

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y MANUFACTURERA**



**"ESTUDIO TECNICO ACERCA DE LAS OPERACIONES
Y AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA
REFINERIA DE PLOMO DE LA OROYA
DOE RUN PERÚ (EX CENTROMIN PERU)"**

INFORME DE INGENIERIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

POR LA MODALIDAD DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

AGUSTÍN GERARDO CHINGA CHUMPITAZ

LIMA – PERÚ

2003

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis hijos Andrea y Alvaro.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre doña Eva mi otra madre que es mi madrina María, mi esposa, mis hermanos los cuales me apoyaron en cierto momento para la realización del presente trabajo

RESUMEN

El presente informe es consecuencia de realizar actividades laborales profesionales en la Refinería de Plomo de la Oroya de DOE RUN Perú (EX CENTROMIN PERU) y el cual ha sido dividido en tres capítulos de estudios.

El capítulo I, cuyo título es “Fundamento teórico de la electrólisis del plomo”, describe la corrosión anódica y su relación con el potencial de oxidación, el comportamiento de las impurezas tales como Cu, Sb, Bi, As, Ag, Au, Sn, Zn, Fe. y las bases teóricas para el diseño de una refinería de plomo en función de variables y parámetros presentando un algoritmo de diseño.

El capítulo II, cuyo título es “Procesos y operaciones en la Refinería de Plomo”, describe los procesos y/o operaciones como las características del electrolito, manipulación de los aditivos orgánicos, el proceso de electrólisis, la refinación pirometalúrgica de los cátodos, las operaciones del moldeo de plomo, el proceso de lavado de ánodos en función al número de días, la remoción de lodos para su posterior transporte a la planta de slime, los procesos y reacciones químicas en la producción de Ácido Hidrofluorsilícico, la operación del cambio y los procedimientos para que se lleve a cabo, incluyendo diagramas de flujo y operaciones.

El capítulo III, consiste en el análisis relacionado al incremento de la productividad en la refinería de plomo.

Se destaca consideraciones de tipo de gestión administrativa en planta, factores operativos en la operación denominada cambio que implican mejoras en la productividad.

Se destaca también el incremento de la producción y calidad en función del número de personal.

Se hace énfasis en un control eficiente de ánodos requeridos y formados después de la cosecha.

Es importante mencionar que existen cuatro días de corrosión anódica, es decir, los iones plomo se depositan en el cátodo en función al tiempo establecido.

Estudios en la refinería de plomo permitieron detectar que entre el tercer y cuarto día la velocidad de deposición disminuye considerablemente no teniendo sentido la cosecha en cuatro días sino en tres.

INDICE

- **INTRODUCCION**
- **ORGANO EMPRESARIAL**
- **RELACIÓN PROFESIONAL EMPLEADOR**
- **INFORME DE INGENIERÍA DENOMINADO “ESTUDIO TÉCNICO ACERCA DE LAS OPERACIONES Y AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA REFINERIA DE PLOMO DE LA OROYA DOE RUN PERÚ (EX CENTROMIN PERÚ).**

CAPITULO I

FUNDAMENTO TEORICO DE LA ELECTROLISIS

- 1.- **ELECTROLISIS DE PLOMO**
- 2.- **CORROSION ANODICA**
- 3.- **COMPORTAMIENTO DE LAS IMPUREZAS**
- 4.- **CALCULO DE LA POTENCIA DEL RECTIFICADOR**
 - 4.1 **VARIABLES Y PARAMETROS**
 - 4.2 **ALGORITMO PARA EL CALCULO**
 - 4.3 **CALCULOS BASADOS EN DATOS DE LA REFINERÍA DE PLOMO DE HUAYMANTA.**

CAPITULO II

PROCESOS Y OPERACIONES EN LA REFINERIA DE PLOMO

- 1.- **DESCRIPCION DE PROCESOS Y/O OPERACIONES**
 - 1.1 **ASPECTOS GENERALES**
 - 1.1.1 **ANODOS**
 - 1.1.2 **CATODOS**
 - 1.2 **ELECTROLITO**
 - 1.3 **ADITIVOS ORGANICOS**
 - 1.4 **ELECTROLISIS**
 - 1.5 **REFINACION PIROMETALURGICA DE LOS CATODOS**
 - 1.6 **MOLDEO DE PLOMO REFINADO**

- 1.7 LAVADO DE ANODOS
- 1.8 REMOCION DE LODOS
- 1.9 PLANTA DE ACIDO HIDROFLUORSILICICO

2.-SISTEMA ACTUAL DE LAVADO

- 2.1.- OBJETIVO
- 2.2.- DESCRIPCION DEL PROCESO DE LAVADO DE ANODOS PARA RECUPERAR ÁCIDO FLUORSILICICO.
 - 2.2.1.- DESCRIPCION DE LOS ANODOS
 - a) GENERALIDADES
 - b) COMPOSICION QUIMICA DE LOS ANODOS O PLOMO BULLON
 - 2.2.2.- PROCESO DE ELECTROREFINACION
 - 2.2.3.- LAVADO DE LOS ANODOS
 - a) GENERALIDADES
 - b) PRIMERA ETAPA DE LAVADO (PRIMER DIA)
 - c) SEGUNDA ETAPA DE LAVADO (SEGUNDO DIA)
 - d) TERCERA ETAPA DE LAVADO (TERCER DIA)
 - e) CUARTA ETAPA DE LAVADO (CUARTO DIA)
 - 2.2.4.- DIAGRAMA ACTUAL DEL PROCESO DE LAVADO DE ANODOS
 - a) DIAGRAMA DE LAVADO DE ANODOS CORROIDOS DIAGRAMA DE BLOQUES
 - b) DIAGRAMA ACTUAL DEL LAVADO DE CASA CELDAS
 - 2.2.5.- EQUIPOS DE BOMBEO
- 2.3.- DESCRIPCION DE LA REMOCION DE LODOS ANODICOS
 - 2.3.1.- GENERALIDADES
 - 2.3.2.- MAQUINA LAVADORA DE SCRAP
- 2.4.- ELECTROWINNING
- 2.5.- CONCLUSIONES

3.- PROCESOS DE OBTENCION DEL ACIDO FLUORSILICICO

3.1 MATERIAS PRIMAS

3.1.1 FLUORURO DE CALCIO (F_2Ca)

3.1.2 ACIDO SULFURICO (H_2SO_4)

3.1.3 SILICE (SiO_2)

3.2 ECUACIONES QUIMICAS

3.3 PRODUCCION DEL ACIDO FLUORSILICICO

3.3.1 HORNO REACTOR

3.3.2 CONDENSADOR

3.3.3 BATIDORA

4.- OPERACIÓN DEL CAMBIO EN LA REFINERIA DE PLOMO DE LA OROYA

4.1 OBJETIVO

4.2 PROLOGO

4.3 EL CAMBIO

4.4 FUNCIONES

4.4.1 SEPARADOR

4.4.2 JUNTADOR

4.4.3 JALADOR DE VARILLAS

4.4.4 CENTRADORES

4.5 DIAGRAMAS DE FLUJO DE OPERACIONES

4.5.1 SELECCIÓN Y SEPARACIÓN DE ANODOS NO CORROIDOS

4.5.2 MANIPULEO DE ANODOS CORROIDOS A LA CELDA DE LAVADO

4.5.3 ALIMENTACION DE CATODOS DE PLOMO A OLLA DE FUSION

4.5.4 ACONDICIONAMIENTO DE BOMBA PARA PLOMO LIQUIDO

4.5.5 REFINADO CON BATIDORA

4.5.6 SEMBRADO DE CATODOS Y ANODOS NUEVOS NO CORROIDOS

4.5.7 MOVIMIENTO DE ANODOS EN EL CAMBIO

4.5.8 MOVIMIENTO DE CATODOS PARA LA REFINACION

4.6 CONCLUSIONES

CAPITULO III

AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA REFINERIA DE PLOMO

1.- CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 ADMINISTRACION ACTUAL

1.1.1 COORDINACION

1.1.2 PLANEACION

1.1.3 ORGANIZACIÓN

1.1.4 EJECUCION

1.1.5 CONTROL

1.1.6 RELACIONES HUMANAS

1.1.7 COMUNICACION

1.2 OPERACIONES ACTUALES EN LA REFINERIA DE PLOMO

1.2.1 EN RELACION AL MANTENIMIENTO

1.2.2 EN RELACION AL PERSONAL

1.3 ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA OPTIMA

1.4 OPERACIONES OPTIMAS

2.- FACTORES OPERATIVOS EN EL CAMBIO

2.1 FACTORES EN LA VELOCIDAD DEL CAMBIO

2.2 VELOCIDAD DE GRUA DE ANODOS Y CATODOS

2.3 ENGANCHE Y DESENGANCHE DE ANODOS

2.4 ENGANCHE Y DESENGANCHE DE CATODOS

2.5 CENTRADO DE CATODOS

2.6 CATODOS CAIDOS

2.7 OPERACIONES EXTRAS EN GRUA Nº 3

2.8 OPERACIONES EXTRAS EN GRUA Nº 4

2.9 ESTADO DEL GANCHO DE ANODOS

2.10 ASPECTOS MECANICOS Y/O ELECTRICOS DE MAQUINAS Y/O EQUIPOS

2.11 PROBLEMAS BASICOS PARA REALIZAR EL CAMBIO DE TIPO MECANICO Y ELECTRICO

2.12 CONCLUSIONES

3.- INCREMENTO DE LA PRODUCCION Y CALIDAD EN FUNCION DEL PERSONAL

3.1 INTRODUCCION

3.2 COSTO DE LA HORA HOMBRE ACTUAL

3.3 COSTO DE LA HORA HOMBRE MODIFICADO

3.4 ORGANIZACIÓN DE LA CUADRILLA DE REVISION CON DIEZ HOMBRES.

3.5 FUNCIONES DEL PERSONAL DE REVISION

3.6 CONCLUSIONES

4.- OPTIMIZACION DE LA PRODUCCION DE PLOMO REFINADO EN FUNCION DE LOS DIAS DE CORROSION

4.1 DESCRIPCION DE PARAMETROS Y VARIABLES

4.2 CAMBIO DE CELDAS EN FUNCIÓN DE CUATRO Y TRES DÍAS DE CORROSIÓN SIMULTÁNEAMENTE

4.3 OPERACIÓN ACTUAL CON CUATRO DIAS DE CORROSION

4.4 OPERACIÓN COMBINADA CON CUATRO Y TRES DIAS DE CORROSION.

4.4.1 GENERALIDADES

4.4.2 EVALUACION PARA UN CAMBIO DE 92 CELDAS DIARIAS

4.4.3 EVALUACION PARA UN CAMBIO DE 96 CELDAS DIARIAS

4.4.4 DISTRIBUCION DE LA COSECHA DE CELDAS PARA EL CAMBIO DE 96 CELDAS DIARIAS.

4.4.5 CUADRO DE PRODUCCION DE OPERACIONES COMBINADA CON CUATRO Y TRES DIAS DE CORROSION

4.5 CONCLUSIONES

- DESARROLLO DE UNA O MÁS ACTIVIDADES PROFESIONALES.**
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**
- BIBLIOGRAFIA.**

INTRODUCCIÓN

El presente informe denominado ESTUDIO TÉCNICO ACERCA DE LAS OPERACIONES Y AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA REFINERÍA DE PLOMO DE LA OROYA DOE RUN PERÚ (EX CENTROMIN PERU) tiene como objetivo:

- Describir los procesos y operaciones que se realizan en la Refinería de Plomo de la Oroya.
- Dar a conocer consideraciones para aumentar la productividad en la Refinería de Plomo de la Oroya.

Este trabajo es producto de las actividades laborales profesionales realizadas en CENTROMIN PERU actualmente DOE RUN Perú, habiéndose aplicado un enfoque integral que abarca la ingeniería de los procesos y operaciones para obtener plomo refinado de alta pureza y aspectos de gestión administrativa, en el cual se plantea la descripción actual y las soluciones para mejorar la productividad en la Refinería de Plomo.

A través del fundamento teórico de la Electrólisis se forman las bases teóricas para poder comprender la descripción de procesos y operaciones, sistema de lavado de ánodos, obtención del ácido fluorsilícico, operación del cambio. Además de lograr el mejoramiento continuo haciendo énfasis en la gestión administrativa, factores operativos en la operación del cambio, incremento de la producción y la calidad y finalmente optimizar la producción del plomo refinado en función de los días de corrosión, debiendo señalar que esta última parte del informe (Capítulo III, acápite 4) es la base para un tema de investigación de tesis, en el cual se pueden realizar y simular procesos en celdas de electrorefinación considerando detalladamente los aspectos mencionados.

ORGANO EMPRESARIAL

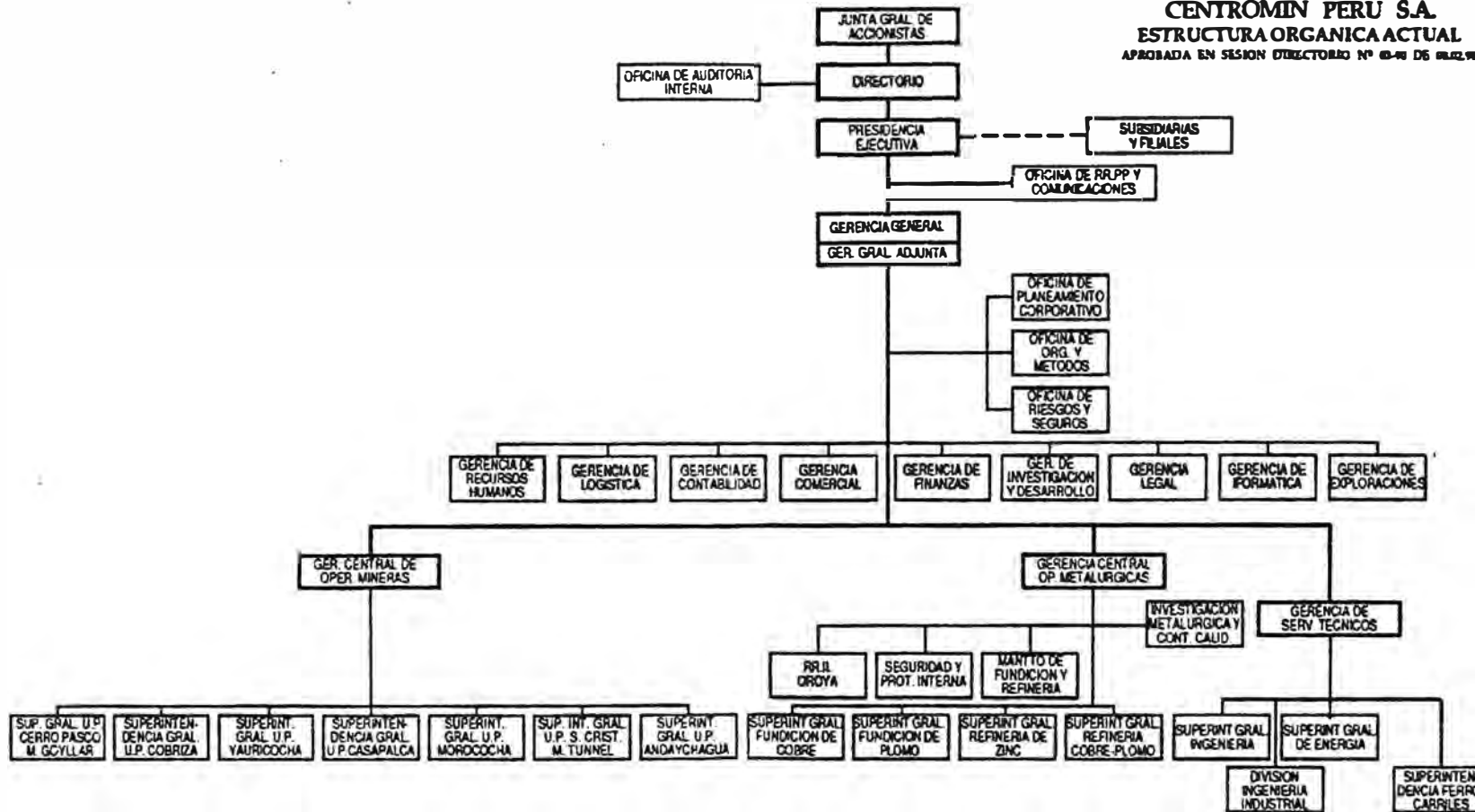
La Empresa CENTROMIN PERÚ S.A. formó parte de la Empresa Minera del Centro del Perú S.A. hasta 1996.

El estado Peruano vendió CENTROMIN PERÚ S.A. a diversas empresas nacionales y extranjeras. La Refinería de La Oroya y Mina Cobriza fueron vendidas a la Compañía Americana DOE RUN PERÚ S.R.L.

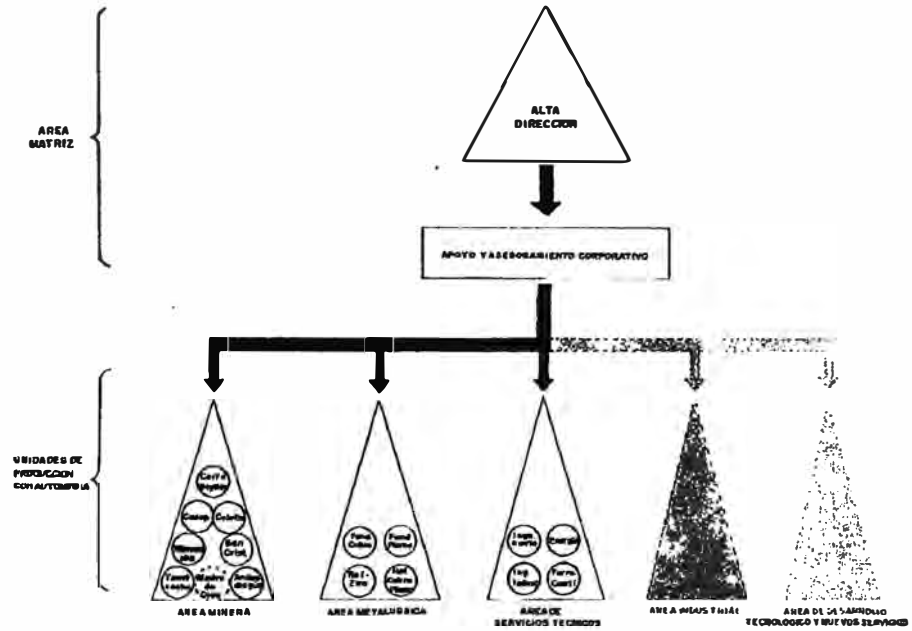
Nombre – Razón Social: CENTROMIN PERÚ S.A.

Dirección: La Ciudad de la Oroya S/N.

CENTROMIN PERU S.A.
ESTRUCTURA ORGANICA ACTUAL
 APROBADA EN SESION DIRECTORIO N° 03-91 DE 04.02.90

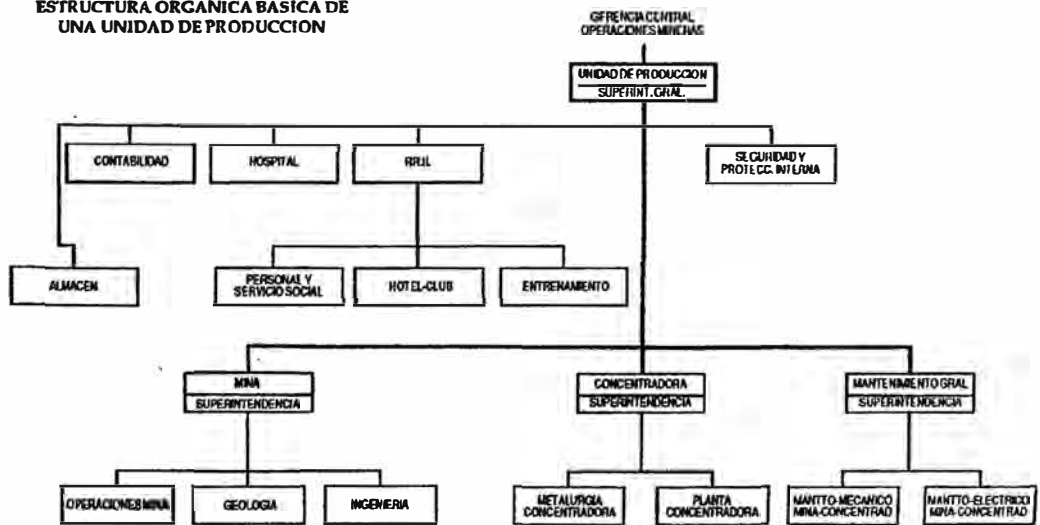


ESQUEMA DINAMICO DE LA NUEVA ESTRUCTURA ORGANICA



28

CENTROMIN PERU S.A.
ESTRUCTURA ORGANICA BASICA DE UNA UNIDAD DE PRODUCCION



DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONES BÁSICAS

DE LA PRESIDENCIA EJECUTIVA

El Presidente Ejecutivo es el funcionario de más alta jerarquía administrativa en la Empresa.

Es el representante legal de mayor jerarquía y desempeña sus funciones según lo establecido en el Estatuto de la Empresa (Art. 42°), aprobado mediante Decreto Supremo N° 0119-82-EM/VM.

DE LA GERENCIA GENERAL

La Gerencia General es el órgano de la Alta Dirección de la Empresa, encargada de planear, organizar, dirigir, coordinar y controlar a los planes políticas y objetivos aprobados por el Directorio, en coordinación con la Presidencia Ejecutiva.

Ejerce la dirección de todos los órganos de la Empresa, así como supervisar el cumplimiento de los lineamientos de política general orientados a optimizar el manejo de los recursos humanos, materiales y económicos financieros de la Empresa.

Dicta y emite directivas y normas que aseguren el funcionamiento eficiente de la Empresa en los aspectos administrativos, de control de desarrollo e investigaciones, a través de Gerencias Corporativas en función a la política de descentralización de las Unidades Operativas y en coordinación con la Presidencia Ejecutiva.

El Gerente General es el representante legal responsable de la administración de la Empresa, en todo lo delegado y no asumido por la Presidencia Ejecutiva.

DE LA OFICINA DE AUDITORIA INTERNA

La Oficina de Auditoria Interna es el órgano de control de la Empresa, forma parte del Sistema Nacional de Control y desarrollo sus actividades en

concordancia con las disposiciones legales vigentes y la política establecida por el Directorio.

Tiene como función básica a la Presidencia Ejecutiva y al Directorio en la supervisión y control de todas las actividades que desarrollan las dependencias de la Empresa, mediante la revisión y examen sistemático de las operaciones financieras y operativas evaluando el funcionamiento de control interno y la gestión empresarial, recomendando la toma de acciones correctivas pertinentes.

DE LA OFICINA DE RELACIONES PÚBLICAS Y COMUNICACIONES

Es la dependencia encargada de asesorar en la formulación de la política de Relaciones Públicas de la Empresa y de establecer las acciones para el cumplimiento de dichas políticas.

Es la encargada de analizar la opinión pública al interior y exterior de la Empresa, para adecuar su política de Relaciones Públicas acorde con la misión y objetivos de Centromín Perú. Se encarga de administrar los sistemas de comunicación interna de la Empresa.

DE LA OFICINA DE PLANEAMIENTO CORPORATIVO

Es el órgano normativo central, rector del sistema de planificación de la Empresa; encargada del proceso de planeamiento empresarial a través de la formulación y evaluación de planes y estrategias empresariales de corto, mediano y largo plazo, así como la priorización de las inversiones, al interior y exterior de la Empresa.

Asimismo, en coordinación con las Gerencias de Operaciones, diseñar, desarrollar e implementar el proceso de formulación y evaluación de los planes operacionales de la Empresa; así como efectuar los estudios y análisis que permitan conocer adecuadamente la marcha de las Unidades Operativas y sus proyecciones, así como la rentabilidad de las inversiones en las mismas y en las empresas subsidiarias o filiales.

DE LA OFICINA DE ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS

Es el órgano normativo rector del sistema de racionalización de la Empresa; es la dependencia encargada de realizar los estudios técnicos necesarios y recomendar los lineamientos de política en materia de racionalización administrativa y las acciones para adecuar de manera permanente, la estructura orgánica, funciones y procedimiento de la Empresa.

Asimismo, es la encargada de promover y orientar la introducción de cambios y mejoras de los procesos, métodos y procedimientos de trabajo, que permitan alcanzar el máximo de eficiencia de las operaciones administrativas de la Empresa.

DE LA OFICINA DE RIESGOS Y SEGUROS

Es la encargada de la administración de los riesgos y seguros patrimoniales y personales de la Empresa.

Asimismo, es la encargada de establecer y coordinar las acciones necesarias con las diversas áreas de la Empresa, en especial con las Unidades Operativas, para la identificación, evaluación y control de los riesgos sobre los recursos humanos y bienes patrimoniales, y de recomendar las medidas de seguridad más convenientes.

DE LA GERENCIA DE RECURSOS HUMANOS

Es el órgano normativo central, rector del Sistema de Administración de Personal, con funciones de apoyo y asesoría a toda la organización, encargada de establecer los lineamientos de política y de la formulación, coordinación y control de los programas corporativos y desarrollo de personal, remuneraciones, bienestar social y familiar de los trabajadores de la Empresa.

Mantiene relación funcional con el Departamento de RR. II. de las Unidades de Producción, en la coordinación y ejecución del sistema de personal dentro de su ámbito.

Asimismo, es la encargada de brindar atención en los asuntos relacionados a los Servicios Administrativos y Seguridad e Higiene Industrial en la Costa.

DE LA GERENCIA LOGÍSTICA

Es el órgano normativo del sistema logístico de la Empresa, con funciones de apoyo corporativo, encargado de la administración del sistema logístico mediante el control de los inventarios en el nivel óptimo, un adecuado sistema de adquisiciones, así como de las actividades de desaduanamiento y distribución física de los materiales adquiridos por la Empresa a los lugares de destino.

Mantiene relación funcional con las Unidades Operativas, en la administración del Sistema logístico, estableciéndose un adecuado sistema de almacenamiento, movimiento y despacho y control de materiales, repuestos y bienes de capital, que aseguren la continuidad de las operaciones de la Empresa.

DE LA GERENCIA DE CONTABILIDAD

Es la dependencia rectora del sistema contable de gestión corporativa, encargada de establecer los sistemas, métodos y procedimientos contables para el registro de las transacciones y operaciones económico-financieras de la Empresa, teniendo en cuenta los postulados y principios de contabilidad y las obligaciones tributarias a las que está afecta la Empresa, a fin de estructurar los Estados Financieros, e información estadística resultante del proceso contable.

DE LA GERENCIA DE FINANZAS

Es la dependencia rectora y normativa del sistema financiero, de gestión corporativa, encargada del planeamiento y manejo económico-financiero de la Empresa, a corto y mediano plazo, estableciendo e implementando políticas financieras y los requerimientos y aplicación de fondos e inversiones, orientados a la optimización de la función financiera.

Asimismo, es la encargada de apoyar y asesorar a la Alta Dirección de la Empresa, con los estudios, planes y programas de índole económico financiero, concordante con las políticas de la Empresa.

DE LA GERENCIA COMERCIAL

Es la dependencia de gestión corporativa encargada de planificar, proyectar y ejecutar las ventas de los productos de la Empresa a nivel nacional e internacional, en coordinación con MINPECO; así como de las compras de concentrados y minerales que se requieran para el adecuado abastecimiento de las Fundiciones y Refinerías de la empresa.

Asimismo, es la encargada de la tramitación documentaria y movimiento físico de los productos de la Empresa para su exportación y ventas locales, de acuerdo a los procedimientos y dispositivos legales vigentes y en coordinación con MINPECO.

DE LA GERENCIA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Es la encargada de planear y coordinar los programas de desarrollo e investigaciones, de corto, mediano y largo plazo, que aseguran el crecimiento y desarrollo de la Empresa. Asimismo es la encargada de desarrollar trabajos de investigación orientados a la modernización del sistema productivo y gestión de la Empresa, con la finalidad de crear o actualizar la tecnología actualmente utilizada y la fabricación de nuevos productos industriales, así como la apertura de nuevos mercados.

También es la encargada de plantear posibles opciones de asociación con otras empresas para el desarrollo de nuevas posibilidades empresariales; así como de analizar las relaciones entre Centromín Perú y sus Subsidiarias, recomendando las políticas a seguir para la optimización de conjunto empresarial.

También coordina y controla la ejecución de los proyectos de expansión y desarrollo, que le son encargados por la Empresa, asegurando una racional utilización de los recursos disponibles y que estos se desarrollen de acuerdo con los lineamientos trazados.

DE LA GERENCIA LEGAL

Es la dependencia de gestión corporativa con funciones de apoyo y asesora a toda la organización, encargada de planear, organizar, dirigir, resolver y controlar los

asuntos de orden jurídico concernientes a la Empresa, así como de las acciones relacionadas con la administración del patrimonio minero e inmobiliario de la Empresa.

DE LA GERENCIA DE INFORMÁTICA

Es el órgano central rector del sistema de información empresarial, con funciones de asesoría y apoyo a toda la organización, encargada de dar soporte y asesoría a todas las áreas de la Empresa, en la identificación de sus necesidades de información, desarrollo, implementación, operación, mantenimiento y seguimiento de sistemas de información computarizadas.

Así mismo, es el ente rector técnico-normativo de todos los sistemas y equipamiento de cómputo y de software de la Empresa.

DE LA GERENCIA DE EXPLORACIONES

Es la encargada de descubrir y estudiar geológicamente nuevos depósitos minerales dentro del territorio nacional, a fin de reemplazar o incrementar la producción de nuestro actuales yacimiento y desarrollar para la Empresa nuevas operaciones mineras de rendimiento económico.

Asimismo, es la encargada de desarrollar programas de prospección de nuevos yacimiento y exploraciones en áreas aledañas; así como evaluar la factibilidad económica de yacimientos pertenecientes a terceros susceptibles de transferirse a la Empresa, de forma que la acción combinada de ambos asegure el crecimiento y desarrollo de la Empresa.

DE LA GERENCIA CENTRAL DE OPERACIONES MINERAS

Es la encargada de planear, organizar, dirigir y controlar las actividades relacionadas con el proceso productivo, que comprende la extracción de minerales y producción de concentrados, desarrollando y explotando los yacimientos de la Empresa y operando las concentradoras, para la obtención de concentrados con tonelajes y leyes que hagan operaciones rentables y eficientes; en concordancia con la misión, objetivos, estrategias y políticas de desarrollo de la Empresa.

DE LA GERENCIA CENTRAL DE OPERACIONES METALURGIAS

Es la encargada de planear, organizar, dirigir y controlar las actividades relacionadas con el proceso productivo, operando las Plantas de Fundición, refinación y transformación metalúrgica para la obtención de metales y subproductos en forma económica y eficiente, con un adecuado control de calidad y constante mejorar de los procesos por medio de la investigación, en concordancia con la misión, objetivos, estrategias y políticas de desarrollo de la Empresa.

DE LA GERENCIA DE SERVICIOS TÉCNICOS

Es la encargada de coordinar y desarrollar actividades técnicas de apoyo y de servicios a las Gerencias Centrales de Operaciones, en las área de Servicio de Ingeniería, Electricidad y Telecomunicaciones, Ingeniería Industrial y Transporte Ferroviario.

DIAGRAMA DIVISION FUNDICION DE PLOMO

(toneladas metricas - anual)

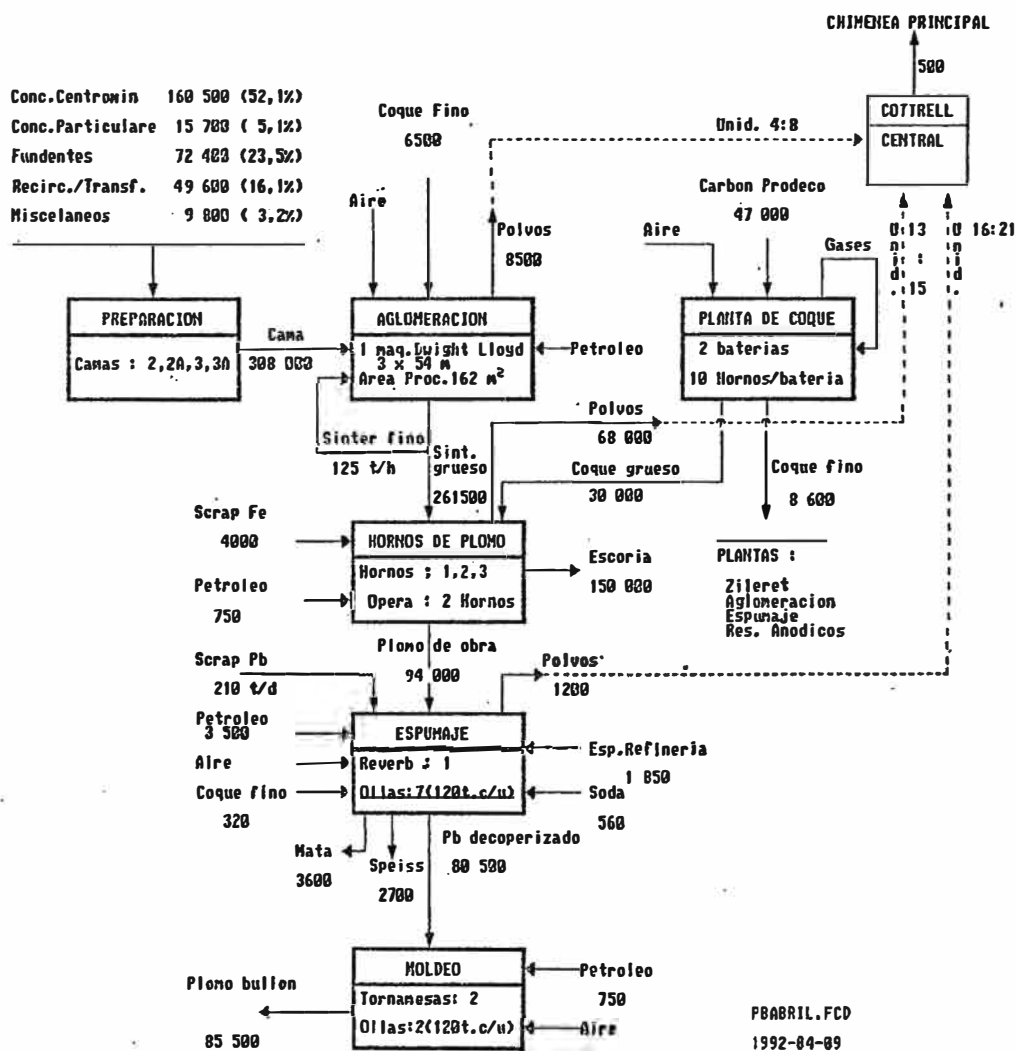
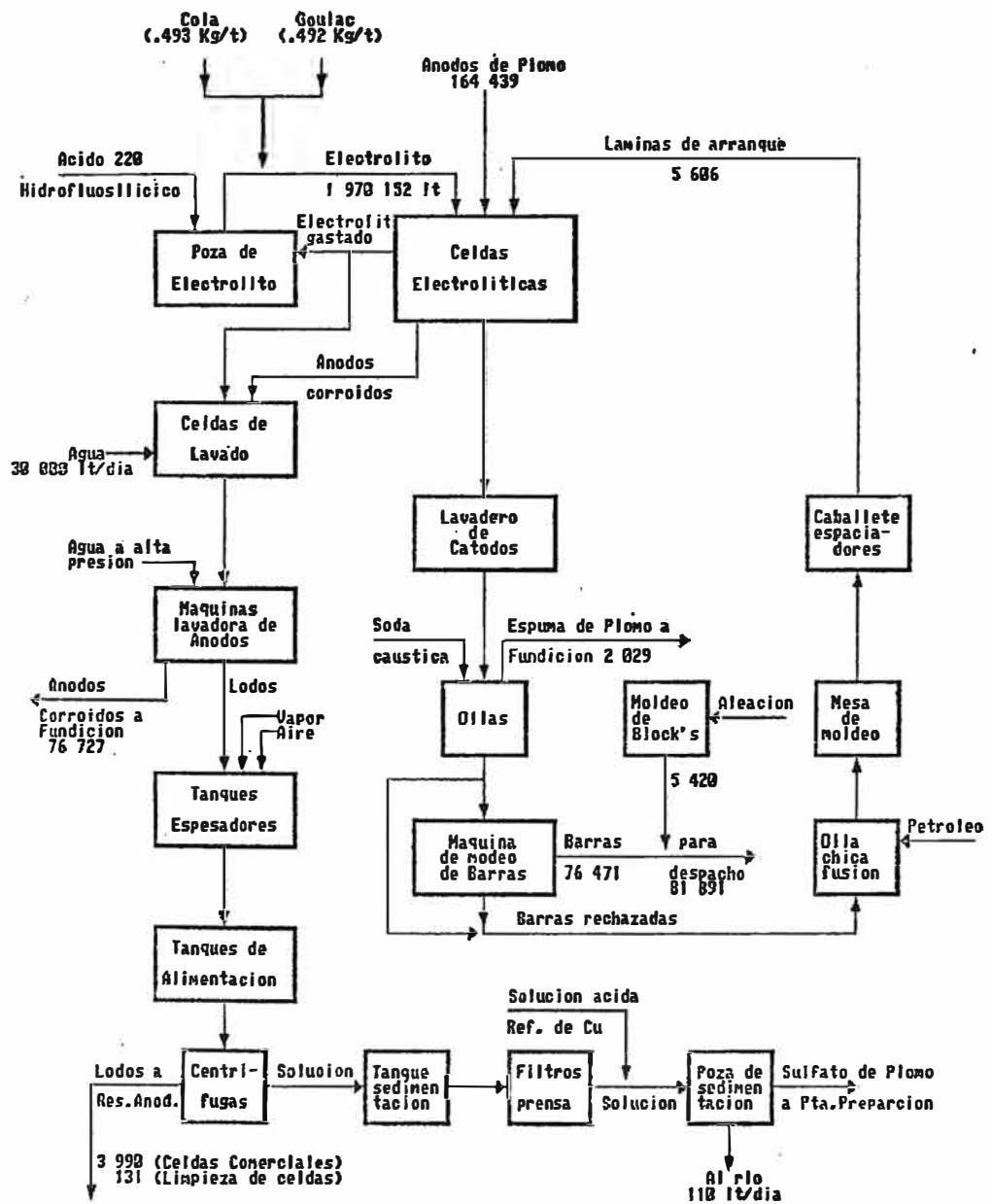


DIAGRAMA DIVISION REFINERIA DE PLOMO

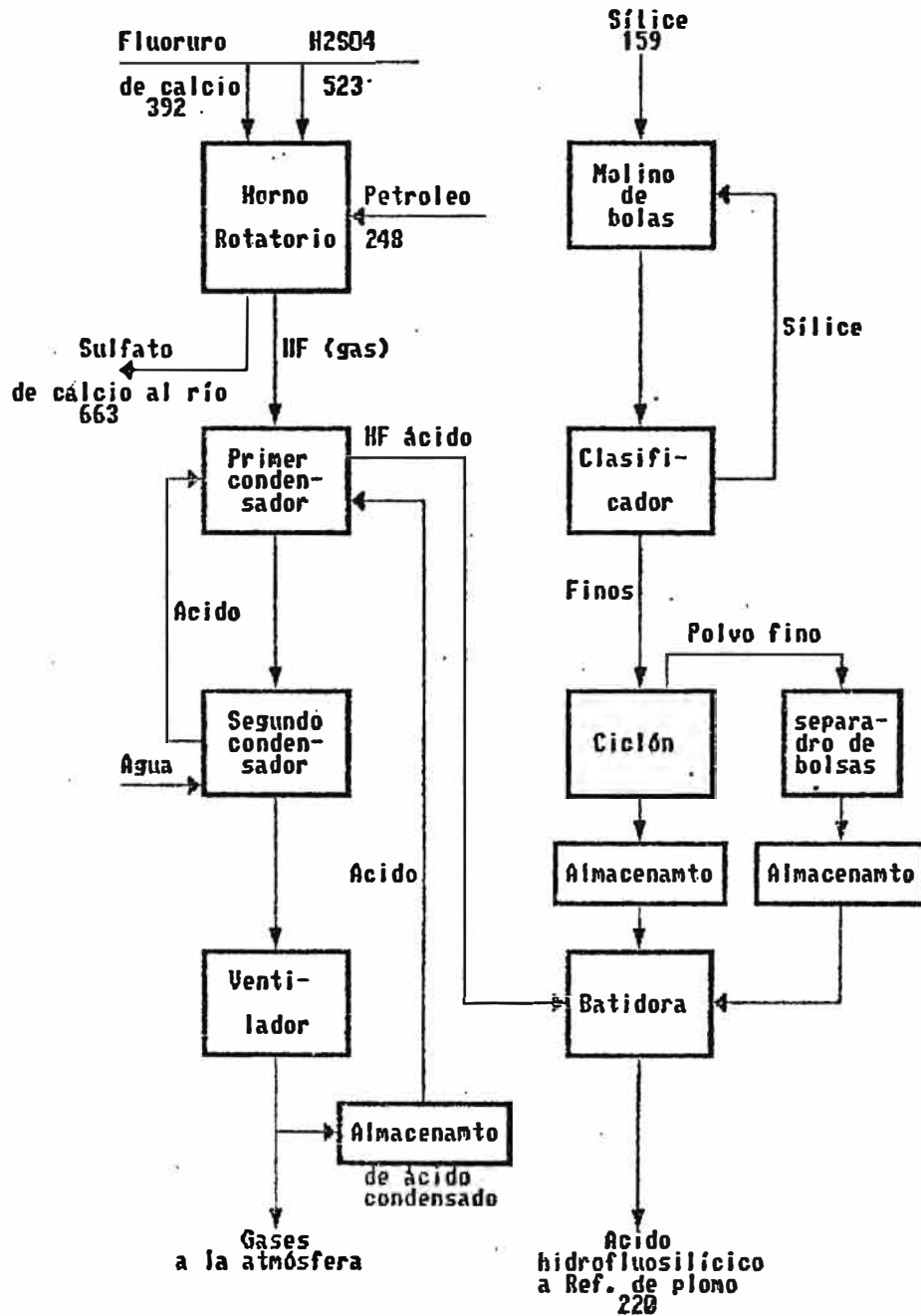
(toneladas metricas secas-Anual)



REFPB.FCD

PLANTA DE ACIDO HIDROFLUORSILICICO

(Toneladas Métricas - anual)



RELACIÓN PROFESIONAL EMPLEADOR

El presente informe forma parte del Plan de Beca de Extensión Profesional realizado por CENTROMIN PERÚ S.A. en el año 1993.

Duración: Desde 07-03-93 al 07-03-94

Empleador: CENTROMIN PERÚ S.A.

Profesional: Agustín Gerardo Chinga Chumpitaz

Cargos:

Supervisor de Producción – Jefe de Guardia de Planta

Refinería de Plomo.

Plan de Ácido Flúorsilícico.

Planta de Slime.

Refinería de Cobre

Ver documentos probatorios en las siguientes páginas.

INFORME DE INGENIERÍA

**“ESTUDIO TÉCNICO ACERCA DE LAS OPERACIONES Y AUMENTO DE LA
PRODUCTIVIDAD EN LA REFINERIA DE PLOMO DE LA OROYA DOE RUN
PERÚ (EX CENTROMIN PERÚ)”**

CAPITULO I

FUNDAMENTO TEORICO DE LA ELECTROLISIS

FUNDAMENTO TEORICO ACERCA DE LA ELECTROLISIS DEL PLOMO

1.- ELECTROLISIS DEL PLOMO

La planta electrolítica de la Oroya, emplea el proceso Betts modificado por T. Harper y G. Reingberg, de acuerdo a las características específicas del material que trata o que se procesa en CENTROMIN, actualmente DOE RUN del PERU.

En el proceso Betts, prácticamente todas las impurezas del Plomo Bullón son retenidas en el lodo anódico, entrando en solución solamente el Zn, Fe, Co y Ni.

El lodo anódico contiene como impurezas: Sb, Bi, Pb, Ag, Au, los cuales son tratados en la Planta de residuos anódicos.

Como medio de transporte de los iones plomo se utilizan una solución electrolítica de ácido Hidrofluorsilícico y fluorsilicato de plomo.

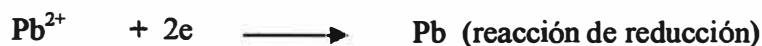
Tanto ánodo como cátodo son de plomo, es decir, electrodos solubles, que son introducidos en una celda, que al aplicar un voltaje determinado hace que los iones plomo sean transportados del ánodo al cátodo.

La reacción básica en el ánodo es:



Lo que nos indica que el ánodo se ha oxidado.

La reacción en el cátodo es:



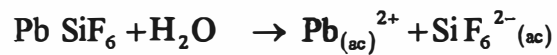
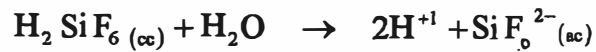
El electrolito, como se dijo, actúa como medio de transporte, descomponiéndose en iones Pb^{2+} , y SiF_6^{2-} , este reacciona en el ánodo con una cantidad equivalente de plomo; la cantidad equivalente de plomo, la cantidad de plomo disuelta en el ánodo equivale a lo depositado en el cátodo, es decir el Pb^{2+} viaja hacia el cátodo.

Las principales modificaciones en el proceso Betts son:

- a) Los ánodos son más delgados y el tiempo de corrosión está de acuerdo al aumento de voltajes, si se eleva el voltaje causaría la disolución de impurezas del ánodo y su posterior deposición en el cátodo.
- b) Los ánodos corroídos son sometidos a un lavado por inmersión de contracorriente (Dip Washing), al finalizar el tiempo de corrosión. Esto con la finalidad de recuperar el H_2SiF_6 y PbSiF_6 adsorbido con el lodo anódico. Este lavado se hace con agua condensada y con electrolito fresco.

- c) El tiempo de ciclo de electrodeposición es de cuatro días.
- d) Los electrodos están colocados en el sistema múltiple, llamado también sistema Walker.

Reacción de disociación del electrolito



2.- CORROSION ANODICA.-

Ya que el grado de corrosión es la característica vital en la pureza del cátodo, será interesante examinar el mecanismo de los efectos en detalle.

Es una característica fundamental de la electrorefinación del plomo que todas las impurezas comúnmente asociadas al bullón son más nobles que el plomo, entonces permanecen no disueltas en el ánodo durante la electrólisis.

En la siguiente tabla se muestran los potenciales estándares de los principales metales a 25°C. Los valores en cada caso son los de los potenciales de oxidación.

TABLA I.1 POTENCIALES DE REDUCCIÓN DE METALES
A 25°C, P = 1 ATM

PAR	E (VOLTS)
Zn ²⁺ / Zn	- 0,761
Fe ²⁺ / Fe	- 0,441
Cd ²⁺ / Cd	- 0,402
Co ²⁺ / Co	- 0,280
Ni ²⁺ / Ni	- 0,240
Sn ²⁺ / Sn	- 0,140
Pb ²⁺ / Pb	- 0,126
Bi ²⁺ / Bi	+ 0,226
Cu ²⁺ / Cu	+ 0,340
Ag ⁺¹ / Ag	+ 0,799
Au ⁺¹ / Au	+ 1,30

Estas impurezas permanecen unidas al ánodo como lodo adherente constituyendo una capa, la cual mantiene la forma original del ánodo. En efecto, el primer requisito para la producción de cátodos puros es tener suficientes impurezas en el ánodo que den un lodo adherente, del cual ninguna partícula flotará en el electrolito y podría llegar a ocluirse en el depósito catódico. Además, la presencia de impurezas adecuadas para prevenir el peligro de la transferencia de lodos al cátodo también permitirá la aplicación del lavado en contracorriente en celdas que posteriormente serán descritas.

Mientras la corrosión de un ánodo transcurre, la corriente electrolítica debe ser transportada por la solución en los intersticios de la capa de lodo que permanece en la cara del ánodo. Esto da un incremento de la caída del voltaje por resistencia

óhmica a través de la capa de lodo, el cual no es conductor incrementándose con el mayor porcentaje de impurezas presentes en el ánodo.

Si esta caída de voltaje tiene un valor igual o mayor que la diferencia entre los potenciales de solución de las impurezas presentes en la capa del lodo y el potencial del plomo, tales impurezas serán disueltas y transferidas electroquímicamente en el cátodo. La caída de voltaje a través de la celda durante la vida del ánodo, este incremento de voltaje es mantenido debajo de su valor crítico, lo cual para propósitos prácticos pueden considerarse equivalente de 0,40 a 0,70 voltios.

Existen dos formas en las cuales la caída de voltaje a través de la capa de lodo puede ser limitado; ajustando la densidad de corriente, y ajustando el espesor final de la capa de lodo, ó también la vida del ánodo.

Trabajando a una densidad de corriente de 1,507 a 1,615 A/ dm² (14 a 15 A/ pie²), se han establecido los siguientes límites para los períodos de corrosión anódica:

Para ánodos que contienen 96% de plomo, se tiene una vida media de 4 días.

Para ánodos que contienen 90 a 92% de plomo, se tiene una vida media de 2 días.

Para ánodos que contienen 80% de plomo, la vida será de un día.

Todos los ánodos, dependiendo de la composición inicial del plomo, son retirados al final del período de corrosión.

El tercer período de vida, por supuesto, ocurre raramente en la práctica pero fue motivo de investigación para demostrar que los cátodos puros podrían obtenerse a partir de ánodos con alrededor de 50% de plomo.

3.- COMPORTAMIENTO DE LAS IMPUREZAS

El ánodo de plomo bullón contienen impurezas que van a incidir directamente en la deposición electrolítica.

Estas son: Cu, Sb, Bi, As, Ag, Au, Sn, Zn, Fe, Tl, siendo estas las principales que se les puede agrupar de acuerdo a su voltaje de descomposición en tres grupos:

Grupo A.-

Zn, Fe y Tl, estos elementos son más electropositivos que el plomo y necesitan un menor voltaje para su disolución, por lo tanto pararan a depositarse al cátodo junto

con el plomo, por lo que su presencia en el ánodo deber ser mantenida en porcentajes mínimos.

Grupo B.-

Sn y Sb, estos elementos tienen un voltaje muy cercano al del plomo, de allí que puedan pasar al cátodo con el plomo; estas impurezas se controlan tratando que las operaciones se ajusten a las variables establecidas.

Las impurezas son eliminadas casi totalmente en la refinación pirometalúrgica.

Grupo C.-

Bi, As, Cu, Ag y Au; constituyen la mayoría de las impurezas, su potencial de descomposición es más electronegativo con respecto al plomo, por lo tanto, quedan al estado metálico en el ánodo en forma de lodo anódico y no pasan al electrolito. Mayormente pasan al cátodo por oclusión o por arrastre mecánico.

4.- CALCULO DE LA POTENCIA DEL RECTIFICADOR

4.1.- VARIABLES Y PARAMETROS

DC	:	Densidad de Corriente Catódica.
EE	:	Equivalente Electroquímico del plomo.
AE	:	Área efectiva de un Cátodo.
PR	:	Producción real de cátodos de plomo Electrolytíco por día.
PT	:	Producción Teórica de plomo moldeado por día.
EFF	:	Eficiencia de fusión.
TPH	:	Tonelada por hora de plomo producido.
AC	:	Área catódica total en casa de celdas.
EFC	:	Eficiencia de corriente.
NCAT	:	Número de cátodos totales en casa de celdas.
NCEL	:	Número total de celdas.
NCC	:	Número de cátodos por celda.
PBDEP	:	Plomo depositado por celda por hora.
CC.	:	Consumo de corriente efectiva.

VC	:	Voltaje por celda.
VR	:	Voltaje del Rectificador.
POR	:	Potencia del Rectificador.
n	:	Número de grupos transformadores Rectificadores.
C	:	Número de celdas que se cambiarán por día.
F	:	Eficiencia de corriente.
I	:	Intensidad de Corriente (amperios)
T	:	Tiempo de deposición (horas)

4.2.- ALGORITMO PARA EL CALCULO

EE, I, T, F, C.

$$\text{CALCULAR: } PT = \frac{EE \times I \times T \times F \times C}{10^6}$$

INGRESAR: EFF

CALCULAR:

$$PR = \frac{PT}{EFF}$$

$$TPH = \frac{PR}{24}$$

INGRESAR: DC, EFC

CALCULAR:

$$AC = \frac{TPH \times 10^6}{DC \times EE \times EFC}$$

INGRESAR: AE

CALCULAR

$$NCAT = \frac{AC}{AE}$$

INGRESAR: NCC

CALCULAR

$$\text{NCEL} = \frac{\text{NCAT}}{\text{NCC}}$$

$$\text{PB DEP} = \frac{\text{TPH}}{\text{NCEL}} \times 1000$$

$$\text{CC} = \frac{\text{PB DEP} \times 1000}{\text{EE} \times \text{EFC}}$$

INGRESAR: VC

CALCULAR

$$\text{VR} = \text{VC} \times \text{NCEL}$$

INGRESAR: n

CALCULAR

$$\text{POR} = \frac{\text{VR} \times \text{CC}}{1000 \times n}$$

4.3.- CALCULO BASADO EN DATOS DE LA REFINERÍA DE PLOMO DE HUAYMANTA

EE	:	3,865 $\frac{\text{gramos}}{\text{Amperio x hora}}$
I	:	9000 amperios
T	:	96 horas
F	:	88,5% = 0,885
C	:	88 celdas por día
DC	:	152 A / m ²
EFC	:	0,98
AE	:	1,4841 m ²
NCC	:	40
VC	:	0,5
N	:	2
EFF	:	0,9
A	:	Amperio

CALCULO DE PT

$$PT = \frac{EE \times I \times T \times F \times C}{10^6} = \frac{3,865 \times 9000 \times 96 \times 0,885 \times 88}{10^6}$$

$$PT = 260,1 \text{ TM}$$

CALCULO DE PR

Para EFF = 90% = 0,9

$$PR = \frac{PT}{EFF} = \frac{260,1}{0,9} = 289 \text{ TM}$$

CALCULO DE TPH

$$TPH = \frac{PR}{24} = \frac{289}{24} = 12 \text{ TPH}$$

CALCULO DEL AREA CATÓDICA TOTAL EN CASA DE CELDAS

$$AC = \frac{TPH \times 10^6}{DC \times EE \times EFC} = \frac{12 \times 10^6}{152 \times 3,865 \times 0,98}$$

$$AC = 20\,843,1 \text{ m}^2$$

CALCULO DEL NÚMERO TOTALES DE CATODOS EN LA CASA DE CELDAS

$$NCAT = \frac{AC}{AE} = \frac{20843,1}{1,4841}$$

$$NCAT = 14044,3$$

CALCULO DEL NUMERO DE CELDAS

$$NCEL = \frac{NCAT}{NCC} = \frac{140,044.3}{40}$$

$$NCEL = 351,1 \text{ celdas}$$

Aproximando

$$NCEL = 352 \text{ celdas}$$

CALCULO DEL PLOMO DEPOSITADO POR CELDA POR HORA

$$PBDEP = \frac{TPH}{NCEL} \times 1000 = \frac{12}{352} \times 100$$

$$PBDEP = 34,1 \text{ K/hora x celda}$$

CALCULO DEL CONSUMO DE CORRIENTE EFECTIVA

$$CC = \frac{PBDEP \times 1000}{EE \times EFC} = \frac{34,1 \times 1000}{3,865 \times 0,98}$$

$$CC = 9002,8 \text{ A}$$

CALCULO DEL VOLTAJE DEL RECTIFICADOR

$$VR = VC \times NCEL$$

$$VR = 0,5 \times 352$$

$$VR = 176 \text{ VOLTIOS}$$

CALCULO DE LA POTENCIA DEL RECTIFICADOR

$$POR = \frac{VR \times CC}{1000 \times n} = \frac{176 \times 9000,8}{1000 \times 2}$$

$$POR = 792,2 \text{ KW}$$

CAPITULO II

PROCESOS Y OPERACIONES EN LA REFINERÍA DE PLOMO

PROCESOS Y OPERACIONES EN LA REFINERIA DE PLOMO

1.- DESCRIPCION DE PROCESOS Y/O OPERACIONES

1.1.- ASPECTOS GENERALES.-

La refinería de Plomo está edificada junto a la refinería de Cobre, ocupando un área de 28 metros de ancho por 245 metros de largo.

En el sótano se hallan localizados los tanques de electrolito, teniendo un sistema de bombas y tuberías para el transporte a la casa de tanques. El piso se halla recubierto de concreto y asfalto, con cierta inclinación para recuperar los derrames.

Todas las celdas están sostenidas con columnas de concreto armado, cada celda está apoyada en su base por cuatro porcelanas que sirven como aislantes, evitándose así la fuga o pérdida de corriente.

Las dimensiones de cada celda son:

4.15 m x 0.92 m x 1.10 m de profundidad, dando un volumen de 4 676 L /celda.

La casa tanque consta de 13 blocks, de los cuales 11 blocks están destinados para la electrólisis de plomo, y las dos restantes para recuperación de electrolito y plomo soluble mediante lavados por inmersión (Dip Washing) en contracorriente.

Cada block consta de 32 celdas, 16 celdas por lado, cada celda contiene 40 ánodos y 41 cátodos, el circuito de corriente eléctrica usado es el sistema múltiple llamado también sistema Walker.

La fuerza eléctrica generada para la refinería es proporcionada por la planta, esto lo proporciona la Refinería de Cobre.

Para el lavado de los ánodos en la sección lodos anódicos se utilizan cerca de 25000 metros cúbicos de agua de río por día. Esta agua es utilizada para el lavado de los ánodos del cuarto día, como también para lavar los cátodos ya que durante el cambio de ánodos y cátodos de las celdas se arrastra electrolito en la superficie de los mismos.

El aire suministrado a la Planta es proporcionado por tres compresores Ingersoll – Rand, con una presión de trabajo que oscila entre 482629 a 551576 Pascales $\left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)$

1.1.1.- ANODOS.-

Los ánodos de plomo Bullón provienen de la fundición de plomo con un peso aproximado de 153 Kg cada uno; el espesor es de 2,5 cm.. Sus dimensiones son 68 cm. x 91 cm. En la parte superior sus esquinas tienen un saliente que sirve para sostenerse en las celdas.

La composición química promedio del plomo Bullón es la siguiente (promedio mensual en %)

TABLA N° II.1

Pb %	Sb %	Bi %	Cu %	As %	Ag* Onz/Ton	Au* Onz/Ton	Sn %
96,8	1,8	0,7	0,050	0,40	127,7	0,099	0,025

1.1.2.- CATODOS.-

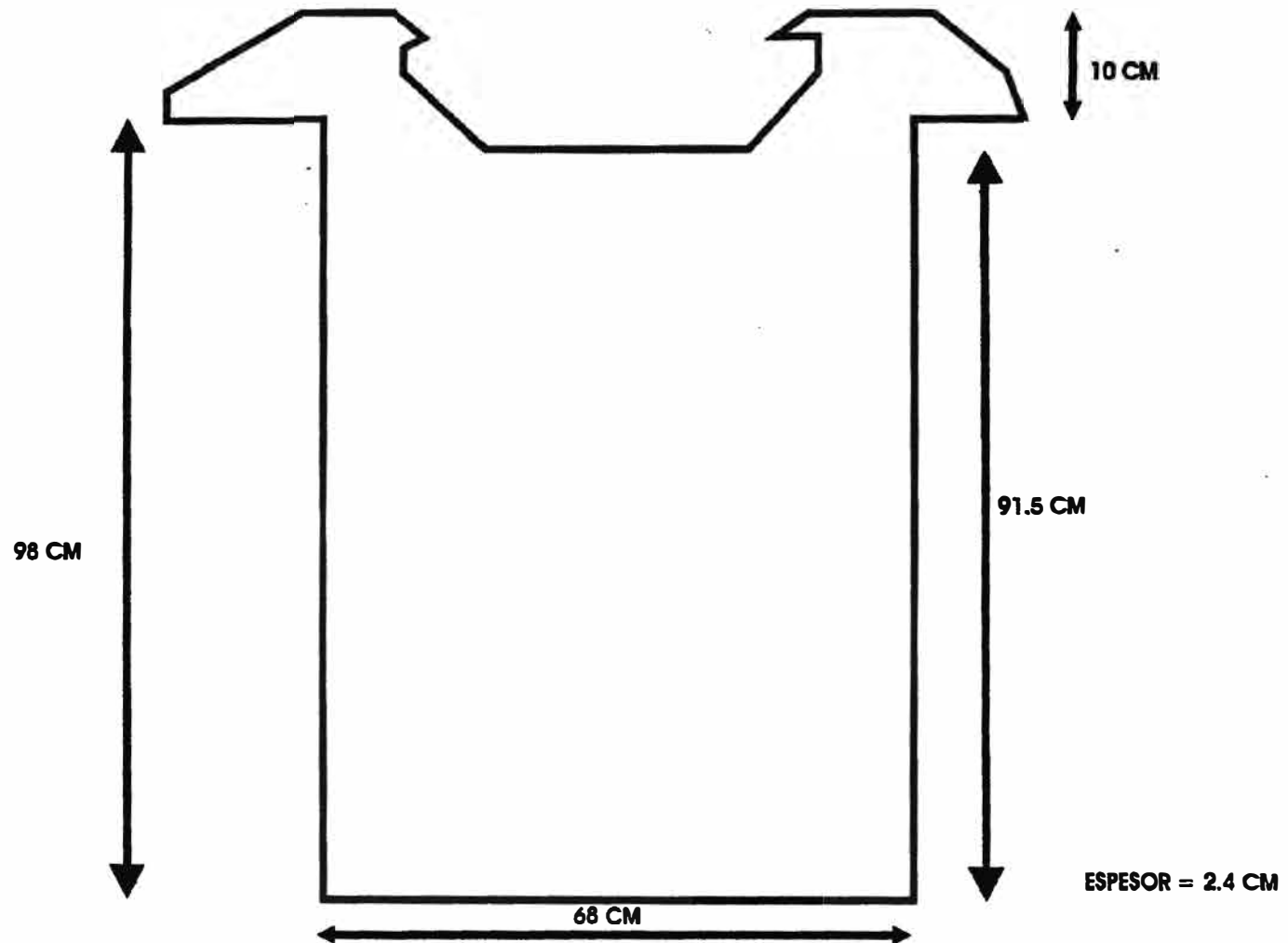
Los cátodos iniciales que van a ir a las celdas electrolíticas provienen de la recirculación de plomo refinado de las barras y blocks rechazados (control de calidad) y que son refundidas y moldeadas en una plancha inclinada. La forma de la plancha de moldeo es rectangular; una varilla de cobre (1,08 cm. x 3,5 cm. x 2,0 cm.) sirve como suspensión de las orejas del cátodo.

Los cátodos moldeados son cargados en un dispositivo de carguío que transporta 41 cátodos con una espaciamiento de 10,8 cm. de centro a centro; posteriormente mediante una grúa son llevarlos directamente a las celdas electrolíticas.

Las láminas tienen un área de depósito de 76 cm. x 97 cm. y un peso aproximado de 7,0 kg. (sin las varillas de cobre que pesan 5,0 kg).

Tanto ánodo como cátodo dentro de las celdas tienen un tiempo de deposición de cuatro días, efectuándose el cambio respectivo

FORMA FISICA DEL ANODO



1.2.- ELECTROLITO.-

El electrolito es una solución acuosa de H_2SiF_6 y $PbSiF_6$, producido en la misma instalación de la refinería. El contenido del radical fluosilicato, comúnmente llamado ácido total, constituyen los 126 g/L expresados como H_2SiF_6 .

La temperatura de la solución en los tanques de almacenamiento es de 40°C, el flujo de circulación del electrolito para cada celda es de 3 galones/minuto (12 a 15, L/min); el sistema de circulación para cada block es la entrada por arriba y la salida por abajo, permitiendo una circulación constante durante todo el tiempo; las dimensiones de los dos tanques de almacenamiento de electrolito que se encuentran en el sótano es de 15,25m. de longitud por 3,25m de ancho por 1,43 m de profundidad. La concentración de componentes del electrolito en la casa de tanques es:

Ácido total	125-130 g/L
Ácido libre	70- 78 g/L
Plomo, como $PbSiF_6$	70- 80 g/L

1.3.- ADITIVOS ORGANICOS.-

Cola de hueso y goulac, al estado sólido, son añadidos al electrolito para dar un depósito suave; 500 gramos de cola y 475 gramos de goulac por tonelada métrica de plomo refinado son disueltas en agua a una temperatura de 50 a 60°C. El calentamiento se efectúa con vapor en un tanque de acero.

La solución es alimentada con flujo constante hacia los tanques principales del electrolito mediante una bomba a razón de 7,5 L/min.

1.4.- ELECTROLISIS.-

Las condiciones de operaciones para que se realice la deposición de plomo en el cátodo, es ajustando una serie de variables, las cuales son:

Amperaje	9 200 A
Densidad Cat.	1, 528 A/dm ²
Densidad Anod.	1,830 A/dm ²
Voltaje/blocks	15,0-17,0 voltios

Voltaje/celda	0,4-0,7 voltios
Distancia entre ánodos	10,16 cm
Temp. del electrolito	40°C

Bajo estas condiciones de operación, tiene lugar cambios químicos en los electrodos, habiendo una reacción química a expensas de la energía eléctrica.

1.5.- REFINACION PIROMETALURGICA DE LOS CATODOS.-

Los cátodos que han cumplido su ciclo de deposición (4 días), son fundidas en ollas de fierro fundido de 140 TM. de capacidad, para los efectos se cuentan con 3 ollas.

Las dimensiones de cada una de es de 3,3 m de diámetro en la boca por 2,2 m en la base, contando con un sistema o ducto de ventilación donde se descargan los humos en un filtro de manga (bag house) recuperándose polvo de plomo.

Una vez que los cátodos están fundidos (450° C), se coloca un agitador para remover todo el plomo durante 1 hora.

Cuando la temperatura ha llegado a 480° C se añade de 15 a 20 kg. de soda cáustica (NaOH); la agitación así continúa hasta que el baño adquiere una coloración homogénea color plateado brillante, esto nos indica que la refinación ha concluído, y por lo tanto, las impurezas se han reducido al mínimo.

1.6.- MOLDEO DE PLOMO REFINADO.-

El plomo refinado en las ollas es moldeado a una temperatura de 450° C; para dicho moldeo se disponen de dos tipos de moldes, esto de acuerdo a los pedidos del mercado.

La primera es una tornamesa que consta de 450 moldes para barras de 45 a 48 kg de peso, las que son empaquetadas en número de 25 barras;

La segunda, constituyen moldes en forma de bloques, de 900 a 950 kg de peso, éstas por sus dimensiones no son empaquetadas.

Después del pesado y marcado, las barras o bloques son almacenadas hasta que el análisis espectrográfico confirme que el lote cumple las especificaciones del control de calidad para su envío al Callao - Lima.

La composición química promedio del plomo refinado es:

Plomo	:	99,9975	Talio	:	2 ppm
Bismuto	:	10 ppm	Arsénico	:	2 ppm
Antimonio	:	2 ppm	Estaño	:	2 ppm
Plata	:	2 ppm	Hierro	:	2 ppm
Cobre	:	2 ppm	Zinc	:	2 ppm

1.7.- LAVADO DE ANODOS.-

Desde que los lodos adheridos al ánodo han adsorbido cantidades apreciables de H_2SiF_6 y plomo en forma soluble, los ánodos son sometidos a un proceso de lavado estacionario mediante el cual se sumergen sucesivamente en soluciones electrolíticas de plomo y finalmente, en agua, en una operación que dura 4 días y que permite la recuperación de solamente el 50% del ácido y Pb en los lodos.

Posteriormente este sistema fue mejorado con la implementación de uno nuevo, denominado "lavado en cascada", y que permite utilizar 2 blocks en lugar de tres, permitiendo incrementar la capacidad de la planta en un 17%; sin embargo, los porcentajes de recuperación de Pb y H_2SiF_6 se mantienen en los mismos niveles, no registrándose ninguna mejora.

Sin embargo; aún con las mejoras efectuadas, el presente sistema de operación no satisface todavía los requerimientos de operación óptima de la Planta, dado que dos blocks de celdas aún permanecen ocupadas en el lavado y las recuperaciones de Pb y H_2SiF_6 son relativamente bajas. De allí, que el mejoramiento de este sistema permitirá reducir las pérdidas notables de Pb y ácido registrado, incrementado la capacidad de la Planta y reducir el grado de contaminación del río Mantaro.

Una descripción más detallada de este sistema de lavado se puede ver en el párrafo siguiente:

Los ánodos ingresan a la primera etapa con un contenido de fluorsilicato de plomo (solución) en el lodo anódico de 400 gramos/litro de plomo

residual aproximado. Los ánodos permanecen en cada sección de lavado alrededor de 15 horas y finalizan la cuarta etapa con alrededor de 28 gramos/litro de plomo en los lodos.

1.8.- REMOCION DE LODOS.-

Los ánodos, luego del proceso de lavado en contracorriente, son expuestos a un lavado con chorros de agua a alta presión con el fin de extraer el lodo adherido.

La pulpa del lodo anódico es subsecuentemente enviado a la sección de pre-tratamiento, para finalmente ser transportados a la planta de residuos anódicos para la recuperación de valores metálicos, tales como Au, Ag, Bi, etc.

Los residuos del ánodo lavado que constituyen alrededor de 45% del peso original del ánodo, son retornados a la fundición de plomo para ser moldeados.

1.9.- PLANTA DE ACIDO HIDROFLUORSILICICO.-

Básicamente, la producción de H_2SiF_6 se efectúa a partir del fluoruro de calcio (FCa_2), el cual se hace reaccionar con H_2SO_4 en un reactor a 100 °C y 120 °C, desprendiendo gases de HF las cuales son atrapados en cámaras de agua, formándose una solución ácida, que posteriormente se hace reaccionar con SiO_2 para formar el H_2SiF_6 .

Las reacciones que ocurren durante el proceso son:

Reactor:



Cámaras de Conversión:



Tanques de Lixiviación:



El equipo empleado es simple, consta de un horno rotatorio, provisto de un quemador a petróleo, tanques de plomo para la conservación de HF (g) a HF (l) y dos tanques de lixiviación provistos de tuberías donde se inyecta aire para que ayude a la reacción del HF con la sílice (SiO_2).

La solución ácida producida contiene alrededor de 450 g/L de H_2SiF_6 y 5 g/L de Pb^{2+} el cual es añadido para precipitar el H_2SO_4 no neutralizado durante el proceso.

El ácido producido es bombeado a la casa de tanques para mantener la concentración del electrolito en las celdas.

2. SISTEMA ACTUAL DE LAVADO

2.1.- OBJETIVO.-

El objetivo del presente informe preliminar es presentar la descripción del proceso que se viene llevando a cabo actualmente en la Refinería de Plomo acerca de la recuperación del ácido floursilícico en cuatro etapas de lavado (cuatro días), así como describir la Remoción de lodos anódicos equipo y/o máquinas usadas en estas operaciones, además de dar información acerca del proceso de ELECTRO-WINNING el cual no se viene llevando a cabo.

2.2.- DESCRIPCION DEL PROCESO DE LAVADO DE ANODOS PARA RECUPERAR ACIDO FLUORSILICICO

2.2.1.- DESCRIPCION DE LOS ANODOS

a) GENERALIDADES.-

Los ánodos proceden de la Fundición de Plomo y llegan a la Refinería en carros o vagones que tienen cuatro cajones con capacidad de 88 a 87 ánodos distribuidos dos a dos en total, conteniendo cada carro 350 ánodos con pesos según la siguiente data: (13-07-93)

TABLA N° II.2

NUMERO DE CARRO	NUMERO DE ANODOS	MASA TOTAL (KILOS.)
701	350	50240
703	350	51450
704	350	51350
705	350	51810
709	350	51800
702	350	51020

b) COMPOSICION QUIMICA DE LOS ANODOS (PLOMO BULLON)

Según datos proporcionados por Fundición de Plomo (%)

TABLA N° II. 3

Pb	Cu	As	Sb	Bi	Sn	Ag g/TM	Au g/TM
95,8	0,04	0,35	1,5	1,7	0,01	3510	2,0
95,7	0,04	0,46	1,5	1,7	0,01	3730	2,3
96,1	0,04	0,32	1,4	1,6	0,01	3570	2,2
95,6	0,04	0,38	1,6	1,8	0,01	3680	2,4
96,0	0,04	0,38	1,4	1,6	0,01	3450	2,3
96,2	0,04	0,30	1,4	1,5	0,01	3350	2,5
95,9	0,04	0,39	1,5	1,6	0,01	3430	2,4
96,1	0,03	0,34	1,4	1,6	0,01	3630	2,6
95,9	0,04	0,39	1,5	1,6	0,01	3610	2,5
96,1	0,04	0,38	1,5	1,6	0,01	3700	2,7
95,9	0,04	0,34	1,4	1,6	0,01	3910	2,7
95,9	0,04	0,33	1,4	1,6	0,01	3790	2,7
96,0	0,03	0,29	1,4	1,5	0,01	3890	2,7
96,1	0,03	0,31	1,4	1,5	0,01	3970	2,9

2.2.2.- PROCESO DE ELECTORREFINACION

Los ánodos que recién llegan a la Refinería de Plomo procedente de la Fundición son descargados de los carros para ser

almacenados y luego llevados a las celdas en el cual se esta efectuando el cambio, previamente estos ánodos han sido agrupados de 40 en 40 con una separación apropiada para que sean llevados a la celda por medio de la grúa.

Como se sabe en la operación del cambio después de haber cosechado los cátodos refinados y los ánodos corroídos, la celda queda sólo con electrolito que viene a ser el ácido floursilícico o solución de Flúorsilicato de Plomo. La celda a cambiar primero es cargada con cátodos de arranque recién salidos de olla chica, una vez puestos estos mediante el gruero se coloca los ánodos nuevos o los provenientes de la Fundición, luego se busca dar una separación cátodo ánodo apropiada. A partir del momento en que se saca el puente que permite aislar la celda de la energía eléctrica a la celda a la cual se le hace el cambio, se le toma el conteo del tiempo de corrosión del ánodo y que debe ser aproximadamente cuatro días es decir 96 horas.

El ánodo corroído o SCRAP tiene una masa de 48% de la masa original, estos ánodos corroídos tienen adherido en sus paredes un lodo o slime en forma de esponjas en el cual se encuentra ocluido ácido floursilícico.

La concentración inicial de ácido floursilícico en el lodo según datos obtenidos es de aproximadamente de 300 a 400 g/L.

La corrosión del ánodo se da según la siguiente reacción:

Reacción en el ánodo-Oxidación



Reacción en el cátodo-Reducción



2.2.3.- LAVADO DE ANODOS

a) GENERALIDADES

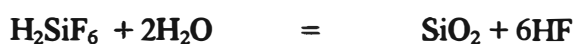
La corrosión anódica retiene grandes cantidades de ácido y plomo en el lodo o slime, y debido al alto costo de obtener ácido floursilícico ya sea importado o producirlo en la Oroya se desarrolló un método denominado

"LAVADO POR INMERSION EN CONTRA-CORRIENTE" o DIP WASHING".

Este lavado consiste en sumergir los ánodos que han cumplido su ciclo de corrosión en las celdas de producción en cuatro etapas de lavado de 16 horas como promedio de inmersión, transcurrido ese tiempo se cambia a la segunda etapa y así sucesivamente hasta llegar a la cuarta etapa de lavado.

El tipo de circulación para el lavado es a contracorriente para el primer día se utiliza electrolito gastado y contiene un aproximado de 115 g/L a 128 g/L. Esta diferencia de concentración es necesaria para evitar la hidrólisis la que podría ocasionar severas pérdidas de ácido y plomo.

Estas reacciones son:



b) PRIMERA ETAPA DE LAVADO (PRIMER DIA)

Esta etapa consiste en un lavado con electrolito gastado en un tiempo de residencia aproximado de 16 horas, la carga a lavar tiene desde 130 a 134 ánodos corroídos distribuidores en 17 celdas, como se sabe estos ánodos provienen de las celdas de producción después de haber cumplido cuatro días de deposición catódica.

El flujo de lavado es de 12 a 14 galones por un minuto la concentración de plomo esta entre 58 a 95 g/L y la acidez total entre 107 g/L a 118 g/L.

c) SEGUNDA ETAPA DE LAVADO (SEGUNDO DIA)

Esta etapa consiste en un lavado con electrolito proveniente del tercer día de lavado y del electrolito gastado que se almacenan en un tanque, el flujo es de 6 a 7 galones por minuto, la concentración de plomo está

entre 47 a 70 g/L, la acidez total esta entre 75 a 105 g/L, la carga proviene del primer día de lavado.

d) TERCERA ETAPA DE LAVADO (TERCER DIA)

Esta etapa consiste en un lavado de solución proveniente del cuarto día de lavado en 17 celdas con el mismo tiempo que la etapa anterior. La carga de ánodos provienen del segundo día de lavado, el flujo es de 0,5 a 2 galones por minuto; la concentración de plomo es de 26 g/L a 60 g/L y la acidez total es de 30 g/L a 95 g/L.

e) CUARTA ETAPA DE LAVADO (CUARTO DIA)

Esta etapa consiste en un lavado con agua condensada en 17 celdas con un promedio de 16 horas a 50°C permaneciendo o residiendo en la celda, la carga proviene del tercer día de lavado, el flujo de circulación es de 30 metros cúbicos por día. La concentración de plomo es de 6 a 27 g/L, acidez total es 6 a 30 g/L.

2.2.4.- DIAGRAMA ACTUAL DEL PROCESO DEL LAVADO DE ANODOS

VER DIAGRAMA A CONTINUACIÓN.

2.2.5.- EQUIPOS DE BOMBEO.-

Según el diagrama mostrado existen dos bombas en el sistema de lavado, que son las Bombas de primer día de lavado y segundo día de lavado con las siguientes características:

Bomba Labour completa

Size: 15 IN: 2,1 / 2 x 2 -1/2

Model: DPL

Serial: N° -A-41-73

Base: 158-H-6

Caudal: Q= 60 GPM (galones por minuto)

Altura: H= 24 pies

Proveedor: THE LABOUR PUMP CO. INC - USA

2.3.- DESCRIPCION DE LA REMOCION DE LODOS

ANODICOS

2.3.1.- GENERALIDADES.-

Los ánodos, luego del proceso de lavado en contracorriente, son expuestos a un lavado con chorros de agua a alta presión 5171025 Pascales (N/m²) con el fin de extraer el lodo adherido sección de pre-tratamiento, para finalmente ser transportados a la planta de RESIDUOS ANODICOS para la recuperación de valores metálicos, tales como: Au, Ag, Bi, etc.

Los desechos metálicos, ó mejor dicho desechos del ánodo de lavado que constituyen alrededor del 45% del peso original de este, son retornados a la Fundición de plomo para ser remoldeados.

2.3.2.- MAQUINA LAVADORA DE SCRAP

La presión operativa de la bomba de alta presión está comprendida entre 600 a 800 psi, de marca WORKINGTON. El scrap o carga de ánodos después del cuarto día de lavado es llevado a la lavadora de scrap que consiste en una bomba de alta presión y una transportadora de cadena, de tal manera que los

ánodos sujetos por medios de sus orejas en estas se transportan en un plano horizontal, luego son elevados en un plano vertical y sujetadas las orejas por medio de uñas, de tal manera que en ese instante toman contacto con el agua de lavado que previamente pasa por un sistema de sprays, dándole una fuerza que permite desprender el lodo del ánodo, este lodo cae a un depósito y luego es bombeado a la Planta Slime. Luego los ánodos bajan por medio de las cadenas y sujetadas por las uñas para ser recepcionados y almacenados en cajones, para luego ser cargados a los carros de scrap y ser llevados a la Fundición de plomo.

2.4.- ELECTROWINNING

Este proceso tiene como objetivo disminuir el contenido de plomo en el electrolito mediante el uso de celdas liberadoras, estas celdas son similares a las celdas electrolíticas, sólo que en lugar de llevar ánodos de plomo lleva ánodos de grafito (Insoluble). Al paso de la corriente, el plomo contenido en el electrolito se deposita en el cátodo y como el ánodo es de grafito ya no entra más plomo en solución, se deposita en el cátodo y de esta manera baja su concentración en el electrolito.

Cada celda liberadora lleva 40 cátodos de plomo que colocados de 2 en 2 hacen 21 polos, la distancia de un par a otro es de 8 pulgadas y entre ellas se coloca una varilla de cobre con cinco tubos de grafito que actúan como ánodos, en total hay 20 varillas con sus respectivos 5 carbones. El tiempo de operación es de 48 horas. La renovación o limpieza de electrodos se hace en forma alternada; un día se cambian cátodos y otro se limpian los carbones que sirven de ánodos.

NOTA: ESTE PROCESO DE ELECTROWINNING YA NO SE APLICA DESDE VARIOS AÑOS EN LA REFINERIA DE PLOMO DE LA OROYA.

TABLA N° II.4

CONCENTRACIONES DE DÍAS LAVADO (g/L)

1 DÍA DE LAVADO		2 DÍAS DE LAVADO		3 DÍAS DE LAVADO		4 DÍAS DE LAVADO	
PLOMO	ACIDEZ TOTAL	PLOMO	ACIDEZ TOTAL	PLOMO	ACIDEZ TOTAL	PLOMO	ACIDEZ TOTAL
95,36	98	49,7	67	32,5	44	12,4	17
54,0	111	45,9	59	23,9	31	28,2	35
55,2	112	50,9	78	37,3	35	1,4	3
59,8	114	49,2	71	28,8	36	5,3	7
66,4	115	55,9	79	35,6	52	16,2	24
51,1	111	91,8	120	32,5	43	3,9	5
98,9	137	59,3	84	25,8	37	7,6	10
54,3	113	59,0	84	26,7	34	5,7	9
50,2	111	55,0	77	45,9	62	12,4	18
50,7	111	55,9	78	37,3	44	8,6	10
59,0	115	58,0	87	28,0	36	8	9
63,6	117	58,3	94	86,5	100	26,3	31
69,5	125	64,8	104	50,2	90	6	8
94,6	138	67,4	105	38,7	63	14,8	23
60,2	119	68,8	95	49,7	65	15,8	21
57,0	119	67,0	88	42,0	58	16	19
49,2	114	58,8	77	29,2	32	10	14
58,8	120	60,5	77	44,2	55	11,8	15
51,5	114	55,4	82	31,1	42	6,2	6
73,1	123	50,4	92	28,0	46	8,4	9
54,9	116	56,0	96	30,1	42	10,6	12
63,3	122	55,4	104	56,4	84	21,3	29
52,9	115	18,7	91	28,3	48	10,4	13
81,5	132	62,2	109	29,1	49	9,5	14
72,5	129	110,6	214	57,1	82	7,8	10
68,9	124	62,7	106	39,2	61	14,6	20
88,1	132	76,7	113,5	43,6	76	12,3	20
93,0	138	51,8	104	31,6	49	10	11
65,98	119,36	60,93	94,13	36,24	53,43	11,48	15,07

TABLA N° II.5

ANÁLISIS DEL ELECTROLITO (g/L)

PLOMO	ACIDEZ LIBRE	ACIDEZ TOTAL
51,1	68	108
51,8	64	109
50,2	64	108
51,2	65	108
49,8	67	109
49,0	68	110
49,7	73	110
50,9	73	111
49,5	69	110
50,2	68	111
49,6	69	110
48,4	69	11
48,6	71	113
50,2	70	114
49,9	72	113
50,6	72	114
50,3	70	114
49,2	71	114
49,6	71	114
49,6	70	113
51,5	71	114
52,7	71	116
50,4	69	114
50,1	71	114
49,3	69	114
49,3	70	113
52,0	71	114,2
52,4	72	115,8
50,25	67,32	112,11

2.5.- CONCLUSIONES

- 1.- En el proceso actual de lavado debe haber una separación ánodo apropiada (1 a 2) cm, para que haya un buen contacto entre el electrolito y/o solución con agua condensada con ambas caras de ánodo y así extraer una mayor cantidad de ácido.
- 2.- El actual método de lavado se puede modificar de tal manera que los ánodos sean raspados mecánicamente y así recuperar el lodo y diluirlo este en un tanque, de tal manera que los ánodos estén totalmente libre de lodos y como consecuencia recuperar ácido fluorsilícico.
- 3.- El método propuesto es el lavado y sedimentación a contracorriente usando una cantidad de espesadores y empleando floculantes, permitiendo una mayor y óptima recuperación de ácido fluorsilícico y reducir el contenido de plomo en los lodos anódicos.
- 4.- Con una relación de agua de lavado con sólidos de 1 en 1, se puede extraer plomo en un 85%, siendo este enviado a la Refinería.

3.- PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ACIDO FLUORSILICICO

3.1.- MATERIAS PRIMAS

3.1.1.- FLUORURO DE CALCIO (CaF₂)

La masa molecular es de 78,08, en estado puro es un compuesto cristalino (cúbico) incoloro; con punto de fusión de 1360°C y densidad 3,18, con brillo vitrio y con capacidad calorífica entre 0,871 y 0,888 Joule / mol x °K.

Existen grados de fluoruro de calcio de tipo ácido, cerámico metalúrgico.

La calidad del fluoruro de calcio de tipo ácido es de 97,5 a 98%, conteniendo 1,0% como límite máximo de SiO₂ y de 0,05% de azufre.

El Fluoruro de calcio para cerámica es blanco y contiene no menos de 95% de CaF₂ ni más de 3,0% de SiO₂ y 1,0% de CaCO₃, El fluoruro de calcio de tipo metalúrgico no debe ser menos del 60% (con menos 2,5 veces el contenido de SiO₂).

3.1.2.- ACIDO SULFURICO (H₂SO₄)

La masa molecular del H₂SO₄ es de 98,02, es un líquido oleáceo corrosivo, incoloro, de densidad 1,8357 y punto de ebullición 270 °C a 0 °C, se solidifica en láminas cristalinas que funden a 10,5 °C.

El ácido sulfúrico empleado en la planta de ácido fluorsilícico de la Oroya, es fabricado por el método de las cámaras empleando los gases de tostación de sulfuros.

3.1.3.- SILICE (SiO₂)

Proviene de las rocas ígneas que varían en su composición desde las dumitas situadas profundamente y cuyos constituyentes son en gran parte ortosilicatos, pasando por los basaltos y piroxenitas, formadas por minerales que son principalmente metasilicatos y llegando hasta las rocas graníticas más silíceas y al cuarzo de vena que surgen en la superficie.

Existen otras rocas formadas por meteorización de las ígneas, incluyendo arcillas areniscas, arena de playa todas ellas son de sílice o silicatos.

Existen 3 especies cristalinas de sílice: Cuarzo, Tridamita y Cristobalita cada una de ellas es polimorfica con formas estables a temperaturas diferentes.

A temperatura ordinaria es estable el cuarzo alfa transformándose a cuarzo beta que es estable a 573 °C y a 867 °C se transforma en tridimita hasta llegar a la cristobalita el cual se transforma a 1470 °C hasta llegar al punto de fusión de 1713°C.

La sílice en todas sus formas es resistente a los agentes químicos a diferencia del cuarzo que es insoluble en todos los ácidos excepto en el ácido fluorhídrico (SiF₄) .

3.2.- ECUACIONES QUIMICAS

El proceso de obtención del ácido fluorsilícico se divide en dos etapas:

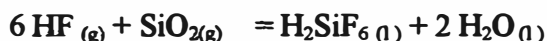
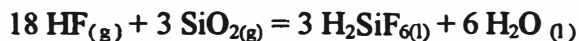
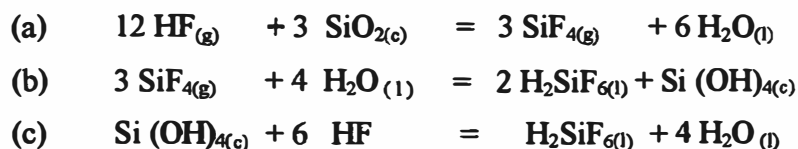
Primera etapa:

La reacción del fluoruro de calcio (cristal) con el ácido sulfúrico (líquido) más calor, produce ácido fluorhídrico (gas) y sulfato de calcio (cristal) y se expresa:



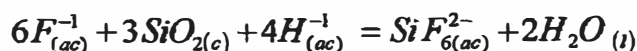
Segunda etapa:

La reacción de absorción entre el ácido fluorhídrico con la sílice (cristal), para producir ácido fluorsilícico, produce reacciones intermedias que son:



La reacción (c) tendrá lugar debido a un exceso de HF que se hará pasar en la operación de absorción para eliminar el $\text{Si}(\text{OH})_4$ y producir solamente H_2SiF_6 y H_2O .

Para los cálculos termodinámicos se hará uso de la forma iónica de la ecuación que forma el ácido fluorsilícico, siendo la siguiente:



3.3.- PRODUCCION DEL ACIDO FLUORSILICICO

Intervienen tres equipos principales, que son el horno reactor, el condensador y la batidora.

3.3.1.- HORNO REACTOR

En el horno reactor reacciona el ácido sulfúrico (98.5%) con la fluorita (CaF_2) obteniéndose ácido fluorhídrico y sulfato de calcio, con desprendimiento de Dióxido de carbono.

Fluorita CaF₂

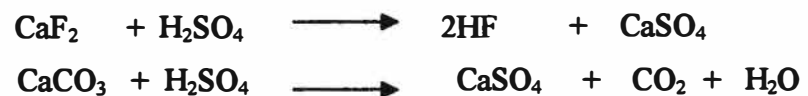
Masa Molecular	78,08
Punto de fusión	1360 °C
Densidad	3,18 g/L

Análisis químico de Fluorita

CaF ₂	97% mínimo
SiO ₂	1,5% máximo
CaCO ₃	1.7%

Ácido Sulfúrico

Masa Molecular	98,08
Concentración	98,5%

Reacción Química**3.3.2.- CONDENSADOR**

El volumen del condensador es de 1194 litros, en este se realiza la reacción de absorción del ácido fluorhídrico (HF) en el agua, teniéndose como reacción principal:

**3.3.3.- BATIDORA**

El ácido fluorhídrico acuoso proveniente del condensador es vertido a la batidora teniendo un volumen aproximado de 1,2 m³ de solución, teniéndose como reacción principal:



4. OPERACIÓN DEL CAMBIO EN LA REFINERÍA DE PLOMO DE LA OROYA

4.1.- OBJETIVO

Describir las operaciones actual del cambio que consiste en sembrar láminas nuevas y cosechar láminas de plomo con peso agregado, además de brindar mediante diagramas las funciones de cada uno de los operarios.

4.2.- PROLOGO

El presente trabajo es una la descripción de las operaciones fundamentales en la Refinería de Plomo y que son:

- Cambio
- Moldeo de barras y/o blocks
- Moldeo de láminas o cátodos
- Lavado de scrap
- Lavado de varillas
- Reparación de celdas
- Centrifugado
- Enflejado
- Balanza o Pesado de Plomo Refinado
- Cargado, descargado y operaciones con el gruero de guardia.
- Circulador
- Operador de Planta ácido.

4.3.- EL CAMBIO

La operación del cambio se inicia en la guardia de 12am-8am aproximadamente a las 12.30 a.m. y requiere 7 trabajadores que ocupan las siguientes funciones:

Un separador, un juntador, dos centradores, un jalador de varillas y dos grueros (uno de cátodos y el otro de ánodos).

4.4.- FUNCIONES

4.4.1.- SEPARADOR

El separador manipula una carga de ánodos que salen del depósito enviado por el separador y desengancha la carga sobre la pegadora.

El separador pega cada ánodo maniobrando el push bottom hasta pegar 40 ánodos, luego hace uso de la separadora que tiene una separación normalizada de 10 cm. hasta completar los 40 ánodos, los defectuosos son golpeados con un martillo en la parte inferior, los que están en mal estado se les separa para almacenarlo y considerarlos como ánodos defectuosos.

El separador engancha y desengancha la carga de ánodos respecto al gancho de la grúa N° 3 ánodos.

En la guardia de 12am-8am, de 5am-6am, el separador apoya en el enganchado de su carga desde el depósito hacia la pegadora.

4.4.2.- JUNTADOR

El juntador manipula la máquina denominada Juntadora que se encarga de juntar los ánodos corroídos provenientes de la celda al cual se le está realizando el cambio, se busca completar un total de 129 a 134 ánodos, estos al ser juntados forman un cajón grande que van a ser elevados por medio de la grúa N° 3 al primer día de lavado.

La juntadora consta de dos cadenas y una placa de hierro que se encarga de juntar los ánodos.

El juntador desengancha la carga de ánodos llevada a la juntadora cuando se completa un cajón grande, en coordinación con el gruero, engancha la carga y es llevada por éste al primer día de lavado, en el cual el juntador desengancha la carga y engancha otras cargas del primer día para, ser llevado al segundo día, así hasta el cuarto día en el cual el gruero la carga para que esta sea lavada.

El juntador limpia la celda que está con slime llevándolo a un cilindro.

4.4.3.- JALADOR DE VARILLAS

El jalador de varillas manipula la vaciadora previamente saca las varillas de los cátodos cosechados.

La carga llevada por este es llevada a una celda de enjuagado el cual tiene por finalidad recuperar parte del ácido en los cátodos y ser limpiado por medio del jalador de varillas quien utiliza una escobilla para sacar impurezas impregnadas en el cátodo.

El jalador de varillas manipula u opera la vaciadora buscando que la carga de ésta inmediatamente sea introducida a la olla y así evitar sobrecargarla provocando rotura de cadena. El jalador de varillas debe coordinar con el gruero de cátodos y el supervisor sobre la olla a cargar, dependiendo de la temperatura de éstas, de esta forma la vaciadora puede cambiar de ubicación de olla en olla debiendo ser llevada por la grúa 4.

El jalador de varillas debe coordinar con el gruero la instalación de la campana y poner en funcionamiento el BAG HOUSE, colocar la bomba para bombear plomo líquido y bombear olla a olla e instalar la bomba de moldeo, coloca la batidora para realizar el pre-refinado de la olla en el cual se va a refinar, además de enganchar y desenganchar canastillas de varillas. El jalador de varillas debe trabajar con hornero para que la bomba sea calentada con petróleo en caso se encuentre escarchada y controlar los quemadores.

4.4.4.- CENTRADORES

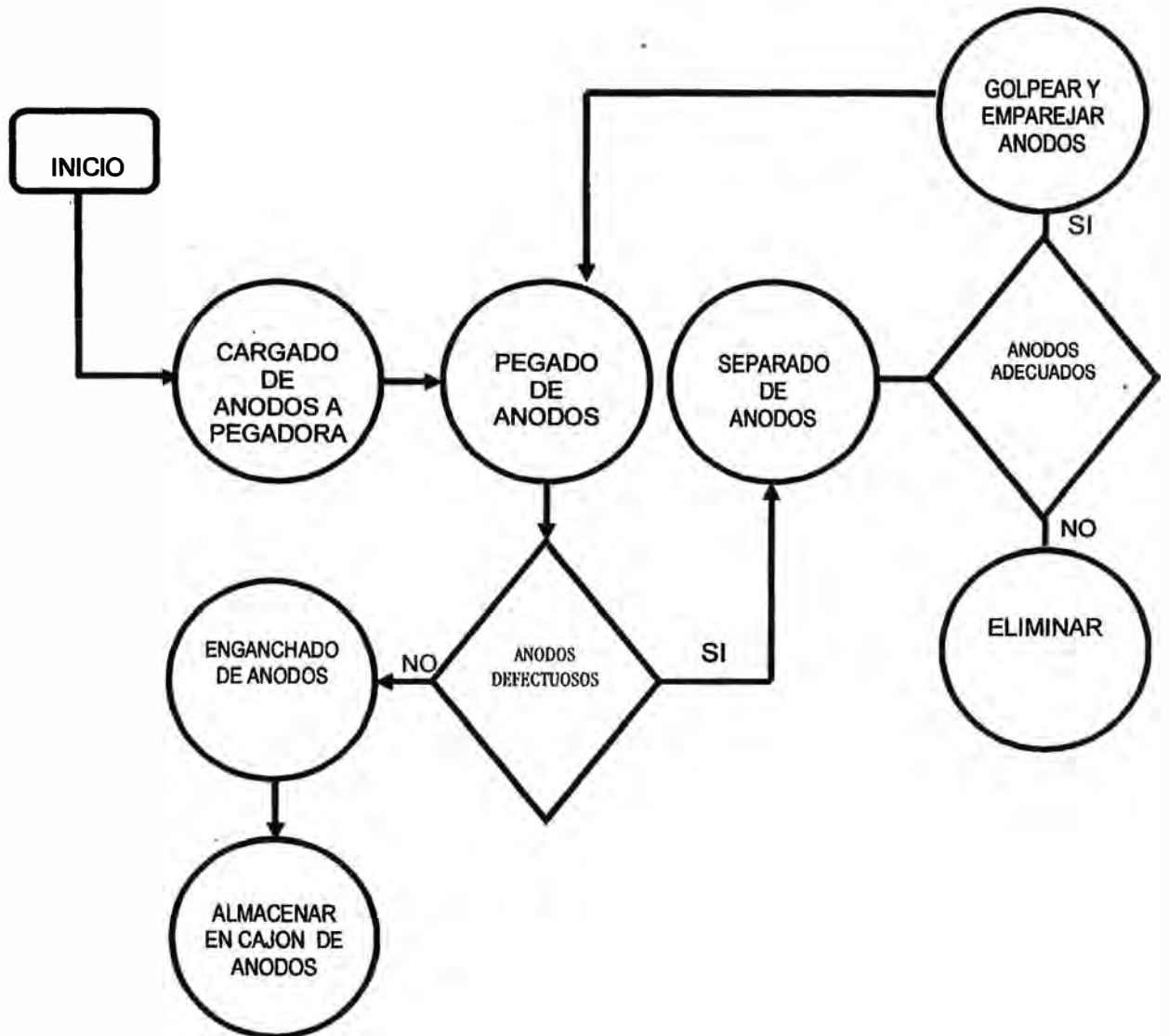
Son dos operarios que se encargan de enganchar la carga de cátodos cosechados y ánodos corroídos y desenganchar la carga de cátodos y ánodos nuevos, es decir éstos se encargan de sembrar y cosechar cátodos y/o ánodos, además enderezar las láminas de cátodos nuevos con dos tablas, limpiar las planchas de cobre con agua y/o aceite emulsol con una escobilla de tela, centran los cátodos para que los ánodos y cátodos al ser puestos estén frente a frente, verificar los contactos y previamente a lo dicho colocan los puentes de las celdas a cambiar trabajando con

4 puentes, es decir; la colocación de estos en dos celdas (dos en dos).

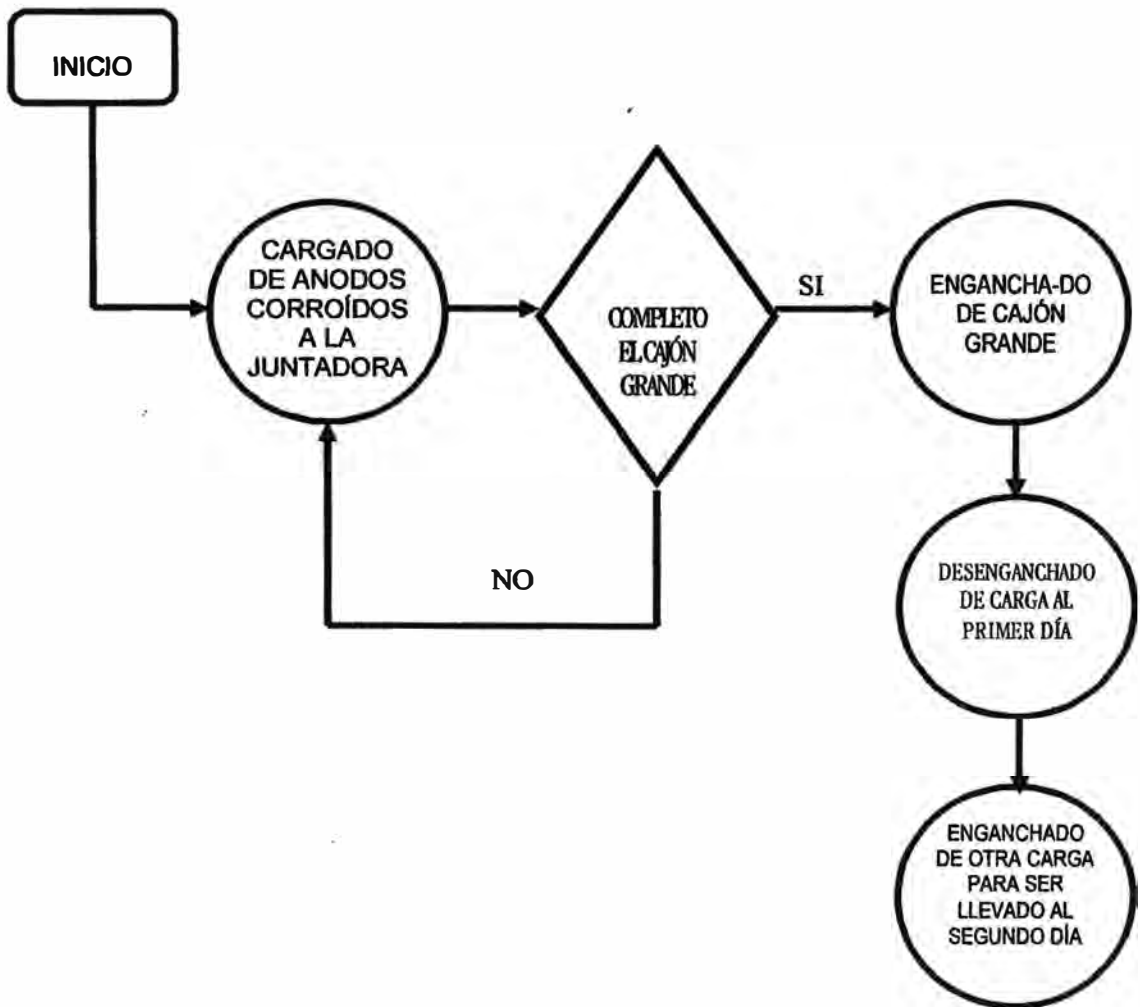
Si hay cátodos caídos dentro de las celdas, los centradores mediante un gancho especial se encargan de sacarlos con la grúa. Los centradores trabajan con los dos gueros (el de ánodo y cátodo).

4.5 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LAS OPERACIONES

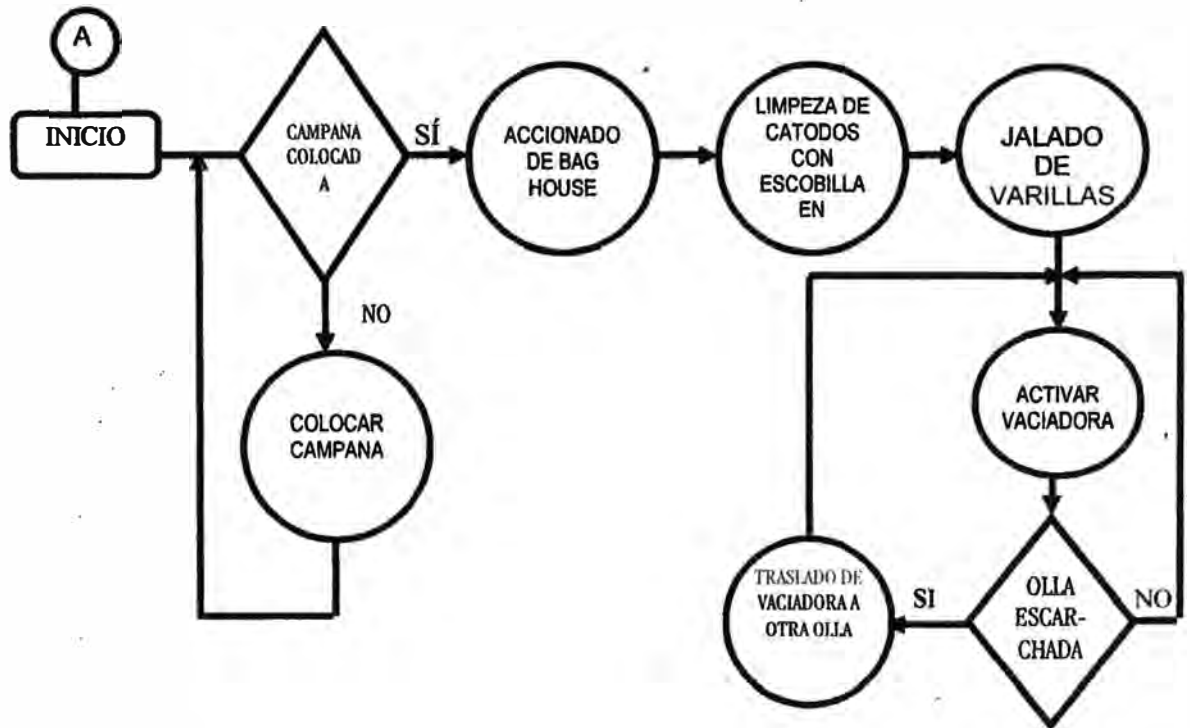
4.5.1 SELECCIÓN Y SEPARACIÓN DE ANODOS NO CORROIDOS



4.5.2 MANIPULEO DE ANODOS CORROIDOS A LA CELDA DE LAVADO



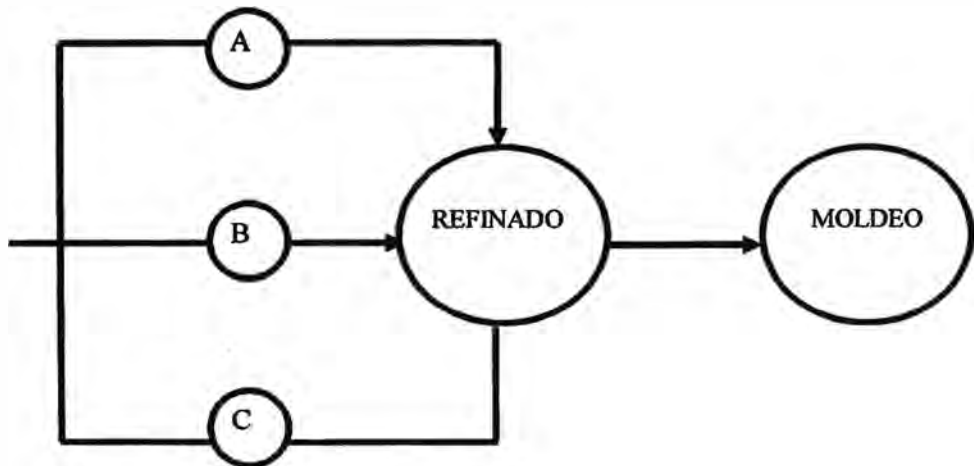
4.5.3 ALIMENTACION DE CATODOS DE PLOMO A OLLA DE FUSION



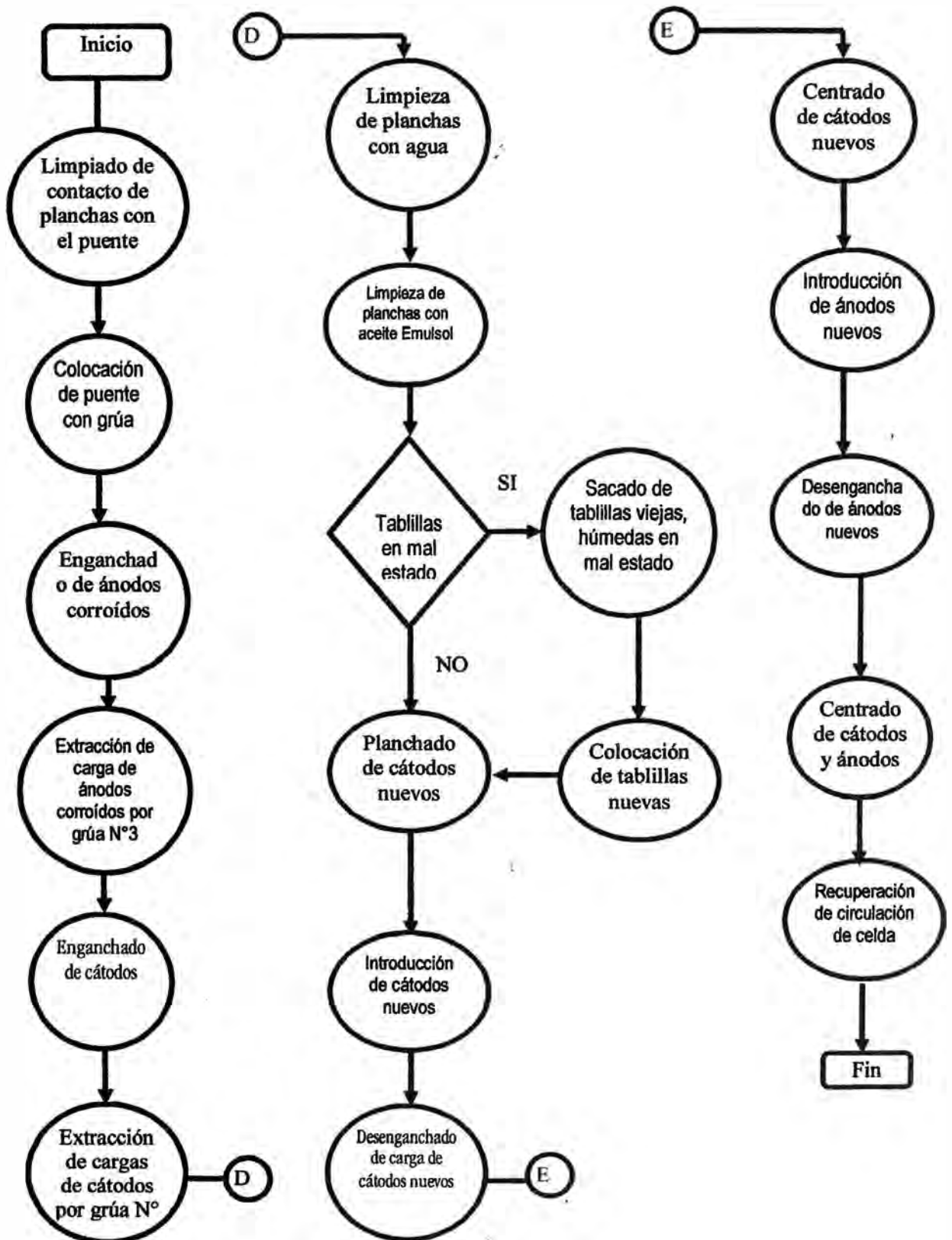
4.5.4 ACONDICIONAMIENTO DE BOMBA PARA PLOMO LIQUIDO



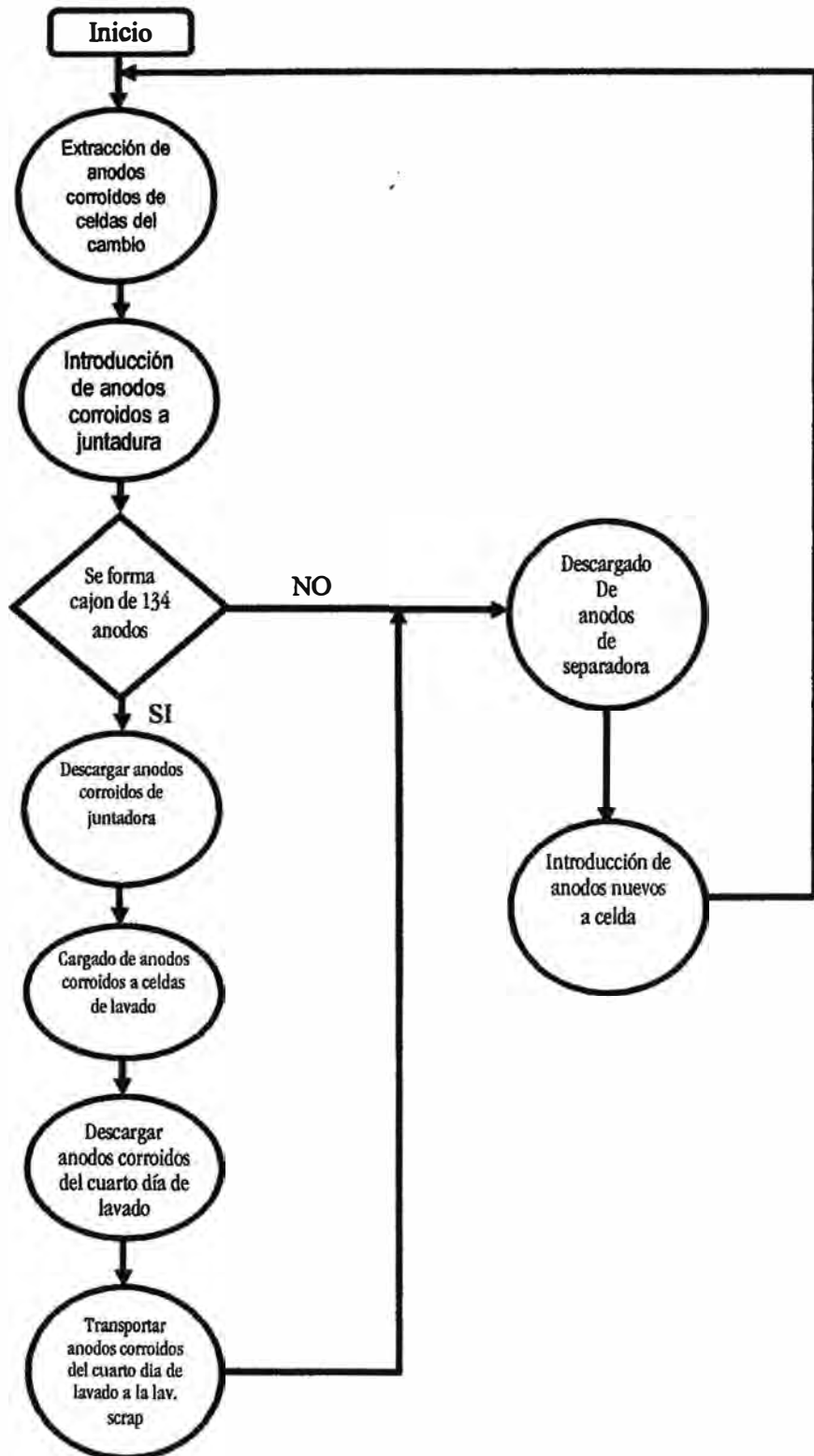
4.5.5 REFINADO CON BATIDORA



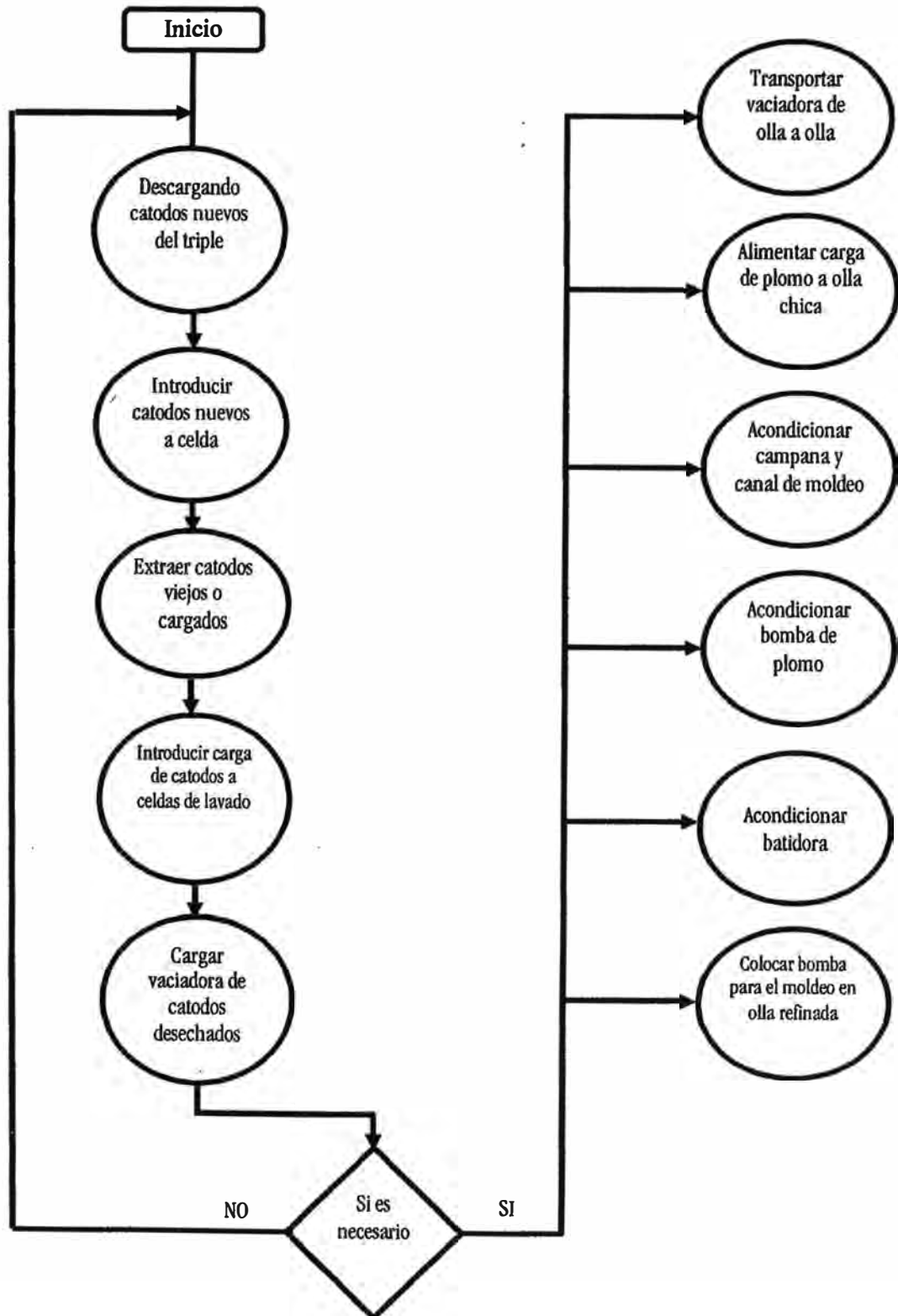
4.5.6 SEMBRADO DE CATODOS Y ANODOS NUEVOS NO CORROÍDOS



4.5.7 MOVIMIENTO DE ANODOS EN EL CAMBIO ACTIVIDADES DE GRUERO DE ANODOS



4.5.8 MOVIMIENTO DE CATODOS PARA LA REFINACION ACTIVIDADES DEL GRUERO DE CATODOS



4.6.- CONCLUSIONES

- 1.- Implementar canastillas para que los centradores extraigan elementos flotantes del electrolito**
- 2.- Establecer un nuevo estudio de métodos tomando en cuenta los tiempos de operación de los grueros.**
- 3.- Los equipos y/o máquinas deben estar en buenas condiciones o con un eficiente mantenimiento preventivo para que no haya paralizaciones en el cambio.**

CAPITULO III

AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA REFINERIA DE PLOMO

1.- **CONSIDERACIONES GENERALES**

La experiencia vivida en la Refinería de Plomo en el periodo de Marzo 1993 a Diciembre 1994 me permitió observar el manejo organizativo - administrativo y operativo de ésta. Por tanto, en el contexto de optimización de los procesos llegué a la conclusión de que es necesario aplicar una política consistente en "evitar los problemas", frase que impera actualmente, siendo necesario para ello cambiar ciertos paradigmas que aún conviven en las labores administrativas y operativas en esta Refinería de plomo y quizá en las demás unidades de DOE RUN S.R.L. (EX CENTROMIN PERU)

El presente informe presenta las siguientes partes:

- 1.- Administración actual.
- 2.- Operaciones actuales
- 3.- Administración óptima
- 4.- Operaciones óptimas

De lo anterior se puede afirmar que una organización y administración eficiente evita los problemas al máximo reduciendo considerablemente los costos y la pérdida de tiempo que ocasiona solucionar un problema que se puede prevenir.

Los procesos y las operaciones mejoraran cuando exista una Organización y Administración que aplique un Sistema de Gestión de Calidad.

OBJETIVO

Describir el manejo operativo administrativo actual en la refinería de plomo y dar soluciones y sugerencias para optimizar la administración y operación reduciendo costos.

1.1 ADMINISTRACION ACTUAL

Las cuatro funciones fundamentales de la Administración son: Planeación, Organización, Ejecución y Control las mismas que están relacionados con la coordinación.

1.1.1 COORDINACION

Sabemos que la coordinación está relacionada con la organización, planeación, ejecución y el control, ésta ayuda a

obtener resultados máximos en un grupo de trabajo mediante una combinación de actividades, estimulando a que el grupo participe y así lograr que cada miembro comprenda y acepte los objetivos.

La Refinería de plomo posee una administración caracterizada por una coordinación deficiente donde no existe estimulación al grupo y carece de una coordinación eficiente de actividades referentes al mantenimiento y operaciones. Un ejemplo son los servicios (vapor-aire), donde muchas veces para el moldeo de blocks o barras, y la enflejadora, no se sabe que Homo Asarco, está operando. Esto prueba que no hay coordinación en los niveles directrices de planta y por lo tanto no se puede planificar las horas que deben operar las compresoras y en que momento disponer de una o más, ya que generalmente están paradas o malogradas.

Desde el punto de vista organizativo existe un libro de instrucciones en el cual la jefatura delega a los supervisores ciertas acciones como la ejecución y el control, relacionados a la coordinación las cuales sí se cumplen regularmente.

1.1.2 PLANEACION

Goetz ha dicho que planear es "Hacer que ocurran cosas que, de otro modo no habrían ocurrido".

Uno de los principios de la planeación es la precisión, es decir los planes no deben hacerse con afirmaciones vagas y genéricas. Esto es justo lo que ocurre en la refinería plomo donde se planifican actividades como el limpiado de celdas, con tal suerte de imprecisiones, que no se dispone de botas apropiadas, estrobo y en algunos casos cilindros vacíos, este último defecto en proceso de corrección.

No obstante es necesario reconocer que existen algunas estrategias interesantes dirigidas a mantener el funcionamiento continuo de la refinería como es la disposición de personal perteneciente a la cooperativa que ha sido capacitado

previamente para efectuar operaciones de laminado de cátodos con cuadrillas armadas en caso de ausentismo de los trabajadores en ciertas fechas el año como Navidad y Fiestas Patrias.

No contar con un plan que tenga un objetivo claro es una debilidad de la unidad, el cual se refleja por un desconocimiento y falta de comunicación referentes a las tareas a realizar en la planta . En ocasiones el supervisor es enterado de éstas por otros medios.

1.1.3 ORGANIZACIÓN

Una buena organización requiere planeación. El trabajo, como base de la organización, está definido como resultado de ésta planeación. Una deficiencia a este nivel conlleva a un mal trabajo. Por ejemplo, en mantenimiento mecánico, la planificación es improvisada y como consecuencia el trabajo será deficiente.

Otro punto importante en una buena organización es dar oportunidad para que los trabajadores que conocen muy bien su trabajo den sugerencias, para mejorar algunos procesos en puestos claves como: guero, centradores, lavaderos de scrap, etc. El lugar de trabajo deja mucho que desear en lo que se refiere a la contaminación en la planta . El BAG HOUSE no es muy eficiente en la acumulación de polvo de plomo y con frecuencia se quema plomo en los hogares de las ollas, ocasionando polución y contaminación de alto grado.

1.1.4 EJECUCION

La ejecución es hacer que todos los miembros del grupo se propongan lograr el objetivo de acuerdo con los planes y la organización hechos por el jefe administrativo.

Si los planes y la organización tiene deficiencias como los hay actualmente la ejecución va a ser de igual forma deficiente. Puede mejorar el trabajo en lo que se refiere a la calidad y

cantidad si los pasos previos a la ejecución funcionan correctamente.

Las relaciones humanas en la refinería de plomo están íntimamente ligadas a la ejecución

1.1.5 CONTROL

Sí hay perfecta planeación, organización y ejecución el control será simple. Pero como estas funciones previas al control son imperfectas entonces el control toma importancia siendo completo.

El control es una actividad dinámica esencial par aprovechar eficazmente los factores administrativos.

En la refinería de plomo controlamos los siguientes factores:

- Cantidad
- Calidad
- Empleo del tiempo

Deberíamos tener ciertas herramientas informativas para poder controlar el costo que es controlable en forma indirecta.

Los supervisores tenemos ciertas normas o bases para el control como la cantidad de barras a moldearse por guardia, el número de cargas o láminas de cátodos a producir, la cantidad de cátodos a sembrar y cosechar.

La calidad de cátodos cosechados así como de las barras de plomo, láminas de cátodos, etc.

Nosotros usamos la vista como un instrumento de control porque la refinería de plomo no tiene instrumentos para controlar la temperatura del plomo a refinar, no existe un sistema de control de las bombas de electrolito, control de niveles, control de peso por celda de cátodos que se cosechan.

Lo que si se puede controlar en cierta medida son los voltajes por blocks y así determinar los cortocircuitos u otros defectos y aplicar las medidas correctivas.

1.1.6 RELACIONES HUMANAS

Las relaciones humanas en la Refinería de plomo no son apropiadas. Aquí el Supervisor que habla más palabras soeces u ofensivas al trabajador es visto como eficiente.

Al trabajador nuevo hay que capacitarlo y aplicar estrategias para que se encuentre en permanente motivación.

Sabemos que existen trabajadores que tratan de evitar el trabajo, en este caso se deben aplicar medidas correctivas, siendo para ello necesario el apoyo de la jefatura para crear un clima de autoridad.

Por otro lado, no hay condiciones agradables de trabajo para los trabajadores debido al deficiente funcionamiento del sistema de ventilación - BAG HOUSE.

Se debe buscar tratar a los trabajadores haciendo énfasis en la motivación estimulando el progreso y mejoramiento e infundiendo deseos de superación, y reconociendo el trabajo bien hecho cuando este lo está.

Es necesario desterrar la filosofía del "todo está mal" aún habiendo realizado un buen trabajo.

1.1.7 COMUNICACIÓN

Si bien es cierto que los jefes inmediatos como el asistente o el Jefe de Planta delegan funciones u ordenes a los Supervisores, ya sea en forma verbal o indirectamente a través del Libro de Instrucciones, esta resulta ser una comunicación deficiente no cumpliéndose todas las condiciones necesarias ; tales como:

1.- Información amplia

No existe amplia información acerca de las operaciones en la refinería, por tanto el supervisor no está al tanto de los costos y los planes acerca del manejo de ésta, Información que debería manejar.

2.- Confianza Mutua

Existe con el Asistente, pero el jefe superior directo no es muy comunicativo e indiferente a los buenos resultados, desmotivando de esta manera al trabajador para que mantenga un nivel de permanente éxito.

3.- Campo común de experiencia

No se comparte las mismas ideas.

No hay reuniones de coordinación periódicamente para establecer planes de trabajo para el buen manejo de la planta.

En algunas oportunidades el supervisor se entera de una actividad en planta por medio de terceros.

Pero esto puede mejorar con facilidad solo buscando cumplir las condiciones básicas para la comunicación.

1.2 OPERACIONES ACTUALES EN LA REFINERIA DE PLOMO

Las operaciones que actualmente se realizan en la refinería de plomo reflejan el tipo de administración que tiene.

1.2.1 EN RELACION AL MANTENIMIENTO

Uno de los problemas fundamentales acerca de los equipos y máquinas, en la refinería es esperar a que estos se malogren para recién tomar acción.

No existe respuesta apropiada o equipos o máquinas en stand by para poder reemplazar a los que se malogren.

Frecuentemente los quemadores de ollas sufren problemas de suciedad requiriendo un cambio de inmediato pero al no haber quemadores de repuesto se tiene que sacar el que está operando para ser limpiado, ocasionando retraso en las operaciones y enfriamiento del plomo que está calentando ocasionando pérdidas de combustible.

En otra oportunidad el petróleo se combinó con agua ocasionando que los quemadores se obstruyesen y tengan

problemas en el soplado, ante este problema la jefatura no ordenó tener quemadores listos para su cambio y tampoco hubo coordinación con Mantenimiento Mecánico.

Muchas veces no hay filtros para evitar problemas con el quemador.

La falta de respuesta o asistencia mecánica oportuna retrasa las operaciones en promedio de 2 a 4 horas, ocasionando la necesidad de programar horas extras y como consecuencia un incremento de costos para poder cumplir con la producción diaria establecida.

Los problemas en la parte mecánica son por lo general:

- Falta de repuestos
- Deficiente supervisión en el arreglo de equipos, estos se vuelven a malograr al poco tiempo.
- Falta de coordinación entre Jefe de Planta y Jefe de Mantenimiento mecánico.

1.2.2 EN RELACION AL PERSONAL

No hay una buena distribución de personal. En muchas ocasiones durante 4 días seguidos no se contó con el guero de guardia ni con un capataz para la revisión, estando en desventaja en relación a los otros guardias.

No hay oportunidad para que otros trabajadores aprendan funciones claves como:

- Manejo de grúa.
- Manejo de gancho neumático para barras de plomo.
- Centrades en el cambio.
- Separadores y Juntadores.
- Lavadores de Scrap.

En lo que se refiere en Planta de Ácido se ha dado oportunidad a varios trabajadores.

1.3 ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA OPTIMA

Hacer énfasis en la Coordinación para llevar a cabo una buena planeación, organización ejecución y de esta forma el control sea óptimo.

Se debe coordinar con los Supervisores - Trabajadores - Jefe de Mantenimiento Mecánica - Eléctrico - Servicios encargados de trabajadores de Cooperativas Metalurgistas a fin de evitar muchos problemas, atacando las causas que lo producen, siendo necesario para este propósito romper los paradigmas con los cuales se conviven.

SUGERENCIAS

- Se debe disponer de un mecánico exclusivo para Refinería de plomo tomando en cuenta que cada día que pasa la planta se deprecia más y existe mayor frecuencia de problemas de equipos y máquinas.
- El mecánico debe permanecer en planta y estar supervisando y chequeando todos los equipos y máquinas e informar al Jefe de Guardia sobre posibles fallas que pueden ocurrir y así esté en coordinación con el mecánico tomar las medidas del caso.
- Llevar un control estadístico de las máquinas y equipos que se malogran tomando en cuenta la fecha que ocurrió, el motivo o descripción del problema, el repuesto usado, tiempo que demora en reparación.
- Este control estadístico permitirá hallar la probabilidad de ocurrencia de que una máquina se malogre y así planificar un mantenimiento preventivo.
- En Stand By de bombas para le electrolito, y 2 ganchos de ánodos, uno para el gancho de la grúa N° 3 y el otro para la grúa N° 5.
- Tener en Stand By a por lo menos 3 quemadores, listos para ser operados.
- Tener filtros a disposición, así como uñas, pernos para la lavadora de Scrap.

- Tener a disponibilidad los principales accesorios o repuestos para las máquinas importantes en las operaciones como Juntadora - Separadora - Vaciadora de cátodos.
- Debería evitarse usar la frase "No hay repuesto", ya que esto indicaría un deficiente funcionamiento de la planificación y organización. Debería hacerse un recuento e inventario de las necesidades
- Llevar a cabo un Plan de Instrumentación de toda la planta.
- Llevar a cabo un análisis de sensibilidad en función de ciertas variables, como:
 - Acidez total y/o libre en el electrolito de retorno y el inicial
 - Concentración de plomo en el electrolito
 - Retorno de Scrap
 - Calidad del Sline
 - Calidad de Plomo Refinado
 - Producción de Plomo Refinado

Este análisis podría hacerse mensualmente y establecer gráficos de tal manera que puedan llevar a tomar decisiones más exactas.

Estos trabajos lo podrían realizar el Asistente de Planta en colaboración con los Supervisores.

- Realizar evaluaciones permanentes en lo que se refiere a costos de producción, procesos.
- Establecer manuales de funcionamiento para los trabajadores especificando ciertas normas y ser repartidos a estos según la función a realizar, así se le hará recordar y hacer énfasis en sus labores.
- Establecer un programa de capacitación de personal en labores como grúa, lavadores de Scrap - Enganchadores y Centradores - Operador de Gancho Neumático para barras de plomo - Centrifugadores - Operadores de Montacargas (Hyster) - Enfleadores - Vaciadores y Chancadores para laminado de cátodos.

1.4 OPERACIONES OPTIMAS

Si las causas de los problemas se evitan en la mayor medida posible entonces el Jefe de Guardia o Supervisor realmente podrá Supervisar con mayor efectividad ya que se dedicará a su labor real que es el control de las operaciones y procesos, pues tendrá más tiempo para esto, y no estará como actualmente se trabaja, buscando al mecánico ó al electricista casi toda la guardia, o llamando a servicios por escasez de aire - vapor de agua, etc.

El supervisor tendrá tiempo para realizar evaluaciones planificar, ejecutar y controlar con más eficiencia.

Recomendaciones:

- **Instalar una balanza electrónica ya sea en el gancho de cátodos o en la vaciadora y así poder determinar el peso de la carga calculando la eficiencia real de corriente, además pudiéndose determinar las celdas con problemas.**
- **Hacer limpieza con canastillas de los Sumps especialmente en el Sump1, de esta manera se elimina la Cola-Goulac y otros componentes que puedan hacer que ingresen al circuito de tuberías obstruyéndolos y así ocasionando una circulación deficiente.**

COMENTARIO FINAL

Como lo he especificado en la introducción del presente informe los problemas que hay en la refinería de plomo son en buena proporción de tipo administrativo, podremos mejorar si las sugerencias que se dan son ejecutadas, ahora si no podemos cambiar o modificar los paradigmas en el cual convivimos seguiremos en las deficiencias de las operaciones que se viven.

Sólo es cuestión de modernizar la administración de la planta, si no podemos hacerlo menos se podrá hacer en lo que se refiere a mejoras de los procesos y operaciones, y estaremos condenados a no subir por lo menos un nivel en la modernidad lo que conlleva a la calidad por excelencia.

2. FACTORES OPERATIVOS EN EL CAMBIO

Lo fundamental en el cambio es lograr cambiar 44 celdas en una guardia de 8 horas; los primeros 30 minutos son de acomodo de los trabajadores en sus respectivas puestos, en algunas aspectos se debe culminar el trabajo de la guardia anterior como es culminar el cambio de lavado, colocar la campana (hacia BAG HOUSE), sacar la bomba de plomo de ollas y colocarlos en otros etc.

Todas estas operaciones son realizadas por el gruero de ánodos y cátodos respectivamente, e influye para que el cambio empiece entre 12.30 y 12.50 a.m. de la guardia de 12:00 p.m. 8:00 p.m.. A esto sumamos los 60 minutos de descanso, además los trabajadores se retiran un cuarto de hora antes de lo establecido. Entonces sumamos:

Asumiendo:

Retardo por inicio	:	45 minutos
Retardo por descanso	:	60 minutos
Retardo por salida	:	<u>15 minutos</u>
		120 minutos

Entonces, un total de 6 horas netas de trabajo: $6 \times 60 = 360'$

$$\# \text{ de minutos por celda} = \frac{360}{44} = 8,18 \text{ minutos / celda}$$

Es decir el tiempo promedio de cambiar una celda es de 8,18 minutos luego se cambian 7,33 celdas por hora.

2.1. FACTORES EN LA VELOCIDAD DEL CAMBIO

Los factores que intervienen y determinan la velocidad en la operación del cambio son:

- 1.- Velocidad de la grúa de ánodos
- 2.- Velocidad de la grúa de cátodos
- 3.- Enganche y desenganche de ánodos
- 4.- Enganche y desenganche de cátodos
- 5.- Centrado de cátodos
- 6.- Cátodos caídos al momento de ser extraídos por la grúa
- 7.- Operaciones extras en grúa N°3

8.- Operaciones extras en grúa N°4

9.- Aspectos mecánicos y/o eléctricos de Equipos y/o máquinas

10.- Estado del gancho de ánodos.

2.2. VELOCIDAD DE GRUA ANODOS Y CATODOS

Depende del operador o el grupo o el buen gruero, de tal manera que este utiliza la velocidad adecuada (máxima) haciendo posible la rapidez de las operaciones.

2.3. ENGANCHE Y DESENGANCHE DE ANODOS

Depende principalmente del estado del gancho si este abre o cierra correctamente; de la buena introducción o extracción de carga de ánodos por parte del gruero y de las habilidades de los centradores.

2.4. ENGANCHE Y DESENGANCHE DE CATODOS

Depende de la habilidad de los centradores, en colocar justo las varillas de soporte de cátodos en el gancho.

2.5. CENTRADO DE CATODOS

Depende de la velocidad y habilidad en centrar los cátodos nuevos cuando estos han sido descargados en las celdas, esto se hace mediante una herramienta llamado gancho para centrar.

2.6. CATODOS CAIDOS

Al momento de extraer o cosechar los cátodos algunos pueden caer por que las orejas no están bien pegadas o chancadas (depende del chancado en olla chica), o porque el centrador no ha tenido cuidado en acondicionar la varilla en el gancho de cátodos.

2.7. OPERACIONES EXTRAS EN GRUA N° 3

Depende de la rapidez y habilidad del gruero de ánodos en llevar carga de ánodos del cuarto día a la lavadora de SCRAP, así como colocar o sacar la tapa del tanque tambor del lavado de varillas.

2.8. OPERACIONES EXTRAS EN GRUA N° 4

Depende de la rapidez y habilidad del gruero de cátodos en colocar la campana, batidora, bomba de plomo, así como alimentar carga a olla chica y llevar canastillas a las sección lavado de estos.

2.9. ESTADO DEL GANCHO DE ANODOS

Este gancho generalmente tiene problemas de abertura y cerradura debido al mantenimiento deficiente, no permitiendo que las cargas enganchen bien.

2.10. ASPECTOS MECANICOS Y/O ELECTRICOS DE MAQUINAS Y/O EQUIPOS

Los elementos básicos para realizar el cambio son: máquinas y/o equipos y las herramientas, y estos tienen que tener un mantenimiento de tipo mecánico y eléctrico para así evitar paradas que afecten las operaciones del cambio.

2.11 PROBLEMAS BASICOS PARA REALIZAR EL CAMBIO DE TIPO MECANICO Y ELECTRICO**a) GRUAS**

Los problemas que representan en la grúa son de carácter eléctrico y mecánico ocurriendo en la pasteca, carro freno y motores de estos.

b) SEPARADORA

No muy frecuente pero hay problemas de tipo eléctrico en relación al push botton desde el punto de vista mecánico al desgaste de las chumaceras, donde reposa los ejes giratorios eslabones de las cadenas de transporte, problemas en el engranaje que hace posible el eje rotatorio en la pegadora.

c) JUNTADORA

El problemas más frecuente es la rotura de la cadena que transporta los ánodos corroídos para ser juntadas, existe rotura

del eslabón y/o de cadena para lo cual se le acondiciona alambre de grosor conveniente.

d) VACIADORA

Existen dos problemas fundamentales, que son de tipo mecánicos y eléctrico:

- a) **Tipo Mecánico.-** Rotura de cadena transportadora (rotura de eslabón o rotura de pernos de estos eslabones, rotura de las fajas del motor).
- b) **Tipo Eléctrico.-** Problemas del Relay o sobre calentamiento del motor debido a un problemas mecánico.

2.12. CONCLUSIONES

- 1.- Se debe tener herramientas en la jefatura de guardia como llaves, eslabones y/o pernos para las cadenas vaciadoras.
- 2.- Tener un gancho de ánodos en Stand by.
- 3.- No sobrecargar, la vaciadora con más de dos cargas de cátodos esto puede ocasionar rotura de cadena vaciadora.
- 4.- El gruero de guardia debe tener mucho cuidado en cargar la pegadora ya que al momento de cargar los ánodos pueden caer y golpear el eje y dañar la chumacera.
- 5.- El presente informe es factible de ser cuantificado y ponderar cada uno de los factores que afectan la velocidad del cambio y así poder controlar esta operación.

3. INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD EN FUNCIÓN DEL PERSONAL

3.1. INTRODUCCION

Actualmente en la Refinería de Plomo existen cerca de 100 trabajadores de los cuales 15 de ellos se dedican a la revisión es decir el 15%.

Como se sabe la casa celdas es lo más fundamental, entonces es necesario prestar mayor importancia y si aumentamos el personal entonces garantizamos la calidad, cantidad de la cosecha de cátodos.

La revisión tiene actualmente por guardia 5 trabajadores, es decir 15 trabajadores por día, que tienen la finalidad de detectar los cátodos con irregularidades, es decir corto circuitos eliminando los arbolitos.

Asumiendo la hora hombre = 20 soles/h-h

h-h : horas hombre

OBJETIVO

Incrementar la calidad del depósito de plomo en los cátodos así como asegurar un incremento diario mínimo de una tonelada por día gracias a una revisión eficiente al haber más personal.

3.2. COSTO DE LA HORA-HOMBRE ACTUAL

Número total de trabajadores por guardia = 5

Número total de trabajadores por día = 15

Costo por día: $15 \times 20 = 300$ soles

Costo por mes: $300 \times 30 = 9000$ soles

3.3. COSTO DE LA HORA-HOMBRE MODIFICADO

Número total de trabajadores por guardia = 10

Número total de trabajadores por día = 30

Costo por día: $30 \times 20 = 600$ soles

Costo por mes: $600 \times 30 = 18000$ soles

Incremento de costo = $18\ 000 - 9\ 000 = 9\ 000$ soles

$$T_c = 3,45$$

Incremento de costo = 2608,7 US\$ / mes

Si al aumentar el número de trabajadores al doble en la revisión implica una mejora notoria en la deposición de plomo en el cátodo, y cualitativamente asumiendo un incremento en el peso de los cátodos de una tonelada por día como objetivo mínimo.

$$\text{Asumiendo precio del plomo refinado} = 460 \frac{\text{US \$}}{\text{Tonelada}}$$

Ingreso por venta de plomo refinado al mes = 460×30

Ingreso Adicional = $13,800 \frac{\text{US \$}}{\text{Mes}}$

Ingreso adicional por - Incremento de = $13800 - 4128,44 =$

$9671,56 \frac{\text{US\$}}{\text{Mes}}$

Venta de plomo refinado costo por mano de obra

Lo que significa que se va a obtener $9672 \text{ US \$/mes.}$

Trabajando la revisión con una cuadrilla de 10 hombre por guardia, de tal manera que nos garantice un incremento del peso en un tonelada por día como mínimo.

Es decir en el cambio de 88 celdas por día implica:

$$\frac{1000}{88} = 11,36 \frac{\text{kg}}{\text{celda}} = 0,28 \frac{\text{kg}}{\text{cátodo}}$$

Es decir cada carga debe pesar 11,36 kilos de mas y cada cátodo debe pesar 0,28 kilos extras (280 gramos).

3.4.- ORGANIZACIÓN DE LA CUADRILLA DE REVISION CON DIEZ HOMBRES

De los hombres habría un capataz que debe ser estable, los 9 restantes se dividirán en 3 cuadrillas de 3 cada uno, se encargarán de revisar de la siguiente forma:

Cuadrilla A revisará BLOCKS: 1, 2, 3, 4

Cuadrilla B revisará BLOCKS: 5, 8, 9, 10

Cuadrilla C revisará BLOCKS: 11, 12, 13

Estas cuadrillas (A, B y C) rotarán por cada día en su respectiva guardia y todas ellas supervisadas directamente por el capataz y el jefe de guardia.

3.5.- FUNCIONES DEL PERSONAL DE REVISION

- Detectar los cortocircuitos mediante la revisión tradicional, es decir marcar y luego levantar los cátodos corto circuitados y eliminar los arbolitos.
- Corregir la circulación mediante un alambre introduciéndolo a la manguera de alimentación de electrolito.
- Destapar y limpiar bridas y tubería de distribución de electrólito, hacerlos todos los días o por guardia cada 3 días según el estado de la circulación.
- Limpiar los contactos, planchas y varillas.
- Detectar cátodos que no trabajan.
- El capataz con el voltímetro debe detectar las celdas de bajo voltaje y tomar las medidas correctivas.
- El capataz trabajará con las cuadrillas A, B y C.

3.6.- CONCLUSIONES

- 1.- Se podrá garantizar cátodos de mayor calidad y cantidad.
- 2.- La circulación ya no será descuidada, actualmente toma importancia en la guardia de 8 a 4 habiendo un circulador, ahora las cuadrillas A, B y C se encargarán de circular en forma más continua.
- 3.- Las cuadrillas de revisión podrán dar de 4 a 6 vueltas de revisión garantizados que todas las celdas trabajen.
- 4.- Las cuadrillas de revisión de preferencia pueden ser integradas por 9 eventuales, un estables que vendría a ser el capataz .

4.- OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PLOMO REFINADO EN FUNCION DE LOS DIAS DE CORROSIÓN INTRODUCCION.-

El presente estudio tiene como objetivo optimizar la producción considerando la capacidad actual de la planta: como se sabe en la Refinería de Plomo se opera con 11 blocks con 32 celdas cada una, haciendo un total de 352 celdas, de las cuales se realiza una cosecha en el cambio de 88 celdas por día.

Este informe analiza la capacidad máxima de cambio con cuatro días de corrosión el cual es 88 celdas por día; y tres días de corrosión; también considera una operación combinada de tres y cuatro días de corrosión.

De las observaciones obtenidas en la supervisión diaria se llega a concluir que con el cuarto día de corrosión existen mayor cantidad de cortocircuitos (arbolitos) por consiguiente el voltaje tiende a bajar; mientras que en blocks con tres días de corrosión los voltajes son mas altos y la cantidad de cortocircuitos es menor por tanto el depósito es estable quedando como hipótesis que el incremento de peso en las cargas en el tercer día al cuarto día de corrosión no es considerable.

Se ha notado que incrementando el amperaje de 9200 a 9300 amperios, en lugar de aumentar el peso de las cargas cosechadas, disminuyen estos pesos logrando de esta forma disminuir la eficiencia de corriente. En cierta oportunidad el amperaje disminuyó de 9300 a 9200 amperios y se logro cargas que sobrepasaban 2900 kg logrando voltajes promedios de 174 voltios; actualmente se opera con 9300 amperios, por tanto el voltaje debería aumentar, pero no ocurre así logrando mantener el voltaje en 174 incluso con tendencia a disminuir.

Esto tiene explicación al aumentar el amperaje aumenta la cinética o velocidad de deposición de Plomo logrando una mayor velocidad en los tres primeros días de corrosión cumpliendo a cabalidad la ley de Faraday. Se puede observar que en el segundo día de corrosión el cátodo esta con un peso considerable logrando para el tercer días un peso óptimo, a partir de este instante los arbolitos que se presentan en el cátodo crecen y logran hacer cortocircuitos, además el ánodo esta suficientemente corroído de tal manera que la capa de slime que está sobre la superficie dificulta la corrosión creando resistencia a la difusión de iones de Plomo hacia el cátodo disminuyendo la cinética.

La cosecha al tercer día permitiría aumentar la eficiencia de corriente.

Este informe se basa en hechos cualitativos y supuestos para estimar cálculos. En la segunda parte del informe, se considera la parte experimental logrando resultados reales.

4.1.- DESCRIPCION DE PARAMETROS Y VARIABLES

Peso de carga por celda al cuarto día = a

Peso de carga por celda al tercer día = b

Factor de peso de carga del tercer día en relación al cuarto día = f

Número de celdas por cambio cada cuatro días = X

Número de celdas por cambio cada tres días = Y

Número de celdas en operación = N

Número de celdas que se cambian pro día = C

Producción por día = PD

Producción total cada cuatro días = P

Producción promedio por día = PP

Número total de cambios en cuatro días = NTC

Producción por cosecha cada tres días = b Y

Producción por cosecha cada cuatro días = a X

Número total de celdas con 4 días de corrosión = XT

Número total de celdas con 3 días de corrosión = YT

$$f = \frac{b}{a}$$

$$N = 4X + 3Y \dots\dots\dots (1)$$

$$XT = 4X$$

$$YT = 3Y$$

$$C = X + Y \dots\dots\dots (2)$$

$$NTC = N + Y$$

$$PD = aX + bY$$

$$P = 4PD$$

Según cuatro días de corrosión:

En un día se cosechan o cambian X celdas

En cuatro días se cosechan o cambian 4X celdas

Según tres días de corrosión:

En un día se cosechan o cambian Y celdas

En tres días se cosechan o cambian tres 3Y celdas

Entonces el número total de celdas que se cosechan, cambian o que están en operación es N.

Tenemos:

- Para cuatro días de corrosión $Y = 0$

Todas las celdas se cambian cada cuatro días

$$N = 4X$$

- Para tres días de corrosión $X = 0$

Todas las celdas se combinan cada tres días

$$N = 3Y$$

4.2.- CAMBIO DE CELDAS EN FUNCIÓN DE CUATRO Y TRES DÍAS DE CORROSIÓN SIMULTÁNEAMENTE

$$N = 4X + 3Y \quad \dots\dots (1) \quad \text{si } X \neq 0 \quad \text{é } Y \neq 0$$

$$C = X + Y \quad \dots\dots (2)$$

$$Y = C - X \quad \dots\dots (3)$$

$$N = 4X + 3(C - X)$$

$$N = X + 3C$$

$$X = N - 3C \quad \dots\dots(4)$$

$$Y = 4C - N \quad \dots\dots (5)$$

$$NTC = N + Y \quad \dots\dots (6)$$

$$\text{De (5) y (6)} \Rightarrow NTC = 4C \quad \dots\dots (7)$$

4.3.- OPERACIÓN ACTUAL CON CUATRO DIAS DE CORROSION

$$\text{De (5)} \quad Y = 0$$

$$Y = 4C - N$$

$$C = \frac{N}{4}$$

En la Refinería operan 11 blocks con 32 celdas por block

$$\text{entonces } N = 11 \times 32 = 352$$

$$C = \frac{352}{4}$$

$$C = 88$$

Es decir el cambio por día es de 88 celdas divididas en 44 celdas por turno.

El número total de cambios en cuatro días de corrosión coincide al número total de celdas en la refinera:

$$N = NTC = 88 \times 4 = 352$$

Si asumimos un peso de carga por celda al cuarto día

Tenemos : $a = 2,8 \text{ TM}$

entonces : $PD = 88 \times 2,8 = 246,4 \text{ TM}$

$$P = 4 \times 246,4 = 985,6 \text{ TM}$$

Podemos concluir que la producción máxima diaria es 246,4 TM y en cuatro días 985,6 TM con un NTC máximo de 352 para cuatro días de corrosión.

4.4.- OPERACIÓN COMBINADA CON CUATRO Y TRES DIAS DE CORROSION

4.4.1.- GENERALIDADES

Si asumimos $f = 0,9$ es decir, el 90% del peso del cuarto día es el peso del tercer día.

El valor de $f = 0,9$ ha sido obtenido en base a un promedio de datos provenientes de pruebas efectuadas por los Departamentos de Metalurgia y Operaciones a cargo de los supervisores del área.

Como : $a = 2,8 \text{ TM}$

entonces : $b = f \times a$

$$b = 0,9 \times 2,8 = 2,52 \text{ TM}$$

Si la cosecha fuese cada tres días, solamente debemos calcular el número de celdas adicionales a cosechar.

Sea m = número de celdas adicionales para conservar o mantener la producción en cosecha de cuatro días.

$$(88 + m) \times 2,52 = 246,4$$

$$m = 9,78 \text{ aproximando.....}$$

$$m = 10$$

Se necesitarán 10 celdas adicionales.

Es decir el cambio C será

$$C = 88 + 10 = 98$$

$$N = 3 \times 98 = 294$$

Para incrementar la producción se debe cambiar más de 98 celdas por día, por lo tanto deberán reestructurarse las labores operativas, considerando los siguientes aspectos.

- Aumento de la producción de ánodos.
- Aumento del número de cajones de lavado de scrap.

4.4.2.- EVALUACION PARA UN CAMBIO DE 92 CELDAS DIARIAS

$$C = 92 \Rightarrow m = 4, y = 4 \quad m = 4 \times 4 = 16$$

$$X = 76$$

$$Y = 16$$

$$NTC = N + Y$$

$$NTC = 352 + 16$$

$$NTC = 368$$

$$XT = 4 \times 76 = 304$$

$$YT = 3 \times 16 = 48$$

En este caso se cosecharán 92 celdas diarias, divididas en 46 celdas por turno (guardia de 12 am – 8 am y 4 pm – 12 am).

- 76 celdas corresponden a cosechas cada 4 días utilizándose 304 celdas
- 16 celdas corresponden a cosechas cada tres días utilizándose 48 celdas

Por lo tanto el total de celdas es 352.

Cálculo de la producción:

$$PD = aX + bY$$

$$\text{Considerando que } a = 2,8 \text{ TM} \quad , \quad b = 2,52 \text{ TM}$$

$$PD = 2,8 \times 76 + 16 \times 2,52$$

$$PD = 253,12 \text{ TM}$$

$$P = 4 \times 253,12$$

$$P = 1\,012,48 \text{ TM}$$

$$PD = 246,44 \text{ TM} \quad \text{para } C = 88$$

$$PD = 253,12 \text{ TM} \quad \text{para } C = 92$$

$$\text{Porcentaje de incremento de producción} = \frac{253,12 - 246,4 \times 100}{246,4}$$

$$\text{Porcentaje de incremento de producción} = 2,72 \%$$

Requerimiento de Ánodos , Cajones Chicos y Carros

$$\text{Número de ánodos requeridos} = 92 \times 40 = 3680$$

$$\text{Número de cajones requeridos} = \frac{3680}{88} = 41,818 = 42 \text{ cajones}$$

$$\text{Número de carros requeridos} = \frac{41,818}{4} = 10,455 = 10,5$$

Cada carro tiene cuatro cajones.

Requerimiento de scrap (Ánodos corroídos) y Cajones grandes

$$\text{Número de ánodos corroídos producidos} = 92 \times 40 = 3680$$

$$\text{Número de cajones grandes producidos} = \frac{3680}{132} = 27,879 = 28$$

Por tanto:

Se requieren 42 cajones (10 carros de 4 cajones más un carro con dos

Cajones).

Se producirán 28 cajones de ánodos corroídos por día los que pueden distribuirse de la siguiente forma:

- Primer turno (8 am - 4 pm) 10 cajones grandes para lavado
- Segundo turno (4 am - 12 am) 9 cajones grandes para lavado
- Tercer turno (12 am - 8 am) 9 cajones grandes para lavado

4.4.3.- EVALUACION PARA UN CAMBIO DE 96 CELDAS DIARIAS

Según cuadro:

$$C = 96 \quad m = 8 \quad Y = 4 \times 8 = 32$$

$$X = 64 \quad Y = 32$$

$$NTC = 384$$

$$XT = 256$$

$$YT = 96$$

En este caso se cambiará 96 celdas diarias divididas en 48 celdas por guardia (12-8am. y 8am.- 4pm.)

64 celdas corresponderán a cosechas cada cuatro días utilizándose 256 celdas: 32 celdas corresponderán a cosechas cada tres días utilizándose 96 celdas: en total 352.

Según las asunciones tomadas anteriormente la producción será:

$$PD = 64 \times 2,8 + 32 \times 2,52$$

$$PD = 259,84 \text{ TM}$$

$$P = 4 \times 259,84$$

$$P = 1\,039,36 \text{ TM}$$

Para C = 96 se tiene PD = 259,84 TM y P= 1039,36 TM
entonces existe una diferencia en relación a C= 88 de:

$$259,84 - 246,4 = 13,44 \text{ TM}$$

$$\text{Porcentaje de incremento} = \frac{13,44}{246,4} \times 100 = 5,45\%$$

Asumiendo el precio del plomo refinado a 380 US\$/TM.

$$- 13,44 \times 380 = 5107,2 \text{ US\$/día}$$

$$- 5107,2 \times 30 = 153216 \text{ US\$/mes}$$

$$- 153216 \times 12 = 1838592 \text{ US\$/año.}$$

Existe un incremento de producción del 5,455% lo que representa 5 107,2 US\$/día de ingreso adicional.

Requerimiento de ánodos corroídos para el lavado.

$$C= 96$$

$$\text{Número de ánodos requeridos} = 96 \times 40 = 3840$$

$$\text{Número de cajones grandes producidos} = \frac{3840}{88} = 43,64 = 44$$

cajones.

$$\text{Número de carros requeridos} = \frac{43,636}{4} = 10,909 = 11 \text{ carros.}$$

Requerimiento de ánodos corroídos los que pueden distribuirse de la siguiente forma:

$$8 - 4 \quad 10 \text{ cajones para lavar.}$$

$$4 - 12 \quad 10 \text{ cajones para lavar.}$$

$$18 - 8 \quad 9 \text{ cajones para lavar.}$$

4.4.4.- DISTRIBUCION DE LA COSECHA DE CELDAS PARA EL CAMBIO DE 96 CELDAS DIARIAS.

Se utilizarán solo para tres días de corrosión los blocks 1,2 y 3; y para cuatro días de corrosión los blocks 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12 y 13.

DÍA	BLOCKS
1	1, 4, 5
2	2, 8, 9
3	3, 10, 11
4	1, 12, 13
5	2, 4, 5
6	3, 8, 9
7	1, 10, 11
8	2, 12, 13
9	3, 4, 5
10	1, 8, 9
11	2, 10, 11
12	3, 12, 13
13	1, 4, 5
14	2, 8, 9

Como se observa hay cambios cada tres días de corrosión y cuatro días de corrosión, se forma ciclos cada doce días en el cual coinciden los cambios del número de block respectivo, por ejemplo el primer día de cambiarán los blocks 1, 4 y 5 que coincide con el día 13.

Los blocks 6 y 7 son para el lavado de ánodos corroídos.

**4.4.5 CUADRO DE PRODUCCIÓN DE OPERACIONES
COMBINADAS CON CUATRO Y TRES DÍAS DE
CORROSIÓN**

Relaciones Básicas:

$$X = N - 3 C$$

$$X = 352 - 3C$$

$$Y = 4 C - N$$

$$Y = 4C - 352$$

$$XT = 4 X$$

$$NTC = 352 + Y$$

$$YT = 3 Y$$

$$PD = a X + b Y$$

$$P = 4 PD = 4 (a X + b Y)$$

$$N = 352$$

$$a = 2,9$$

$$b = 2,52$$

	NTC	C	X	Y	XT	YT	PD	P
1	352	88	88	0	352	0	246,4	985,6
2	356	89	85	4	340	12	248,1	993,6
3	360	90	82	8	328	24	249,8	992,2
4	364	91	79	12	316	36	251,4	1005,6
5	368	92	76	16	304	48	253,1	1012,4
6	372	93	73	20	292	60	254,8	1019,2
7	376	94	70	24	280	72	256,5	1025,6
8	380	95	67	28	268	84	258,2	1032,8
9	384	96	64	32	256	96	259,8	1039,2
10	388	97	61	36	244	108	261,5	1046,0
11	392	98	58	40	232	120	263,2	1052,8
12	396	99	55	44	220	132	264,9	1059,6
13	400	100	52	48	208	144	266,6	1066,4
14	404	101	49	52	196	156	268,2	1072,8
15	408	102	46	56	184	168	269,9	1079,6
16	412	103	43	60	172	180	271,6	1086,4
17	416	104	40	64	160	192	273,3	1093,2
18	420	105	37	68	148	204	275,	1100,0
19	424	106	34	72	136	216	276,6	1106,4
20	428	107	31	76	124	228	278,3	1113,2
21	432	108	28	80	112	240	280,0	1120,0
22	436	109	25	84	100	252	281,7	1126,8
23	440	110	22	88	88	264	283,4	1133,6
24	444	111	19	92	76	276	285,0	1140,0
25	448	112	16	96	64	288	286,7	1146,8
26	452	113	13	100	62	300	288,4	1153,6
27	456	114	10	104	40	312	290,1	1160,4
28	460	115	7	108	28	324	291,8	1167,2
29	464	116	4	112	16	336	293,4	1173,6
30	468	117	1	116	4	348	295,1	1180,4

CONCLUSIONES

La producción se incrementa si el número total de cambios (NTC) y el número de cambios correspondientes a tres días de corrosión (Y) también aumenta.

El número total de cambios máximo es 468 (NTC = 468) y el número de celdas de cambio máximo por día es 117.

$$C_{\max} = 117$$

$$\text{además: } Y_{\max} = 116 \quad X_{\max} = 88$$

$$Y_{\min} = 0 \quad X_{\min} = 0$$

$$\text{Para } a = 2,8 \quad b = 2,52 \quad N = 352 \quad f = 0,9$$

el porcentaje de incremento máximo es:

% I = Porcentaje Incremento

$$\text{Para } a = 2,8$$

$$b = 2,52$$

$$N = 352$$

$$f = 0,9$$

$$\%I = \frac{295,12 - 246,4}{246,4} \times 100 = 19,77\%$$

La ley de Faraday se cumple el tercer día de forma lineal; entre tercer y cuarto día de corrosión hay tendencia a disminuir la deposición de plomo.

Por tanto, la ley de Faraday no se cumple, esto se debe básicamente a la formación de arbolitos incrementado el número de cortocircuitos debido a la corta distancia ánodo - cátodo; además la difusión de iones de plomo es muy lenta como consecuencia de la formación Slime en el ánodo creando una resistencia.

Es conveniente instalar rectificadores independientes por cada dos blocks (paralelo), de esta manera se controla mejor la deposición de plomo. Ante esta alternativa de los dos primeros días de corrosión del ánodo se debe dar un mayor amperaje luego ir disminuyendo paulatinamente el amperaje, a medida que aumenta el tiempo de corrosión, así se ahorra y se optimiza el uso de la energía eléctrica aumentando la eficiencia y la producción de plomo refinado.

DESARROLLO DE UNO O MÁS ACTIVIDADES PROFESIONALES

DYNAFLUX S.A.

Accionista – Propietario de DYNAFLUX S.A.

Asesor Consultor sobre Tratamiento de Agua Industrial para Proceso – Calderos y sistemas de enfriamiento – Limpieza química de equipos.

Venta de equipos de bombeo y planta para el tratamiento químico de agua.

Gerente Comercial.

CARGO ACTUAL

GERENTE COMERCIAL

Elaboración y Selección de Sistemas de Automatización para procesos industriales.

Elaboración de Proyectos de Ingeniería.

Gestión Técnica Comercial sobre equipos y plantas industriales.

Gestión de la Venta de equipos plantas y sistemas.

Gestión del servicio Post. Venta – Mantenimiento Predictivo, Preventivo, Correctivo.

PROMAIDSA

Proyectos de Mantenimiento e Insumos Industriales S.A.

División de Tratamiento de Aguas

CARGO

Asesor Consultor sobre Tratamiento de Agua Industrial para proceso – Calderos y sistemas de enfriamiento – limpieza química de equipos.

Ventas de equipos y productos para tratamiento químico del agua (Junio 1996 – Febrero 1998).

Motivo de salida: Mejorar hacia otras perspectivas profesionales, empresariales.

CENTROMIN PERÚ S.A.

Integrante e Ingresante del Plan de Becas de Extensión Profesional 1993.

SUPERINTENDENCIA DE REFINERÍA DE COBRE Y PLOMO.

CARGOS

Supervisor de Producción – Jefe de Guardia y de Planta:

Refinería de Cobre.

Refinería de Plomo.

Planta de Ácido Fluorsilícico.

Planta de Slime.

**SUPERINTENDENCIA DE REFINERÍA DE ZINC Y TOSTADORES
REFINERÍA ZINC.**

CARGOS

**Supervisor de Producción – Jefe de Guardia de Refinería Zinc. Casa de
Celdas.**

MINERO PERÚ

**UNIDAD DE PRODUCCIÓN REFINERÍA DE ZINC DE
CAJAMARQUILLA.**

**SUPERINTENDENCIA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN
DIVISIÓN DE CONTROL DE CALIDAD**

CARGO

Asistente de Jefatura De Control de Calidad.

DIVISIÓN DE HIDROMETALURGIA – ELECTRODEPOSICIÓN.

Supervisor de Producción.

TEXTILES POPULARES

DEPARTAMENTO DE TINTORERÍA.

CARGO

Supervisor de Producción.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ver en la parte final de cada uno de los Capítulos del Informe de Ingeniería.

BIBLIOGRAFÍA

1. HAUNG D.H.H., TWID D.I.G., WEL MILLER J.D. HIDROMETALURGIA. 1ª Edición. San Marcos, Lima, 1986, Pag. 285-316.
2. MANTELL C.L. ELECTROCHEMICAL ENGINEERING. 2ª Edición. McGraw Hill. New York. 1960. Cap. 10 Electrowinning.
3. HARPER T.E. and REINBERG G. TRANSACTIONE OF THE AIME (AMERICAN INSTITUTE OF MINING AND METALLURGICAL ENGINEERING. 2ª Edición. The Aime. New York. 1936. Pag. 283 THE BETTS PROCESS AT OROYA, PERU, SOUTH AMERICA.
4. DENNIS W.H. METALLURGY OF THE NON-FERROUS METALS. London. 1954, Págs. 257, 263
5. BETTS A.G. LEAD SMELTING AND REFINING. Editorial Walter Renton Ingalls. New York and London. 1906. Págs. 274, 282
6. REINBERG G. ELECTROLYTIC REFINING OF LEAD. 2ª Edition. McGraw Book Company. New York, London, 1945.
7. PERRY J.A. CHEMICAL ENGINEERING HANDBOOK. Ed. McGraw Hill Book Company, New York, 1987.
8. LATIMER. W.M. OXIDATION POTENTIALS.