanas sanitarias		3 (tres) unidades para cada horno
Tanques para neutralización de electrolitos		3 (tres) unidades

36 Bibliografía:

N° 1

<http://nepis.epa.gov/EPA/html/DLwait.htm?url=/Exe/ZyNET.exe/2000NSSG.PDF?ZyActionP=PDF&Client=EPA&Index=1991 Thru 1994&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C91THRU94%5CTXT%5C00000016%5C2000NSSG.txt&Query=&SearchMethod=1&FuzzyDegree=0&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&QField=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&Docs>

Secondary Lead Smelting Background Information (EPA)

N° 2

BACKGROUND REPORT
AP-42 SECTION 12-11
SECONDARY LEAD PROCESSING

Prepared for
U.S. Environmental Protection Agency
OAQPS/TSD/EIB
Research Triangle Park, NC 27711

N° 3

United States
Environmental Protection
Agency

Office of Air Quality
Planning And Standards
Research Triangle Park, NC 27711

EPA-454/R-98-006
May 1998

AIR



LOCATING AND ESTIMATING
AIR EMISSIONS FROM
SOURCES OF LEAD AND LEAD COMPOUNDS

N° 4



Emission Estimation Technique Manual

for

Lead Concentrating,
Smelting and Refining

N° 5

Microchemical Investigations of Dust Emitted by a Lead Smelter

SOPHIE SOBANSKA,^{†,§} NATACHA RICQ,^{†,‡}
AGNÈS LABOUDIGUE,[†]
RENÉ GUILLERMO,[†]
CLAUDE BRÉMARD,^{*,‡} JACKY LAUREYNS,[‡]
JEAN CLAUDE MERLIN,[‡] AND
JEAN PIERRE WIGNACOURT[§]

*Département Chimie et Environnement, Ecole des Mines de
Douai, 941, rue Charles Bourseul BP 838 Douai Cedex France,
Laboratoire de Spectrochimie Infrarouge et Raman du CNRS
UMR-CNRS 8516, Bât C5, Université de Lille I, 59655
Villeneuve d'Ascq Cedex France, and URA-CNRS 452, ENSC de
Lille BP 108, Bât C7, Université de Lille I, 59652 Villeneuve
d'Ascq Cedex France*