

CAPITULO 2. ANTECEDENTES

Nuestra organización funcional en el Complejo Metalúrgico nace con un enfoque piramidal y tradicional con una sola planta que es la Fundición, con una tecnología nueva en México y personal sin los conocimientos suficientes en el proceso, implantando procedimientos de plantas similares a las nuestras de otros países, tomando experiencias que no son las nuestras en el desenvolvimiento y desarrollo de la fuerza laboral, con un entorno social y de necesidades diferentes a las importadas, dando como resultado un lento aprendizaje y una alta rotación.

Se desarrollan procedimientos, actitudes acordes a nuestra realidad y se procede a formar equipos de trabajo mejor remunerados, con mayor tiempo en su capacitación, incrementando la fuerza laboral de 800 a 1300 personas, en 1991 se efectúa la primera reducción de personal a 1031 personas sosteniendo a la fuerza laboral mas preparada, se construyen mas casas y áreas deportivas, se modifican los módulos de solteros, se construyen mas edificios escolares y se plantean nuevos objetivos y estrategias en conjunto con el personal, logrando una creciente producción de la mano con el desarrollo de habilidades del personal invirtiendo mucho tiempo y dinero en la capacitación logrando una

transición entre el empleado y la empresa, motivándolo a que realmente los aspectos informales e invisibles (actitudes, aspiraciones, sentimientos expectativas, relaciones etc.)

actúen en paralelo con los resultados y buenos logros, de esta forma transcurre el primer cambio significativo organizacional, donde pasamos a personal selectivamente preparado a formar parte de la organización de las nuevas plantas en el complejo e iniciar con el círculo virtuoso de la capacitación de este personal en sus nuevas tareas y el personal que lo está sustituyendo alcance el nivel del personal cambiado para que no se note su ausencia. Logrando que en 1997 se tenga un incremento en plantas y en personal de 1375 personas, en 1999 se toma la decisión de efectuar otra reducción de personal para llegar a un total en el Complejo Metalúrgico de 1058 personas, teniendo una disminución significativa en el ánimo del personal y de la producción.

A principios de 1999 se inició el análisis de estrategias para el cambio organizacional por planta, solicitando a cada Superintendente de Área y a los Gerentes indicaran las áreas que fueran susceptibles de cambio, con un análisis de las cargas de trabajo y descripciones de puesto, ya sea unificando puestos reduciendo actividades que no son de relevancia e inclusive que ya no tienen ninguna utilidad y se realizan por tradición, puestos que ya no son requeridos pero que se han sostenido y se les “busca algo que hacer”, áreas donde se pueda sustituir la tecnología por el equipo humano, etc. etc. etc..... El miedo al Cambio es fuerte y en esa proporción la resistencia al cambio.

Se presentan una o dos propuestas por área que no representó ni el 1 % del total. En Agosto de 1999 se recibe la instrucción de un recorte inminente del 22% del personal hasta Diciembre, de los cuales cada área ya no participa. La reacción en los índices de productividad bajan dramáticamente desde el primer trimestre del año, manteniéndose bajos hasta el tercer trimestre, de igual forma el ánimo y la pérdida de personal capacitado y con mas de 10 años de experiencia, la rotación llega al 42.7 % sin contar al personal recortado.

En Agosto del 2000 se retoma la acción de cambios planeados emprendida en 1999, con la diferencia que ahora se tendrá que realizar forzados por las circunstancias y con participación directa de la Dirección y de los Gerentes convencidos de que se requiere este cambio, de no efectuarlo poco favorables serian nuestros resultados. Esto se realiza de acuerdo a los recursos y la información que se tenía, con entusiasmo pero escépticos a los resultados, por no contar con un plan de acción, a lo cual fui apoyado por algunos de los catedráticos de la Maestría en Administración de Empresas y motivados por la materia en DO, nos damos a la tarea de implementar este cambio con el conocimiento científico y teórico que nos da una herramienta como la Reingeniería.

2.1 HISTORIA DE LA EMPRESA.

Mexicana de Cobre, S.A. C.V., subsidiaria de Grupo México, nace como proyecto en 1964 , bajo un programa de investigación conjunta entre la Organización de Naciones Unidas (ONU) y el Consejo de recursos Naturales no Renovables del Gobierno de México, para explorar la zona norte del Estado de Sonora que tiene características similares a la región cuprífera del suroeste de los Estados Unidos de Norte América con el objetivo de localizar un yacimiento de cobre.

En 1968 ASARCO MEXICANA S.A. de C.V. ahora filial de Grupo México celebró convenio con el Consejo de Recursos Naturales no Renovables y con la Comisión de Fomento Minero para llevar acabo la exploración y explotación del lote denominado “ La Caridad” ubicado a 22 Km. al suroeste de Nacozari de García. En ese mismo año se constituye la empresa Mexicana de Cobre, S.A. C.V. para el desarrollo del proyecto, en 1973 se invita a Nacional Financiera a participar en este proyecto donde en Junio de 1979 entra en operación la Concentradora en 1983 la planta de Molibdeno, en 1986 la Fundición de Cobre, en 1987 la planta de Ácido #1, en 1997 la expansión de Fundición y planta de Ácido #2, ese mismo año entra en operación la Refinería de Cobre en 1998 la Planta de Alambrón en 1999 la Planta de Metales Preciosos.

2.2 DESCRIPCION DE PROCESO DE PLANTAS METALURGICAS DEL COMPLEJO METALÚRGICO

El Complejo Metalúrgico “La Caridad” está ubicado en un lugar conocido como “El Tajo” localizado a 26 Km. al noroeste de Nacozeni de García, en el Estado de Sonora.



Fotografía No 1 Vista Panorámica Complejo Metalúrgico

El Complejo inició sus operaciones en 1986 con la inauguración de la Planta Fundición, misma que incrementó su capacidad de 180,000 a 300,000 toneladas métricas de

cobre anódico por año en Marzo de 1997, en ese mismo año se instala la Refinería Electrolítica de Cobre y la Planta de Alambrón, iniciando operaciones de la Refinería de Metales Preciosos en 1999.

2.2 a). FUNDICIÓN

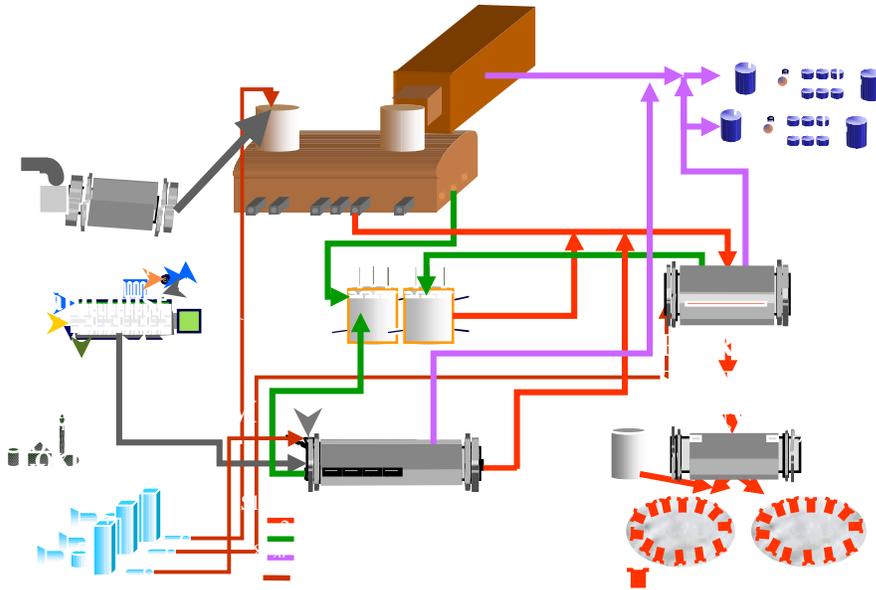


Diagrama No 1 Diagrama de Flujo Fundicion

DESCRIPCION DEL PROCESO

La Fundición cuenta con un almacén de concentrado con capacidad para dos camas de 23,000 ton cada una, dos secadores de concentrados de cobre (uno tipo Flash y otro de Vapor), dos unidades primarias de fusión de concentrados (un horno de Fusión Instantánea tipo Outokumpu y un Convertidor Teniente), dos hornos de limpieza de escorias (Hornos Eléctricos de electrodo sumergido), tres Convertidores convencionales Peirce-Smith, tres Hornos de Afino, dos Ruedas de Moldeo del tipo Outokumpu, dos plantas de Ácido

Sulfúrico y una planta generadora de energía eléctrica (Planta de Fuerza) con dos turbinas 11.5 y 25 MW, tres plantas de Oxígeno, una planta de Tratamiento de Aguas y una planta de Tratamiento de Aguas Residuales

2.2.b RECEPCION Y MANEJO DE MATERIALES

El concentrado es recibido en el complejo a través de trailers de 35 ton. dicho concentrado proviene de las minas La Caridad y Cananea además de un porcentaje



Fotografía No 2 Manejo y Muestreo de Materiales

pequeño de minas que se encuentran ubicadas en el centro y norte del país. También se recibe concentrado de importación por ferrocarril en góndolas de 80 toneladas de capacidad.

Estos concentrados contienen una humedad promedio de 8 - 10 %, donde se envían a un almacén de concentrados con capacidad de 46,000 toneladas, para formar 4 camas,

dos de 18,000 toneladas para el HFI y dos para el RT de 5,000 toneladas. Cuando las camas han sido formadas son enviadas a 6 silos de 1000 ton de capacidad.

El sistema de preparación de mineral silicoso fue uno de los sistemas que se vieron favorecidos con el análisis de reingeniería , mejorando la disponibilidad del material para la planta, ahorrando energía, personal y material de refacción.

Recepción de Sílica

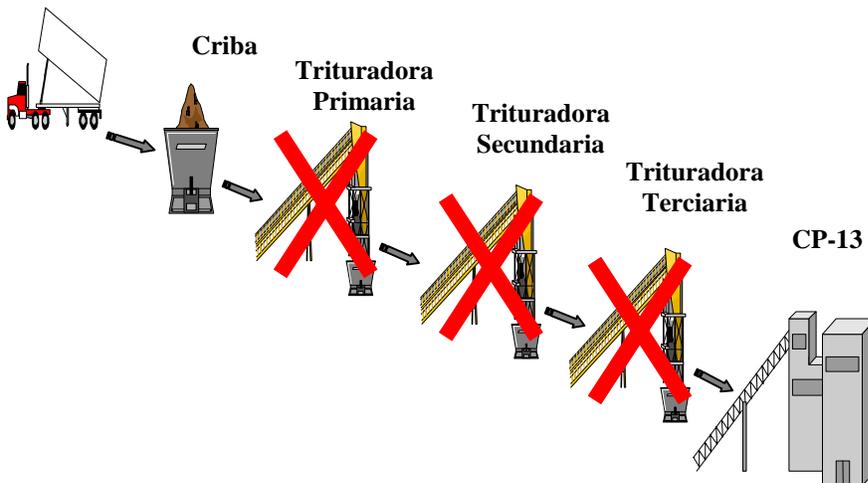


Diagrama No 2 Flujo de Recepción de Sílica

Nuevo manejo de Sílica

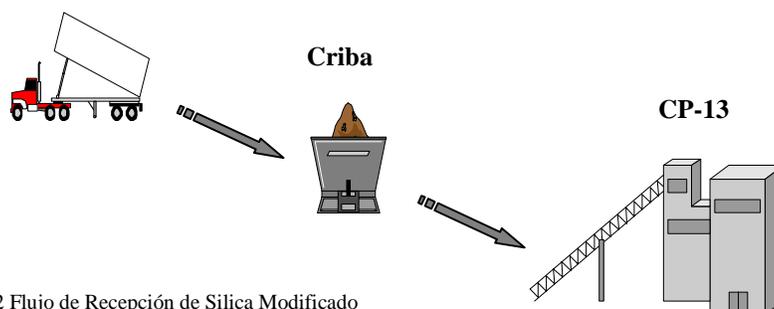


Diagrama No 2 Flujo de Recepción de Sílica Modificado

2.2c. SECADOR INSTANTANEO



Fotografía No 3 Secador Instantáneo

El proceso de secado incluye 6 silos de concentrado cada uno tiene un alimentador de velocidad variable el cual descarga a una banda principal en la que se mezcla el concentrado, los secundarios y el fundente en proporción definida previamente y controlada automáticamente para proveer al presecador rotatorio donde la mezcla entra en contacto con gases calientes. En este punto el contenido de humedad es de 0.2 % y la mezcla es descargada a una tolva de 500 toneladas de capacidad de mezcla seca.

El medio de transporte para el sistema es aire y N_2 .

2.2d. SECADOR DE VAPOR



Fotografía No 4 Secador de Vapor

El secador de vapor esta compuesto por un multicoil o serpentín giratorio por el cual se hace pasar vapor con una presión de 20 Kg/Cm^2 , este vapor es proveído por las calderas de Plantas de Ácido. Al entrar en contacto el concentrado con el multicoil giratorio este va perdiendo humedad debido al calentamiento indirecto y al salir del multicoil el concentrado lleva una humedad de 0.2% .

Bajo esta tolva de traspaso se encuentra un sistema de vasos presurizados los cuales envían el concentrado seco, por transporte neumático en fase densa a la tolva del Reactor

Teniente. La máxima alimentación de concentrado a la tolva del Reactor Teniente es de 80 tph y la mínima es de 50 tph.

2.2e HORNO DE FUSION INSTANTANEA.



Fotografía No 5 Horno de Fusión Instantánea

La mezcla concentrado, fundente, secundarios y polvillos es alimentada de la tolva de 500 toneladas a la cámara de reacción mediante rastras de velocidad variable, descargando la mezcla hacia la cámara de reacción a través de 4 quemadores de concentrado los cuales están colocados en la bóveda de dicha cámara. El ambiente en esta cámara esta enriquecido con oxígeno mediante una mezcla de aire - oxígeno precalentada

hasta 220°C, al entrar el concentrado en contacto con este ambiente se llevan a cabo reacciones Isotérmicas de disociación y oxidación provocando que se alcancen temperaturas del orden de los 1400°C, la mezcla alimentada se funde y precipita al asentador donde la mata se separa de la escoria por diferencia de densidades. El porcentaje de cobre en la mata se determina en base a la cantidad de aire - oxígeno a utilizar para cumplir con este objetivo.



Fotografía No 6 Canal de Mata HFI

Por el lado sur del horno están los pasajes de escoria y estos se interconectan a los hornos de limpieza de escoria (Hornos Eléctricos) mediante canaletas refrigeradas, estos hornos reciben la escoria para su tratamiento, la temperatura de operación normal para la mata y la escoria es de 1220°C y 1300°C respectivamente.

Actualmente el porcentaje de cobre en la mata se maneja en 63% y el porcentaje de cobre en la escoria con 1.8% aproximadamente.

Los gases generados con temperaturas sobre los 1350°C salen a través de la Cámara de Salida de Gases y son recibidos por la Caldera Recuperadora de Calor la cual aprovecha el calor de éstos y produce vapor de 45 Kg/cm², que es utilizado en Planta de Fuerza para generar energía eléctrica. Una vez enfriados a 350°C los gases son limpiados en dos precipitadores electrostáticos y enviados a las Plantas de Ácido.

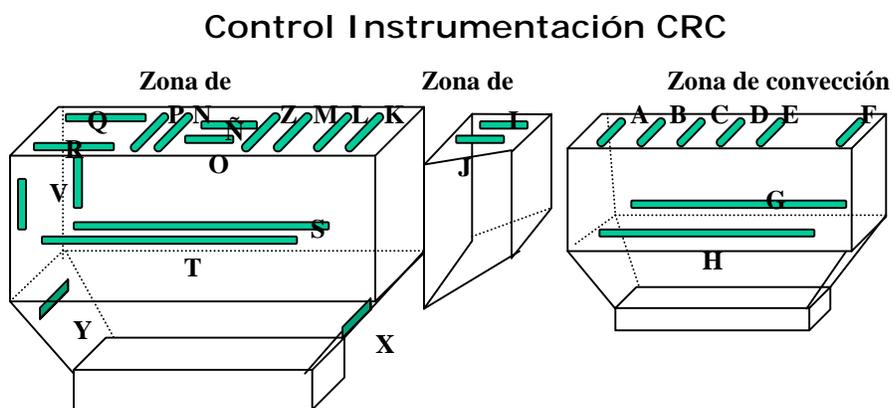


Diagrama No 4 Caldera Recuperadora de Calor

La caldera recuperadora de calor se vio modificada vía la opción tecnológica, incrementando la instrumentación para su monitoreo y control de temperaturas, presiones y estado físico de la misma, ahorrando tiempo de inspección física por parte del personal, así como paros innecesarios para su inspección.

2.2f HORNOS ELECTRICOS



Fotografía No 7 Hornos Eléctricos

Son dos hornos cilíndricos verticales de 9 Mts de diámetro y 6 Mts de alto que pueden alcanzar los 7.5 MW a carga máxima. La operación en estos hornos es en paralelo, el Horno Eléctrico No. 1 trata la escoria del Horno de Fusión Instantánea y el Horno Eléctrico No. 2 procesa la escoria del Reactor Teniente y de los convertidores Peirce Smith el proceso se realiza en batch: recibe escoria del Horno de Fusión Instantánea con 1.8 % Cu de los convertidores con 6 % Cu y escoria del Reactor Teniente con 8 % Cu. La escoria final con 1.0 % de Cu contenido, se desaloja de los hornos mediante piqueras de 12 cm de diámetro fluyendo por una canales de cobre hasta descargar a ollas de 20 m³, de aquí son

transportadas a los tiraderos de escoria final por los carros Kress, los cuales están diseñados especialmente para este trabajo.



Fotografía No 8 Carro Kress

Estos hornos también fueron beneficiados con la reingeniería dado que el procedimiento de operación continua se modificó a operación por batch, para un incremento en la recuperación de Cu y una baja en el consumo de Energía Eléctrica

2.2g REACTOR TENIENTE

Es un horno cilíndrico horizontal de 4.5 Mts de diámetro x 20.8 Mts de largo ubicado entre los Hornos Eléctricos y los Convertidores Peirce Smith. Inició operaciones en Marzo de 1997, su característica principal es la de fundir concentrado húmedo, seco o ambos dependiendo de las condiciones de operación.



Fotografía No 9 Metal Blanco del Convertidor Teniente

La forma de operar de este reactor, se le inyecta aire al baño a través de 44 toberas de 6.5 cm de diámetro, cuenta además con 4 toberas de 10.16 cm de diámetro por las cuales es inyectado concentrado seco en fase densa, bajo el baño fundido.

El Reactor Teniente produce un metal blanco cuya ley oscila entre 73.5 y 75 %Cu este material con 1200°C de temperatura se descarga hacia una olla de 10M³ (38 ton), una vez que la olla se ha llenado se transporta hacia los Convertidores Peirce Smith mediante una de 3 grúas de 114 ton. el sangrado del metal blanco se realiza cada 1.5 Hr de operación a condiciones normales.

Para el caso del aire de soplado, un soplador proporciona de 30,000 a 45,000 NM³/Hr con una presión de 1.25 a 1.35 Kg/cm² según necesidades de operación, este aire

se enriquece de 29 a 33% con oxígeno proveído por las plantas de oxígeno con una pureza de 95%.

Los gases generados en el proceso se reciben en una cámara de enfriamiento la cual cuenta con espreas que atomizan agua para enfriar la corriente de gases de 700°C a 360°C después de aquí pasan a un sistema de limpieza de gases y posteriormente a la cámara de mezcla de gases para pasar de ahí a las plantas de Ácido

2.2h CONVERTIDORES PEIRCE SMITH

Son tres hornos cilíndricos horizontales con dimensiones de 4.6 Mts de diámetro y 10.7 Mts de largo y cuentan con 56 toberas cada uno para la inyección del aire enriquecido a través del baño.



Fotografía No10 Convertidores Peirce Smith

En esta área se cuenta con 3 grúas de 114 toneladas cada una para el manejo de materiales fundidos los cuales se transportan en ollas de 38 ton para el caso de la mata, 30 ton para el del blister y 28 ton en el caso de la escoria de cobre.

Los convertidores reciben la mata del Horno Instantáneo, Hornos Eléctricos y Reactor Teniente, formando primeramente una carga compuesta por 5 ½ o 6 ollas, una vez que esta carga esta completa se inicia el soplo inyectando aire enriquecido con un 23% de oxígeno a través del baño del convertidor por medio de unas toberas, esta etapa de soplo se le denomina ciclo de escoria pues el aire oxida al azufre contenido en la mata ($\text{Cu}_2\text{S} + \text{FeS}_2$) para formar SO_2 y 2FeO este último se combina con sílice y forma la escoria fayalita (Fe_2SiO_4) la escoria que se obtiene es enviada al Horno Eléctrico No.2 mediante ollas de 28 ton, para su tratamiento y limpieza pues su contenido es de 6 % cobre y debe recuperarse antes de descartarla.

Se elimina el azufre contenido en el sulfuro de cobre, al final se obtiene cobre blister con un contenido del 98.5 % de cobre, este cobre es trasladado a los hornos de afino para su tratamiento.

2.2i. HORNOS DE AFINO

Esta área consta de 3 hornos cilíndricos colocados en posición horizontal de 4.6 Mts de diámetro y 10.7 Mts de largo con capacidad para tratar cargas de hasta 350 ton.

Además consta de 2 ruedas de moldeo de 28 y 20 moldes con capacidad para moldear 70 y 65 TPH respectivamente y prensas para la fabricación de los moldes que éstas utilizan, la producción es de hasta 9 moldes por día según inventarios y condiciones de los moldes.

Los hornos de afino reciben el cobre blister de Convertidores Peirce Smith con un 98.5 % Cu, al tener la carga completa se inicia el ciclo de oxidación, en este ciclo se le inyecta aire al baño mediante 2 toberas, el aire oxida el azufre remanente en la carga a ppm, cuando el cobre ha quedado libre de azufre inicia el ciclo de reducción el cual se lleva a cabo mediante la inyección de gas propano para eliminar el exceso de O_2 que quedó contenido en la carga al oxidarla, este reacciona con el propano y se va en forma de CO_2 quedando el cobre listo para ser moldeado una vez que el O_2 ha sido removido.



Fotografía No11 Rueda de Moldeo 1

Diagrama de Flujo Hornos de Afino

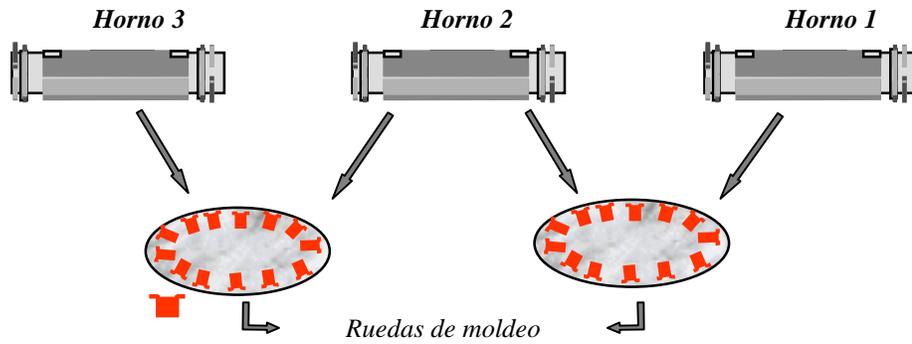


Diagrama No 5 Diagrama de Flujo Afino y Moldeo

Nuevo Diagrama de Flujo Hornos de Afino

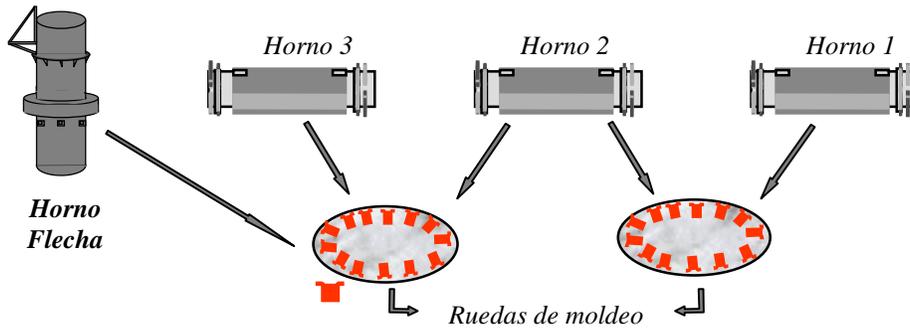


Diagrama No 6 Diagrama de Flujo Afino y Moldeo Modificado

Implementacion de Gas Natural Sistema de Calentamiento Reduccion en lo Hornos

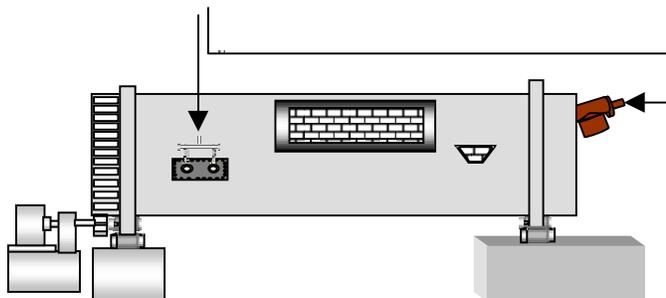


Diagrama No 7 Implementacion de Gas Natural

2.2j PLANTAS DE ÁCIDO SULFÚRICO.

El complejo cuenta con dos plantas de Ácido con capacidad para tratar 422,000 $\text{NM}^3/\text{hr.}$ de gases con una concentración máxima de 11.05% de SO_2 . Esto permite la producción de 3,100 TPD de ácido, con una eficiencia de conversión de 99.62 y una pureza de 98.5% de H_2SO_4



Fotografía No12 Panorámica Planta de Ácido 2

La primera planta fue puesta en operación en Junio de 1988 con capacidad para 226,000 $\text{NM}^3/\text{Hr.}$, en Octubre de 1996 se inaugura la segunda planta que procesa 196,000 $\text{NM}^3/\text{Hr.}$ de gases producto de la expansión de la fundición.

Estas plantas se dividen en tres áreas: Acondicionamiento, Conversión y Absorción. La primera los gases, se enfrían y limpian para pasar a Conversión donde en un reactor catalítico de 4 pasos, el SO_2 contenido en los gases entra al primer paso del Reactor y al ponerse en contacto con el catalizador, Pentóxido de Vanadio (V_2O_5) inicia la reacción de oxidación, pasando de SO_2 a SO_3 , después pasa al segundo paso y así sucesivamente hasta recorrer los cuatro pasos del convertidor, al salir del convertidor la totalidad del SO_2 se ha convertido a SO_3 y pasa a Absorción, en esta etapa el gas SO_3 se pone en contacto con ácido de baja concentración (95%) el cual absorbe el SO_3 para irse concentrando hasta alcanzar la concentración de diseño que es de 98.5% esta etapa consta de 2 torres de absorción que son la intermedia y la final al salir el gas de esta última su contenido de SO_2 es de solo 500ppm o menos.

El ácido débil formado en el lavado de gases provenientes de la fundición en la primera etapa de acondicionamiento de gases es enviado a la fosa de planta de neutralización, donde anteriormente era tratado y neutralizado con cal, para posteriormente recuperar agua y producir un lodo de yeso, posterior a la reingeniería de esa planta se recibe en la misma fosa y es embarcado en pipas para su envío a los terreros de la planta ESDE donde se aprovecha su acidez y la recuperación de Cu, disminuyendo costos de energía Eléctrica, consumo de cal, mano de obra, mantenimiento y refacciones, además de un valor agregado al ahorro en la Planta ESDE por el menor consumo de Ácido Sulfúrico y un incremento en las producción de electrowon.

Diagrama de Flujo Planta de Ácido Incluyendo Planta de Neutra

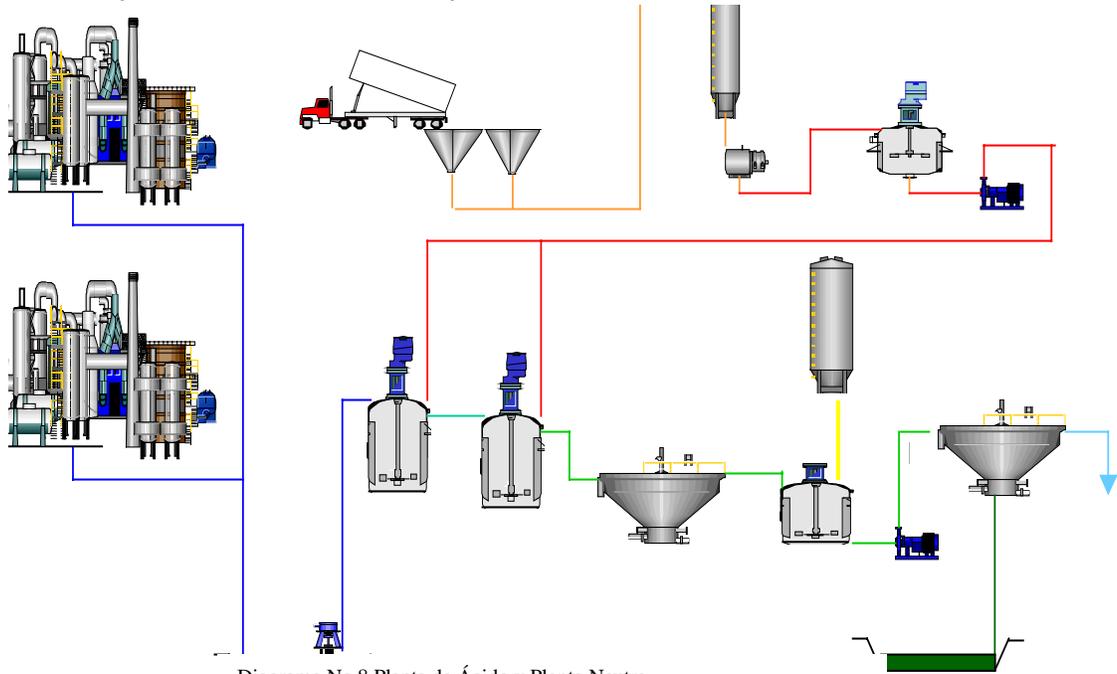


Diagrama No 8 Planta de Ácido y Planta Neutra

Diagrama de Flujo Después de la Reingeniería

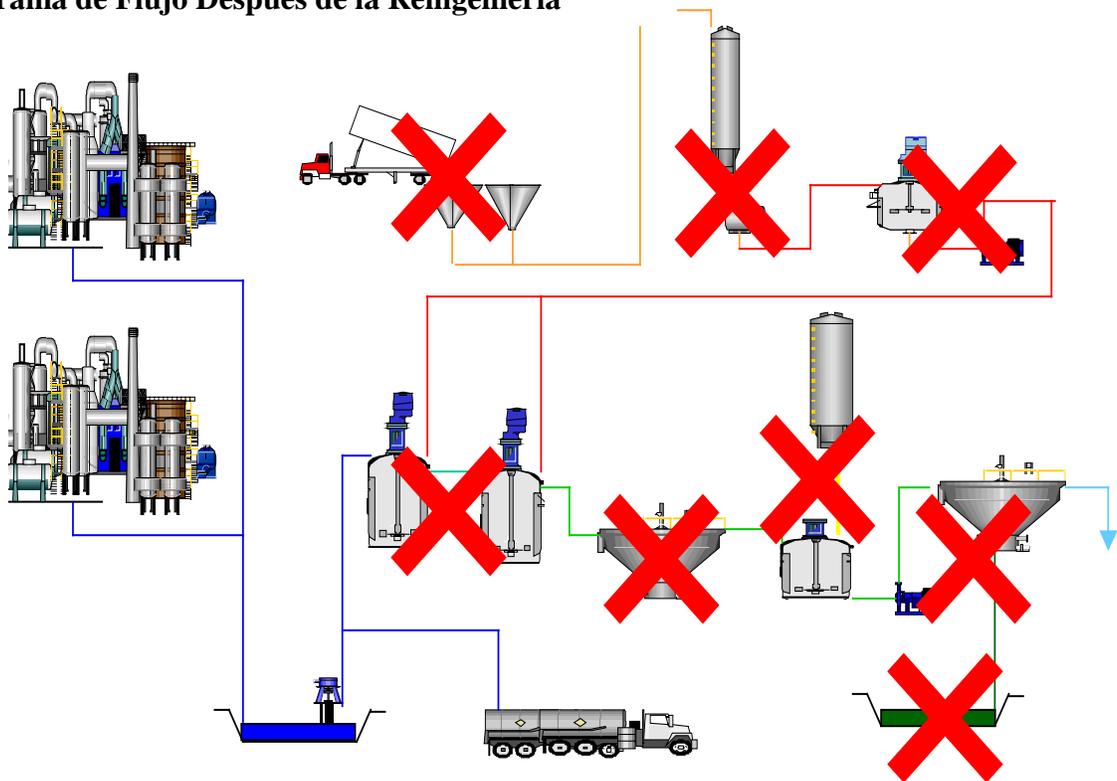


Diagrama No 9 Planta de Ácido Modificado

2.2k SERVICIOS AUXILIARES

Esta área del complejo es la que provee de Energía, Combustóleo, Diesel, Aire y Agua a las diferentes plantas que lo componen. Cuenta con dos Turbogeneradores, uno de 11.5MW y otro de 25MW, que representan el 30 % del consumo de energía eléctrica, el resto se compra a CFE. El agua que se utiliza en la Fundición es bombeada a través de 22 Km. de tubería desde la presa La Angostura

2.2I REFINERÍA ELECTROLÍTICA DE COBRE

DESCRIPCION DEL PROCESO

Los ánodos producidos en la Fundición son preparados en una maquina marca AISCO. Con una capacidad de preparación de 500 ánodos por hora. La casa de tanques tiene 31 secciones con 36 celdas electrolíticas en cada sección. En cada una de las 1116 celdas electrolíticas hay 57 cátodos de acero inoxidable y 58 ánodos de cobre. El cobre disuelto en el electrolito es depositado en la superficie de los cátodos, mediante un fenómeno electroquímico, para lo cual la refinería utiliza corriente directa.

Se cuenta con dos maquinas de deshojado que tienen una capacidad de deshojado de 500 cátodos por hora cada una. El cobre catódico (grado A) es muestreado, corrugado, pesado, flejado e identificado antes de salir a la venta. Después de la segunda cosecha de cobre el ánodo de Scrap es mandado de regreso a la fundición para ser refundido, las impurezas (lodos anódicos) caen al fondo de las celdas y cada 20 días son extraídas los

lodos, que son filtrados, empacados y enviados a la plantas de metales preciosos para recuperar el oro y la plata.

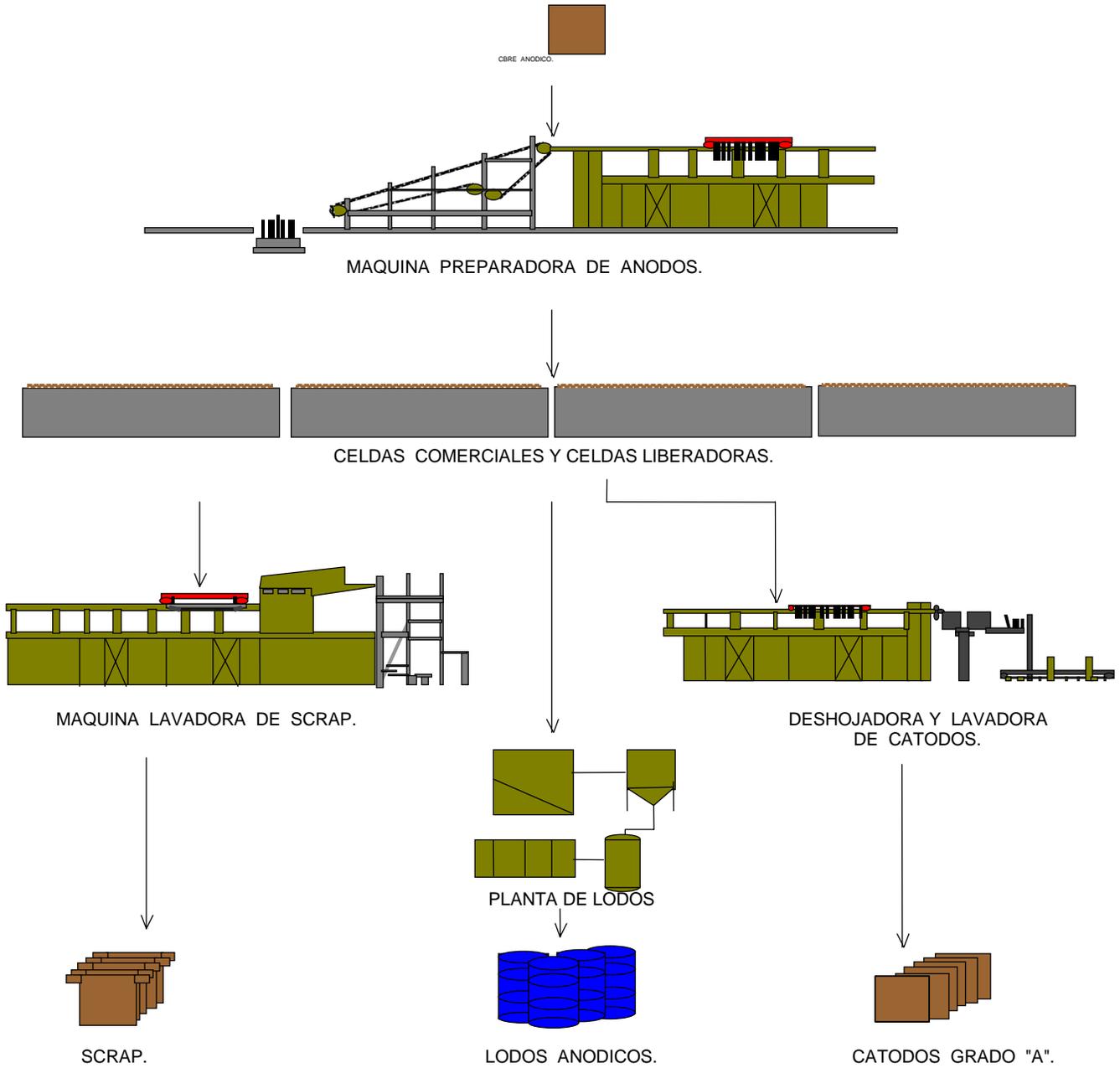


Diagrama No 10 Diagrama de Flujo Planta Refinería

Aplicando la Reingeniería al Proceso

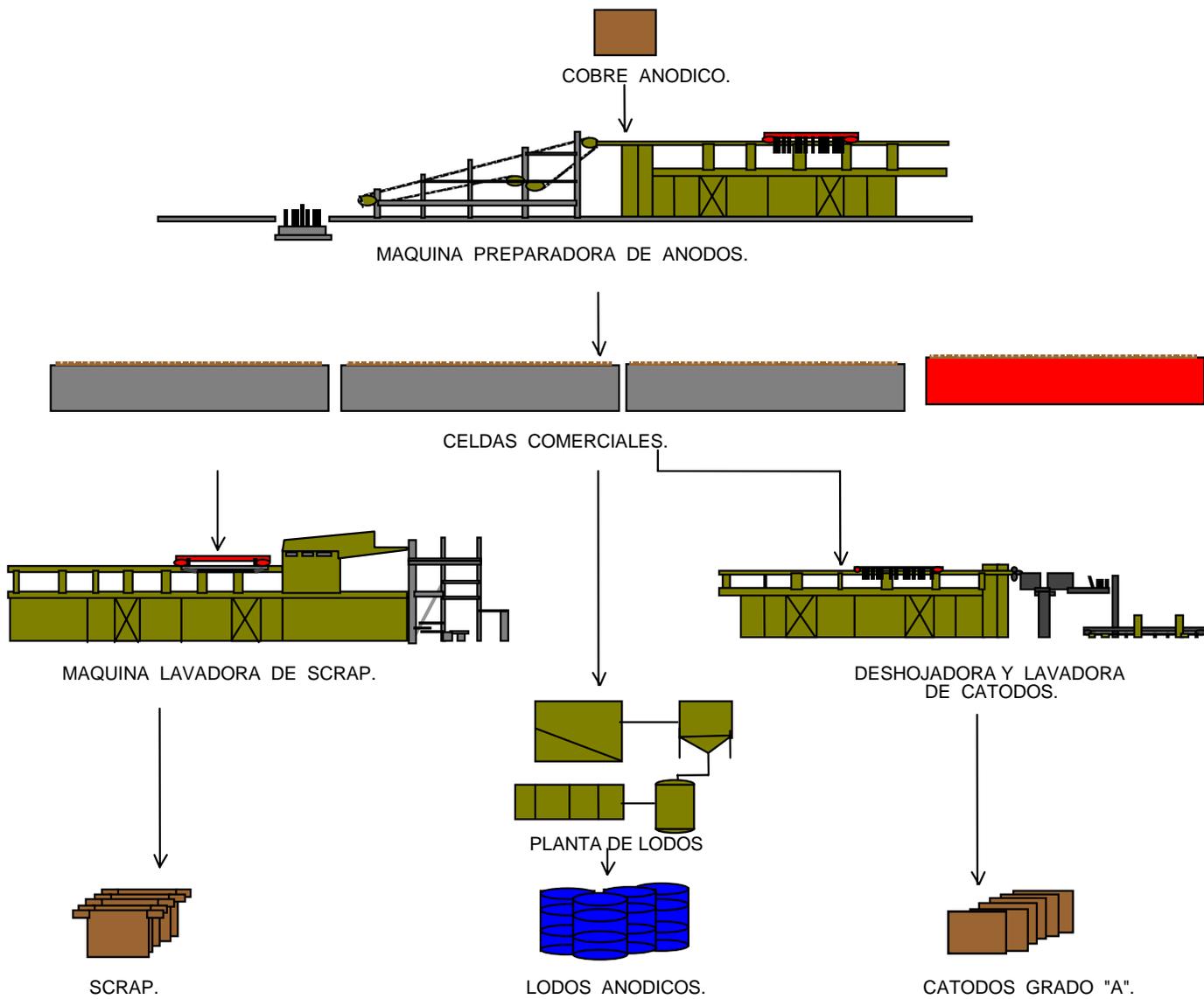


Diagrama No 11 Diagrama de Flujo Planta Refinería Modificado

2.2m. PLANTA DE ALAMBRON

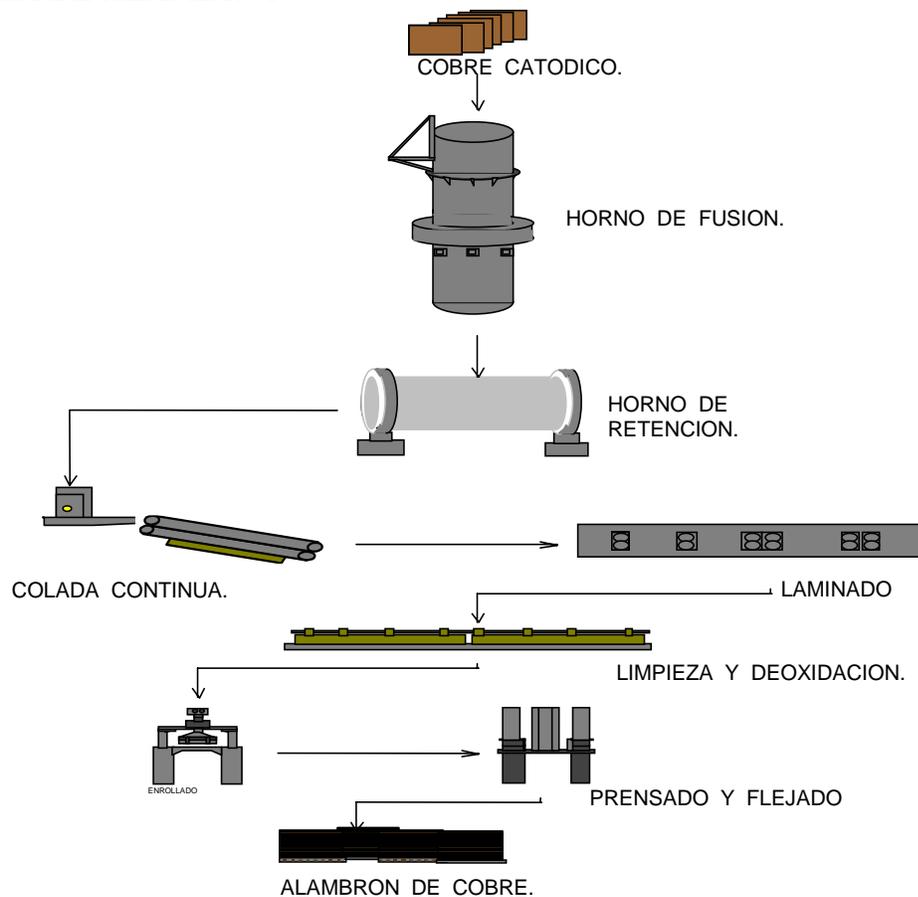


Diagrama No 12 Diagrama de Flujo Planta Alambón

DESCRIPCION DEL PROCESO

Los cátodos de la refinera electrolítica son fundidos en un horno vertical ASARCO con una velocidad de fusión de 18 ton / hr. usando combustible LPG, el metal es enviado a un horno de retención de 15 toneladas.

El cobre líquido a 1120°C es dosificado continuamente a la máquina de moldeo Hazlett donde comienza la solidificación y el moldeo de la barra de cobre de sección $60 \times 50 \text{ mm}$ y con una velocidad de 6 a 12 m./min. La laminadora consta de diez pasos de laminación (castillos). La temperatura de entrada al castillo uno debe de ser de 810°C aproximadamente y 640°C en el último paso. La sección transversal de la barra es gradualmente reducida (16, 12.5, 11, 8 mm) para obtener el diámetro final.

2.2n. PLANTA DE METALES PRECIOSOS

El proceso de refinación de metales preciosos se divide en dos etapas:

1. Etapa Hidrometalúrgica. (Eliminación de Antimonio). Los lodos decobrizados se lixivian mediante una solución ácida. Tras un filtrado de lodos libre de cloro son secados y enviados a fusión, el efluente de este filtrado se envía a tratamiento para precipitar Selenio con 99 % de pureza.



Fotografía No 13 Plata Afinada



Fotografía No 14 Oro Afinado

2. Etapa Pirometalúrgica. En esta etapa los lodos son secados en un secador de vapor, se agregan fundentes y se mezclan con los lodos ya secos para ser fundidos esta se realizará en un horno Kaldo tipo convertidor rotatorio de soplado superior, los productos obtenidos son una aleación de plata (doré) y escoria.

Moldeo de Ánodos. El doré será moldeado en una máquina de colada para su posterior refinación, donde separa los lodos de oro y la plata fina para su tratamiento y moldeo en oro y plata de 99.99 de pureza.