

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA



INFORME TECNICO

***MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD E INSTALACION DE
UNA LINEA PILOTO UTILIZANDO RESIDUAL 6 EN LA PLANTA
DE OXIDO DE ZINC***

**PARA LA OBTENCION DEL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUIMICO**

PRESENTADO POR

VICTOR RAFAEL LUDEÑA PALOMINO

PROMOCION : 86 - I

UNI, MAYO DE 1996

***A MI ESPOSA SARA Y A MIS HIJOS
ISRAEL, FIORELLA Y BRANDON***

***AGRADECIMIENTO ESPECIAL A MIS PADRES,
TIOS, Y SUEGROS POR EL APOYO Y COMPRENSION
BRINDADOS DURANTE MI CARRERA PROFESIONAL***

INDICE

I. INTRODUCCION

II. ACTIVIDAD PROFESIONAL

A. El Organo Empresarial

A.1. Nombre y Razon Social de la Empresa, Dirección

A.2. Sector al cual pertenece.

A.3. Estructura Orgánica.

A.4. Líneas de Producción.

A.5. Layout de las unidades de producción.

B. Relación Profesional - Empleador

B.1. Condición

B.2. Documentos probatorios

C. Trabajo Profesional Desarrollado

C.1. Cargo desempeñado.

C.2. Funciones desempeñadas al cargo de trabajo.

C.3. Tiempo de prestación de servicios en la actividad descrita.

C.4. Otros.

D. Funciones desempeñadas que necesitaron el conocimiento de técnicas profesionales.

D.1. Tipos de técnicas de ingeniería necesarias.

D.2. Cantidad y tipo de personal administrado

E. Objetivos, alcances y características principales de cada actividad.

F. Alternativas de solución, análisis técnico económico y selección de lo más conveniente.

G. Desarrollo y sustentación de la investigación y el desarrollo del proyecto.

H. Control y desarrollo de las etapas de trabajo.

I. Determinación de la performance.

J. Conclusiones y Resultados finales.

III. RESUMEN

IV. BIBLIOGRAFIA

V. APENDICE

VI. GLOSARIO

L- INTRODUCCION

Vivimos en un mundo lleno de cambios que nos obligan a ser más competitivos, más conscientes de una realidad ya no solo nacional, sino internacional.

Iniciamos un proceso de cambio y afrontamos una nueva competencia que tiene como bandera la calidad, y esta no se limita únicamente a los productos sino también a la calidad de vida. Porque la calidad no es un conocimiento sino toda una cultura.

Al mejorar la calidad del producto, elevaría la productividad y reduciría el costo de producción. Esto lo podemos conseguir con 3 estrategias de la calidad :

1. Estandarizar para lograr la uniformidad, es decir, buscar que el producto sea el mismo, que no exista diferencia alguna entre lote y lote, entre turno y turno o entre semana y semana (calidad como ausencia de variación).

2. Mejorar para lograr el perfeccionamiento, es decir, se pretende que el producto resulte algo mejor que el suministrado ayer, la semana pasada, el último mes o el año anterior (calidad como mejora continua), y;

3. Innovar para lograr la superación, es decir, se busca que el producto sea algo enteramente nuevo y no una simple mejora (calidad como innovación y cambio).

El presente trabajo consta de dos experiencias que se realizaron en la planta de óxido de zinc y recuperación de la empresa Industrias Electro Químicas S.A..

La primera actividad trata de las mejoras que se hicieron en las líneas de producción, la calidad del producto, la eficiencia de producción, la obtención de subproductos de óxido a partir de las escorias de zinc, implementación de normas nacionales e internacionales para el análisis del óxido de zinc, evaluación y selección de insumos y el ahorro de combustible (Diesel 2).

La segunda actividad presenta la instalación de una línea piloto para producir óxido de zinc utilizando una fuente de energía mas barata que el Diesel 2, esto es, Residual 6, y dar conocer las características finales del producto final. Asimismo, el proyecto de implementación de este nuevo sistema a las actuales líneas de producción.

Estas dos actividades se basaron en la aplicación de las estrategias mencionadas anteriormente, las cuales conllevan a que la empresa pueda crecer y aumentar su rentabilidad.

Industrias Electro Químicas S.A. es una empresa peruana con capitales privados, dedicada a la producción de productos semielaborados de zinc, cuya mayor parte de producción se encuentra destinada a los distintos mercados del mundo.

II- ACTIVIDAD PROFESIONAL

A. - EL ORGANO EMPRESARIAL

Industrias Electro Químicas S.A. (IEQSA) inició sus operaciones en 1966 con la producción de la pila LUX. Años más tarde, deja de producir la citada pila para dedicarse a la producción de calotas¹ de aleación de zinc y óxido de zinc. Actualmente produce también láminas, bobinas y bobineaux² de aleaciones de zinc de acuerdo a normas internacionales.

A.1. Nombre y Razón Social de la Empresa, Dirección

Industrias Electro Químicas S.A. se encuentra en el Departamento de Lima, Provincia Constitucional y Distrito del Callao, en la Av. Elmer Faucett # 1920, frente al grupo aeronaval.

A.2. Sector a la cual pertenece

IEQSA pertenece al sector Metal - Mecánica.

A.3. Estructura Orgánica

La empresa presenta una organización lineal, funcional, vertical, y con un sistema de comunicación bilateral y horizontal.

El organigrama estructural de la empresa se presenta en al figura A.1, en la cual se muestra en forma general la ubicación de los Departamentos y Gerencias así como las Unidades Operativas a cargo. La organización de la planta se representa en la figura A.2.

A continuación explicaremos las funciones más importantes que cumple cada Unidad

A.3.1. Gerencia de Planta :

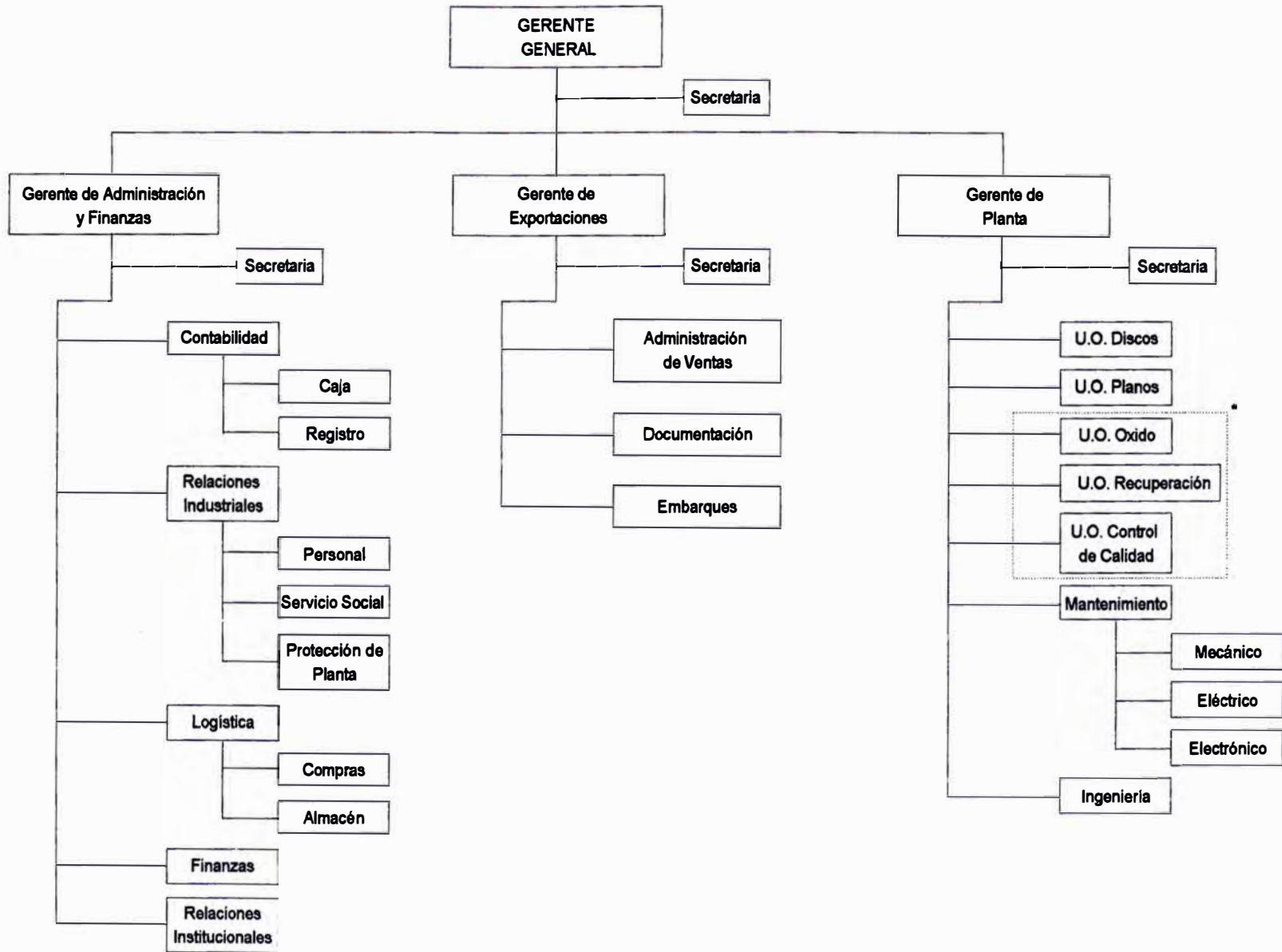
Su responsabilidad específica incluye la planeación estratégica, el establecimiento de políticas, los presupuestos, las coordinaciones con los responsables de las Unidades Operativas y el control de las operaciones.

¹ Ver glosario

² Ver glosario.

Fig. A.1

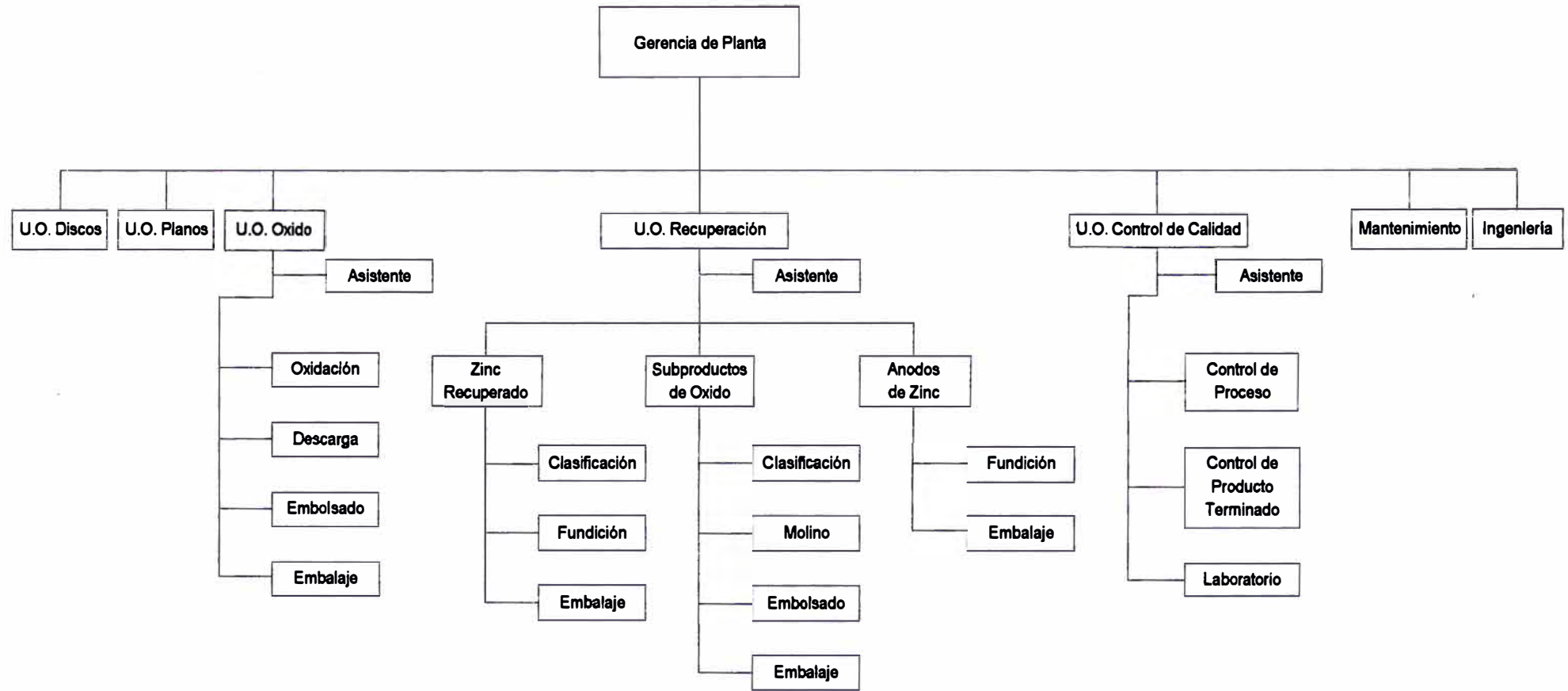
Organigrama general de la Empresa



* Unidades Operativas a cargo

Fig. A.2

Organigrama de las Unidades Operativas de Oxido de zinc, Recuperación y Control de calidad



A.3.2. Responsables de Unidades Operativas

Tienen a su cargo la fuerza de trabajo y las operaciones, responsables del correcto desempeño del trabajo, del desarrollo del personal, de la organización del trabajo y del sistema de producción.

A.3.3. Responsable de Control de Calidad :

Se preocupa por la planeación y el control de la calidad del producto, entre sus obligaciones se encuentra el establecer estándares de calidad, desarrollo de normas y sistemas de control.

A.3.4. Responsable de Mantenimiento :

Se encarga de reducir al mínimo el tiempo muerto o inoperativo de las instalaciones, debido a descomposturas o reparaciones no previstas. Así mismo, de la planificación y ejecución del respectivo mantenimiento preventivo de los equipos.

A.3.5. Responsable de Ingeniería

Se ocupa del diseño y control de las instalaciones de operaciones y mejoras de las máquinas que pertenecen al proceso productivo.

A.4. Líneas de Producción

A.4.1. Unidad Operativa de Discos.-

Produce lo siguiente

- Calotas de aleaciones de Zinc;
- Zincograbado de aleaciones de Zinc; y
- Calaminas de aleaciones de Zinc.

A.4.2. Unidad Operativa de Planos.-

Produce lo siguiente

- Láminas de aleaciones de Zinc;
- Bobinas de aleaciones de Zinc; y
- Bobineaux de aleaciones de Zinc.

A.4.3. Unidad Operativa de Oxido.-

Produce los siguiente

- Oxido de Zinc Varistor;
- Oxido de Zinc Sello Dorado;
- Oxido de Zinc Sello Dorado tipo “B”

A.4.4. Unidad Operativa Recuperación

Produce los siguiente :

- Zinc Recuperado;
- Anodos de Zinc.

También los siguientes subproductos :

- Oxido de Zinc Off Grade³
- Oxido de Zinc Residual⁴ ; y
- Ceniza de Zinc en polvo⁵ .

A.5 Layout de las unidades de producción

En el Apéndice A se muestra la distribución de las unidades operativas de la planta.

³ Ver glosario.

⁴ Ver glosario.

⁵ Ver glosario.

B. - RELACION PROFESIONAL - EMPLEADOR

B.1 Condición (Contratos, Nombramientos, otros)

Contratado bajo el sistema de contratos de trabajo a plazo fijo, al amparo del D.L. 22342.

B.2. Documentos Probatorios

Se adjunta copia de la Constancia Laboral de Desarrollo Profesional (Apéndice B).

C. - TRABAJO PROFESIONAL DESARROLLADO

C.1 Cargo desempeñado

C.1.1. Jefe de turno de Control de Calidad.

C.1.2. Jefe de Planta de Control de Calidad.

C.1.3. Jefe de Planta de Oxido de Zinc.

Actualmente responsable de

C.1.4. Unidad Operativa de Oxido.

C.1.5. Unidad Operativa de Recuperación.

C.1.6. Unidad Operativa de Control de Calidad.

C.2 Funciones asignadas al Cargo desempeñado

Las funciones asignadas a cada cargo desempeñado fueron

C.2.1. Jefe de turno de Control de Calidad,

- Coordinar con el jefe de turno de producción las labores correspondientes al turno con la finalidad de cumplir con las especificaciones del cliente.**
- Supervisar, instruir, asignar, evaluar al personal obrero en su puesto determinado.**
- Supervisar, instruir y orientar a los supervisores de control de calidad.**
- Revisar y evaluar los reportes de los supervisores e inspectores de control de calidad.**

C.2.2. Jefe de Planta de Control de Calidad,

- Coordinar con la jefatura de producción el programa diario de producción y de esta manera cumplir con lo requerido por los clientes.**
- Planificar, establecer, ordenar y controlar los parámetros del proceso en la línea de discos.**
- Ordenar e instruir al personal en la preparación de compósitos de muestras y misceláneos tanto para discos, óxido y otros.**
- Programar y ejecutar reuniones periódicas con el personal obrero y empleado.**

C.2.3. Jefe de Planta de Oxido de Zinc,

- Planeamiento y control de la producción.**
- Establecimiento de estándares de producción.**
- Evaluación y selección de insumos.**
- Capacitación integral del personal.**

C.2.4. Responsable de las Unidades Operativas de Oxido y Recuperación,

- Responsable de la fuerza de trabajo y de las operaciones.
- Organización del sistema de producción.
- Correcto desempeño y organización del trabajo.
- Desarrollo integral del personal.

C.2.5. Responsable de la Unidad Operativa de Control de Calidad,

- Planeación y control de la calidad del producto.
- Establecer estándares de calidad.
- Desarrollo de normas y sistemas de control.
- Coordinar y apoyar al personal enviado por parte de las empresas inspectoras tales como : SGS, Bureau Veritas, Calebrett, Cotecna, otros.
- Entrevistar y evaluar a postulantes técnicos y obreros.

C.3 Tiempo de Prestación de Servicios en la actividad desempeñada

El tiempo de servicio en cada actividad desempeñada fue

C.3.1. Jefe de turno de Control de Calidad,

Del 10/03/88 al 05/02/91.

C.3.2. Jefe de Planta de Control de Calidad,

Del 06/02/91 al 30/09/93.

C.3.3. Jefe de Planta de Oxido de Zinc,

Del 01/10/93 al 21/04/94.

C.3.4. Responsable de las Unidades Operativas de Oxido y Recuperación,

Del 22/04/94 hasta la fecha.

C.3.5. Responsable de la Unidad Operativa de Control de Calidad,

Del 01/12/94 hasta la fecha.

C.4. Otros

Se realizó normas de procedimiento para análisis físico y químico del óxido de zinc, orientado al Sistema ISO 9000. (Ver Apéndice C).

**D. - FUNCIONES DESEMPEÑADAS QUE NECESITARON EL CONOCIMIENTO DE
TECNICAS PROFESIONALES**

D.1 Tipo de Técnicas de Ingeniería necesarias

- D.1.1. Control estadístico de calidad.
- D.1.2. Círculos de calidad y Herramientas de Calidad.
- D.1.3. Ingeniería de métodos.
- D.1.4. Control de procesos.
- D.1.5. Instrumentos de control.
- D.1.6. Balance de masa y energía.
- D.1.7. Termodinámica.
- D.1.8. Transferencia de calor.
- D.1.9. Transferencia de cantidad de movimiento.
- D.1.10. Economía de los procesos.
- D.1.11. Planeamiento y control de la producción.
- D.1.12. Análisis químico cualitativo y cuantitativo.
- D.1.13. Análisis químico instrumental.
- D.1.14. Cinética química.
- D.1.15. Refractarios.
- D.1.16. Corrosión.
- D.1.17. Tratamientos de agua.
- D.1.18. Aceites lubricantes.

D.2 Cantidad y tipo de personal administrado

D.2.1. U.O. Oxido y Recuperación :

Personal técnico : 4 personas.

Personal obrero : 39 personas.

D.2.2. U.O. Control de Calidad :

Personal técnico : 10 personas.

Personal obrero : 6 personas.

E.- OBJETIVOS, ALCANCES Y CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE CADA ACTIVIDAD

La primera actividad tiene como propósito evaluar y seleccionar las líneas de producción de manera eficiente, con la finalidad de elevar la productividad y calidad del producto a bajo costo de producción.

La planta de óxido de zinc estaba conformada por un total de 12 líneas de producción, tal como se puede apreciar en el cuadro E.1 :

Cuadro E.1 : LINEAS ANTIGUAS DE PRODUCCION

| Línea | Característica | # Hornos |
|-------|----------------|----------|
| 1 | Unitaria | 1 |
| 2 | Unitaria | 1 |
| 3 | Melliza | 2 |
| 4 | Melliza | 2 |
| 5 | Unitaria | 1 |
| 6 | Unitaria | 1 |
| 7 | Melliza | 2 |
| 8 | Trilliza | 3 |
| 9 | Melliza | 2 |
| 10 | Trilliza | 3 |
| 11 | Trilliza | 3 |
| 12 | Trilliza | 3 |

Estas líneas de producción presentaban irregularidad en el diseño de los hornos, dimensiones de los ductos, exhauster, mangas, número de mangas por línea, alto porcentaje de producción en la zona de ciclón (18 %), exceso de óxido crudo (6 %) y escoria amarilla (6 %) en la etapa de fusión y oxidación, el control del flujo de petróleo deficiente (75 % de la líneas de producción no tenían contómetros), control de proceso deficiente, pérdida de producto al ambiente, corta vida útil de crisoles, poca información técnica.

Se diseñaron nuevos formatos para registrar la producción y calidad del producto. Se adquirieron instrumentos de medición tales como medidores de flujo, termocuplas, manómetros, etc. Se realizó una recopilación y procesamiento de la información obtenida, con esto se pudo determinar la cantidad de líneas óptimas (mellizas y trillizas) para una producción mensual determinada, y en base a estas se comenzó a estudiar y modificar parte de

las etapas del proceso hasta alcanzar la estandarización. Paralelamente se trabajó con una línea unitaria experimental (Línea # 5) modificándose la campana del horno.

Esto permitió obtener un producto más fino y de mejor calidad, disminuir en un 50 % la producción en la zona de ciclón, en 83 % el óxido crudo y en 50 % la escoria amarilla.

Se instalaron termocuplas en la cámara del horno y en la parte superior del crisol, con esto se logró conocer íntimamente al proceso del cual se pudo obtener un ahorro en el combustible diesel 2.

El óxido crudo y la escoria amarilla fueron sometidas a un tratamiento mecánico por medio de zarandas de movimiento excéntrico y un molino de martillos. De los subproductos obtenidos de la clasificación, una parte pasó a ser óxido de zinc off grade y óxido de zinc residual. La otra parte (escoria metálica) se fundió en los hornos de recuperación en los cuales se obtuvo metal que a su vez sirvió para retornar a la línea de producción. La escoria resultante de este proceso se utilizó para obtener ceniza de zinc en polvo.

Así mismo, se determinó y evaluó por separado los costos de transformación de una línea unitaria, melliza y trilliza, inclinándose al final por las dos últimas.

Las líneas de producción quedaron entonces distribuidas tal como se indica en el cuadro E.2:

Cuadro E.2 : DISPOSICION DE LAS NUEVAS LINEAS DE PRODUCCION

| Línea | Característica | # Hornos |
|-------|----------------|----------|
| 1 | Melliza | 2 |
| 2 | Melliza | 2 |
| 3 | Trilliza | 3 |
| 4 | Melliza | 2 |
| 5 | Trilliza | 3 |
| 6 | Melliza | 2 |
| 7 | Trilliza | 3 |

La segunda actividad tiene como objetivo describir la instalación de una línea piloto de óxido de zinc utilizando una fuente de energía menos costosa que el diesel 2, esto es residual 6 y dar a conocer las modificaciones que se realizaron en el circuito de alimentación del petróleo y en la obtención del producto final. Con esto se logró alcanzar un ahorro económico del 20.6 % en el costo total de transformación. Así mismo, se hace un estudio del proyecto de implementación a las líneas existentes con el nuevo sistema.

F.- ALTERNATIVAS DE SOLUCION, ANALISIS TECNICO - ECONOMICO Y SELECCION DE LO MAS CONVENIENTE

PRIMERA ACTIVIDAD

F.1. Evaluación y control de la producción de las líneas de óxido de zinc

Para poder evaluar una línea de producción de óxido de zinc se diseñó formatos para llevar un control diario de cargas (consumo de Zn electrolítico), consumo de petróleo, cantidad formada de óxido crudo y escoria amarilla, la producción de óxido de zinc por zonas y calidad, y de la eficiencia (Apéndice D, formatos D.1 al D.3). Con respecto al consumo de petróleo se instalaron contómetros a todas las líneas de producción.

Así mismo, un control químico que relaciona las impurezas del zinc electrolítico grado SHG versus el óxido de zinc, especialmente los elementos Pb, Cd, Fe, Cu (Apéndice D, formato D.4).

El Cd es el primero en vaporizarse y contaminar al óxido de zinc, debido a su bajo punto de ebullición (Apéndice E), el Pb es un elemento que se va asentando en la fase líquida del zinc pero que es contaminante si se deja oxidar totalmente el batch, por lo tanto estos dos elementos pueden ser controlados mediante temperatura y número de cargas.

Un ejemplo de distribución de cargas y descargas por línea programado se muestra en el apéndice D (formato D.5).

Con toda esta información se llega a sistematizar el control por línea de producción y por el total.

Los parámetros importantes que se pueden obtener y controlar diaria o mensualmente son :

- % eficiencia ($t \text{ ZnO}_{\text{REAL}} / t \text{ ZnO}_{\text{TEORICO}}$).
- Consumo de petróleo (gal / t ZnO).
- % escoria amarilla y óxido crudo.
- % de producción de óxido de zinc por zonas.
- % de producción de óxido de zinc por calidad.

F.2. Mejoramiento de la calidad del óxido de zinc

Para mejorar la calidad del producto debemos comenzar por obtener un óxido regular en mangas, cuartos y ciclón o calidad A, S, LC respectivamente.

Un óxido que contenga partículas metálicas o sólidas en cantidad apreciable se considera irregular. Control de calidad lo clasifica como LM y LS (Ver Apéndice F).

Las partículas metálicas se refieren exclusivamente al zinc que no pudo vaporizarse, mientras que las partículas sólidas pueden ser carbón, castable, refractario, hilos, etc.

La producción de óxido de zinc calidad LM se estuvo incrementando hasta convertirse en punto crítico. La calidad LM no se puede usar por ejemplo en la preparación de Estearato de zinc ya que estas partículas en cantidad apreciable forman aglomerados de zinc que perjudican al proceso químico.

Esto llevó a realizar la investigación y posteriormente a resolver el problema. Se logró modificando el diseño de la campana y, adicionando una tobera de 2½" de diámetro interior.

Con ambas partes se consiguió eliminar las partículas metálicas en la zona de mangas y cuartos, una mayor vida útil de las campanas, mejores condiciones de operación para el hornero, disminución del óxido crudo, mejor distribución de la producción por zonas, aumento de la eficiencia. Así también se mejoró el tamaño de partícula de óxido obteniéndose un área superficial de 9 m² / g, a la que se le denominó calidad "Varistor". Las mejoras se pueden mostrar en el cuadro F.1.

Cuadro F.1 PRODUCCION ANUAL DE OXIDO DE ZINC POR CALIDAD

| Año | Calidad (%) | | | | | | Off Grade (%) |
|------|-------------|------|-----|------|------|-------|---------------|
| | A | S | LS | LM | LC | Total | |
| 1992 | 50.7 | 20.4 | 5.8 | 9.2 | 13.9 | 100.0 | 2.9 |
| 1993 | 50.4 | 11.0 | 1.6 | 18.9 | 18.1 | 100.0 | 2.8 |
| 1994 | 52.2 | 11.7 | 8.1 | 14.0 | 14.0 | 100.0 | 1.7 |
| 1995 | 69.0 | 18.8 | 0.5 | 2.3 | 9.5 | 100.0 | 0.5 |

Tal como se puede apreciar en el cuadro, la calidad A aumentó de 50.7 a 69.0 %, el ciclón y off grade disminuyeron de 13.9 a 9.5 % y 2.9 a 0.5 % respectivamente.

El cambio de las campanas con el nuevo diseño se muestra en el cuadro F.2.

Cuadro F.2 FECHA DE CAMBIO DE CAMPANAS

| Línea | Tipo | Fecha |
|-------|----------|----------|
| 6 | Melliza | 04/04/94 |
| 7 | Trilliza | 01/06/94 |
| 4 | Melliza | 25/07/94 |
| 3 | Trilliza | 21/08/94 |
| 2 | Melliza | 27/09/94 |
| 5 | Trilliza | 17/10/94 |
| 1 | Melliza | 01/08/94 |

La inversión de cada campana fue de \$ 2335. La eficiencia de la producción mensual de una línea melliza aumentó de 69 a 87 t (26.0 %).

Con dicho incremento la inversión por dos campanas se recupera en 1 mes.

F.3. Aumento de la producción de óxido de zinc modificando parte del horno

Con los datos obtenidos de los formatos, se obtuvo la información suficiente para poder evaluar cada línea de producción.

De esta información, se dio preferencia a las líneas relativamente eficientes (# 4 y # 7) de acuerdo a la nueva numeración, tal como se aprecia en el cuadro F.3:

Cuadro F.3 NUEVA NUMERACION DE LAS LINEAS DE PRODUCCION

| Numeración Antigua | Numeración Nueva* | Tipo de Línea |
|--------------------|-------------------|---------------|
| 3 | 1 | Melliza |
| 4 | 2 | Melliza |
| 5/6 | 3 | Trilliza |
| 7 | 4 | Melliza |
| 8 | 5 | Trilliza |
| 9 | 6 | Melliza |
| 10 | 7 | Trilliza |

* A partir del 01/09/94.

Se trabajó inicialmente en la línea melliza # 4. El aumento de producción se logró haciendo un cambio dentro del horno, que consistió en darle un giro de 60° aproximadamente al conducto que une las dos cámaras, en forma tangencial a los crisoles de grafito (A y B).

En las figuras F.1 y F.2 se muestra una vista de planta de los cambios efectuados.

Así mismo, se prepararon conos refractarios de material plástico corallite para disminuir la pérdida de calor por la tronera⁶ (parte del quemador) en todas las línea de producción.

En la figura F.3 se puede apreciar la características del cono refractario.

Las fechas de modificación de los conductos que unen las cámaras de los hornos y la instalación de los conos refractarios se aprecian en el cuadro F.4.

Cuadro F.4 FECHA DE MODIFICACION DE CONDUCTOS E INSTALACION DE LOS CONOS REFRACTARIOS

| Línea | Tipo | Fecha |
|-------|----------|----------|
| 4 | Melliza | 04/01/94 |
| 7 | Trilliza | 16/01/94 |
| 5 | Trilliza | 24/04/94 |
| 2 | Melliza | 12/05/94 |
| 6 | Melliza | 18/07/94 |
| 1 | Melliza | 08/08/94 |
| 3 | Trilliza | 13/09/94 |

⁶ Ver glosario.

Fig. F.1
Antes del Cambio
Conducto Recto

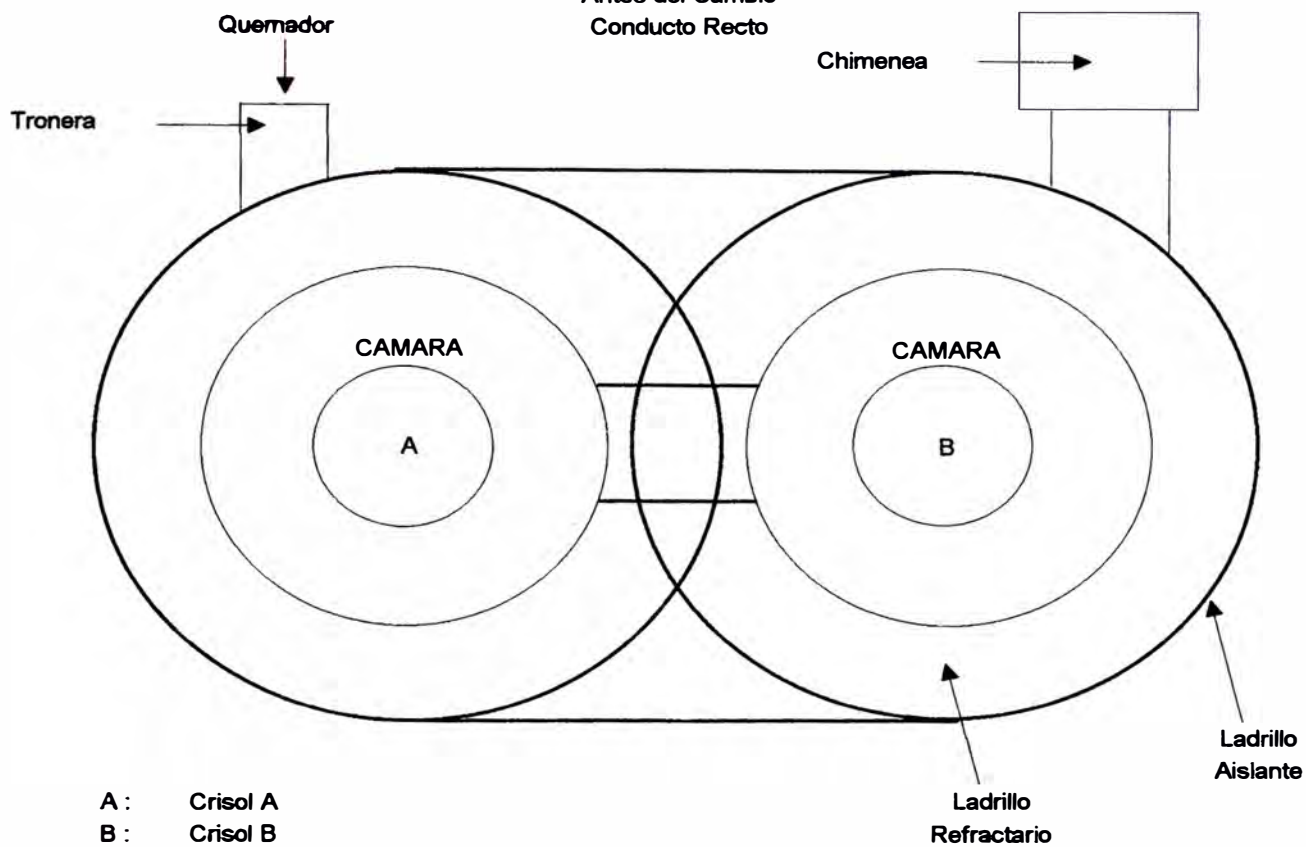
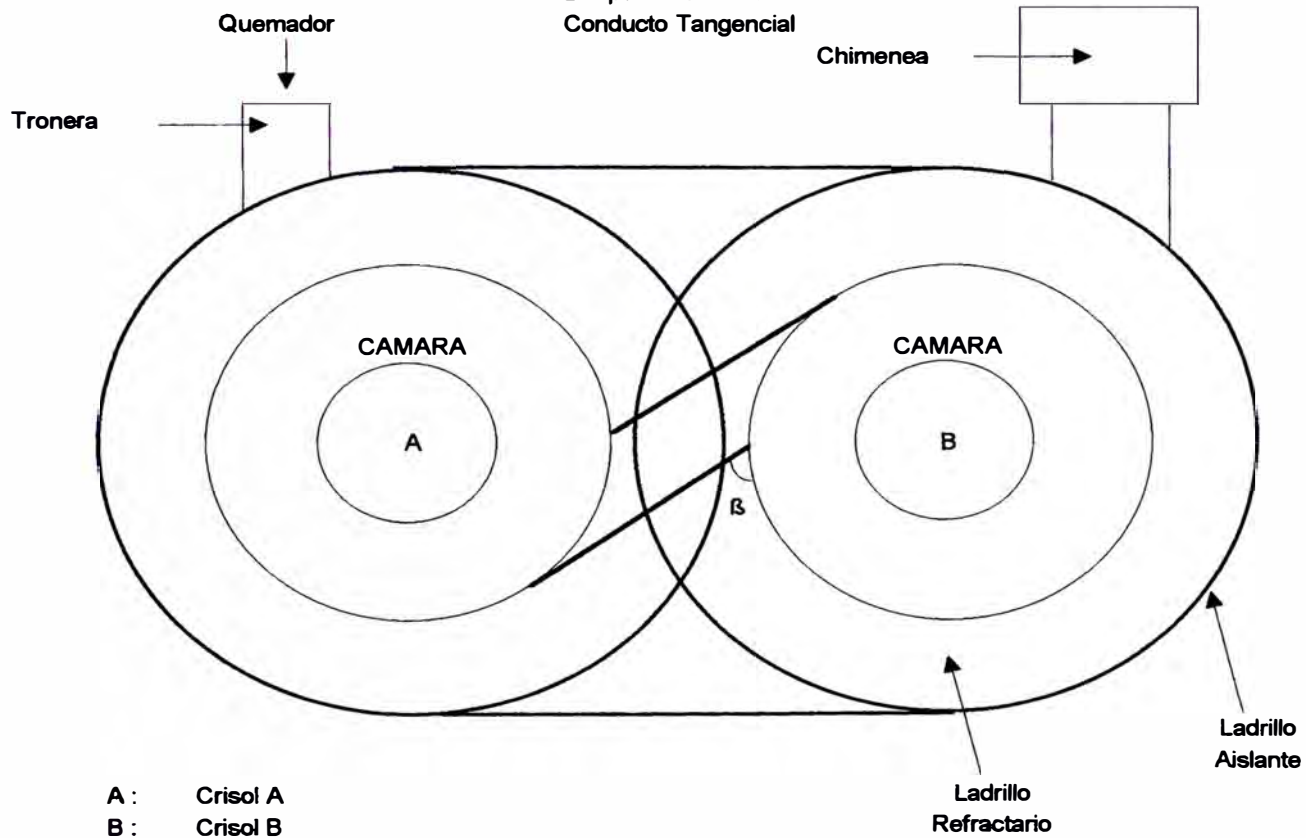


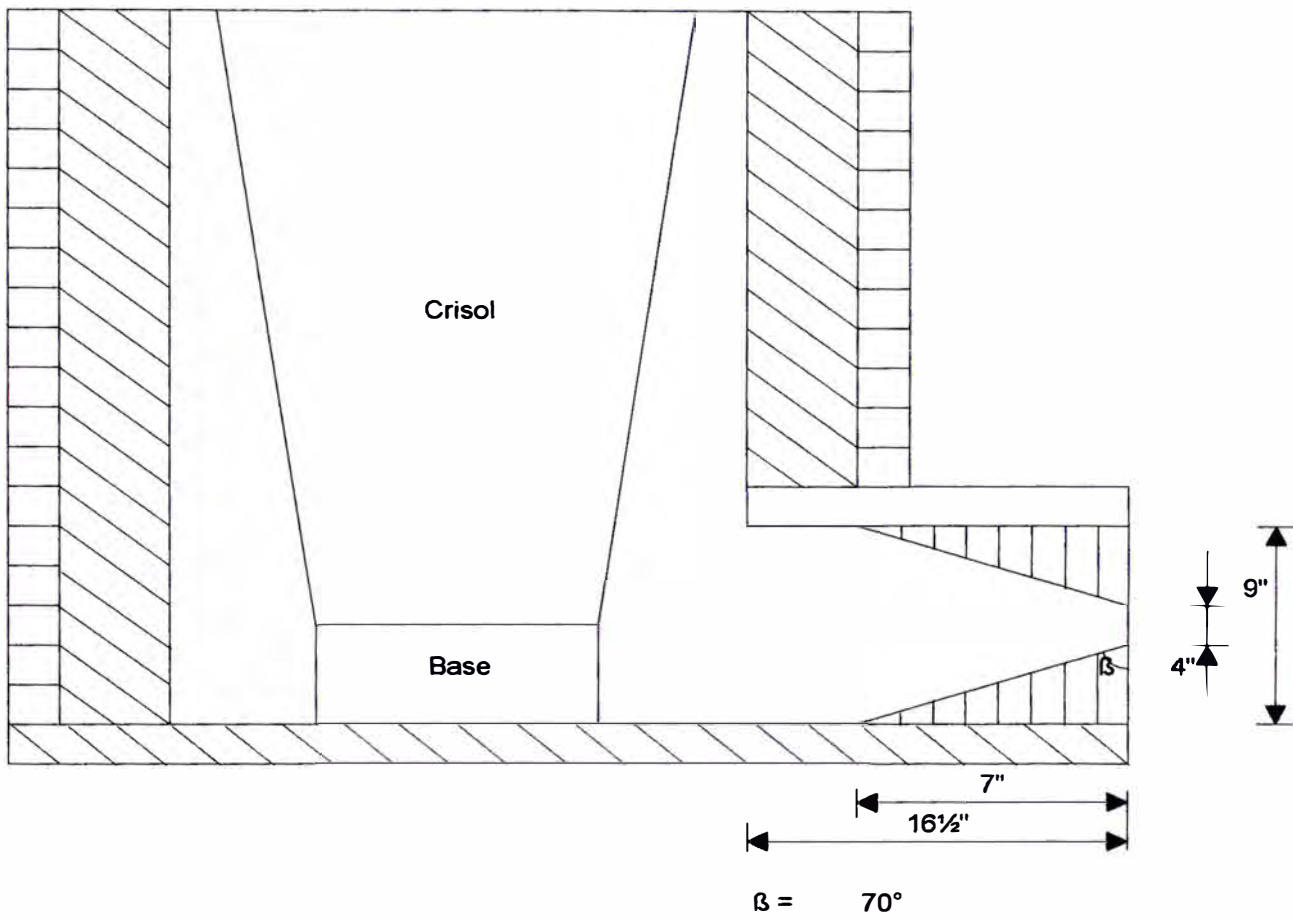
Fig. F.2
Después del Cambio
Conducto Tangencial


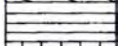
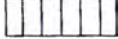


$\beta = 60^\circ$

Fig. F.3

Cono Refractario



-  Ladrillo refractario
-  Ladrillo aislante
-  Cono refractario (material plástico coralite)

Con estos cambios se llegó a incrementar la producción en 41.2 % en la línea melliza, asimismo, un calentamiento homogéneo del crisol B y un desgaste uniforme de la misma (lado chimenea), lo cual llevaría a incrementar su vida útil, ya que con el sistema antiguo los gases de combustión impactaban en una zona localizada del crisol originándose mas tarde un hueco por donde puede fugar el zinc líquido y óxido de zinc, generando así una baja eficiencia, maltrato de la cámara del horno y en especial los ladrillos refractarios.

Así mismo, al aumentar el consumo de zinc en forma global, y manteniendo el consumo de petróleo aumenta la cantidad de óxido, mejorando el índice gal/t ZnO.

Dicha experiencia se trasladó a la línea trilliza # 7 donde se obtuvo un 40.7 % más en la producción de óxido.

F.4. Estandarización parcial de las líneas de producción

Con la experiencia obtenida en las líneas # 4 y # 7 se tomaron medidas de los ductos, ciclones, exhauster, soplador, motores con la finalidad de comparar con las demás líneas de producción.

Después de la revisión de todas las líneas, se llegó a lo siguiente (Ver cuadro F.5) :

Cuadro F.5 TIPOS DE EXHAUSTER

| Características | Unidad | Tipo | | |
|--------------------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | | A | B | C |
| Volumen del aire | pie ³ / min | 3198 | 3198 | 2775 |
| Consumo de fuerza s.n.m. | hp | 8.45 | 8.40 | 5.80 |
| Revoluciones por minuto | rpm | 1752 | 1740 | 1740 |
| Nº Paletas | - | 12 | 12 | 12 |
| Dimensiones | | | | |
| Diámetro exterior | pulg | 42.0 | 40.0 | 38.0 |
| Ancho | pulg | 14.50 | 12.75 | 11.25 |
| Diámetro impulsor | pulg | 26.0 | 26.0 | 24.0 |
| Diámetro de succión | pulg | 15.0 | 15.0 | 12.0 |
| Diámetro salida | pulg | 14.25 | 14.25 | 12.0 |

En dicho cuadro se muestran los tres tipos de exhauster que habían en las líneas de producción.

Así mismo, se revisaron los motores que se instalaron en cada exhauster encontrándose incongruencias, tal como se muestra en el cuadro F.6.

Cuadro F.6 : DISTRIBUCION DE MOTORES ANTES DEL CAMBIO

| Nº | Línea | Tipo de exhauster | Motor (hp) |
|----|----------|-------------------|------------|
| 1 | Unitaria | C | 6.6 |
| 2 | Unitaria | C | 6.6 |
| 3* | Melliza | C | 9.0 |
| 4* | Melliza | C | 6.6 |
| 5 | Unitaria | C | 6.6 |
| 6 | Unitaria | C | 6.6 |
| 7 | Melliza | B | 9.0 |
| 8* | Trilliza | B | 9.0 |
| 9* | Melliza | A | 12.0 |
| 10 | Trilliza | A | 12.0 |

* Instalación inadecuada.

Se procedió inmediatamente con el cambio en base a las líneas # 4 y # 7 ya estudiadas, las cuales se consideraron líneas patrones, obteniéndose la siguiente distribución (Ver cuadro F.7) :

Cuadro F.7 : NUEVA DISTRIBUCION DE MOTORES

| Nº | Línea | Tipo de exhauster | Motor (hp) |
|----|----------|-------------------|------------|
| 1 | Melliza | B | 9.0 |
| 2 | Melliza | B | 9.0 |
| 3 | Trilliza | A | 12.0 |
| 4 | Melliza | B | 9.0 |
| 5 | Trilliza | A | 12.0 |
| 6 | Melliza | B | 9.0 |
| 7 | Trilliza | A | 12.0 |

Estos cambios parciales obligaron también a estandarizar los ductos que unen ciclón-exhauster y exhauster - cuartos.

Con respecto a los ventiladores centrífugos de paletas rectas que se utilizan para suministrar aire a los quemadores de petróleo a una presión de 800 mm H₂O (1.14 psi) no hubo cambios. La distribución de ventiladores se detalla en el cuadro F.8

Cuadro F.8 : DISTRIBUCION DE VENTILADORES

| Nº | Línea | Cantidad | Motor (hp) | rpm |
|----|----------|----------|------------|------|
| 1 | Melliza | 1 | 3.6 | 3450 |
| 2 | Melliza | 1 | 3.6 | 3450 |
| 3 | Trilliza | 2 | 3.6 | 3450 |
| 4 | Melliza | 1 | 3.6 | 3450 |
| 5 | Trilliza | 2 | 3.6 | 3450 |
| 6 | Melliza | 1 | 3.6 | 3450 |
| 7 | Trilliza | 2 | 3.6 | 3450 |

F.5. Disminución de escoria amarilla

Después de cada fusión se debe quitar la escoria formada mientras esté caliente, al no hacerlo, esta queda impregnada en las paredes del crisol, reduciendo así su capacidad, asimismo la transferencia de calor y posibilita en un fallo prematuro (rajaduras del crisol), debido a la expansión diferencial de las capas endurecidas de escoria dentro del crisol.

La escoria se extrae con cloruro de amonio y se le conoce como escoria amarilla.

Se observó que a mayor cantidad de cloruro de amonio mayor era la formación de escoria, lo cual a su vez contaminaba el óxido de zinc, obteniéndose hasta 60 ppm de cloruro. Esta adición se realiza en forma manual y con peso variable.

Se realizó una prueba variando la cantidad de cloruro de amonio, con lo cual se llegó a que sólo se debía adicionar 10 g NH₄Cl / carga, obteniendo así una cantidad máxima de 35 ppm de cloruros en el óxido.

De esta manera se procedió a fabricar cucharones con una misma medida para estandarizar el aditivo.

La cantidad de escoria amarilla formada y transformada a residual bajó de 2.7 a 1.5 %.

F.6. Tratamiento de escorias

Como producto de la escorificación y oxidación del zinc se obtiene escoria amarilla y óxido crudo respectivamente. Antes del cambio de campanas, estos materiales se habían incrementado hasta causar preocupación a la empresa. A partir de esto se estudia algún tipo de tratamiento con la finalidad de recuperarlos como subproductos.

Como primera acción se analizó las escorias, observándose que ambas contenían metal.

Luego se analizó la pureza del óxido crudo, donde se obtuvo un 97 % de óxido de zinc y un 1.5 % de zinc metálico, lo cual podía ser ofertado como calidad off grade; el inconveniente era su granulometría. Se utilizaron mallas de 1/16 " para separar el material y de esta forma conseguir una granulometría uniforme y fina.

Las características químicas y físicas se presentan en la Tabla G.4 del apéndice G.

Este subproducto es utilizado en la producción de alimento balanceado para animales, en el cual la cantidad de zinc es importante para el nutricionista.

Así mismo, la escoria amarilla se tamizó con una malla 1/8 ", analizándose el contenido de óxido de zinc (86 %) y zinc metálico (12 %). Este material se vende a EE.UU. para la fabricación de óxido de zinc por el método americano. Las características físicas y químicas se muestran en la Tabla G.5 del apéndice G.

Como la operación se tornaba muy lenta, se procedió a construir dos zarandas con malla intercambiable.

Estos equipos trabajan con una carga máxima de 800 kg., con movimiento excéntrico (excentricidad de 3/8 ") y con un motor de 6.6 hp. La zaranda posee tres salidas. La malla superior tiene una inclinación de 2 ° (Ver figura F.4).

Estos equipos facilitaron las operaciones, ahorro de tiempo y la desaparición de las escorias acumuladas.

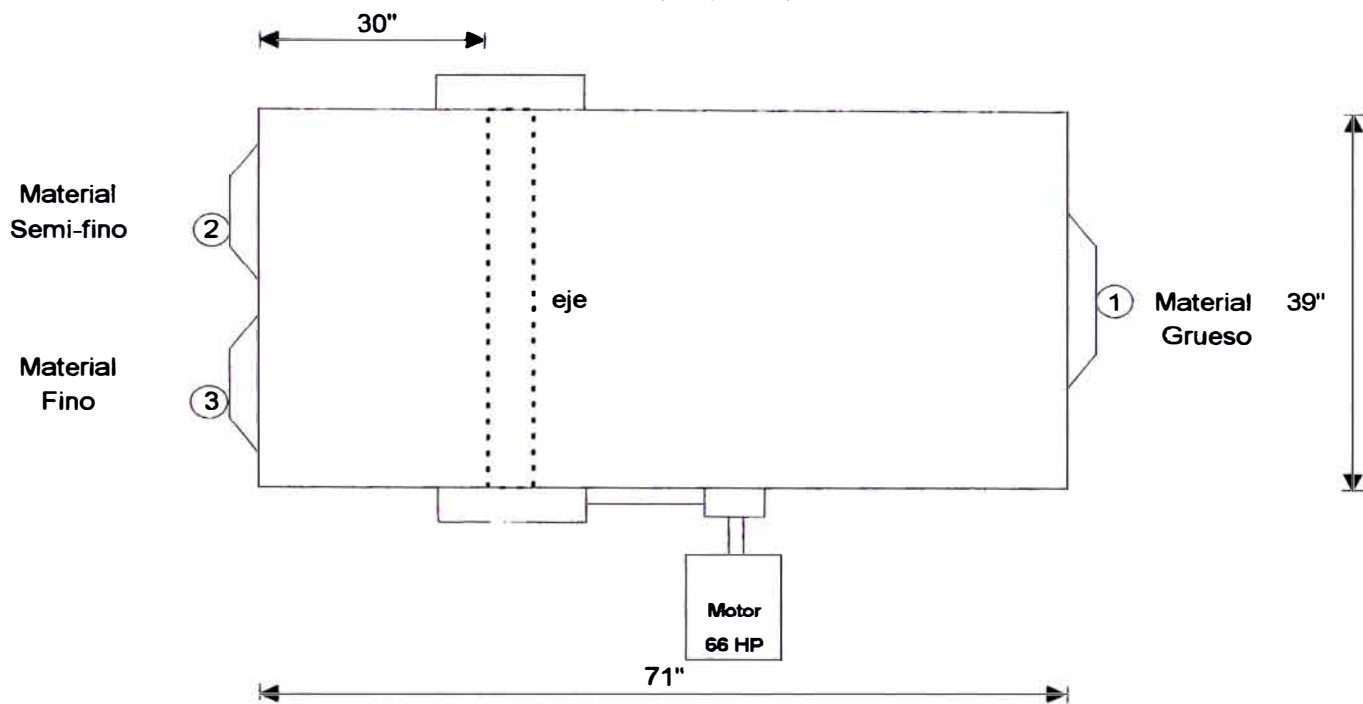
F.7. Aumento de la producción de óxido en mangas.

Para obtener mas producción de óxido en mangas era necesario aumentar la capacidad de recepción de dicha zona. Para esto se tuvo que unir los cajones de mangas de las líneas # 5 y # 6 (13 % más de capacidad con respecto a las demás líneas), utilizar el cajón de cuarto y un ciclón de la línea # 6, desmontar los hornos unitarios # 5 y # 6 y eliminar un ciclón. Montar el horno trillizo # 3 (ex línea # 12).

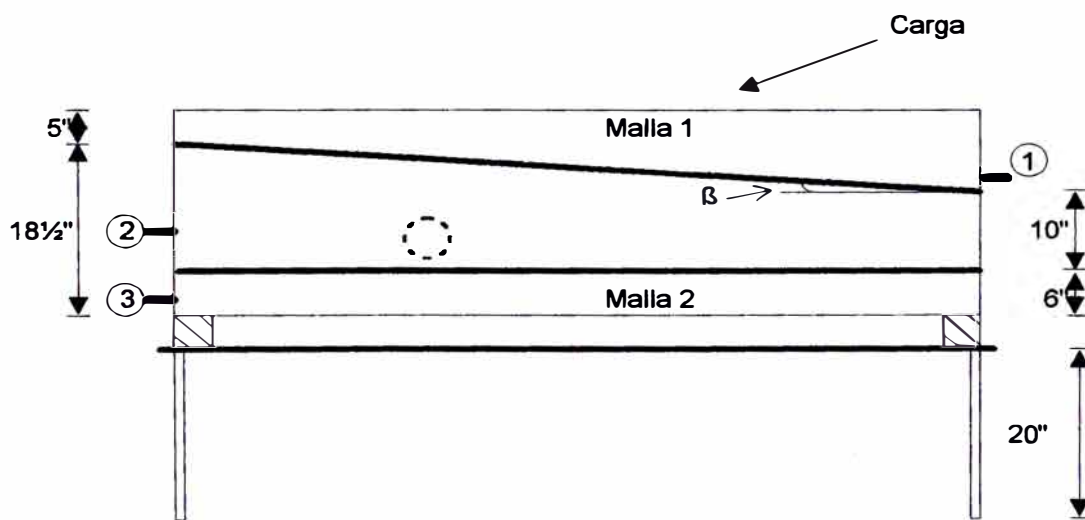
Con este cambio se llegó hasta un 70 % de la producción en la zona de mangas, 20 % en cuartos y 10 % en ciclón.

Así mismo, las zonas de cuartos y mangas se conectaron mediante un par de ductos con una válvula de compuerta (Ver figura F.5) y que sirve para descargar parcialmente

Fig. F.4
Zaranda de Movimiento Excéntrico
Vista de Planta

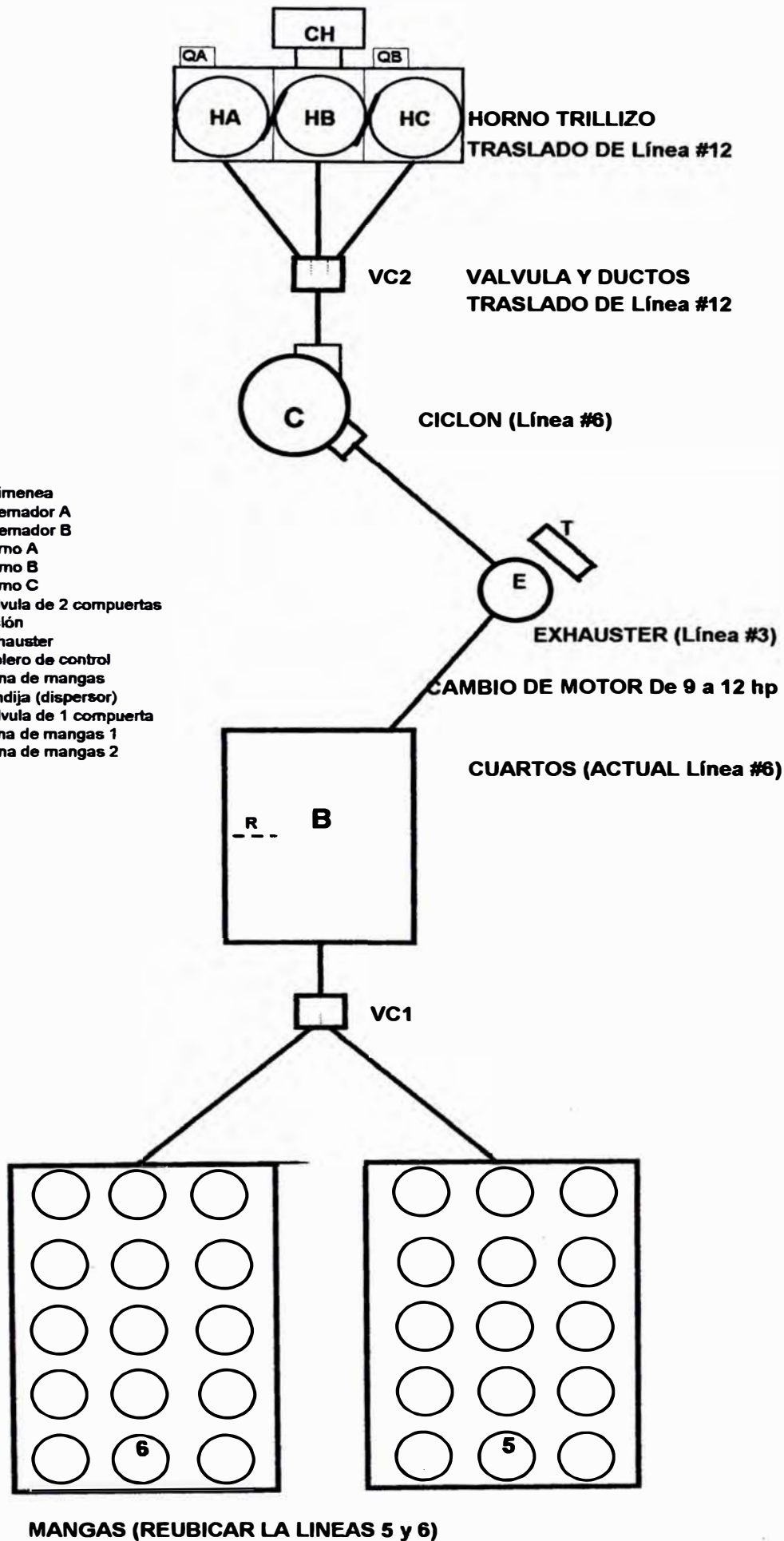


Vista de Perfil



$\beta = 2^\circ$

Fig. F.5
Flow sheet de la Línea propuesta #3 (Línea Trilliza)



LEYENDA

- CH = chimenea
- QA = quemador A
- QB = quemador B
- HA = horno A
- HB = horno B
- HC = horno C
- VC₂ = válvula de 2 compuertas
- C = ciclón
- E = exhauster
- T = tablero de control
- B = zona de mangas
- R = rendija (dispersor)
- VC₁ = válvula de 1 compuerta
- A₁ = zona de mangas 1
- A₂ = zona de mangas 2

la zona de mangas sin necesidad de apagar el exhauster. Con esto disminuyó la pérdida de óxido de zinc al ambiente, aumentando la eficiencia en un 2 %.

F.8. Estandarización final de las líneas de producción de óxido

De acuerdo a la experiencia obtenida en la línea # 3, se cambiaron los ductos individuales que une cuartos y mangas por un pantalón (ducto en "v") con su respectiva válvula de compuerta, dividiendo el cajón de mangas con una plancha de hierro. Por lo tanto, con este último cambio finaliza la estandarización de las líneas de producción del # 1 al # 7, esto se aprecia en el apéndice A (layout de las líneas de producción).

Las mejoras finales se pueden apreciar en el cuadro F.9.

Cuadro F.9 PRODUCCION DE OXIDO DE ZINC POR ZONAS, RESIDUAL, FACTOR DE TRANSFORMACION Y EFICIENCIA

| Año | Producción (%) | | | Residual (%) | Factor ZnO/Zn | Eficiencia (%) |
|------|----------------|---------|--------|--------------|---------------|----------------|
| | Mangas | Cuartos | Ciclón | | | |
| 1992 | 53.7 | 32.5 | 13.8 | 2.75 | 1.14 | 91.62 |
| 1993 | 52.0 | 29.9 | 18.1 | 2.01 | 1.15 | 92.61 |
| 1994 | 60.3 | 25.7 | 14.0 | 1.67 | 1.18 | 94.70 |
| 1995 | 71.2 | 19.3 | 9.5 | 1.48 | 1.20 | 96.84 |

F.9. Ahorro de combustible

Se consiguió instalando termocuplas en el interior de los crisoles de grafito, registrando la temperatura interna del proceso de fusión - oxidación, tanto para una línea melliza y trilliza. Estudiando los gráficos de control de temperatura, se pudo conocer que entre cada carga se presentaba una curva característica en forma creciente llegando hasta 1070 °C. Como sabemos, el zinc tiene un punto de ebullición de 907 °C, es así como se procedió a trabajar con los hornos que tienen quemadores de la siguiente manera :

Apagar el ventilador y cerrar la llave de petróleo 60 minutos antes de la siguiente carga y mantenerlo así durante los próximos 15 minutos para no afectar la producción.

Los quemadores a petróleo modelo QP-2 consumen 6 gal / h. Los hornos con quemadores tienen 6 cargas / día, por lo tanto, estarían apagados 90 minutos. Los ahorros se presentan en el cuadro F.10, considerando que el petróleo tiene un precio unitario de \$ 1 / gal.

Cuadro F.10 AHORRO ECONOMICO DE PETROLEO POR LINEA DE PRODUCCION

| Línea | N° Cargas / día | N° Q* | Tiempo (min) | Ahorro Económico | | |
|--------------|-----------------|-------|--------------|------------------|----------|---------------|
| | | | | Petróleo (gal) | \$ / día | \$ / mes |
| Melliza | 6 | 1 | 90 | 9 | 9 | 270 |
| Trilliza | 12 | 2 | 180 | 18 | 18 | 540 |
| TOTAL | | | | | | \$ 810 |

* Quemadores

Normalmente se trabaja con tres líneas mellizas y 1 trilliza, por lo tanto, el ahorro mensual es de 1350 \$ / mes.

F.10. Aumento del Ratio

El ratio es un factor económico que define la transformación del metal a óxido de zinc, tal como se expresa en la siguiente fórmula :

$$\text{Ratio} = \frac{\text{Zinc consumido} - \text{Zinc recuperado}}{\text{Oxido de zinc obtenido} + (\text{off grade} \times 0.85)}$$

Se considera un ratio ideal cuando se obtiene un valor más cercano a 0.80.

Considerando esta fórmula, nos enfocamos en mejorar mediante la obtención del zinc recuperado (ver Apéndice I).

Este objetivo se logró complementando el tratamiento de escorias, para esto se necesitó aparte de las zarandas de movimiento excéntrico, un molino de martillos.

El proceso se puede visualizar en la figura F.6.

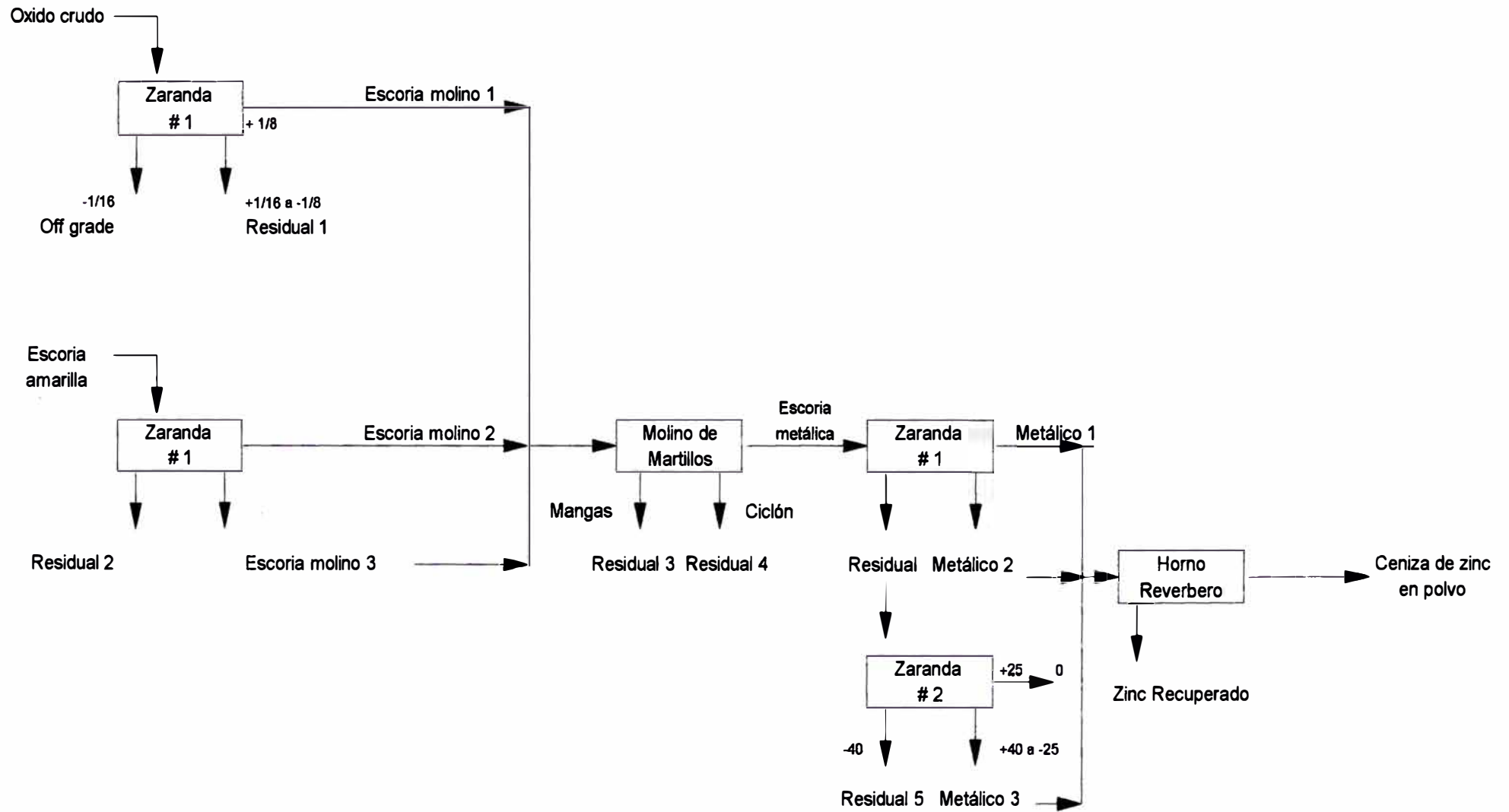
Entonces, los subproductos finales que se obtienen son :

- Oxido de zinc off grade;
- Oxido de zinc residual; y
- Lingotes de zinc recuperado, reciclados en la planta de óxido de zinc.

El ratio mejoró en 3.2 %.

En el cuadro F.11 se puede mostrar la mejora final para el ratio y el consumo de petróleo por tonelada de óxido de zinc producido.

Fig. F.6
Obtención del Zinc Recuperado, Oxido de Zinc Off Grade y Residual



**Cuadro F.11 MEJORAS FINALES EN EL RATIO Y EL
CONSUMO DE PETROLEO**

| Año | gal / t ZnO | Ratio |
|------------|--------------------|--------------|
| 1992 | 84.75 | 0.846 |
| 1993 | 85.26 | 0.840 |
| 1994 | 73.14 | 0.830 |
| 1995 | 63.30 | 0.819 |

F.11. Evaluación y selección de insumos

F.11.1. Crisoles.

Para la utilización en fundición de metales no ferrosos, se fabrican dos clases de crisoles :

F.11.1.1 Crisol de grafito

Los ingredientes principales, a los que se añade una cierta cantidad de carburo de silicio son : arcilla altamente refractaria, sirve de ligante y el grafito, que asegura la conductividad térmica y eléctrica. Da al crisol resistencia a la variaciones de temperatura y resiste los ataques químicos.

El único disolvente del grafito es el hierro fundido. Esto hace comprender la corta vida de los crisoles de grafito en la fundición gris.

La sensibilidad del grafito al oxígeno fundiendo metales no férricos se observa a partir de los 700 °C.

Por esta razón, se aplica un barniz sobre los crisoles de grafito, que los protege contra la oxidación durante el recocido en su fabricación; y más tarde durante su utilización en las fundiciones, y por consecuencia, contra la descomposición prematura.

A esta materia prima, se le añade carburo de silicio, que es otro buen conductor térmico, y además, aumenta considerablemente la solidez mecánica y la resistencia al desgaste de los crisoles.

Desgraciadamente, el carburo de silicio no es resistente a las escorias de fundentes básicos.

Como ligante se une arcilla altamente refractaria, pero está también expuesta a los ataques de los fundentes básicos.

F.11.1.2 Crisoles de carburo de silicio

Siendo este su principal ingrediente, al que se le añade una gran cantidad de grafitos especiales y una pequeña cantidad de silicio.

Como ligante se utiliza una materia con un contenido de carbono, después de una coquización, queda una amalgama de coque.

Este aglomerante resiste mejor a los ataques químicos de los fundentes que el ligante arcilloso de los crisoles de grafito.

Se añaden también productos químicos, que es mezclado con varias capas de barniz, dan una excelente protección contra la oxidación. Esta es la razón principal por la que los crisoles de carburo de silicio tiene una vida más larga que los de grafito, en particular en las fundiciones de aluminio.

El crisol de grafito que se utiliza en IEQSA es un material importado, suministrado por un sólo proveedor marca Gloria de procedencia Alemana. En una oportunidad, el stock existente se había terminado y no se disponía de una reposición inmediata. Fue en ese momento que se buscó a otros proveedores, los cuales ofrecían un producto de mejor calidad.

El primer paso fue solicitar hojas técnicas de cada uno de ellos, analizarlas y seleccionar para una posterior evaluación.

Todo crisol para fundir metal debe tener las siguientes características :

- Buena conductividad térmica para ahorrar combustible y tiempo de fusión.
- Alta refractariedad, para resistir las altas temperaturas.
- Resistencia al choque térmico, para resistir los cambios bruscos de temperatura.
- Resistencia a la oxidación atmosférica, para impedir que el grafito se quemé.
- Resistencia al ataque químico de óxido y fundentes.
- Resistencia a la erosión mecánica por metal sólido y fundido.
- Resistencia mecánica a altas y bajas temperaturas, para resistir el manejo descuidado.

El cuadro F.12 se muestra una relación de los tipos de crisoles que se probaron en los hornos de la planta de óxido

Cuadro F.12 : RELACION DE CRISOLES EVALUADOS

| Crisol | Tipo de Crisol | Proccendencia | Marca |
|--------|---|---------------|-----------|
| A | Grafito | Alemania | Gloria |
| B | Grafito | Alemania | Noltina |
| C | Grafito + aglutinante de Carbono (en escamas) | Brasil | Cadinhos |
| D | Grafito/Arcilla | Brasil | Cadinhos |
| E | Carburo de Silicio | Inglaterra | Morganite |

Veamos algunas especificaciones químicas y físicas de estos tipos de crisoles en el cuadro F.13 :

Cuadro F.13 ESPECIFICACIONES QUIMICAS Y FISICAS DE CRISOLES

| Características | Grafito Arcilla Cadinhos/Bra. | Grafito Gloria/Alem. | Grafito Noltina/Alem. | Carburo Si Morganite/Ing. |
|---|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 1. Químicas (%) | | | | |
| C | 44 | 45 | 45 | 30 |
| SiO ₂ | 20 | 25 | 10 | 5 |
| Al ₂ O ₃ | 13 | 12 | 10 | 4 |
| Si / CSi | 20 | 14 | 15 | - |
| CSi | - | - | - | 51 |
| Otros | 3 | 4 | | 10 |
| 2. Físicas | | | | |
| - Absorc. Agua (%) | 10 | 9 | 14 | - |
| - Porosidad Aparente (%) | 18 | 18 | 25 | 22 |
| - Densidad Aparente (g/cc) | 1.77 | 2.00 | 1.72 | 1.80 |
| - Temperatura de Trabajo (°C) | 1450 | 1350 | 1400 | - |
| - Refractariedad Simple (SK) | 25 | 27 | - | - |
| - Módulo de Ruptura a 20 ° (N / mm ²) | 20 | 10.34 | - | - |
| - Expansión Térmica (1 / °C) | - | 3.5 x 10 ⁻⁶ | - | - |
| - Resistencia Esp. eléctrica a 20 ° (Ω cm) | - | 0.06 | - | - |
| - Conductividad Térmica (W / Km) | 4.4 | 4.0 | 4.2 | - |

Estos crisoles fueron probados en las líneas melliza # 6 y trilliza # 7.

De la evaluación se puede resumir el cuadro F.14.

Cuadro F.14 RESULTADOS DE LA EVALUACION DE CRISOLES

| Crisol | Línea Trilliza | | | Línea Melliza | | |
|--------|----------------|-----------|------------|---------------|-----------|------------|
| | t ZnO/día | gal/t ZnO | Dur. (día) | t ZnO/día | gal/t ZnO | Dur. (día) |
| B | 4.661 | 64.63 | 90 | - | - | - |
| A | 3.792 | 70.85 | 90 | 2.090 | 70.59 | 87 |
| E | 3.533 | 74.80 | 52 | - | - | - |
| C | - | - | - | 2.088 | 77.53 | 30 |
| D | - | - | - | 1.783 | 90.61 | 40 |

Como vemos, el crisol más eficiente es el de grafito Noltina/Alemania, con 23 % más de producción diaria y 9 % menos de consumo de petróleo con respecto al Gloria / Alemania.

Como otra alternativa, se pueden utilizar crisoles de carburo de silicio marca Morganite/Inglaterra. cuya vida útil es de 52 días con una producción promedio de 3.533 t / día y un consumo de petróleo de 74.8 gal / t ZnO.

Ambos crisoles se probaron en la línea trilliza # 7.

Por último, se tuvo crisoles averiados en la zona de chatarra inutilizables. Se presentó la alternativa de buscar un material que sirva para resanar dichos crisoles. Este fue el Morgem 900 que es un cemento refractario carbonáceo de alta calidad seco y que sólo requiere mezclar con agua para que pueda ser utilizado.

La aplicación se da para unir materiales a base de grafito o carbón, y también para proveer una capa protectora para refractarios en contacto con el metal fundido. Este material tiene excelente resistencia a la oxidación, penetración al metal y ataque de escoria.

En el cuadro F.15 se muestran algunas características físicas y químicas del Morgem 900.

Cuadro F.15 CARACTERISTICAS DEL MORGEM 900

| Características | |
|--|------|
| 1. Químicas (%) | |
| SiO ₂ | 15.0 |
| CSi | 31.3 |
| C | 29.2 |
| Si | 12.0 |
| Al ₂ O ₃ | 3.5 |
| Otros | 9.0 |
| 2. Físicas | |
| Densidad a 1000 °C (g / cc) | 1.92 |
| Módulo de Rotura (N / mm ²) | 12.1 |

Con esto se logró recuperar alrededor de 20 crisoles que se pusieron a trabajar en las líneas de producción de óxido de zinc y otras áreas. Lógicamente, la vida útil de estos crisoles resanados es menor (30 días en promedio). Si consideramos el precio de un crisol nuevo \$ 900 con una vida útil de 90 días, entonces la depreciación mensual es de \$ 300.

Por lo tanto, el ahorro final que se tuvo fue de \$ 6000 en un periodo de consumo aproximado de 4 meses en las áreas mencionadas.

F.11.2. Ladrillos refractarios de alta alúmina.

Los ladrillos refractarios que se utilizan en los hornos estacionarios de crisol deben ser de alta alúmina, con un contenido del 70 % de Al₂O₃ ya que la temperatura de la cámara del horno sobrepasa los 1200 °C.

Los tipos de ladrillos que se emplean para el montaje de los hornos se muestran en el cuadro F.16

Cuadro F.16 : TIPO DE LADRILLOS PARA HORNO DE CRISOL

| Tipo de Ladrillo | Dimensiones (pulg) |
|------------------|--|
| Recto AL70 | 9 x 4 $\frac{1}{2}$ x 2 $\frac{1}{2}$ |
| Puente AL70 (1) | 13 $\frac{1}{2}$ x 4 $\frac{1}{2}$ x 2 $\frac{1}{2}$ |
| Puente AL70 (2) | 13 $\frac{1}{2}$ x 4 $\frac{1}{2}$ x 3 |
| Arco # 1 AL70 | 9 x 4 $\frac{1}{2}$ x (2 $\frac{1}{2}$ x 2 $\frac{1}{8}$) |
| Arco # 2 AL70 | 9 x 4 $\frac{1}{2}$ x (2 $\frac{1}{2}$ x 1 $\frac{3}{4}$) |
| Llave # 3 | 9 x 2 $\frac{1}{2}$ x (4 $\frac{1}{2}$ x 3) |
| Llave # 4 | 9 x 2 $\frac{1}{2}$ x (4 $\frac{1}{2}$ x 2 $\frac{1}{4}$) |

Los ladrillos arco # 1 y # 2 sirven para la construcción de la cámara del horno, los puente para los conductos que une las cámaras y los rectos para las troneras y la base de los hornos.

Para la mesa de los hornos se utilizan los ladrillos llave # 3 y # 4, los cuales se desmontan cada 3 meses aproximadamente, cuando termina un periodo de vida del horno debido al cambio de crisol.

La vida útil de estos ladrillos es de 2 años en promedio, después de este tiempo es necesario cambiarlos por nuevos.

En el mercado nacional existen muchos fabricantes tales como : REPSA, RASA, Electrocerámica de Chimbote, FRISA, etc.

La evaluación se hizo con REPSA y Electrocerámica.

En el cuadro F.17 se muestra las especificaciones químicas y físicas de estos fabricantes.

**Cuadro F.17 : ESPECIFICACIONES DE FABRICANTES DE LADRILLOS
REFRACTARIOS**

| Característica | Electrocerámica | REPSA |
|--|-----------------|-----------|
| 1. Química (%) | | |
| Al ₂ O ₃ | 70.0 | 70.2 |
| SiO ₂ | 26.0 | 24.7 |
| Fe ₂ O ₃ | 1.0 | 1.4 |
| TiO ₂ | 1.0 | 2.5 |
| CaO | 0.3 | 0.1 |
| MgO | 0.3 | 0.3 |
| Alcalis (Na ₂ O + Li ₂ O + K ₂ O) | 0.5 | 0.8 |
| 2. Física | | |
| Cono pirométrico equivalente (CPE) | 37 | 37 |
| Temperatura de servicio (°C) | 1750 | 1750 |
| Densidad aparente (g / cc) | 2.4 - 2.6 | 2.5 - 2.6 |
| Porosidad aparente (%) | 16 - 18 | 18 - 20 |
| Cambio lineal a 1300 °C (%) | - | 0.0 - 0.2 |

Estos datos técnicos fueron proporcionados por los proveedores.

Como se puede apreciar, prácticamente no hay diferencia en las características químicas y físicas.

Estos ladrillos se pueden evaluar considerando su proceso de fabricación, densidad (ladrillo duro), emisividad, resistencia al choque térmico y al ataque de escorias.

De acuerdo a esto, se procedió a evaluar estos ladrillos en la línea melliza # 4.

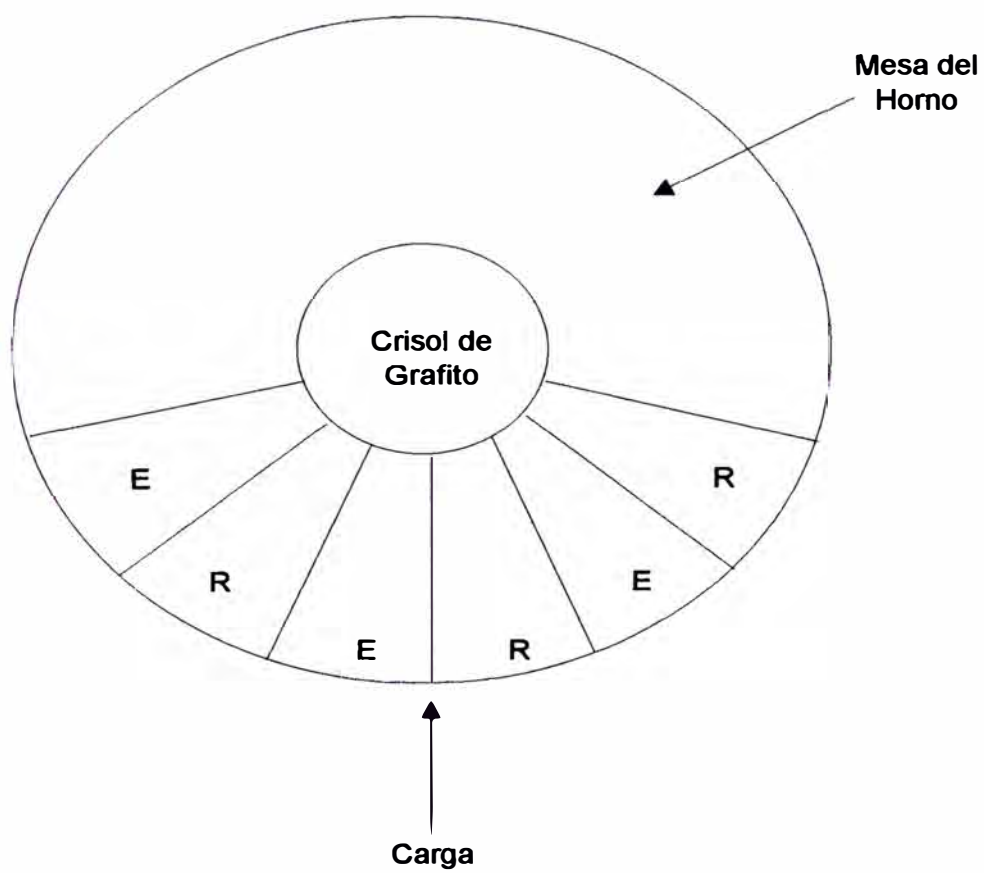
Se tomaron los ladrillos llave # 3 y se colocaron en el horno 4A (lado quemador), distribuyéndolos en la mesa como se muestra en la figura F.7.

Antes de la prueba se revisó los ladrillos de ambos proveedores, observándose una mejor compactación de prensado y un acabado de cocción uniforme en el de REPSA. El ladrillo de Electrocerámica dio la impresión de haber utilizado material reciclado.

Las condiciones de trabajo fueron las mismas, se escogió la zona de carga por ser esta la que recibe mayor trabajo, así mismo, hubieron paradas imprevistas de temperatura.

Después de 45 días de operación se sacaron los ladrillos cuidadosamente para examinarlos, observando lo siguiente

Fig. F.7
Distribución de los Ladrillos Refractarios evaluados
- Vista de planta -



E = Ladrillo refractario Electrocerámica
R = Ladrillo refractario Repsa.

El de Electrocerámica presentaba un ligero desgaste en los bordes, con respecto al color no presentaba diferencia. Luego se volvieron a colocar los ladrillos en el mismo lugar para continuar la prueba, hasta que concluya la vida útil del crisol.

La línea entró en mantenimiento después de 94 días, en la cual se volvieron a extraer los ladrillos, notándose al de Electrocerámica con un desgaste mayor, inclusive un ladrillo se desmoronó fácilmente al golpearlo con el piso, lo que no ocurría con el de REPSA.

Por lo tanto, se procedió a trabajar con los ladrillos de REPSA.

Los precios de los ladrillos de REPSA y Electrocerámica son de \$ 3.25 y \$ 3.10 respectivamente.

F.11.3. Castable⁷

Se utiliza para tapar la mesa de los hornos, que está hecha de ladrillos refractarios llave # 3 y # 4.

El consumo de este material es de 100 kg. por mesa.

El problema fundamental era el cuarteamiento de la mesa del horno y de la tapa, generando como consecuencia la fuga de los gases de combustión, los cuales contaminan el óxido de zinc con trazas de azufre.

El proveedor en ese momento era REPSA. Se le solicitó datos técnicos del castable super, observándose un bajo contenido de alúmina (41.9 %) y una temperatura de servicio de 1483 °C.

Se buscó otro castable con mayor contenido de alúmina y a bajo costo. Se evaluó el castable AA60 de Electrocerámica de Chimbote, dando buenos resultados, una mejor consistencia en el acabado y una dureza resistente a la carga.

En el cuadro F.18 se muestra las características químicas y físicas de los castable super y AA60, de los proveedores REPSA y Electrocerámica respectivamente.

⁷ Ver glosario.

Cuadro F.18 : CARACTERISTICAS DE CASTABLES

| Característica | Electrocerámica | REPSA |
|--|-----------------|-------------|
| 1. Química (%) | | |
| Al ₂ O ₃ | 60.0 | 41.9 |
| SiO ₂ | 39.0 | 49.1 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.5 | - |
| TiO ₂ | - | 2.3 |
| CaO | - | 1.5 |
| MgO | - | 4.4 |
| Alcalis (Na ₂ O + Li ₂ O + K ₂ O) | - | 1.1 |
| 2. Física | | |
| Temperatura de servicio (°C) | 1710 | 1483 |
| Densidad aparente (g / cc) | 2.2 | 1.96 - 1.99 |
| Agua requerida por 50 kg (l) | 6 - 7 | 7 - 8 |
| Cambio lineal a 1300 °C (%) | - | 0.4 - 0.8 |

El precio de los castables son :

Castable super (REPSA) : \$ 41 / 50 kg.

Castable AA60 (Electrocerámica) : \$ 40 / 50 kg.

Por lo tanto, se obtuvo un ahorro de \$ 1 por preparación de la mesa del horno.

Teniendo en cuenta que se tiene un total de 17 mesas, entonces el ahorro por castable es de \$ 17 por cada 3 meses (tiempo de operación de una línea de producción).

F.12. Determinación del costo total de transformación de las líneas de producción

El costo total de transformación para una línea de producción comprende :

F.12.1. Fusión - Oxidación

- Cloruro de amonio (kg)
- Diesel 2 (gal)
- Fusión - Oxidación (hh)
- Soplador, exhauster, bomba (kW-h)

F.12.2. Embolsado

- Conos de hilo (pza)
- Bolsa de polipropileno laminado (pza)
- Embolsado (hh)
- Máquina embolsadora (kW-h)

F.12.3. Embalaje

- Paleta europallet (pza)
- Plástico stretch film (kg)
- Embalaje (hh)

F.12.4. Depreciación

- Crisol (pza)
- Base de crisol (pza)
- Ladrillo refractario (pza)
- Castable (pza)
- Tela de mangas (m)
- Tela de tolvas (m)

F.12.5. Gastos indirectos**F.12.6. Resumen**

- Fusión Oxidación
- Embolsado
- Embalaje
- Depreciación
- Gastos indirectos

Costo total de transformación.

En el cuadro F.19 se muestra los costos de transformación de cada línea de producción.

Cuadro F.19 COSTO TOTAL DE TRANSFORMACION POR t ZnO

| Tipo de Línea | t / día Promedio | Costo total de transformación (\$ / t ZnO) |
|---------------|------------------|--|
| Unitaria | 1.450 | 186.71 |
| Melliza | 2.900 | 137.33 |
| Trilliza | 4.640 | 149.70 |

Como se puede apreciar en el cuadro, el costo de transformación por tonelada de ZnO de una línea unitaria es mucho mayor que las líneas melliza y trilliza. Por lo tanto, se decidió trabajar solamente con las líneas melliza y trilliza.

SEGUNDA ACTIVIDAD

F.13. Cambio de Combustible

La empresa permitió llevar a cabo una prueba de combustión con el petróleo residual 6 en un horno mellizo de óxido de zinc, para reemplazar gradualmente el petróleo diesel 2 y evaluar el efecto en el proceso productivo para finalmente, obtener un ahorro económico, ya que el mayor porcentaje del costo de transformación se refiere al combustible (ver Apéndice I).

Para utilizar el petróleo residual 6 se realizaron modificaciones desde la zona de almacenamiento del combustible hasta el quemador, incluyendo el horno.

F.13.1. Descripción del sistema de alimentación de combustible.

Se acondicionó un tanque de almacenamiento de 2000 gal con un tanque diario interno de 11 gal aproximadamente con una resistencia eléctrica incorporada de 7 kW para calentar toda la masa hasta 140 °C y así poder transportarla mediante una bomba de engranaje helicoidal (200 gal / h de capacidad) hacia un precalentador con resistencia eléctrica de 4 kW. El combustible es precalentado de 110 a 130 °C e inyectado al quemador prototipo de petróleo, mezclándose con aire de atomización (25 psi) y ayudado por un ventilador de tiro forzado hacia la cámara de combustión para obtener un rendimiento mayor. La regulación del petróleo y aire se realiza en forma manual.

En la figura F.8 se muestra la distribución de los equipos y accesorios de la línea piloto. La característica del tanque de almacenamiento se detalla en la figura F.9.

Fig. F.8
Distribución de los equipos y accesorios de la Línea Piloto

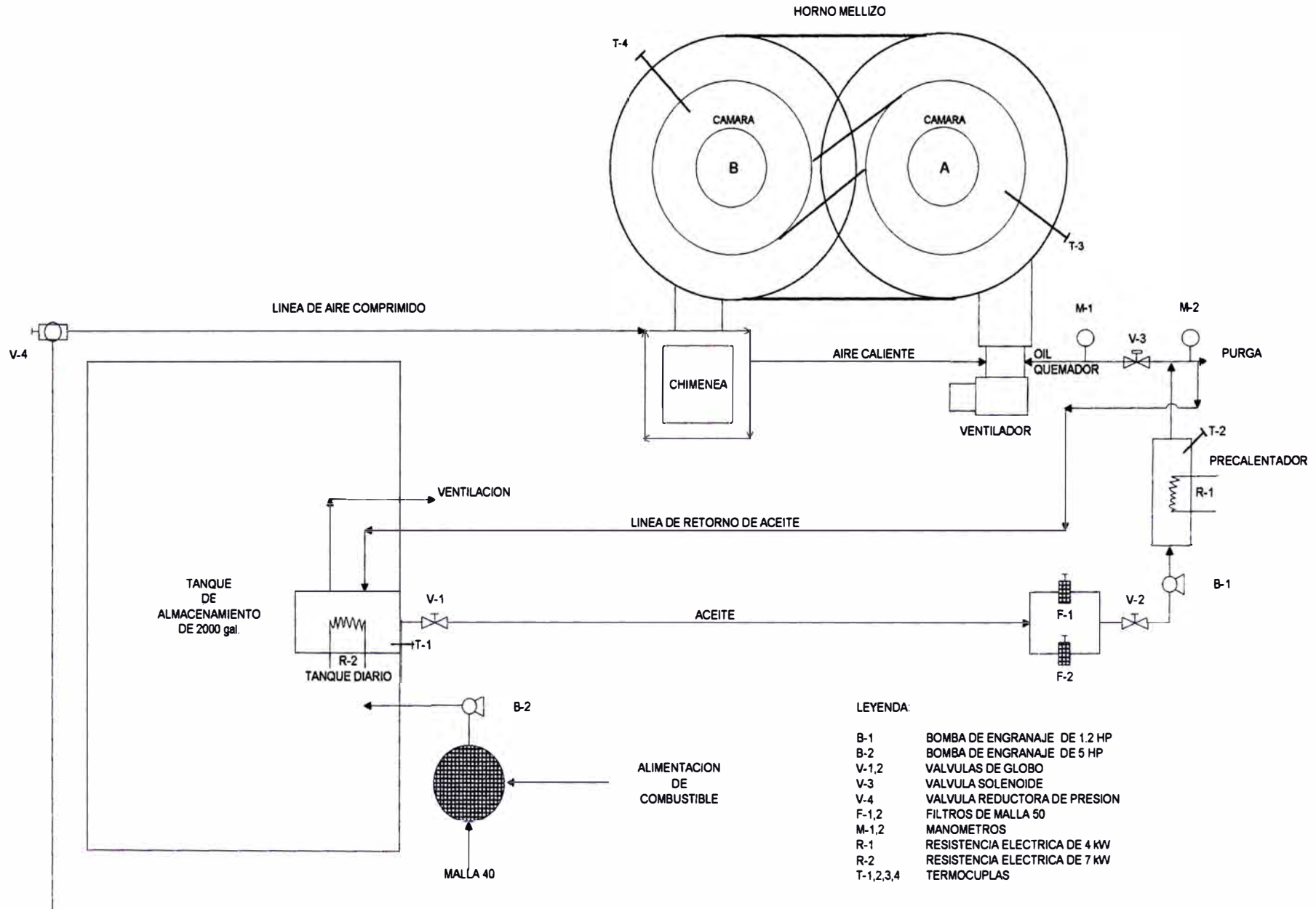
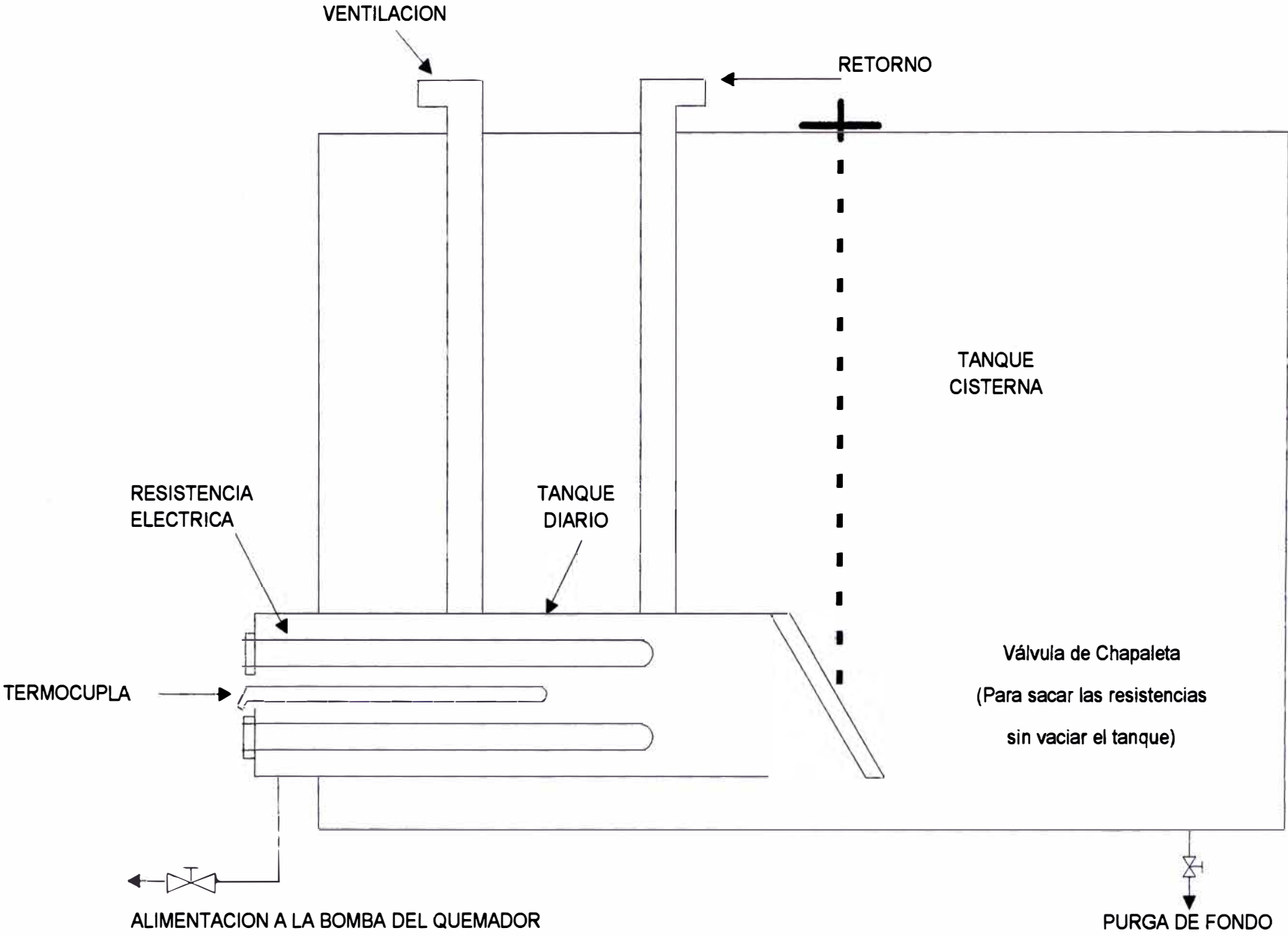


Fig. F.9
Esquema de la instalación del tanque diario



La línea de aire comprimido se regula con una válvula reductora de presión, esta trabaja de 25 a 30 psi, la línea es enrollada alrededor de la chimenea para calentarla, aprovechando de esta manera la pérdida de calor de esta.

El sistema de encendido del quemador de petróleo trabaja con un transformador de ignición, el cual produce el encendido. Así mismo, el sistema tiene una fotocelda que sensa la llama, si no hubiera llama, envía una señal eléctrica a la válvula solenoide para que cierre el paso de petróleo, caso contrario, la mantiene abierta.

El quemador contiene internamente una tobera de 17 gal / h con un ángulo de aspersión de 60 ° y difusores de acero inoxidable y acero estructural.

Para la recepción del combustible se pasa primero el petróleo por una malla 40 para separar las partículas extrañas, luego es trasvasada al tanque de almacenamiento mediante una bomba de engranaje. En las líneas de petróleo se utilizan filtros de 50 μm .

La tronera del quemador se tuvo que modificar tal como se aprecia en la figura F.10, también se incrementó el área transversal del conducto tangencial y de la chimenea de acuerdo a especificaciones.

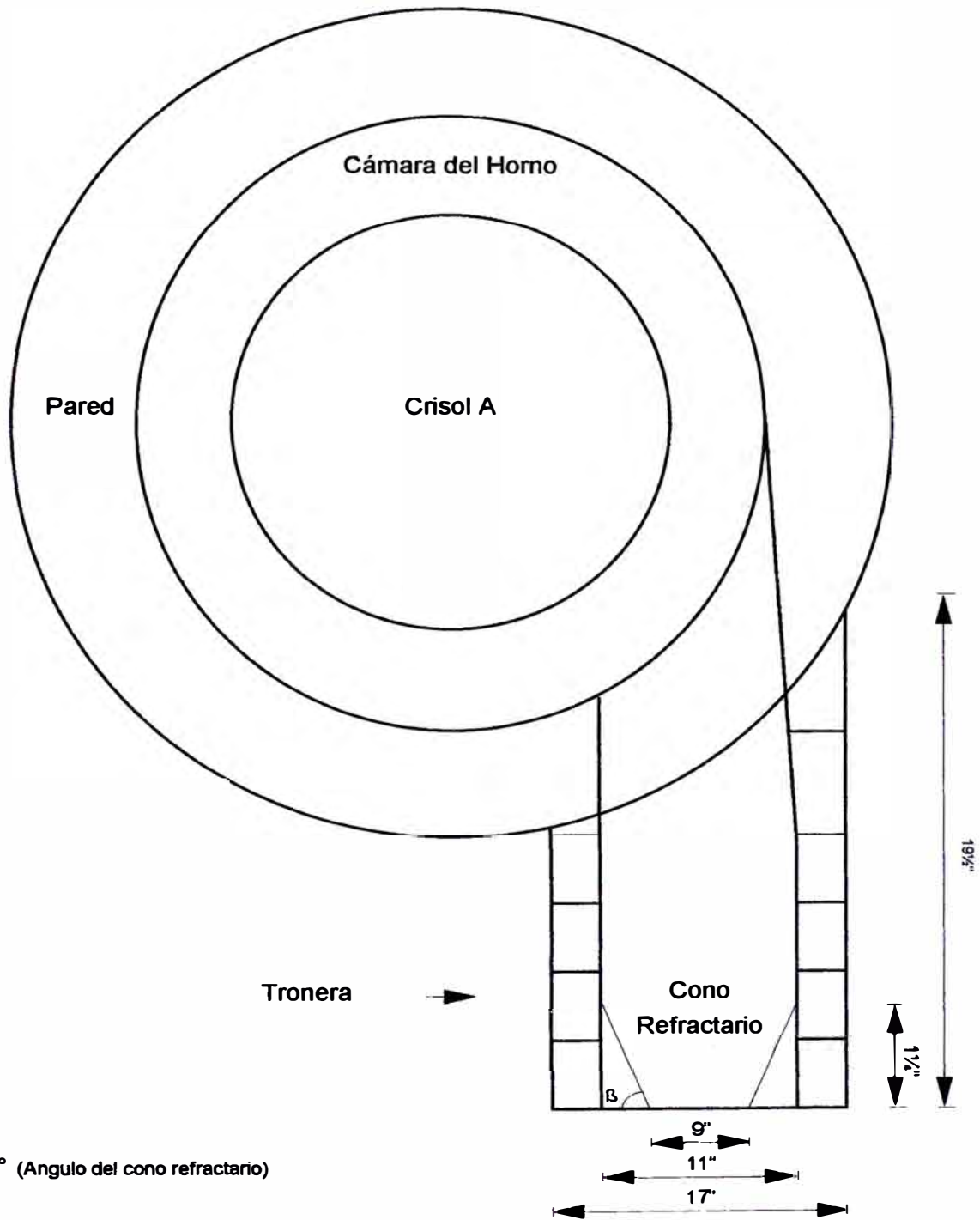
F.13.2. Puesta en marcha y parámetros de control de la línea piloto.

Se puso en marcha la línea piloto el 1 ° de noviembre de 1994 con una capacitación de horneros para el manejo del control de la línea.

Los parámetros de control más importantes son

- a) Temperatura de tanque diario.
- b) Temperatura del precalentador.
- c) Presión de entrada al quemador.
- d) Presión de retorno
- e) Regulación de la llama (mezcla aire petróleo)
- f) Presión de aire comprimido.

Fig. F.10
Vista horizontal de la tronera - Línea piloto



g) Consumo de petróleo (control de nivel).

Se diseñó un formato de control para ser llenado por los horneros, el cual se presenta en el apéndice D.6.

F.13.3. Incidencia de impurezas en el óxido de zinc.

En el cuadro F.20 se puede observar las características físicas y químicas tanto del petróleo diesel 2 como del residual 6.

El elemento que podría alterar los rangos permisibles en el óxido de zinc es el azufre, debido a su bajo punto de ebullición.

En el cuadro F.21 se presenta el resultado de determinación de azufre realizado en las diferentes zonas de la línea de producción.

Cuadro F.20 CARACTERISTICAS TIPICAS DEL PETROLEO INDUSTRIAL

| Petróleo Industrial | Diesel 2 | Residual 6 |
|--------------------------------------|----------|------------|
| Gravedad °API | 33 | 15.2 |
| Punto de Inflamación (°C) | 52 | 105 |
| Punto de fluidez (°C) | -10 | 15 |
| Viscosidad SSU a 100 °F | 42.1 | - |
| Viscosidad cinemática a 100 °F (cst) | 4.86 | 615 |
| Cenizas (% en peso) | 0.01 | 0.07 |
| Azufre (% en peso) | 0.4 | 1.2 |
| Vanadio (ppm) | - | 1.75 |
| Agua y sedimentos (% en volumen) | 0.0 | 0.10 |
| Poder calorífico (BTU / gal) | 140000 | 151000 |
| Gravedad específica | 0.8602 | 0.9646 |
| Densidad (lb / gal) | 7.162 | 8.033 |
| Temperatura de Bombeo mínima (°C) | - | 45 |
| Temperatura de atomización | | |
| - Tiro forzado, margen (°C) | - | 100 |
| - Tiro natural, margen (°C) | - | 120 - 130 |

Cuadro F.21 RESULTADOS PROMEDIO DE IMPUREZAS EN EL OXIDO DE ZINC EN LAS DIFERENTES ZONAS DE LA LINEA DE PRODUCCION

| Zona | Impurezas Promedio (ppm) | | | | |
|---------|-----------------------------|----|----|----|----|
| | Pb | Cd | Fe | Cu | S |
| Mangas | 10 | 3 | 1 | 1 | 40 |
| Cuartos | 9 | 2 | 1 | 1 | 42 |
| Ciclón | 8 | 2 | 3 | 1 | 44 |

F.13.4. Ahorro económico por cambio de combustible

En el cuadro F.22 se puede apreciar el ahorro que se logra para una línea melliza utilizando residual 6 en lugar del diesel 2.

Cuadro F.22 AHORRO ECONOMICO USANDO RESIDUAL 6

| Combustible | Producción (t/día) | Costo total de transformación (\$/t ZnO) |
|-------------|-----------------------|---|
| Diesel 2 | 2.9 | 137.33 |
| Residual 6 | 3.0 | 117.45 |
| Ahorro | | 19.88 |

La inversión de la instalación de la línea piloto fue de \$ 6000.

La línea piloto produce en promedio 90 t ZnO/mes, entonces el ahorro mensual es de \$ 1789 Por lo tanto, la recuperación de la inversión se logró en :

$$\frac{6000}{1789} = 3.4 \approx 4 \text{ meses.}$$

1789

F.13.5. Evaluación técnica de la línea piloto.

El comportamiento de la línea piloto (residual 6) es igual a las líneas tradicionales (diesel 2) en el aspecto operativo excepto el manejo y control del quemador.

Se tiene la misma cantidad de cargas, cantidad de escoria amarilla y óxido crudo. Con respecto a la temperatura de oxidación, se tiene la misma tendencia, tal como se ve en la figura H.9.

En cuanto a la producción de óxido de zinc se tiene el mismo porcentaje por zona (mangas, cuartos, ciclón).

En el cuadro F.23 se presenta una comparación técnica entre el diesel 2 y el residual 6 en una línea melliza:

CUADRO F.23 COMPARACION DE VARIABLES DE PRODUCCION FINAL UTILIZANDO DIESEL 2 Y RESIDUAL 6.

| Característica | Diesel 2 | Residual 6 |
|--|---------------------|---------------------|
| 1. Consumo de petróleo (gal / t ZnO) | 49.6 | 48.0 |
| 2. Consumo de energía eléctrica (kw-h / t ZnO) | 65.38 | 136.00 |
| 3. Producción promedio (t / día) | 2.9 | 3.0 |
| 4. Eficiencia (%) | 95.8 | 97.2 |
| 5. Análisis químico (%) | | |
| - ZnO | 99.8 mín. | 99.8 mín. |
| - Pb, Cd, Fe, Cu, Cl | Cumple hoja técnica | Cumple hoja técnica |
| - S | 0.0038 | 0.0042 |

F.14. Proyecto de Implementación del nuevo sistema a las líneas actuales de Producción

De acuerdo a los resultados satisfactorios que se tuvo con la línea piloto se propone implementar este nuevo sistema a las líneas actuales de producción de óxido de zinc.

Se tiene 2 tanques de almacenamiento de petróleo, 7000 y 5000 gal en la planta (Ver Apéndice A) donde se puede recepcionar el combustible.

Para el calentamiento del petróleo residual 6 se aprovechará los gases calientes que se van por la chimenea, la temperatura que se tiene en ésta es alrededor de los 800 °C, la cual es suficiente para la generación de vapor de agua mediante una caldera.

Los equipos, accesorios, modificaciones y trabajos adicionales que se necesitan se detallan a continuación.

F.14.1. Quemadores para petróleo Residual 6 con precalentador independiente para los hornos mellizos 1, 2, 3 y 4, con las siguientes características:

- a) Estructura del quemador.
- b) Caracol de ventilador.
- c) Ventilador de tiro forzado.
- d) Motor eléctrico del ventilador.
- e) Piloto de encendido a gas.
- f) Sistema de encendido eléctrico.
- g) Sistema de regulación aire - combustible.
- h) Fococelda.
- i) Válvula solenoide y purga de línea de petróleo.
- j) Presostato de seguridad del ventilador.
- k) Tobera de atomización.
- l) Precalentador de petróleo mixto, vapor resistencia eléctrica.

F.14.2. Quemadores automáticos que consumen petróleo residual 6 para las líneas # 5, # 6 y # 7 (hornos trillizos) las cuales contarán con 2 quemadores de las mismas características indicadas en el punto anterior pero con un precalentador de petróleo para estos 2 quemadores.

F.14.3. Modificación de las chimeneas de los hornos.

Levantando la existente 1 m más de altura en 3 de los hornos y uniéndola a un tubo colector :

- a) Modificación de chimenea, colocando una compuerta en cada salida para independizar a cada horno del conjunto cuando este se encuentre apagado.
- b) Fabricar un colector de gases calientes de combustión en tubería de acero resistente a alta temperatura, forrado exterior con material aislante. La tubería conectará las salidas de gases de los hornos a la caldera.

F.14.4. Caldera de Recuperación 518 lb / h de vapor automática horizontal de dos pasos con las siguientes características

- a) Presión de diseño : 150 psi.
- b) Presión de trabajo : 70 psi.
- c) Producción de vapor : 518 lb / h.
- d) Area de transferencia : 140 pie².

F.14.5 Equipo Ablandador de agua.

Para tratar el agua de alimentación de la caldera con un caudal de servicio de 250 l / h.

Conformado por tanque de resina y tanque de salmuera con sus respectivas válvulas de interconexión.

F.14.6 Tanque de Condensado con un forro exterior en lana de vidrio, cubierta exteriormente con plancha de acero inoxidable.

Con un controlador de nivel, termómetro, coplas de alimentación y descarga de agua.

F.14.7 Tanque diario de petróleo.

Con una capacidad de 80 gal.

Para la alimentación de todas las líneas, con intercambiadores de calor vapor-petróleo, resistencia eléctrica, termostatos, válvula solenoide para vapor y válvula reductora de presión.

F.14.8 Colector de vapor forrado con material aislante.

Para distribuir el vapor del caldero al tanque cisterna y a los precalentadores de los quemadores y al tanque diario.

F.14.9 Línea de retorno de condensados hacia el tanque de condensados.

F.14.10 Tanque rompe purga con coplas de ingreso de purgas y salida de vapores residuales.

Para lograr una correcta purga de fondo del caldero.

F.14.11 Chimenea para la salida de los gases calientes del caldero con un diámetro de 14 " y una altura de 8 m, con un ventilador centrifugo en la parte superior para lograr el tiro forzado.

F.14.12 Instalación de 2 serpentines de calentamiento automático para los tanques cisternas de petróleo, que incluye:

- a) Válvula solenoide de ingreso de vapor .**
- b) Termostato de control de temperatura.**
- c) Trampa termodinámica de vapor.**
- d) Bomba de petróleo.**

En la fig. F.11 se muestra la ubicación de los equipos que conformarían el nuevo sistema y en la fig. F.12 se puede apreciar la sala de calderas.

Fig. F11
Ubicación de los equipos en el nuevo sistema

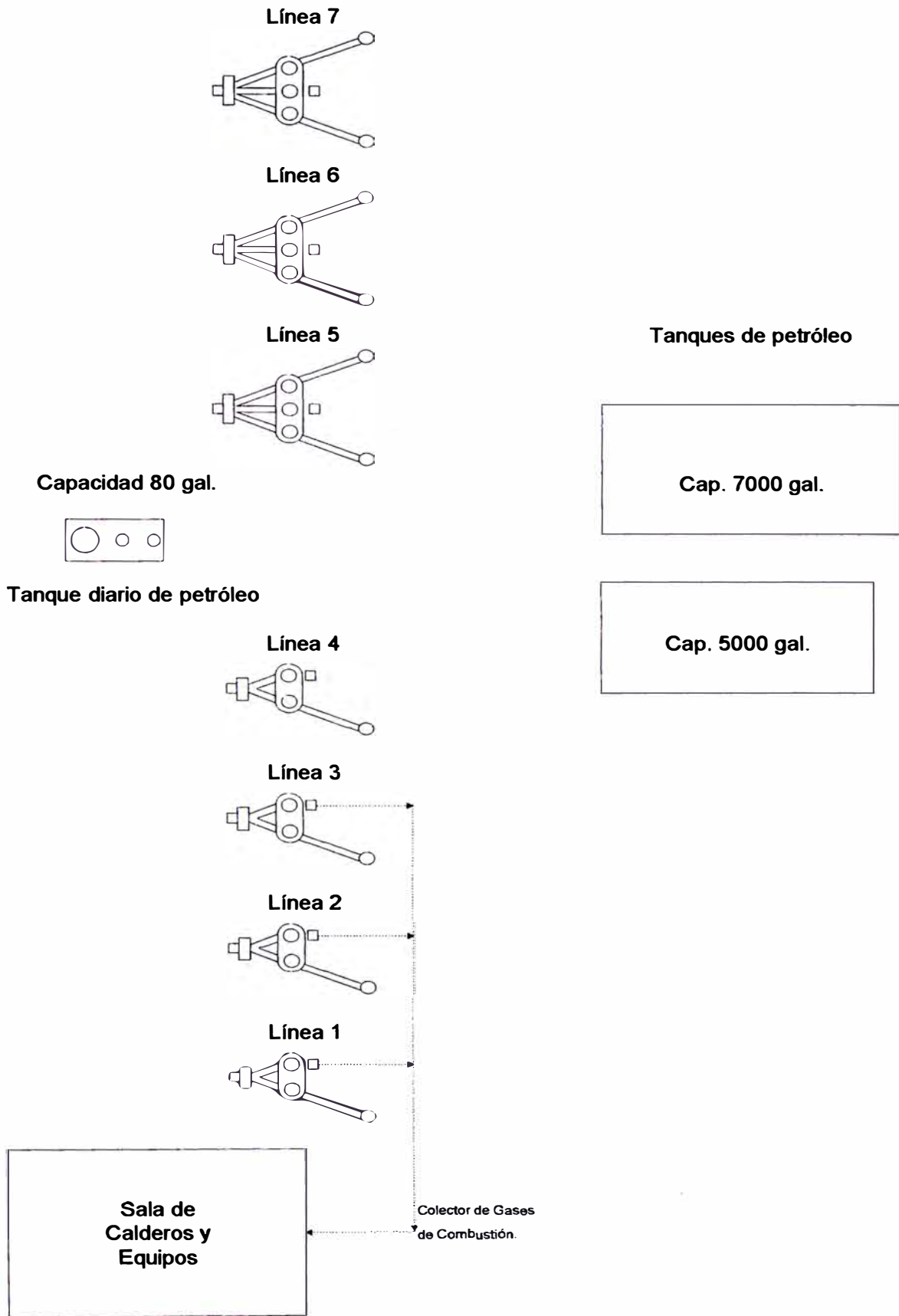
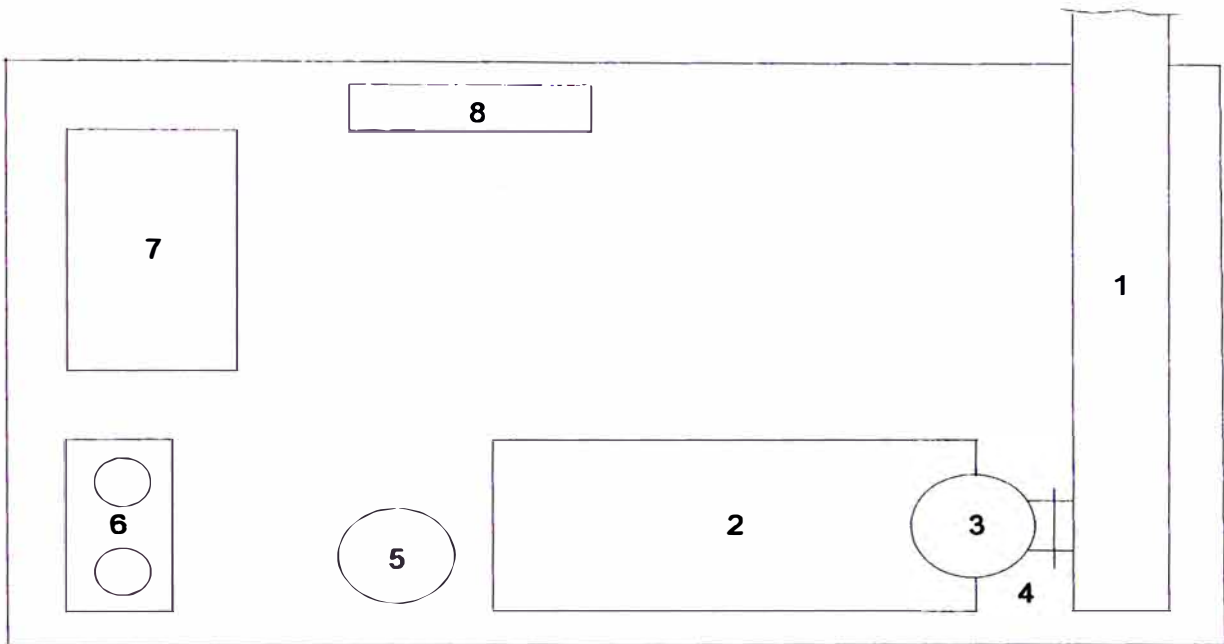


Fig. F.12
Sala de Calderas



Leyenda

- 1** Colector de gases.
- 2** Caldera de recuperación de 518 lb de vapor / h.
- 3** Chimenea de caldera.
- 4** Compuerta tipo By-pass.
- 5** Tanque rompe purga.
- 6** Ablandador.
- 7** Tanque de condensados.
- 8** Colector de vapor.

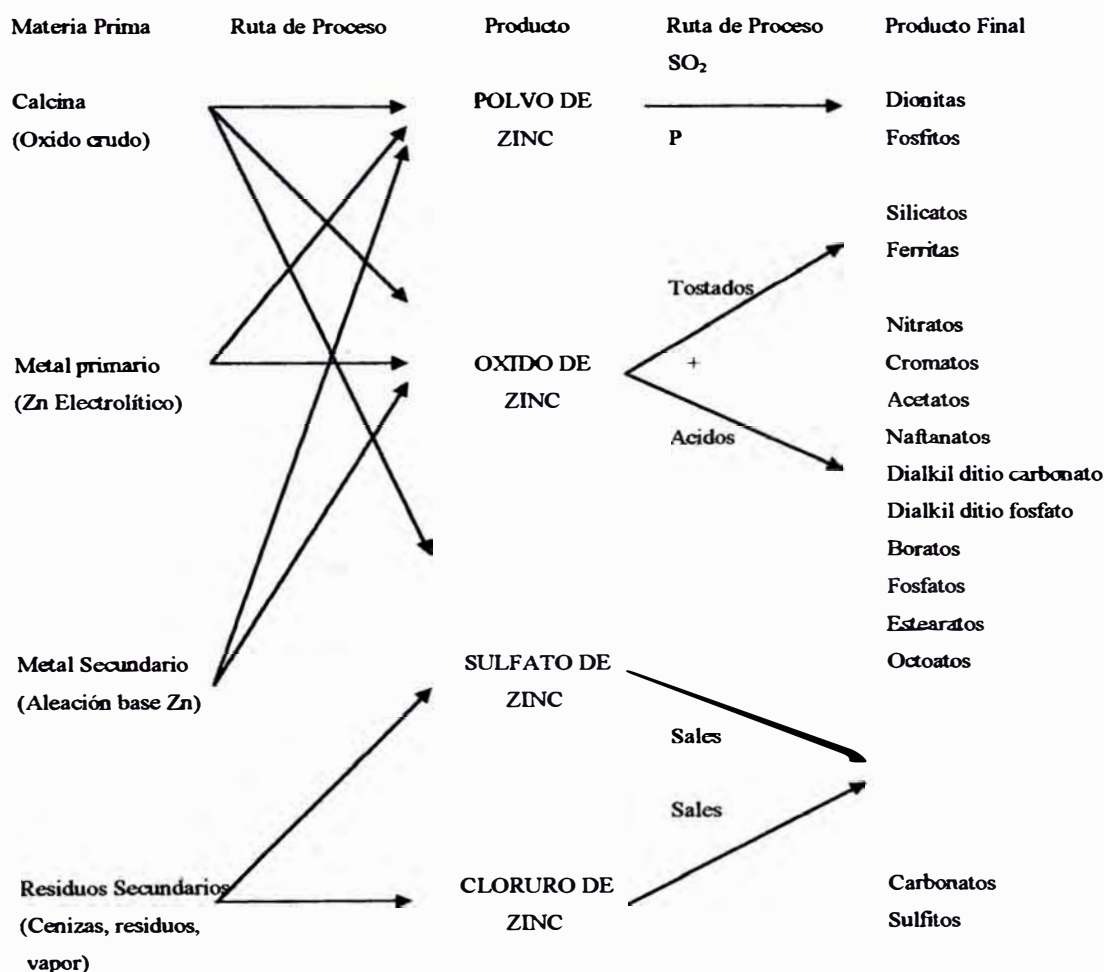
G.- DESARROLLO Y SUSTENTACION DE LOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LA INVESTIGACION Y DESARROLLO DEL PROYECTO

G.1. Conceptos generales

Cada vez que el zinc es mencionado, generalmente se tiende a pensar en zinc metálico. Menos son escuchados los compuestos químicos de este elemento que el zinc químico (incluido el polvo de zinc) que cuentan con el 12 a 13 % del consumo total de zinc. El óxido de Zinc es el más importante. En orden de importancia y consumo le siguen el zinc en polvo, sulfato de zinc, cloruro de zinc y fosfato de zinc.

El cuadro G.1 muestra una relación entre los productos químicos del zinc, los materiales de origen de los cuales están hechos y los productos químicos finales :

Cuadro G.1



G.2. Características del Óxido de Zinc³

G.2.1. Características Físicas.-

- Peso molecular : 81.37

- Color : El óxido de zinc es blanco a temperatura normal y amarillo cuando se encuentra caliente.

- Densidad : La densidad aparente puede variar de 0.32 a 1.20 g / cc.

- Punto de Fusión : El óxido de zinc no funde. El valor propuesto es de 1975 ± 25 °C.

- Índice de refractariedad : El óxido de zinc es uniaxial.

- Calor de sublimación : En el intervalo de 1350 - 1500 °C el calor de sublimación es de 129000 cal/mol-g si el vapor no está dissociado y 193000 cal / mol-g si lo está.

- Capacidad Calorífica : $C_p = 9.62$ cal / °C-mol a 25 °C.

- Entalpía, energía libre de formación y entropía a 25 °C :

$$\Delta H = - 83250 \text{ cal / mol}$$

$$\Delta F = - 76100 \text{ cal / mol}$$

$$S = 10.43 \text{ cal / °C-mol}$$

- Presión de vapor : Alguna vaporización puede ser notada debajo de los 1300 °C. Sobre los 1450 °C la presión de vapor se incrementa y alcanza los 12 mm Hg a 1500 °C. A 1700 °C la presión de vapor alcanza los 760 mm Hg.

- Coeficiente de expansión lineal : 4.0×10^{-6} (lineal) / °C.

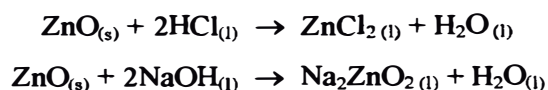
- Conductividad eléctrica : El óxido de zinc es un conductor *n*-tipo. Cuando es calentado en oxígeno su conductividad disminuye, cuando es calentado en vacío su conductividad aumenta.

³ Ver bibliografía.

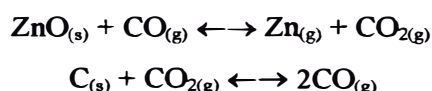
- Propiedades magnéticas : La forma activa del óxido de zinc es escasamente paramagnética a bajas temperaturas.
- Propiedades ópticas : El óxido de zinc es transparente a la luz visible, en un rango relativamente alto y uniforme, tanto que exhibe un color blanco puro de alta brillantes.
- Solubilidad : El óxido de zinc es casi insoluble en agua. Su solubilidad es de 0.005 g / l a 25 °C. El producto comercial tiene un pH de 7.5 a 7.9 (10% en solución acuosa). El óxido de zinc es más soluble en amoniaco acuoso (0.28 g / l en 1 % de amoniaco a 25 °C). Su solubilidad se incrementa con la presencia de sales de amonio.

G.2.2. Características Químicas.-

- El óxido de zinc es anfótero y es soluble en ambos ácidos y bases



- El óxido de zinc puede ser reducido por calentamiento en hidrógeno o monóxido de carbono o por calentamiento con carbón en el aire



- El óxido de zinc no reacciona con el dióxido de carbono seco, pero es gradualmente cambiado a oxicarbonato de zinc en aire húmedo.

G.3. Grados.-

G.3.1. Por su tamaño de partícula (Ver cuadro G.2)

Está relacionada con el área superficial.

- Fina para mayor reactividad química.
- Gruesa para mejor manipuleo y menor reactividad química.
- Pelets para mejor manipuleo.

Cuadro G.2 TIPOS DE OXIDO DE ZINC COMERCIALES

| Area Superficial Típica (m ² /g) | Blancura Relativa y Brillo | Poder de Encubrimiento y Fuerza de Matizado | Reactividad Química Relativa | Usos Típicos |
|---|----------------------------|---|------------------------------|---|
| Proceso Francés 10 | Medio | Más baja | Más alta | Cauchos Recubrimiento interno en latas para alimentos Alimento para perros. Industria química |
| 3 - 5 | Más alta | Más alta | Normal | Plásticos resistentes a U.V. Cauchos, como pigmento y activador Fotocopiado Cosméticos y medicinas. Industria química |
| 1 - 2 Proceso Americano | Media | Baja | Baja | Cerámicas |
| 2.5 | Alta | Normal | Media | Pintura para exteriores |
| 4 | Alta | Normal | Normal | Caucho como pigmento y activador Pintura protectora de metal Industria química |
| 1 - 2 | Media | Baja | Baja | Cerámicas |

G.3.2. Por su forma de partícula.

- Nodular (Proceso francés).
- Acicular (Proceso americano).

G.3.3. Tratamientos de Superficie

- Para menor reactividad química.
- Para mejorar el humedecimiento y mezclado en pinturas.
- Para mejorar el humedecimiento y mezclado en cauchos.
- Los grados de fotocopiado son variados de acuerdo a las propiedades electrónicas del óxido. El proceso utilizado es el francés.

G.4. Aplicaciones²

G.4.1. Cauchos.-

Se utiliza generalmente para el proceso de vulcanizado por aceleración orgánica. En la fabricación de neumáticos para autos.

G.4.2. Fotocopiado.-

El óxido de zinc es utilizado para incrementar la absorción de los rayos de luz en la región visible. Este proceso conocido como sensitización es generalmente llevado a cabo por adición de ciertos tintes. Los tintes son adicionados al óxido para formar una capa en la base del papel. Finalmente la capa puede ser modificada por aditivos para aumentar la sensibilidad u otras propiedades.

G.4.3. Pinturas.-

En recubrimientos orgánicos provee una gama de propiedades ópticas, químicas, bioquímicas y físicas.

El óxido de zinc, solo como pigmento blanco imparte nuevos estándares para el color, brillantez y poder de encubrimiento, así mismo durabilidad.

G.4.4. Agricultura.-

El óxido de zinc es adicionado a los fertilizantes para compensar la falta de zinc en la tierra de cultivo.

G.4.5. Cosméticos.-

Las propiedades ópticas y bioquímicas del óxido de zinc y sus derivados presentan una variedad para el cuidado del cabello y la piel. En polvos y cremas que protegen la piel absorbiendo los rayos ultravioletas, ungüentos para quemaduras.

G.4.6. Nutrición.-

El zinc es el nutriente esencial para el hombre, animales y plantas. El zinc ha sido identificado como constituyente de varias metaloenzimas que ayudan en varios procesos biológicos, incluidos el metabolismo y respiración.

² Ver bibliografía.

G.4.7. Industria Química.-

El óxido de zinc es un componente de los procesos químicos, el cual mezclado con compuestos ácidos, inorgánicos y orgánicos generan nitratos, cromatos, estearatos, acetatos, etc.

G.4.8. Otros.-

El óxido de zinc es un aditivo en lubricantes, un catalizador en la síntesis del metanol y un componente de adhesivos, agentes secadores y pulimento en la superficie plana.

Como constituyente en formulaciones para vidrios, esmaltes y cerámicas, el óxido de zinc influye en el punto de fusión, en las propiedades ópticas y de elasticidad del vidrio, así como también en el efecto de color y el lustre.

G.5. Tecnología¹

G.5.1. Principales Procesos Tecnológicos

Los principales procesos tecnológicos para la fabricación de óxido de zinc son dos

G.5.1.1. Proceso Americano.

El óxido de zinc se produce a partir de la calcina, que es un material obtenido de los concentrados de sulfuro de zinc (ZnS) que han sido oxidados en hornos de tostación; o como se hace generalmente a partir del sinter o sinterización de la calcina con adición de carbón (Ver figura G.1)

La obtención del ZnO a partir de la calcina y/o sinter se lleva a cabo en un horno utilizando carbón. Obtenidos los vapores de ZnO pasan a ciclones, luego a torres de enfriamiento, a continuación pasan por un sistema de filtros en seco, donde son separados por tamaño de grano y por último se depositan en tolvas de acumulación para ser empaquetados.

G.5.1.2. Proceso Francés.

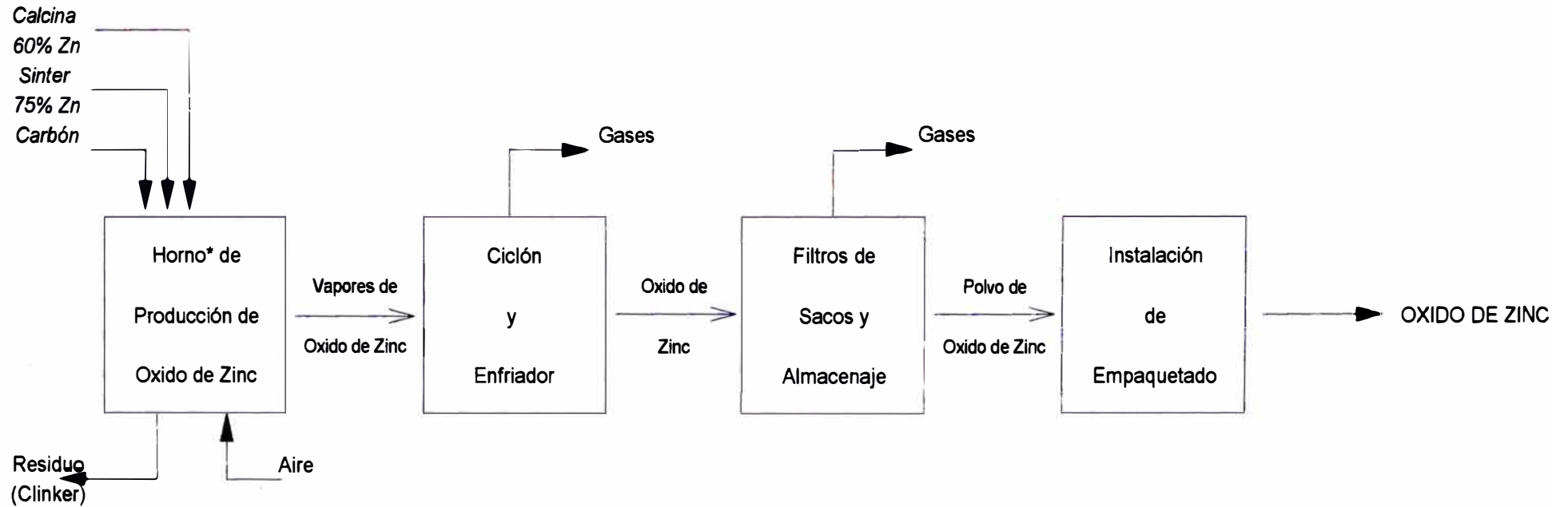
Este proceso de producción de ZnO se realiza a partir del Zn metálico, refinado por métodos pirometalúrgicos o hidrometalúrgicos. Estos métodos son los utilizados en la Planta de Centromín de La Oroya.

Alrededor de 90 % de la producción de zinc en el mundo es a partir del mineral blenda, que tiene alto contenido de ZnS.

¹ Ver bibliografía.

Fig. G.1
Producción de Oxido de Zinc (ZnO)

-Proceso Americano-



1. Reducción / Oxidación

2. Precipitación y Enfriamiento

3. Filtrado, Selección y Almacenaje

4. Empaquetado

* Se utilizan los siguientes tipos de hornos :

- Horno de Parrilla Fija (Son los más antiguos).
- Horno de Emparrillado Móvil (Permite una mayor capacidad y un mejor control).
- Horno Rotatorio.
- Horno Electrotérmico.

El zinc metálico se calienta dentro de retortas y hornos industriales hasta vaporizarlo; los vapores de zinc pasan a una cámara donde son oxidados al contacto con el oxígeno del aire. El óxido de zinc obtenido se encuentra en la forma de vapor.

De aquí en adelante, el proceso es muy similar al del proceso Americano (Ver figura G.2).

G.5.2. Descripción del Proceso mas conveniente.

El proceso más conveniente es el Francés o Método Indirecto, debido a que el método permite utilizar zinc electrolítico, de tal manera que se obtiene un óxido de zinc de excelente calidad, evitando la refinación del óxido.

Se presentan dos propuestas para el método francés : una de la firma noruega KS Darvik Engineering Corp. AS, que pertenece al prestigioso grupo NORZINK para horno electrotérmico; y la segunda es la firma francesa-alemana Klockner-Ina, cuya tecnología se basa en el horno rotatorio.

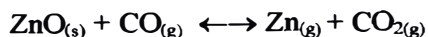
G.5.3. Proceso

La barra de zinc refinado de cualquiera de los grados que se produce comercialmente se funde y vaporiza en cualquiera de los tipos de hornos, produciéndose el vapor de zinc.

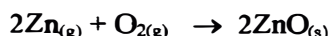
El combustible, petróleo o gas propano (con excepción del horno electrotérmico); al quemarse con el oxígeno del aire, produce la combustión necesaria para fundir y volatilizar el zinc metálico; de la combustión incompleta se forma el gas reductor



que se mezcla con los vapores de Zn y el CO. Por ser reductor evita la oxidación prematura de los vapores de Zn y favorece la vaporización.



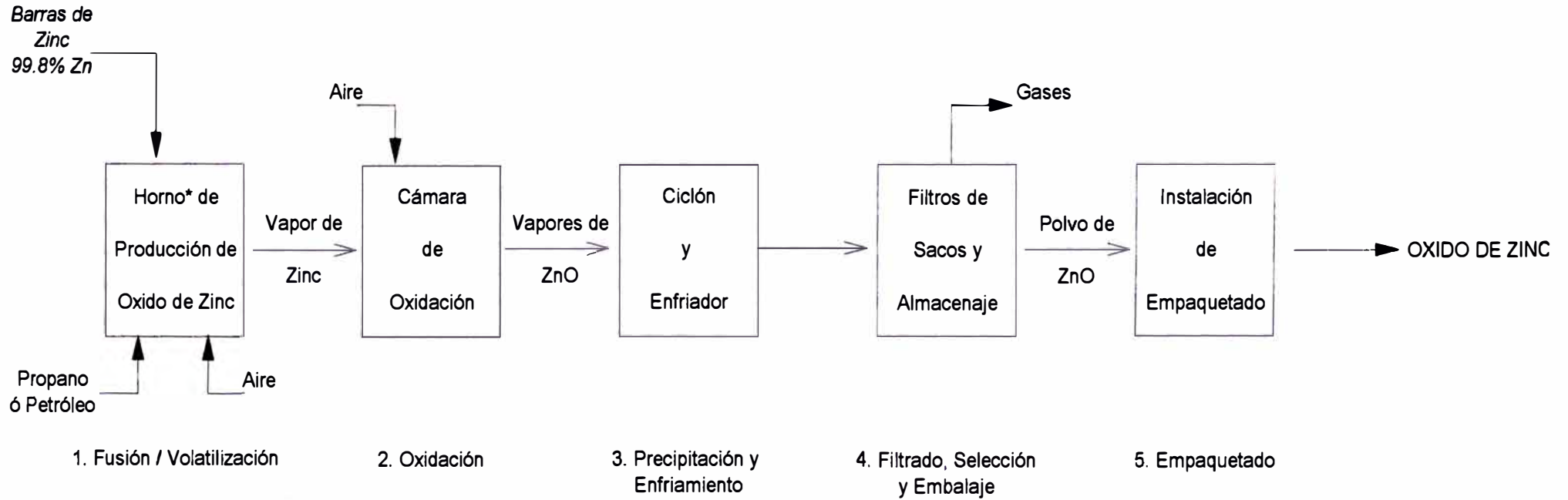
En la cámara de combustión ingresa la mezcla de vapor de Zn con los gases de combustión al mismo tiempo que se inyecta aire, obteniéndose la siguiente reacción :



Del producto ZnO obtenido se separa en ciclones las partículas más grandes y en filtros tipo saco las más pequeñas. Las partículas más grandes son recirculadas al proceso. Finalmente el producto está listo para la venta.

Fig. G.2
Producción de Oxido de Zinc (ZnO)

-Proceso Francés-



* Se utilizan los siguientes tipos de hornos :

- Horno de Retorta Horizontal.
- Horno de Columnas Verticales de Refinación.
- Horno Rotatorio.
- Horno Electrotérmico.

G.5.4. Tipos de hornos.

G.5.4.1. Horno Retorta Horizontal.

El zinc se funde primero en un crisol de refusión. El zinc líquido se trasvasa a una retorta de grafito especial que se monta en un horno de simple hilera a gas o petróleo.

Los vapores de Zn metálico que salen del horno son absorbidos por una pequeña cámara de combustión vertical, donde reforma el ZnO con un exceso de aire succionado dentro de la cámara de combustión.

La niebla de ZnO se absorbe dentro de un sistema de enfriamiento y filtrado, se les colecta, condiciona y empaqueta.

G.5.4.2. Columnas Verticales de Refinación.

La empresa The New Jersey Zinc Company utiliza columnas verticales de refinación para obtener un vapor de Zn de alto grado de pureza y así lograr en la producción, un óxido de excepcional calidad.

G.5.4.3. Horno Rotatorio.

Se calienta al rojo vivo por medio de quemadores de gas o petróleo y se da inicio a la alimentación mecánica de las barras de Zn.

El Zn es fundido y volatilizado. Los vapores son incinerados por el aire en exceso admitido alrededor del quemador. Los vapores de Zn oxidados proporcionan más calor para fundir y vaporizar por lo que eventualmente no se requiere petróleo y el quemado se controla por la dosificación de la alimentación de las barras de Zn dentro del horno. La niebla de ZnO se enfría hasta que el tamaño de partícula no se haya desarrollado.

G.5.4.4. Horno Electrotérmico.

Estos hornos eléctricos de electrodos de grafito funden la carga de barras de Zn y lo volatilizan. Los vapores de Zn son succionados a una cámara de combustión adjunta al horno, donde ingresa también aire, que en contacto con los vapores de Zn forma el ZnO. La finura de los granos que se obtienen son menores a 0.2 μm de diámetro. También es altamente reactivo y posee alta aceptación en la industria química.

G.5.5. Torres de Enfriamiento

Enfría los vapores de ZnO formados en la cámara de combustión.

G.5.6. Ciclones

Separan los granos gruesos, fuera de especificación que se puedan formar.

G.5.7. Filtros Saco

En estos filtros el producto es separado por completo del aire que lo acompaña.

G.5.8. Tolvas de almacenamiento

Almacena el producto que sale de los filtros saco. Previo al envasado se realiza el control de la calidad para la calificación de como se está realizando el proceso.

G.5.9. Envasado

El producto calificado por control de calidad es envasado de acuerdo a las necesidades de los diferentes clientes.

G.5.10. Compresoras de aire

Produce la cantidad de aire para lograr la presión necesaria tanto para el proceso como para el funcionamiento de los instrumentos.

G.6. Características Generales del producto IEQSA

IEQSA produce el óxido de zinc mediante el Método Francés o Método Indirecto.

IEQSA tiene una planta de óxido de zinc de 500 m² de área, con una capacidad de producción de 600 t / mes.

La materia prima utilizada para la producción es el Zinc electrolítico grado SHG (Special High Grade), con una pureza del 99.99 %.

Este zinc refinado es producido en el Perú por Cajamarquilla (Sociedad Minera S.A.) y Centromín Perú, con una producción combinada de 160000 t / año.

El óxido de zinc IEQSA es un producto de alta calidad, siendo el 95 % de las ventas destinado al exterior (Europa, Asia, Africa y todo América), y el 5 % a venta local.

Se encuentra clasificado de la siguiente manera

G.6.1. Oxido de Zinc Varistor.

G.6.2. Oxido de Zinc Sello Dorado.

G.6.3. Oxido de Zinc Sello Dorado tipo "B".

G.6.4. Oxido de Zinc Off Grade.

G.6.5. Oxido de Zinc Residual.

G.6.6. Ceniza de Zinc en polvo.

Todas estas calidades tienen ficha técnica, tal como se muestra en el apéndice G (Tabla G.1, G.2, G.3, G.4, G.5 y G.6) mediante las cuales se oferta al mercado internacional.

Asimismo, el óxido de zinc IEQSA se encuentra dentro de las especificaciones de los sellos internacionales, esto es Sello Dorado (Gold Seal) y Sello Blanco (White Seal), y por encima del Sello Verde (Green Seal), Sello Rojo (Red Seal), y Sello Comercial (Comercial Seal) (Ver Apéndice G, tabla G.7).

Cabe resaltar que el óxido de zinc IEQSA Sello Dorado ha sido registrado en Europa como Zinc Oxide High Purity (BP/USP)⁸ se le encuentra bajo el código de especificación ZZ12/1/93, y considerado dentro de las normas ISO 9000. El óxido de zinc Sello Dorado tipo "B" tiene el código de especificación ZZ12/2/93 (Apéndice H).

Asimismo, nuestro óxido de zinc es aplicado dentro las siguientes industrias :

a) Cerámica

Fina y porcelana.

b) Química

Bromuro de Zinc.

Cromato de Zinc.

Estearato de Zinc.

Poliamida.

Resinas de poliéster.

Rayón.

Resinatos en general.

Adhesivos con base de jebe.

c) Cosméticos

d) Ferritas

Magnetos presentes en todas las aplicaciones eléctricas.

e) Recubrimiento

Para envases de alimentos.

f) Vidrio

Vidrio óptico.

Vidrio de alta conductividad de luz.

Fibras ópticas.

Pantallas de televisión.

⁸ Ver glosario.

g) Tratamientos de superficies metálicas.

Fosfatación de acero colado.

Tornillos, tuercas, etc.

h) Pintura

Pigmentos

i) Farmacéutica

Ungüento de zinc.

Vendas.

j) Jebe

Banda blanca de llantas.

Jebe de alta performance (Partes de jebe de vídeo grabadoras).

Cilindros de jebe para impresiones off set, etc.

Filamentos de jebe.

k) Semi - conductores

l) Pilas secas.

G.6.1 Materia Prima e Insumos.

G.6.1.1. Materia Prima.

Para la producción del óxido de zinc se requiere la utilización de una materia prima de la más alta pureza y que tenga la siguientes características

- Zinc Electrolítico.

Se vende en lingotes de aproximadamente 25 kg. Su pureza es garantizada conforme a la norma ANSI/ASTM B6 (Tabla G.8)

- Propiedades del Zinc electrolítico⁴

a) Propiedades Físicas.-

| | |
|-------------------|-------------|
| - Símbolo químico | Zn |
| - Peso atómico | 65.37 |
| - Densidad (25°C) | 7.14 g / cc |
| - Pureza | 99.99 % |

⁴ Ver bibliografía.

Tabla G.8 COMPOSICION QUIMICA DEL ZINC

| Standard | Zn mín. | Pb máx. | Cd máx. | Sn máx. | Fe máx. | Pb + Cd + Sn + Fe + Cu máx. Total |
|---------------------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|--|
| ISO/752 | | | | | | |
| Zn 99.995 | 99.995 | 0.003 | 0.003 | 0.001 | 0.002 | 0.0050 |
| Zn 99.99 | 99.99 | 0.003 | 0.03 | 0.001 | 0.003 | 0.010 |
| Zn 99.95 | 99.95 | 0.03 | 0.02 | 0.001 | 0.02 | 0.050 |
| Zn 98.5 | 98.5 | 1.4 | 0.20 | - | 0.05 | 1.50 |
| Zn 98 | 98 | 1.8 | - | - | 0.08 | 2.0 |
| ANSI/ASTM B6 | | | | | | |
| Special High Grade | 99.990 | 0.003 | 0.003 | 0.001 | 0.003 | |
| High Grade | 99.90 | 0.03 | 0.02 | - | 0.02 | - |
| Prime Western | 98.0 | 1.4 | 0.20 | - | 0.05 | - |
| BS 3436 Zn 1 ^a | 99.99 ^a | 0.003 | 0.003 | 0.001 | 0.002 | 0.01 |
| Zn 2 | 99.95 ^c | 0.03 | 0.02 | 0.001 | 0.01 | 0.05 |
| Zn 3 | 99.5 ^c | 0.35 | 0.15 | 0.001 | 0.03 | 0.5 |
| Zn 4 ^b | 98.5 ^c | 1.35 | 0.15 | - | 0.04 | 1.5 |

^aTi máx. 0.001 % e In máx. 0.0005 %

^b Al máx. 0.005 % en lingotes requeridos para galvanizado.

^c Nominal.

| | | |
|--|---|---|
| - Calidad | : | Special High Grade. |
| - Resistencia a la tracción (99.95% Temper zinc blando) | : | 126 MN / m ² (4000 psi) |
| - Elongación (99.95% Temper zinc blando) | : | 65 % |
| - Módulo de elasticidad | : | 7 x 10 ⁴ MN / m ² |
| - Dureza Brinell (Carga 500 kg / 30 seg) | : | 30 |
| - Tensión superficial Líquido (450°C) | : | 0.755 N / m |
| - Viscosidad Líquida (419.5°C) | : | 0.00385 N / m |
| - Coeficiente de fricción | : | 0.21 |
| - Dureza | : | 2.5 mohs |

b) Propiedades Térmicas.-

| | | |
|--|---|---|
| - Punto de fusión | : | 419.5 °C |
| - Punto de Ebullición (1 atm) | : | 907 °C |
| - Temperatura de Combustión | : | 1800 °C |
| - Presión de vapor (419.5 °C) | : | 1.39 x 10 ⁻¹ mm Hg |
| - Conductividad térmica Sólido (410 °C) | : | 96 W / m.K |
| Líquido (419 °) | : | 61 W / m.K. |
| Líquido (750 °C) | : | 57 W / m.K. |
| - Calor específico (20 °C) | : | 0.382 kJ / kg-°K |
| - Calor latente de fusión (419.5 °C) | : | 100.9 kJ / kg |
| - Calor lat. de vaporización (906 °C) | : | 1.782 MJ / kg |
| - Capacidad Calorífica Sólido (25 - 419.5 °C) | : | Cp = 22.40 + 10.5 x 10 ⁻³ T Jmol ⁻¹ |
| Líquido | : | Cp = 31.40 Jmol ⁻¹ |
| Gas | : | Cp = 20.80 Jmol ⁻¹ |

G.6.1.2. Insumos.

Los insumos requeridos y utilizados para la producción de óxido de zinc en las diferentes etapas del proceso son

- Combustible (diesel 2, residual 6).
- Cloruro de amonio grado comercial.
- Ladrillo aislante.
- Ladrillo refractario alta alúmina.
- Castable.
- Harwaco bond (mortero).
- Crisol de grafito A500 (Capacidad de 500 kg).
- Base de grafito para crisol.
- Tela acrílica para tolvas.
- Tela acrílica para mangas.
- Bolsa de polipropileno laminado.
- Bolsón de polipropileno de alta densidad.
- Bolsa de papel clupack.
- Cono de hilo.
- Parihuela de madera.
- Stretch film (plástico de baja densidad).
- Etiqueta adhesiva.

Los insumos anteriormente descritos poseen hojas técnicas que certifican la calidad del producto.

G.6.2. Proceso de producción.

G.6.2.1. Etapas del proceso.

Las etapas del proceso se muestran en la figura G.3 y consiste en :

G.6.2.1.1. Fusión - Oxidación

Es la etapa inicial del proceso de producción, donde se realiza y controla la oxidación del zinc.

El tipo de horno que se utiliza es un horno estacionario a crisol de forma cilíndrica. El combustible que se utiliza es el Diesel 2 (Ver figura G.4).

El horno es cargado con Zn SHG hasta un 85 - 90 % de la capacidad del crisol (500 kg).

Fig. G.3
Etapas del Proceso de Producción de Oxido de Zinc IEQSA

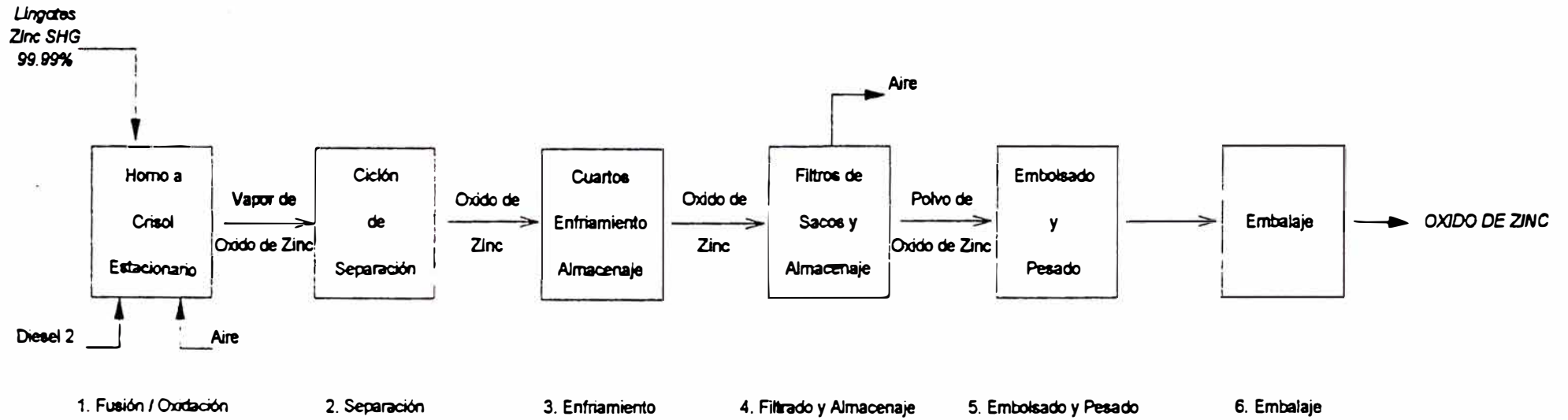
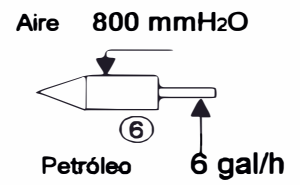
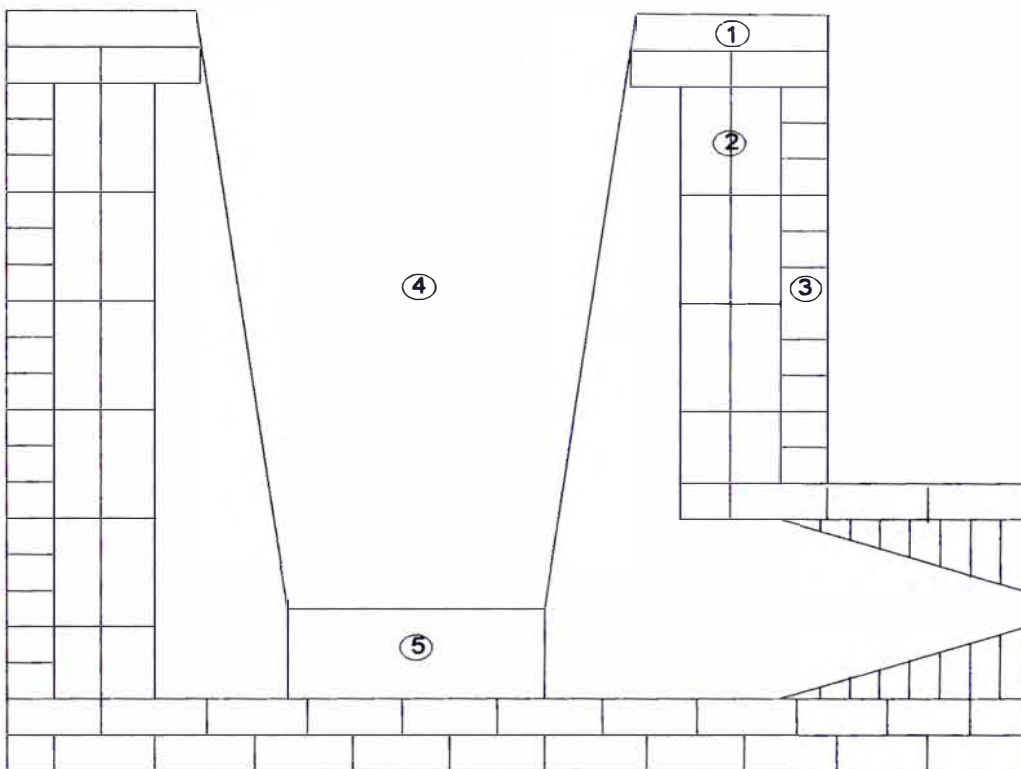


Fig. G.4
Horno de Crisol



- ① Castable
- ② Ladrillo refractario
- ③ Ladrillo aislante
- ④ Crisol de grafito
- ⑤ Base de crisol
- ⑥ Quemador QP-2

El Zinc se funde a los 415.5 °C, luego se le adiciona una pequeña cantidad de cloruro de amonio para escoriificar. Se bate el baño y se escoriifica. Una vez limpia la carga, se procede a tapar el crisol esperando que la temperatura llegue a los 907 °C, temperatura a la cual pasa a la fase de vapor y combinándose con el oxígeno del ambiente da inicio a la oxidación.



Esta operación se realiza un promedio de 6 veces / día en los crisoles que tienen quemador y 4 veces / día en los que no tienen. Se puede decir que el proceso de oxidación es por batch.

G.6.2.1.2. Separación.

Se realiza con ciclón. El óxido de zinc formado en la salida del horno es succionado por medio de un exhauster, el cual permite la separación de las partículas finas y gruesas, precipitando estas últimas. Las partículas finas pasan a la zona de enfriamiento (cuartos).

G.6.2.1.3. Enfriamiento.

Las partículas finas pasan a una zona de enfriamiento (cuartos), una parte queda en las tolvas de almacenamiento y la otra va a los filtros saco. La temperatura en cuartos se encuentra a 120 °C en promedio.

G.6.2.1.4. Filtrado y almacenaje.

El producto final es introducido a los filtros saco, llamados mangas, para separar el aire que lo acompaña, la temperatura en esta zona se encuentra alrededor de 60 - 65 °C. Luego es depositado en las tolvas de almacenamiento,

Los productos que salen de los ciclones, cuartos y mangas son descargados en cajones metálicos donde se toma una muestra para análisis químico y físico y es enviado al laboratorio de control de calidad para su evaluación.

G.6.2.1.5. Embolsado y pesado.

El producto final calificado por control de calidad es llevado a la máquina embolsadora para su respectivo envasado y pesado en sacos.

Los sacos pueden ser bolsas de polipropileno laminado o papel de 20 kg, 25 kg y 50 lb, que luego son colocados en una parihuela de madera hasta formar una tonelada, para luego transportarla a zona de embalaje.

G.6.2.1.6. Embalaje.

La paleta de 1 tonelada de óxido es llevada a un molde para su apisonamiento, saliendo correctamente apilada y trasladada a la plataforma giratoria de una máquina envolvente, donde se forra con un stretch film (plástico delgado), formando un paquete sólido y compacto, fácil de transportar y resistente al desprendimiento.

Finalmente, se coloca la tarjeta de inspección de control de calidad y la marca correspondiente al cliente.

G.6.2.2. Líneas de hornos mixtos.

G.6.2.2.1. Línea de horno mellizo (Ver figura G.5).

Consiste en dos hornos de crisol unidos mediante un conducto tangencial a los crisoles, uno de los hornos posee quemador y el otro chimenea. El quemador ingresa a la cámara del horno por una tronera que posee un cono refractario generando la combustión y la chimenea se encarga de expulsar los gases de combustión.

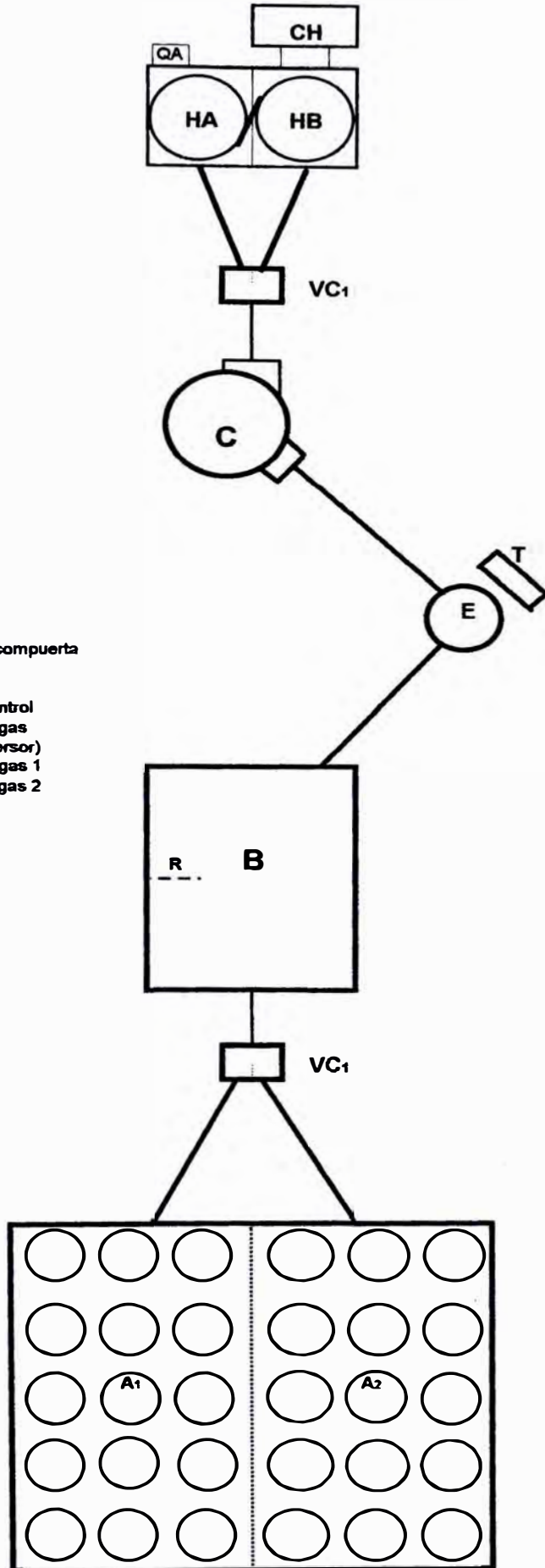
G.6.2.2.2. Línea de horno trillizo (Ver figura G.6).

Consiste en tres hornos de crisol unidos mediante un conducto tangencial. Los hornos de crisol de los extremos poseen quemador y el horno central chimenea.

G.6.2.3. Diagrama de Operaciones de Proceso (Ver figura G.7)

G.6.2.4. Diagrama de Actividades de Proceso (Ver figura G.8)

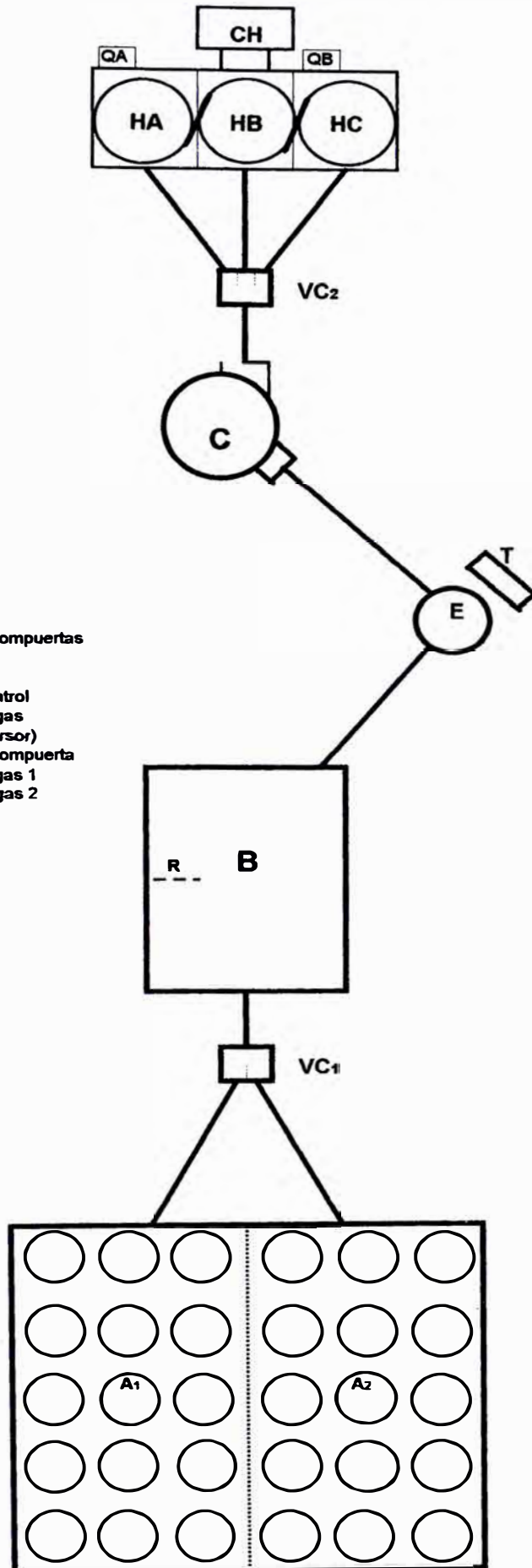
Fig. G.5
Línea Melliza



LEYENDA

- CH = chimenea
- QA = quemador A
- HA = horno A
- HB = horno B
- VC₁ = válvula de 1 compuerta
- C = ciclón
- E = exhauster
- T = tablero de control
- B = zona de mangas
- R = rendija (dispersor)
- A₁ = zona de mangas 1
- A₂ = zona de mangas 2

Fig. G.6
Línea Trilliza

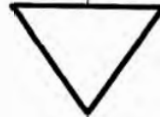


LEYENDA

- | | | |
|-----------------|---|-------------------------|
| CH | = | chimenea |
| QA | = | quemador A |
| QB | = | quemador B |
| HA | = | homo A |
| HB | = | homo B |
| HC | = | homo C |
| VC ₂ | = | válvula de 2 compuertas |
| C | = | ciclón |
| E | = | exhauster |
| T | = | tablero de control |
| B | = | zona de mangas |
| R | = | rendija (dispersor) |
| VC ₁ | = | válvula de 1 compuerta |
| A ₁ | = | zona de mangas 1 |
| A ₂ | = | zona de mangas 2 |

MATERIA PRIMA Zn SHG

LINEA BATCH



ALMACEN DE LINEA



PREPARACION DE LA CARGA



LIMPIEZA PREVIA



CARGUIO DE Zn SHG



LIMPIEZA DE LA MESA, TAPA Y ESCORIFICACION

OXIDO CRUDO

ESCORIA AMARILLA



CONTROL DE INICIO DE LA OXIDACION Y ENCENDIDO DEL EXHAUSTER (EXTRACCION OXIDO)



MATERIAL EN OXIDACION

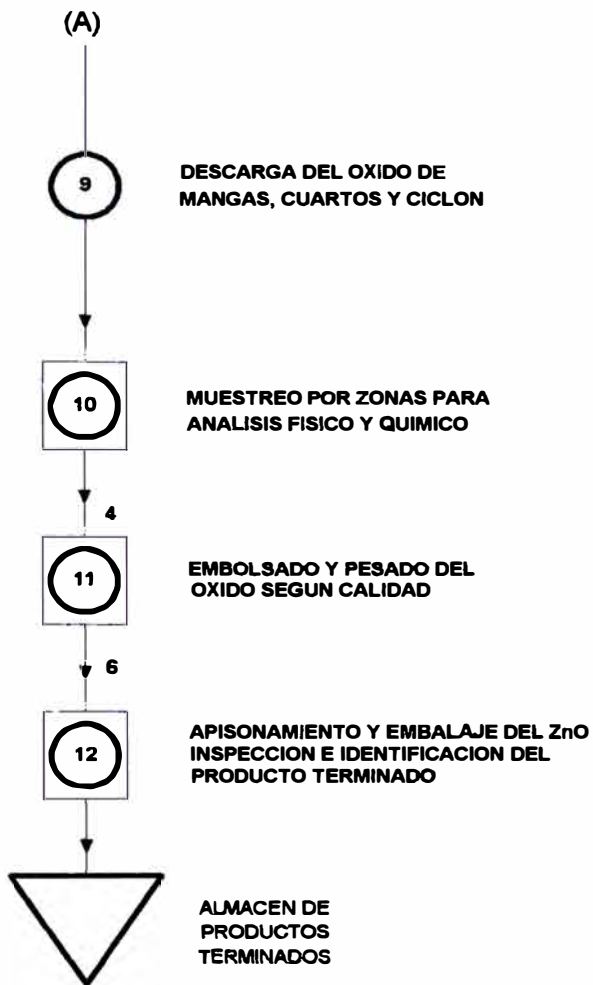


CLASIFICACION DEL OXIDO EN MANGAS, CUARTOS Y CICLON



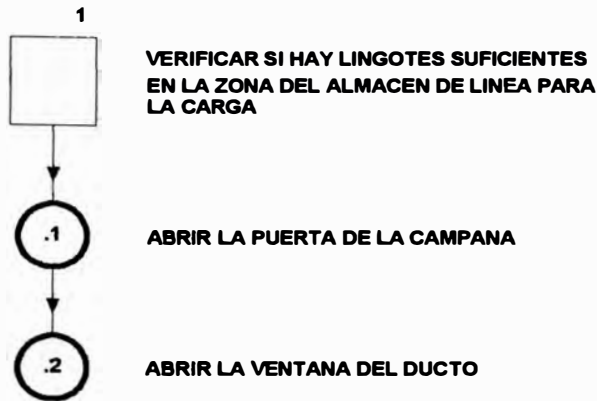
CONTROL DEL TERMINO Y CORTE DE LA OXIDACION

(A)



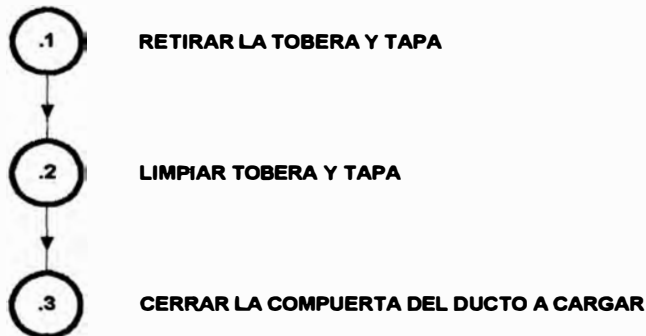
1

PREPARACION DE LA CARGA



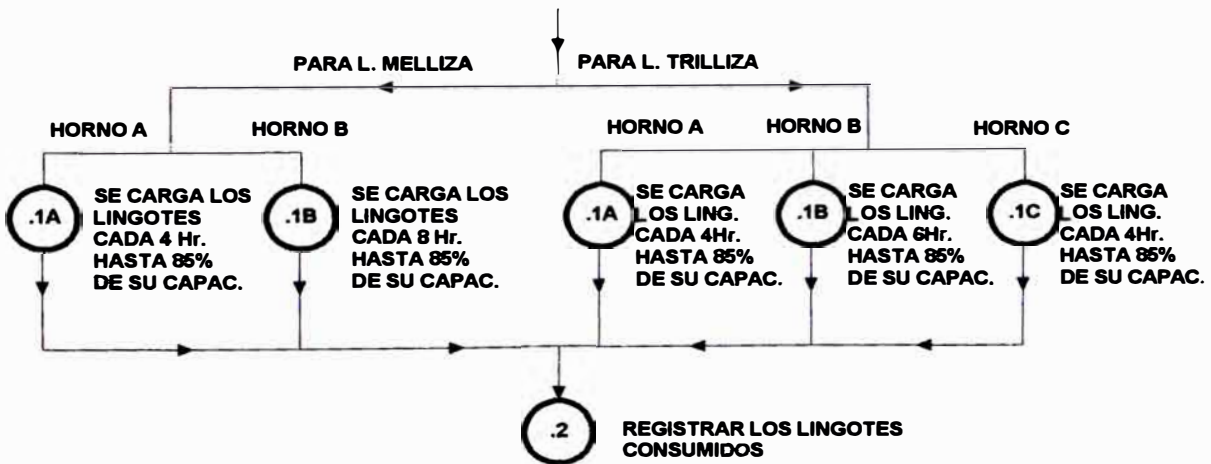
2

LIMPIEZA PREVIA



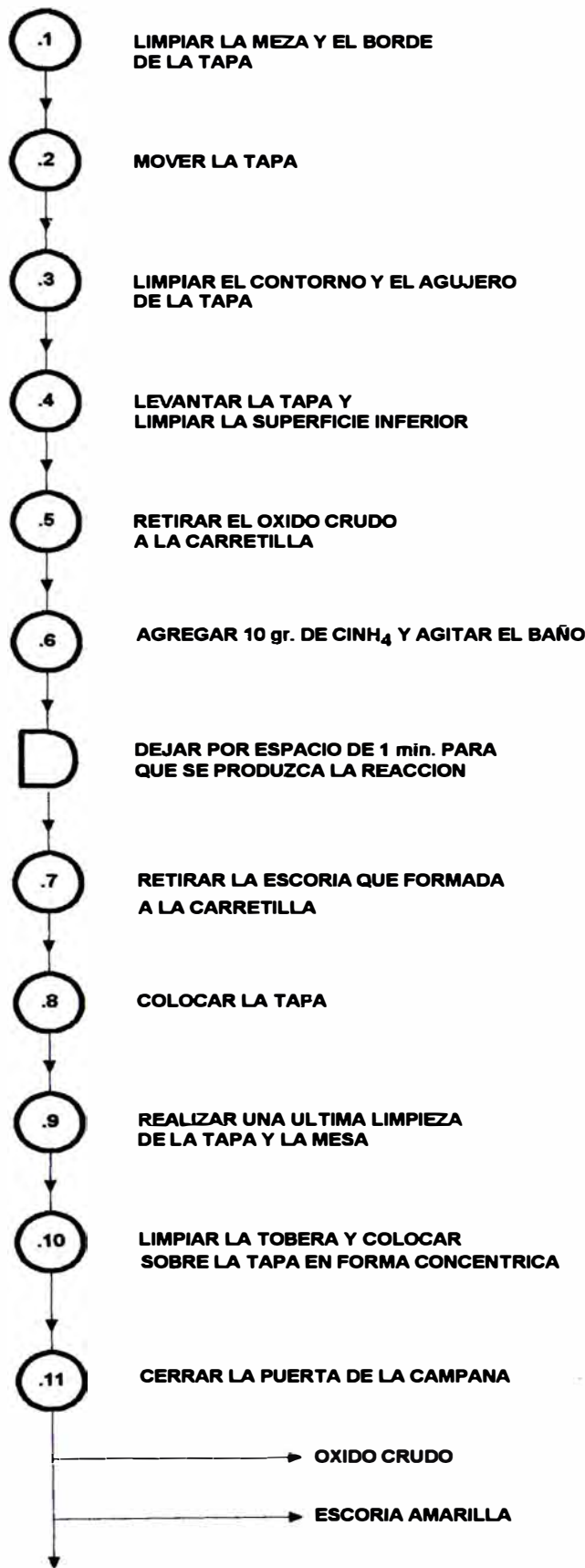
3

CARGADO DE ZINC ELECTROLITICO



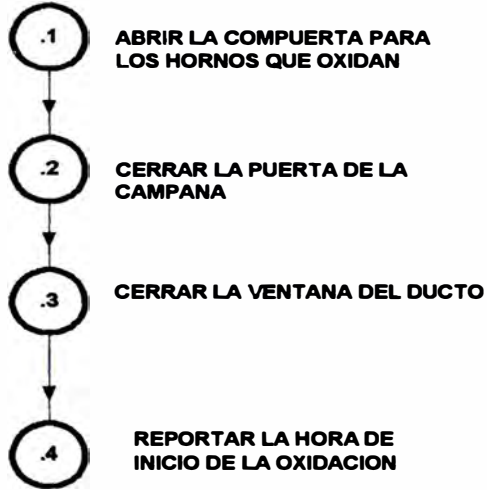
4

**LIMPIEZA DE LA MESA, TAPA
Y ESCORIFICACION**

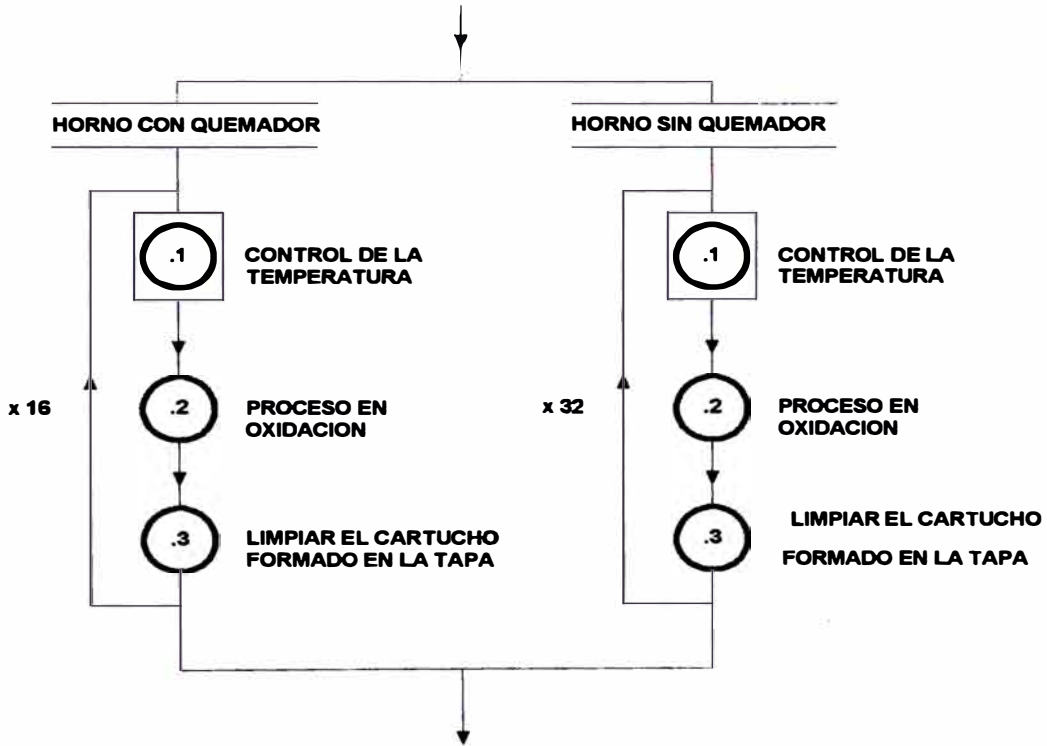




**CONTROL DE INICIO DE LA OXIDACION
(EXTRACCION OXIDO)**

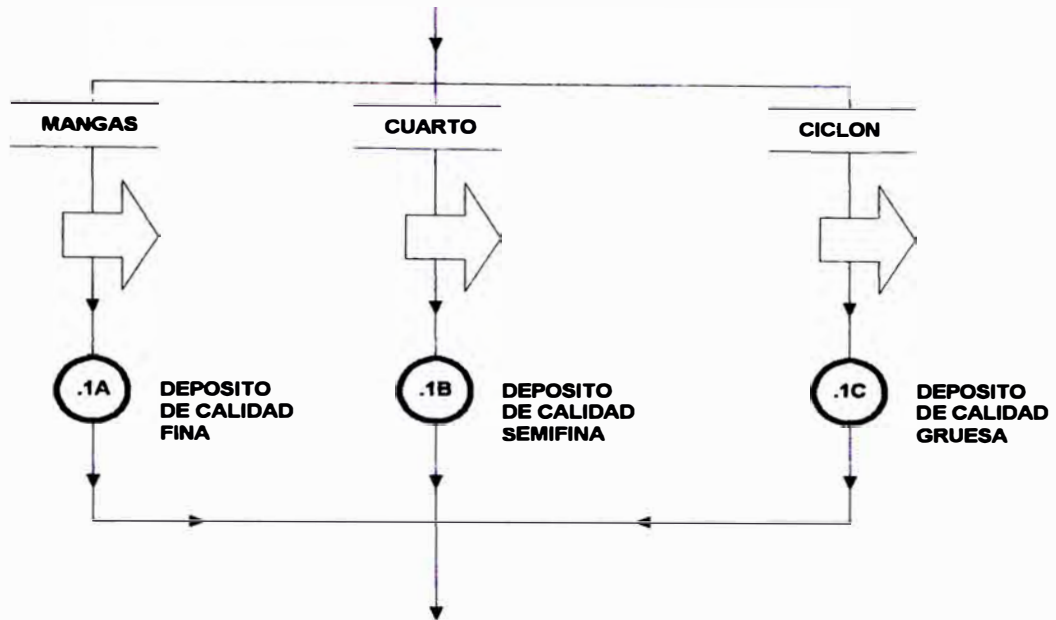


MATERIAL EN OXIDACION



7

CLASIFICACION DEL MATERIAL



2

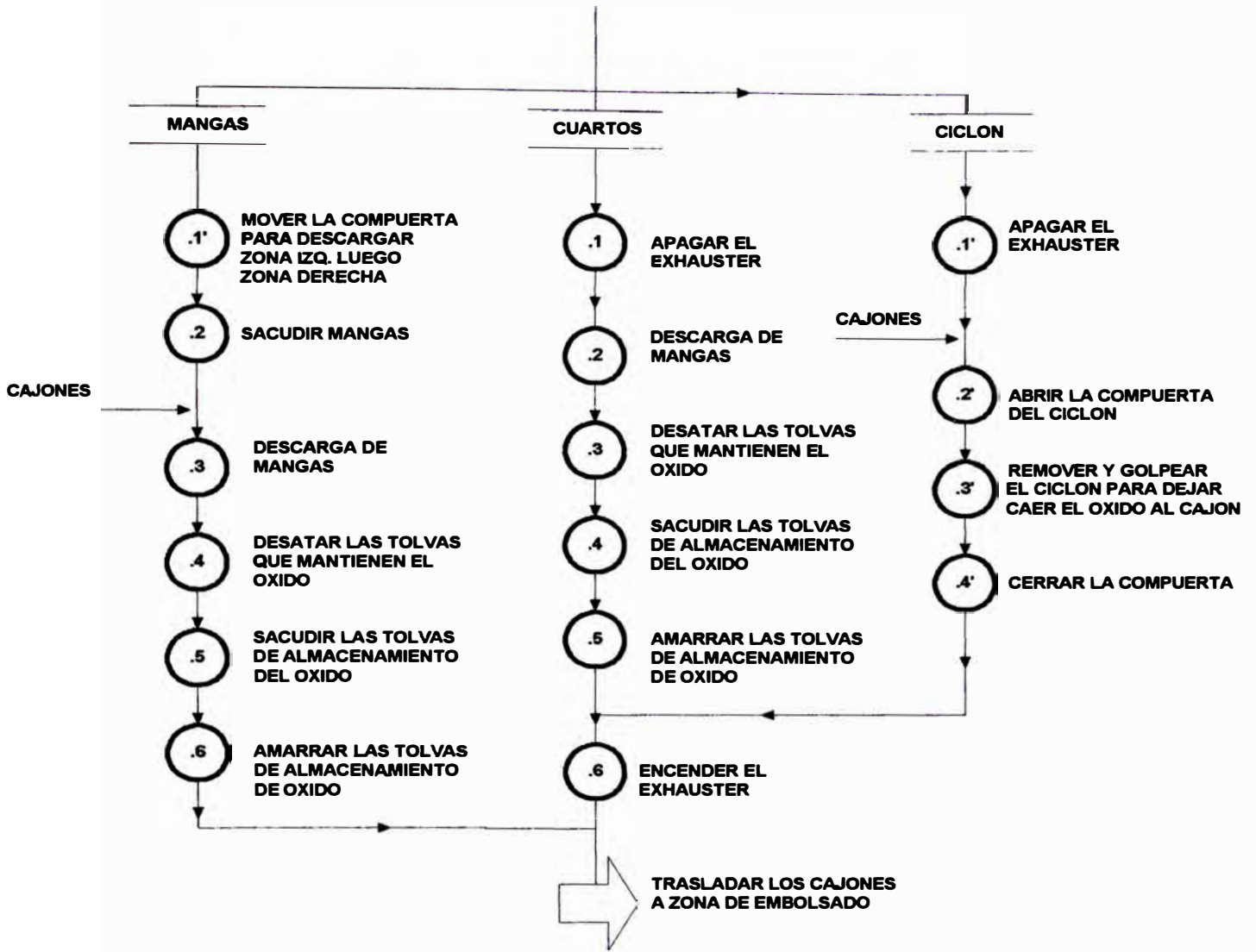


CONTROL DEL TERMINO DE LA OXIDACION



8

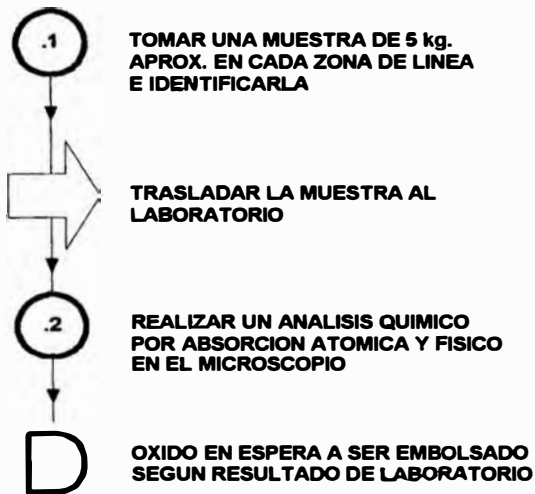
DESCARGA DEL OXIDO



3

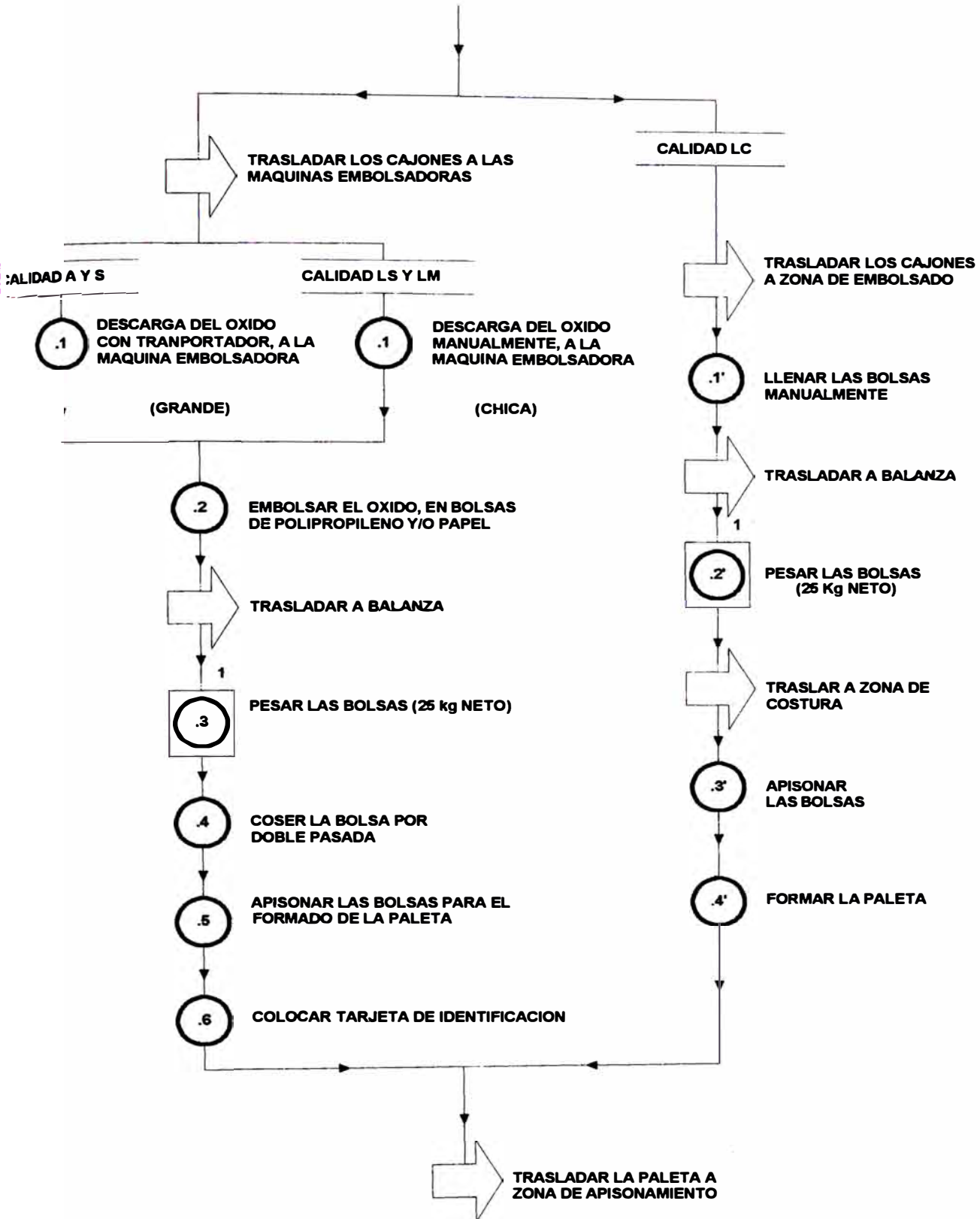


**MUESTREO POR ZONAS
ANALISIS FISICO Y QUIMICO
POR ZONAS Y LINEAS**



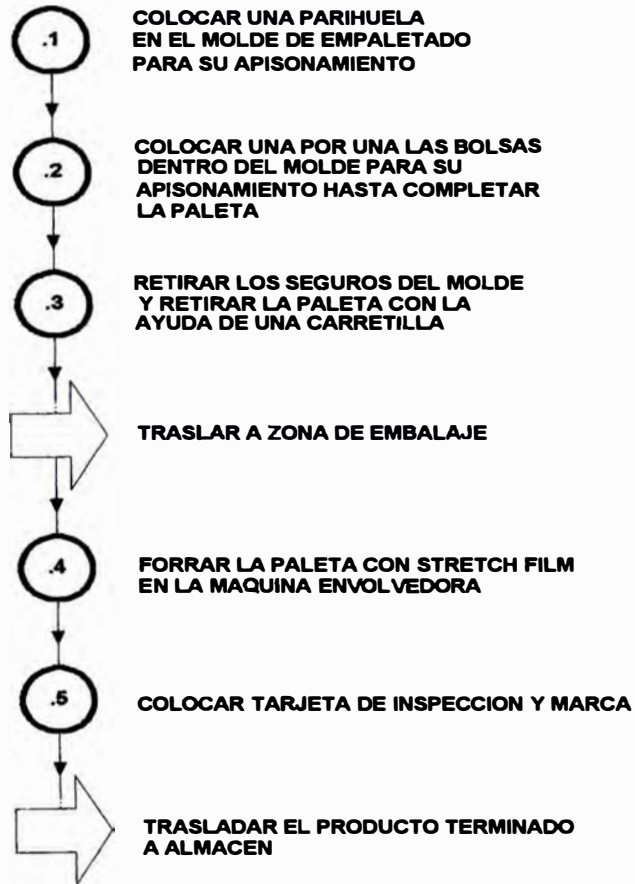


EMBOLSADO Y PESAJE DEL OXIDO SEGUN CALIDAD





**APISONAMIENTO Y EMBALAJE DEL ZnO
INSPECCION E IDENTIFICACION DEL
PRODUCTO TERMINADO**



H. CONTROL Y DESARROLLO DE LAS ETAPAS DE TRABAJO

H.1. Evaluación y control de la producción de la línea de óxido de zinc

El formato D.1 (Apéndice D), sirve para registrar la cantidad de zinc que ingresa a la línea de producción. En el se registra la hora de inicio y término de la oxidación que coincide con la siguiente carga, también se reporta la cantidad de óxido crudo y escoria amarilla que se obtiene en cada carga, además, se lleva un control del consumo de petróleo, tomando la lectura del contómetro al inicio y término de cada turno.

El programa de cargas y descargas se puede observar en el formato D.5.

Con el formato D.2, se lleva un inventario del metal diario, en el cual se anota los ingresos del metal, stock inicial, consumo de zinc, y stock final, de esta manera se puede comparar el consumo neto del metal con el formato D.1.

Como resumen de estos reportes obtenemos el cuadro H.1, que nos muestra la producción diaria estimada de óxido y los gal de petróleo / t ZnO.

Con el formato D.3 se controla la producción por calidad y zonas. Se registra la producción real de óxido que se produce por línea. Finalmente se tiene el consumo de zinc, petróleo y la producción de óxido de zinc, de la cual se obtiene el cuadro H.2, donde aparece la eficiencia y el consumo general de petróleo y por línea, así también la producción por zonas y por calidad.

Este cuadro nos permite llevar un control mensual ya sea en forma general o por línea.

Cuadro H.1 CONTROL DE CARGAS

FECHA 06/02/96

| LINEA | HORNO | N° Carga | Zn SHG | | N° Lingotes | PESO (kg) | Oxido (kg) | | Esc. (kg) Amarilla | Zn SHG (kg) | ZnO(kg) Estimado | g/t ZnO Estimado | |
|---------|-------|-------------|---------|---------|----------------|--------------|------------|---|-----------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------|
| | | | Código | Peso | | | Crudo | | | | | | |
| 1 13 | A | 1 | CP | 1451 | 10 | 279 | 1 | | 3 | (A,B) Crisol GRAFITO/ALEMAN | | | |
| | | 1 | MP | 1051 | 11 | 289 | 1 | | 3 | | | | |
| | | 2 | MP | 1004 | 11 | 276 | 1 | | 3 | | | | |
| | | 2 | MP | 1004 | 11 | 276 | 2 | | 3 | | | | |
| | | 3 | MP | 1037 | 12 | 311 | 1 | | 3 | | | | |
| | | 3 | MP | 1040 | 12 | 312 | 2 | | 3 | | | | |
| | | | | 11.2 | | 67 | 1743.4 | 8 | | | | | 18 |
| | B | 1 | CP | 1451 | 11 | 307 | 1 | | 3 | | | | |
| | | 1 | MP | 1004 | 10 | 251 | 1 | | 3 | | | | |
| | | 2 | MP | 1004 | 10 | 251 | 2 | | 3 | | | | |
| | | 3 | MP | 1040 | 12 | 312 | 1 | | 3 | | | | |
| | | | | 10.8 | | 43 | 1120.9 | 5 | | | | | 12 |
| | | | | 2864.31 | | | | | | | | | 3437.17 |
| | | | | | | | | | | | | | 40.44 |
| 7 21 | A | 1 | CP | 1451 | 10 | 279 | 2 | | 4 | (A,B,C) Crisol GRAFITO/ALEMAN | | | |
| | | 1 | MP | 1000 | 10 | 250 | 1 | | 4 | | | | |
| | | 2 | MP | 1033 | 11 | 284 | 2 | | 4 | | | | |
| | | 2 | MP | 1033 | 10 | 258 | 2 | | 3 | | | | |
| | | 3 | MP | 1017 | 11 | 280 | 1 | | 3 | | | | |
| | | 3 | MP | 1029 | 10 | 257 | 1 | | 3 | | | | |
| | | | | 10.3 | | 62 | 1608.2 | 9 | | | | | 21 |
| | B | 1 | CP | 1451 | 10 | 279 | 2 | | 4 | | | | |
| | | 1 | MP | 1033 | 9 | 232 | 1 | | 4 | | | | |
| | | 2 | MP | 1026 | 10 | 256 | 1 | | 4 | | | | |
| | | 3 | MP | 1017 | 10 | 254 | 1 | | 3 | | | | |
| | | | | 9.8 | | 39 | 1022.1 | 5 | | | | | 15 |
| | | C | 1 | CP | 1451 | 9 | 251 | 2 | | | | | 4 |
| | | | 1 | MP | 1000 | 9 | 225 | 1 | | | | | 4 |
| | 2 | | MP | 1033 | 11 | 284 | 2 | | 4 | | | | |
| | 2 | | MP | 1017 | 10 | 254 | 1 | | 4 | | | | |
| | 3 | | MP | 1017 | 12 | 305 | 2 | | 3 | | | | |
| | 3 | | MP | 1038 | 10 | 260 | 1 | | 3 | | | | |
| | | | 10.2 | | 61 | 1579.1 | 9 | | 22 | | | | |
| | | | 4209.39 | | | | | | 5051.27 | | | | |
| | | | | | | | | | 56.62 | | | | |

RESUMEN

| | | | | | | |
|----------------------------|---|---------|------|------|---------|-------|
| MP | = | 5678.51 | | | 8488.44 | 50.07 |
| CP | = | 1395.19 | | | | |
| RC | = | 0.00 | | | | |
| TOTAL | = | 7073.70 | 36 | 88 | | |
| NUMERO TOTAL DE CARGAS | = | 26 | | | | |
| ESCORIA PROMEDIO POR CARGA | = | | 1.38 | 3.38 | | |

| CONTOMETRO | Lecturas | | | | Consumo de Petróleo (gal) | | | | flujo(gal/h) | | |
|------------|----------|-------|-------|-------|---------------------------|---------|---------|-------|--------------|---------|---------|
| | 7 am | 3 pm | 11 pm | 7 am | 1 Turno | 2 Turno | 3 Turno | TOTAL | 1 Turno | 2 Turno | 3 Turno |
| GENERAL | 4366 | 4505 | 4647 | 4791 | 139 | 142 | 144 | 425 | QUEMADOR | | |
| 1 | 3015 | 3059 | 3106 | 3154 | 44 | 47 | 48 | 139 | 5.50 | 5.88 | 6.00 |
| 7 | 41134 | 41229 | 41324 | 41420 | 95 | 95 | 96 | 286 | 5.94 | 5.94 | 6.00 |

**Cuadro H.2 PRODUCCION DIARIA POR CALIDAD
DE OXIDO DE ZINC**

FECHA: 06/02/96

| LINEA | Zn++ (kg) | ZONA | CALIDAD | | | | | Sub Total (kg) | % Por Zonas |
|--------|--------------|------|---------|--------|--------|----|--------|-------------------|----------------|
| | | | A | S | LS | LM | LC | | |
| 1 M | 2864.31 | A | 2351.00 | | | | | 2351.00 | 69.13 |
| | | B | | 625.00 | 125.00 | | | 750.00 | 22.05 |
| | | C | | | | | 300.00 | 300.00 | 8.82 |

Sub total 2351.00 625.00 125.00 0.00 300.00 3401.00
% : 69.13 18.38 3.68 0.00 8.82

| | | | | | | | | | |
|--------|---------|---|---------|--------|--------|--|--------|---------|-------|
| 7 T | 4209.40 | A | 3500.00 | | | | | 3500.00 | 69.65 |
| | | B | | 900.00 | 125.00 | | | 1025.00 | 20.40 |
| | | C | | | | | 500.00 | 500.00 | 9.95 |

Sub total 3500.00 900.00 125.00 0.00 500.00 5025.00
% : 69.65 17.91 2.49 0.00 9.95

| | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|-----|---------|---------|--------|------|--------|--------|---------|-----------|
| Total por calidad | | | 5851.00 | 1525.00 | 250.00 | 0.00 | 800.00 | TOTAL: | 8426.00 | kg ZnO |
| (kg) | | % : | 69.44 | 18.10 | 2.97 | 0.00 | 9.49 | | 7073.70 | kg Zn SHG |

H.2. Mejoramiento de la calidad del óxido de zinc

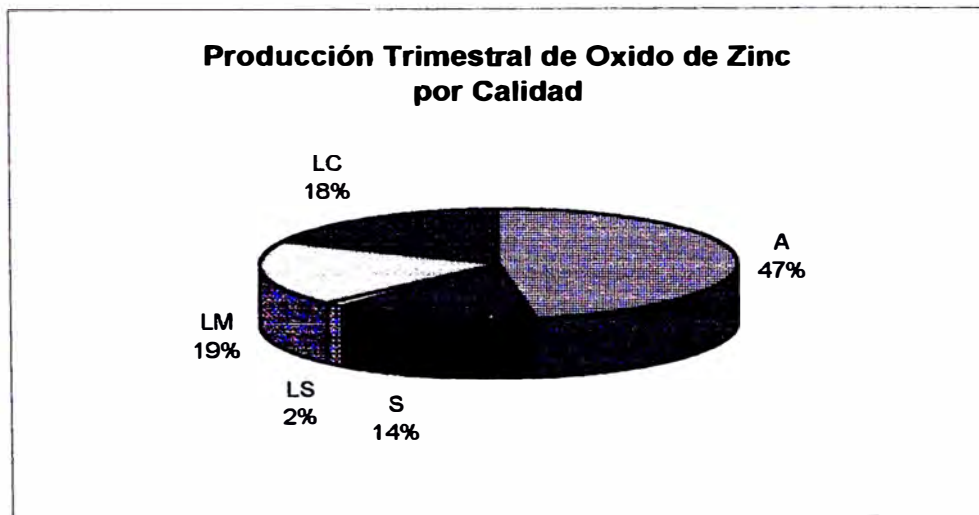
El problema principal consistía en bajar la calidad "LM" o disminuir las partículas metálicas de zinc en la zona de cuartos y eliminarlas en mangas. Como antecedente se presenta la producción de óxido de zinc por calidad expresada en porcentaje de un trimestre en el cuadro H.3 y figura H.1.

Cuadro H.3 PRODUCCION MENSUAL DE ZnO POR CALIDAD

| Mes | Calidad % | | | | | TOTAL |
|-----------|-----------|------|-----|------|------|-------|
| | A | S | LS | LM | LC | |
| Marzo '93 | 48.0 | 19.7 | 0.5 | 13.3 | 18.5 | 100.0 |
| Abril '93 | 47.6 | 13.4 | 1.0 | 18.0 | 20.0 | 100.0 |
| Mayo '93 | 46.9 | 8.4 | 3.1 | 25.7 | 15.9 | 100.0 |

Promedio 47.5 13.8 1.5 19.0 18.1 100.0

Fig. H.1



Para realizar el estudio se escogió la línea unitaria de producción # 5. En dicha línea se hicieron las evaluaciones de calidad mediante análisis físico. Se envió al laboratorio, muestras de 5 kg de óxido de zinc de cada zona (mangas y cuartos) durante 6 días de producción. Se toma 300 g de la muestra y se adiciona 700 ml de agua con 3 g de polifosfato de sodio (agente dispersante). Se agita a 1250 rpm, para luego pasar la solución por un tamiz de 325 μm . Lo que queda sobre la malla se recoge en un papel de filtro, se lleva al microscopio y se contabiliza las partículas de zinc metálico por unidad de peso, tal como se puede apreciar en el cuadro H.4 :

Cuadro H.4 CALIDAD DEL PRODUCTO ANTES DEL CAMBIO

| Fecha Mayo '93 | N° Partículas / 300 g ZnO | |
|-------------------|---------------------------|---------|
| | Mangas | Cuartos |
| 01 | 2 | 9 |
| 02 | 3 | 10 |
| 03 | 2 | 8 |
| 04 | 4 | 11 |
| 05 | 2 | 10 |
| 06 | 3 | 9 |
| Promedio | 3 | 10 |

En este periodo se pudo observar lo siguiente :

En el proceso de fusión - oxidación se utiliza una tapa de 24 " de diámetro, 2½ " de espesor con un agujero de 4 " x 4 " (sección cuadrada) que cubre la parte superior del crisol, en el cual atraviesan los vapores de zinc y que al combinarse con el aire forma el óxido de zinc, que luego es absorbido por el exhauster.

En esta parte del proceso se aprecia la formación instantánea del cartucho de óxido (óxido crudo blanco), velocidad de oxidación inestable, debido al tamaño del agujero,

cantidad excesiva de óxido acumulado sobre la mesa del horno que es absorbido por el exhauster , recalentamiento de la campana, condiciones severas de operación para el hornero.

Así mismo se aprovechó para evaluar la producción de óxido de zinc por zonas, las cuales presentaron 50 %, 25 % y 25 % en las zonas de mangas cuartos y ciclón respectivamente. Además el consumo de petróleo era alto, esto es 102 gal / t ZnO con una eficiencia de 90 % o un factor de 0.89 (Zn / ZnO), siendo el ideal 0.80.

Se llega a la conclusión que la campana era de poca altura, el agujero de la tapa muy grande para la altura de campana, poca ventilación. La forma de la campana se aprecia en la figura H.2 .

Entonces se cambia el diseño de la campana por una de mayor altura, como se muestra en la figura H.3 , y se instala una tobera es de 12 " de diámetro, 2½ " de espesor con un agujero de 2½ " de diámetro, con lo cual se consiguió una velocidad de oxidación más estable, formación lenta y uniforme del cartucho, mayor ventilación (exceso de aire) en el interior de la campana, por lo tanto, menor recalentamiento de la misma, mayor eficiencia de reacción, una disminución notable de óxido sobre la mesa.

Así mismo, se logró mejorar la distribución de óxido de zinc por zonas, esto es 60 % en mangas, 30 % en cuartos y un 10 % en ciclón.

Con respecto a la calidad del producto, mejoró. Se tomó muestras de óxido después del cambio, como lo indica el cuadro H.5 :

Cuadro H.5 CALIDAD DEL PRODUCTO DESPUES DEL CAMBIO

| Fecha | N° Partículas / 300 g ZnO | |
|-----------------|---------------------------|----------|
| | Mangas | Cuartos |
| Junio '93 | | |
| 10 | 0 | 1 |
| 11 | 0 | 2 |
| 12 | 0 | 1 |
| 13 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 1 |
| 15 | 0 | 0 |
| Promedio | 0 | 1 |

Fig. H.2
Diseño de la campana tradicional

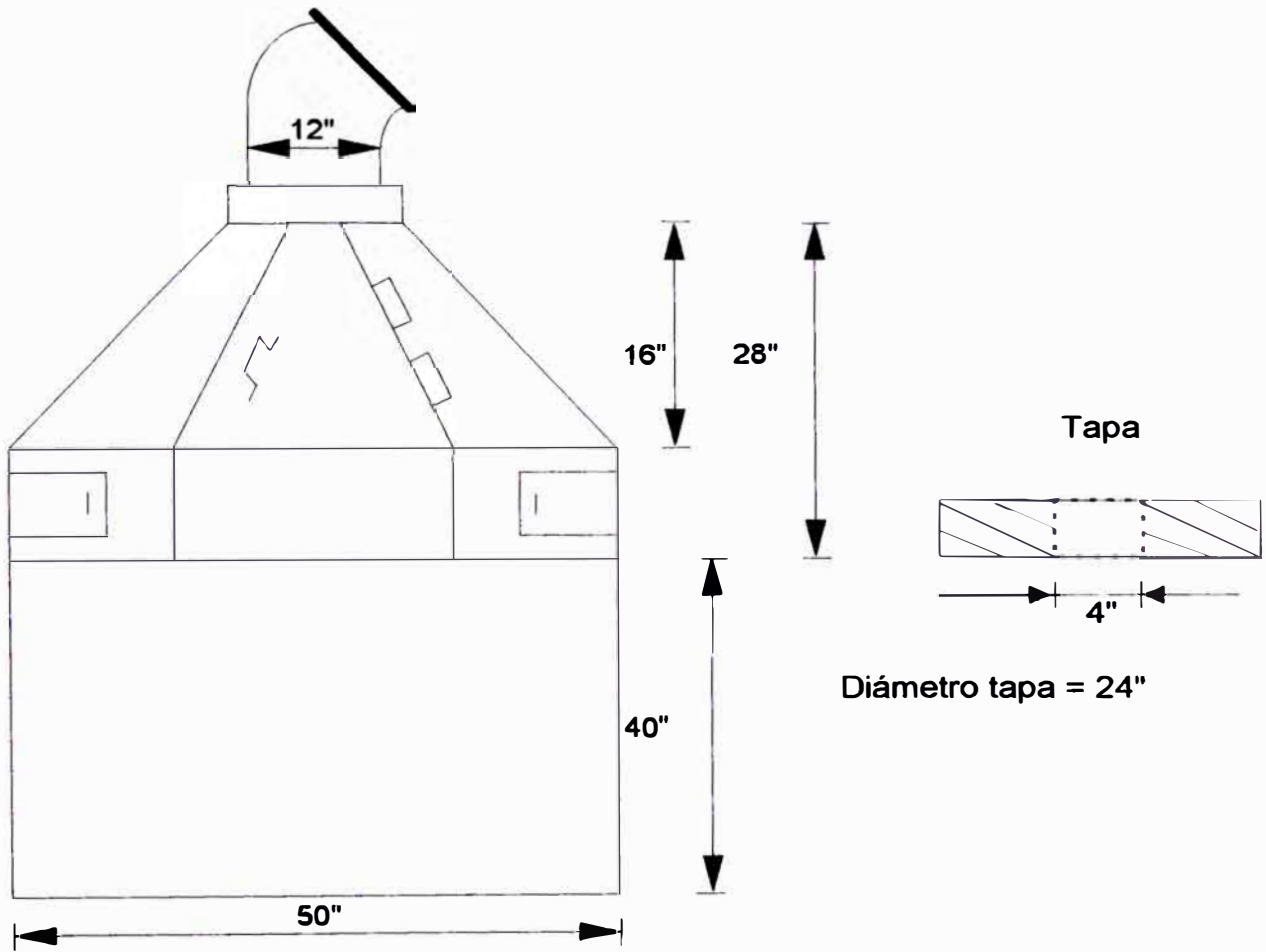
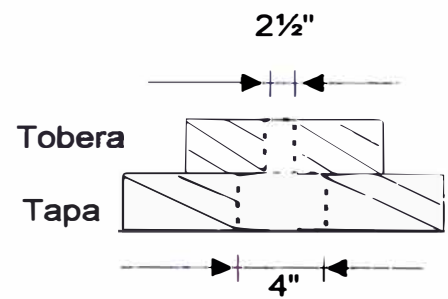
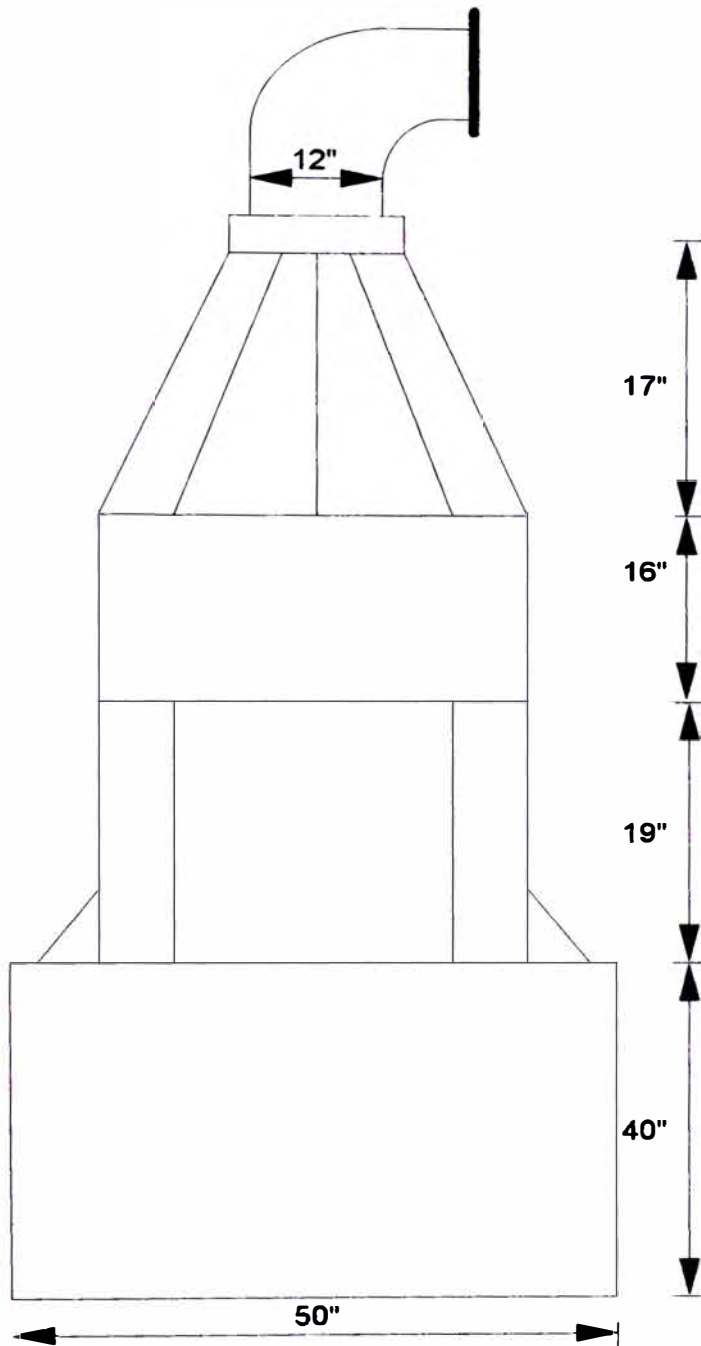


Fig. H.3
Diseño de la campana experimental



Diámetro tapa = 24"
Diámetro tobera = 12"

Tal como se puede apreciar se logró eliminar las partículas metálicas en la zona de mangas y con un mejor control en la operación por parte del hornero se puede eliminar el problema en cuartos.

Como anécdota a este cambio, en el mes de julio '93 se envió una muestra de 1 tonelada de óxido de zinc proveniente de la zona de mangas de la línea # 5 a Holanda, se realizó la determinación del área superficial resultando ser de $9 \text{ m}^2 / \text{g}$. Esto significó la disminución del tamaño de partícula del material de 0.4 a $0.3 \text{ }\mu\text{m}$.

El departamento de ventas le dio el nombre de calidad Varistor.

Finalmente, el diseño de la campana es una combinación de la tradicional con la experimental, tal como se aprecia en la figura H.4.

Veamos el calculo de la recuperación de la inversión para dos campanas.

- Precio de venta promedio del oxido de zinc :

mangas y cuartos : \$ 1000 / t ZnO

ciclón : \$ 1000 / t ZnO

- Precio del zinc SHG promedio : \$ 990 / t Zn

- Precio del petróleo diesel 2 : \$ 0.974 / gal

- Costo de fabricación de 2 campanas : \$ 4670

a) Para campanas tradicionales (69 t ZnO / mes):

- Factor de transformación = $1.14 \text{ t ZnO} / \text{t Zn}$

- Producción de mangas y cuartos = 82 %

- Producción de ciclón = 18 %

- Consumo de petróleo = $85 \text{ gal} / \text{t ZnO}$

tenemos:

$$A = 69 \times 0.82 (\text{t ZnO} / \text{mes}) \times \$ 1100 / \text{t ZnO} + 69 \times 0.18 (\text{t ZnO} / \text{mes}) \times \$ 1000 / \text{t ZnO} - 85 (\text{gal} / \text{t ZnO}) \times 69 (\text{t ZnO} / \text{mes}) \times \$ 0.974 / \text{gal} - 69 (\text{t ZnO} / \text{mes}) \times (1 \text{ t Zn} / 1.14 \text{ t ZnO}) \times \$ 990 / \text{t Zn}$$

$$A = \$ 9025 / \text{mes}$$

b) Para campanas modificadas (87 t ZnO / mes):

- Factor de transformación = $1.18 \text{ t ZnO} / \text{t Zn}$

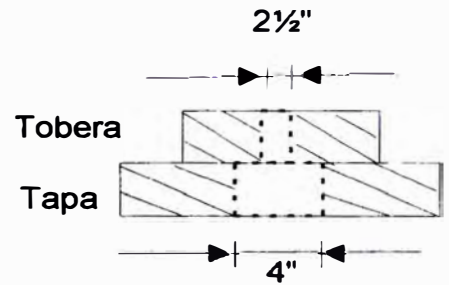
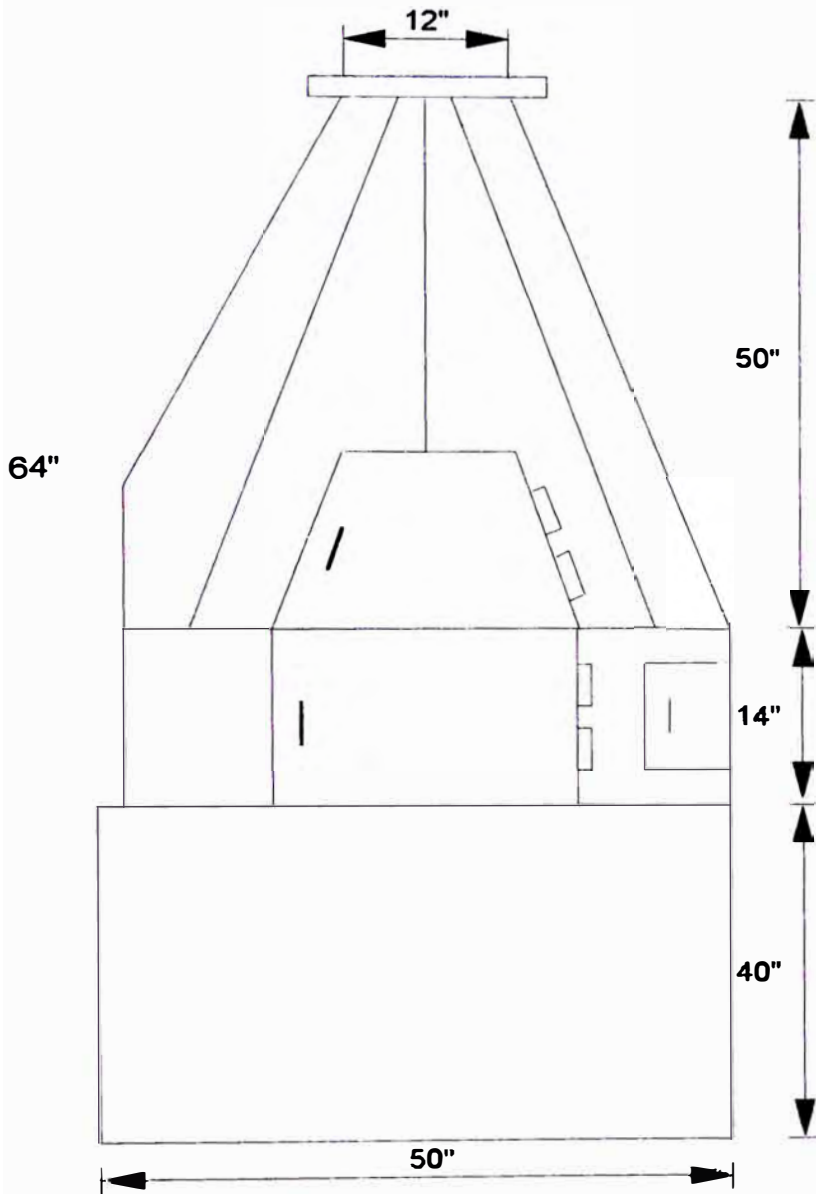
- Producción de mangas y cuartos = 90 %

- Producción de ciclón = 10 %

- Consumo de petróleo = $65 \text{ gal} / \text{t ZnO}$

tenemos:

Fig. H.4
Diseño de la campana modificada



Diámetro tapa = 24"
Diámetro tobera = 12"

$$B = 87 \times 0.90 \text{ (t ZnO / mes)} \times \$ 1100 / \text{t ZnO} + 87 \times 0.10 \text{ (t ZnO / mes)} \times \$ 1000 / \text{t ZnO} - 65 \text{ (gal / t ZnO)} \times 87 \text{ (t ZnO / mes)} \times \$ 0.974 / \text{gal} - 87 \text{ (t ZnO / mes)} \times (1 \text{ t Zn} / 1.18 \text{ t ZnO}) \times \$ 990 / \text{t Zn}$$

$$B = \$ 16330 / \text{mes}$$

Entonces, el tiempo de recuperación (T) de la inversión será :

$$T = \text{Inversión} / (B - A)$$

$$T = 4670 / (16330 - 9025) = 0.64 \sim 1 \text{ mes.}$$

H.3. Aumento de la producción de óxido de zinc

Esto se obtuvo en base a la modificación de los conductos que une las cámaras de los hornos y con la preparación de conos refractarios.

Se evaluaron la líneas # 4 (melliza) y # 7 (trilliza), los valores obtenidos se muestran en el cuadro H.6 y H.7.

En dichos cuadros se registra la cantidad de lingotes consumidos por horno y el total por día, realizando una comparación antes y después del cambio en un periodo de trabajo.

En resumen se puede ver el aumento promedio en la línea trilliza de 40.6 % y en la melliza 41.2 %.

En las figuras H.5 y H.6 se observan las diferencias del cambio.

**Cuadro H.6 LINEA MELLIZA #4
CARGA DE LINGOTES DE Zn POR CRISOL**

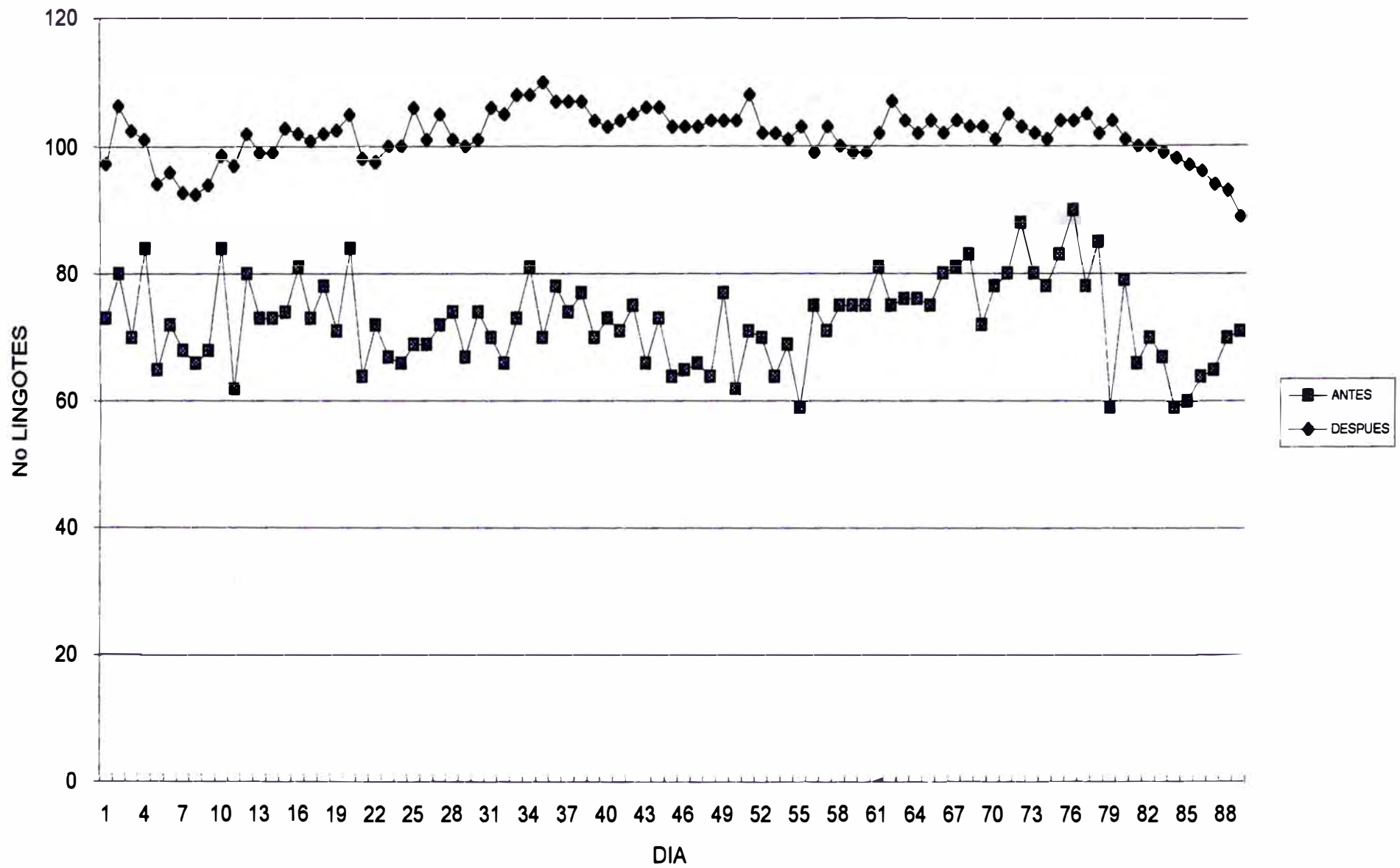
| Crisol | S/Cambio | | | C/Cambio | | | AUMENTO |
|--------|----------|----|-------|----------|----|-------|---------|
| | A | B | TOTAL | A | B | TOTAL | % |
| 1 | 49 | 24 | 73 | 66 | 31 | 97 | 33.4 |
| 2 | 50 | 30 | 80 | 68 | 39 | 107 | 33.1 |
| 3 | 50 | 20 | 70 | 68 | 35 | 103 | 46.4 |
| 4 | 49 | 35 | 84 | 66 | 35 | 101 | 20.4 |
| 5 | 46 | 19 | 65 | 62 | 32 | 94 | 44.8 |
| 6 | 47 | 25 | 72 | 63 | 33 | 96 | 33.3 |
| 7 | 45 | 23 | 68 | 61 | 32 | 93 | 36.4 |
| 8 | 41 | 25 | 66 | 60 | 33 | 93 | 40.2 |
| 9 | 46 | 22 | 68 | 63 | 31 | 94 | 38.2 |
| 10 | 50 | 34 | 84 | 68 | 31 | 99 | 17.3 |
| 11 | 41 | 21 | 62 | 62 | 35 | 97 | 56.5 |
| 12 | 49 | 31 | 80 | 67 | 35 | 102 | 27.5 |
| 13 | 49 | 24 | 73 | 67 | 32 | 99 | 35.6 |
| 14 | 49 | 24 | 73 | 67 | 32 | 99 | 35.6 |
| 15 | 51 | 23 | 74 | 69 | 34 | 103 | 39.0 |
| 16 | 49 | 32 | 81 | 67 | 35 | 102 | 25.9 |
| 17 | 51 | 22 | 73 | 69 | 32 | 101 | 38.2 |
| 18 | 47 | 31 | 78 | 64 | 38 | 102 | 30.8 |
| 19 | 50 | 21 | 71 | 68 | 35 | 103 | 44.4 |
| 20 | 53 | 31 | 84 | 70 | 35 | 105 | 25.0 |
| 21 | 46 | 18 | 64 | 66 | 32 | 98 | 53.1 |
| 22 | 47 | 25 | 72 | 65 | 33 | 98 | 35.4 |
| 23 | 45 | 22 | 67 | 65 | 35 | 100 | 49.3 |
| 24 | 45 | 21 | 66 | 65 | 35 | 100 | 51.5 |
| 25 | 49 | 20 | 69 | 68 | 38 | 106 | 53.6 |
| 26 | 48 | 21 | 69 | 66 | 35 | 101 | 46.4 |
| 27 | 50 | 22 | 72 | 69 | 36 | 105 | 45.8 |
| 28 | 50 | 24 | 74 | 69 | 32 | 101 | 36.5 |
| 29 | 47 | 20 | 67 | 65 | 35 | 100 | 49.3 |
| 30 | 51 | 23 | 74 | 70 | 31 | 101 | 36.5 |
| 31 | 52 | 18 | 70 | 72 | 34 | 106 | 51.4 |
| 32 | 50 | 16 | 66 | 69 | 36 | 105 | 59.1 |
| 33 | 55 | 18 | 73 | 72 | 36 | 108 | 47.9 |
| 34 | 54 | 27 | 81 | 72 | 36 | 108 | 33.3 |
| 35 | 54 | 16 | 70 | 72 | 38 | 110 | 57.1 |
| 36 | 55 | 23 | 78 | 72 | 35 | 107 | 37.2 |
| 37 | 56 | 18 | 74 | 72 | 35 | 107 | 44.6 |
| 38 | 55 | 22 | 77 | 71 | 36 | 107 | 39.0 |
| 39 | 52 | 18 | 70 | 72 | 32 | 104 | 48.6 |
| 40 | 54 | 19 | 73 | 70 | 33 | 103 | 41.1 |
| 41 | 56 | 15 | 71 | 71 | 33 | 104 | 46.5 |
| 42 | 57 | 18 | 75 | 71 | 34 | 105 | 40.0 |
| 43 | 55 | 11 | 66 | 71 | 35 | 106 | 60.6 |
| 44 | 57 | 16 | 73 | 70 | 36 | 106 | 45.2 |
| 45 | 51 | 13 | 64 | 71 | 32 | 103 | 60.9 |
| 46 | 51 | 14 | 65 | 71 | 32 | 103 | 58.5 |
| 47 | 51 | 15 | 66 | 71 | 32 | 103 | 56.1 |
| 48 | 50 | 14 | 64 | 70 | 34 | 104 | 62.5 |
| 49 | 58 | 19 | 77 | 69 | 35 | 104 | 35.1 |
| 50 | 55 | 7 | 62 | 69 | 35 | 104 | 67.7 |

Cuadro H.6 LINEA MELLIZA #4 (Continuación)
CARGA DE LINGOTES DE Zn POR CRISOL

| Crisol | S/Cambio | | | C/Cambio | | | AUMENTO |
|--------|----------|----|-------|----------|----|-------|---------|
| | A | B | TOTAL | A | B | TOTAL | % |
| 51 | 53 | 18 | 71 | 74 | 34 | 108 | 52.1 |
| 52 | 56 | 14 | 70 | 71 | 31 | 102 | 45.7 |
| 53 | 48 | 16 | 64 | 70 | 32 | 102 | 59.4 |
| 54 | 57 | 12 | 69 | 70 | 31 | 101 | 46.4 |
| 55 | 44 | 15 | 59 | 68 | 35 | 103 | 74.6 |
| 56 | 58 | 17 | 75 | 69 | 30 | 99 | 32.0 |
| 57 | 60 | 11 | 71 | 68 | 35 | 103 | 45.1 |
| 58 | 60 | 15 | 75 | 68 | 32 | 100 | 33.3 |
| 59 | 61 | 14 | 75 | 65 | 34 | 99 | 32.0 |
| 60 | 60 | 15 | 75 | 68 | 31 | 99 | 32.0 |
| 61 | 65 | 16 | 81 | 70 | 32 | 102 | 25.9 |
| 62 | 60 | 15 | 75 | 71 | 36 | 107 | 42.7 |
| 63 | 59 | 17 | 76 | 70 | 34 | 104 | 36.8 |
| 64 | 60 | 16 | 76 | 70 | 32 | 102 | 34.2 |
| 65 | 60 | 15 | 75 | 68 | 36 | 104 | 38.7 |
| 66 | 64 | 16 | 80 | 68 | 34 | 102 | 27.5 |
| 67 | 63 | 18 | 81 | 69 | 35 | 104 | 28.4 |
| 68 | 64 | 19 | 83 | 68 | 35 | 103 | 24.1 |
| 69 | 58 | 14 | 72 | 68 | 35 | 103 | 43.1 |
| 70 | 61 | 17 | 78 | 68 | 33 | 101 | 29.5 |
| 71 | 61 | 19 | 80 | 69 | 36 | 105 | 31.3 |
| 72 | 68 | 20 | 88 | 67 | 36 | 103 | 17.0 |
| 73 | 61 | 19 | 80 | 67 | 35 | 102 | 27.5 |
| 74 | 61 | 17 | 78 | 67 | 34 | 101 | 29.5 |
| 75 | 64 | 19 | 83 | 69 | 35 | 104 | 25.3 |
| 76 | 65 | 25 | 90 | 69 | 35 | 104 | 15.6 |
| 77 | 59 | 19 | 78 | 69 | 36 | 105 | 34.6 |
| 78 | 65 | 20 | 85 | 69 | 33 | 102 | 20.0 |
| 79 | 48 | 11 | 59 | 69 | 35 | 104 | 76.3 |
| 80 | 59 | 20 | 79 | 67 | 34 | 101 | 27.8 |
| 81 | 52 | 14 | 66 | 65 | 35 | 100 | 51.5 |
| 82 | 55 | 15 | 70 | 66 | 34 | 100 | 42.9 |
| 83 | 53 | 14 | 67 | 66 | 33 | 99 | 47.8 |
| 84 | 47 | 12 | 59 | 66 | 32 | 98 | 66.1 |
| 85 | 49 | 11 | 60 | 66 | 31 | 97 | 61.7 |
| 86 | 54 | 10 | 64 | 66 | 30 | 96 | 50.0 |
| 87 | 54 | 11 | 65 | 64 | 30 | 94 | 44.6 |
| 88 | 58 | 12 | 70 | 62 | 31 | 93 | 32.9 |
| 89 | 57 | 14 | 71 | 60 | 29 | 89 | 25.4 |

| | | | | | | | |
|--------------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Promedio | 53.7 | 18.9 | 72.6 | 67.9 | 33.8 | 101.7 | 41.2 |
| % por crisol | 74% | 26% | | 67% | 33% | | |

Fig. H.5 Carga total de Zinc por día Línea #4 (Melliza)



Aumento = 41.2%

**Cuadro H.7 LINEA TRILLIZA #7
CARGA DE LINGOTES DE Zn POR CRISOL**

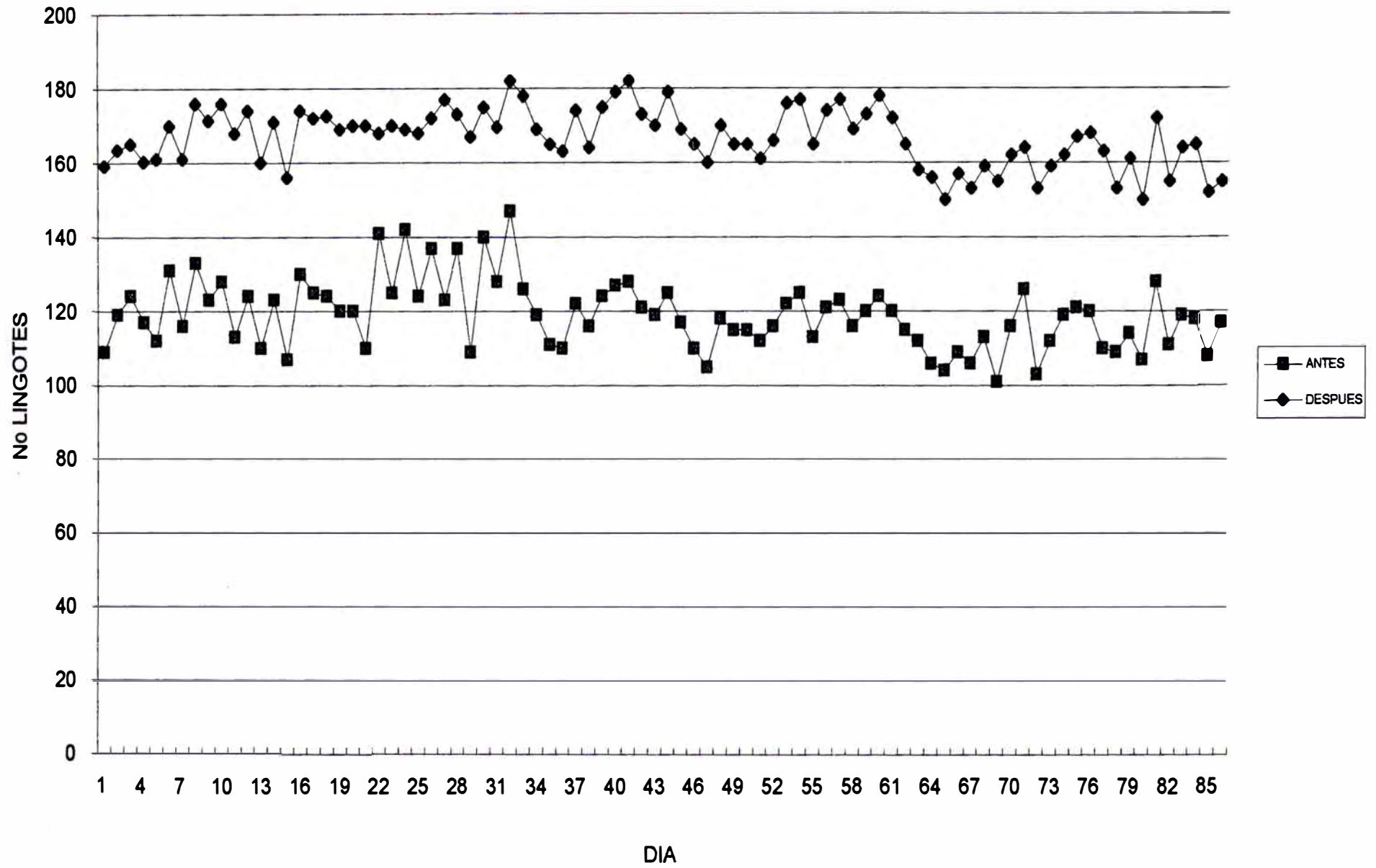
| Crisol | S/CAMBIO | | | | C/CAMBIO | | | | AUMENTO |
|--------|----------|----|----|-------|----------|----|----|-------|---------|
| | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL | % |
| 1 | 46 | 24 | 39 | 109 | 65 | 30 | 64 | 159 | 46.0 |
| 2 | 46 | 26 | 47 | 119 | 65 | 33 | 66 | 163 | 37.3 |
| 3 | 44 | 37 | 43 | 124 | 62 | 41 | 62 | 165 | 33.1 |
| 4 | 45 | 28 | 44 | 117 | 63 | 35 | 62 | 160 | 37.0 |
| 5 | 45 | 23 | 44 | 112 | 64 | 35 | 62 | 161 | 43.8 |
| 6 | 48 | 37 | 46 | 131 | 65 | 40 | 65 | 170 | 29.8 |
| 7 | 47 | 23 | 46 | 116 | 67 | 29 | 65 | 161 | 38.8 |
| 8 | 47 | 38 | 48 | 133 | 67 | 41 | 68 | 176 | 32.3 |
| 9 | 48 | 25 | 50 | 123 | 69 | 32 | 71 | 172 | 39.4 |
| 10 | 44 | 38 | 46 | 128 | 63 | 48 | 65 | 176 | 37.4 |
| 11 | 44 | 25 | 44 | 113 | 64 | 42 | 62 | 168 | 48.7 |
| 12 | 45 | 37 | 42 | 124 | 65 | 47 | 62 | 174 | 40.3 |
| 13 | 42 | 25 | 43 | 110 | 61 | 38 | 61 | 160 | 45.5 |
| 14 | 42 | 36 | 45 | 123 | 61 | 46 | 64 | 171 | 39.0 |
| 15 | 43 | 24 | 40 | 107 | 62 | 32 | 62 | 156 | 45.8 |
| 16 | 45 | 37 | 48 | 130 | 65 | 41 | 68 | 174 | 33.8 |
| 17 | 45 | 34 | 46 | 125 | 66 | 41 | 65 | 172 | 37.6 |
| 18 | 45 | 33 | 46 | 124 | 66 | 42 | 65 | 173 | 39.2 |
| 19 | 45 | 26 | 49 | 120 | 66 | 38 | 65 | 169 | 40.8 |
| 20 | 42 | 34 | 44 | 120 | 62 | 43 | 65 | 170 | 41.7 |
| 21 | 42 | 24 | 44 | 110 | 62 | 40 | 68 | 170 | 54.5 |
| 22 | 51 | 41 | 49 | 141 | 62 | 41 | 65 | 168 | 19.1 |
| 23 | 45 | 28 | 52 | 125 | 66 | 36 | 68 | 170 | 36.0 |
| 24 | 52 | 40 | 50 | 142 | 62 | 42 | 65 | 169 | 19.0 |
| 25 | 48 | 26 | 50 | 124 | 64 | 36 | 68 | 168 | 35.5 |
| 26 | 47 | 38 | 52 | 137 | 64 | 40 | 68 | 172 | 25.5 |
| 27 | 47 | 25 | 51 | 123 | 68 | 39 | 70 | 177 | 43.9 |
| 28 | 48 | 39 | 50 | 137 | 68 | 35 | 70 | 173 | 26.3 |
| 29 | 39 | 23 | 47 | 109 | 62 | 38 | 67 | 167 | 53.2 |
| 30 | 49 | 39 | 52 | 140 | 65 | 40 | 70 | 175 | 25.0 |
| 31 | 50 | 25 | 53 | 128 | 68 | 32 | 70 | 170 | 32.4 |
| 32 | 53 | 40 | 54 | 147 | 71 | 40 | 71 | 182 | 23.8 |
| 33 | 48 | 30 | 48 | 126 | 70 | 39 | 69 | 178 | 41.3 |
| 34 | 46 | 28 | 45 | 119 | 69 | 36 | 64 | 169 | 42.0 |
| 35 | 44 | 26 | 41 | 111 | 66 | 34 | 65 | 165 | 48.6 |
| 36 | 47 | 20 | 43 | 110 | 66 | 35 | 62 | 163 | 48.2 |
| 37 | 46 | 33 | 43 | 122 | 69 | 40 | 65 | 174 | 42.6 |
| 38 | 44 | 27 | 45 | 116 | 65 | 35 | 64 | 164 | 41.4 |
| 39 | 49 | 26 | 49 | 124 | 71 | 34 | 70 | 175 | 41.1 |
| 40 | 49 | 30 | 48 | 127 | 71 | 39 | 69 | 179 | 40.9 |
| 41 | 46 | 31 | 51 | 128 | 69 | 40 | 73 | 182 | 42.2 |
| 42 | 45 | 29 | 47 | 121 | 68 | 37 | 68 | 173 | 43.0 |
| 43 | 44 | 27 | 48 | 119 | 66 | 35 | 69 | 170 | 42.9 |
| 44 | 45 | 31 | 49 | 125 | 68 | 40 | 71 | 179 | 43.2 |
| 45 | 42 | 28 | 47 | 117 | 65 | 36 | 68 | 169 | 44.4 |
| 46 | 44 | 25 | 41 | 110 | 66 | 38 | 61 | 165 | 50.0 |
| 47 | 42 | 22 | 41 | 105 | 64 | 35 | 61 | 160 | 52.4 |
| 48 | 44 | 26 | 48 | 118 | 66 | 35 | 69 | 170 | 44.1 |
| 49 | 44 | 24 | 47 | 115 | 66 | 31 | 68 | 165 | 43.5 |

**Cuadro H.7 LINEA TRILLIZA #7 (Continuación)
CARGA DE LINGOTES DE Zn POR CRISOL**

| S/CAMBIO | | | | | C/CAMBIO | | | | AUMENTO |
|----------|----|----|----|-------|----------|----|----|-------|---------|
| Crisol | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL | % |
| 50 | 44 | 24 | 47 | 115 | 66 | 31 | 68 | 165 | 43.5 |
| 51 | 43 | 24 | 45 | 112 | 65 | 31 | 65 | 161 | 43.8 |
| 52 | 47 | 25 | 44 | 116 | 70 | 33 | 63 | 166 | 43.1 |
| 53 | 47 | 26 | 49 | 122 | 71 | 34 | 71 | 176 | 44.3 |
| 54 | 48 | 27 | 50 | 125 | 70 | 35 | 72 | 177 | 41.6 |
| 55 | 43 | 27 | 43 | 113 | 65 | 35 | 65 | 165 | 46.0 |
| 56 | 48 | 26 | 47 | 121 | 72 | 34 | 68 | 174 | 43.8 |
| 57 | 47 | 26 | 50 | 123 | 71 | 34 | 72 | 177 | 43.9 |
| 58 | 45 | 23 | 48 | 116 | 68 | 32 | 69 | 169 | 45.7 |
| 59 | 45 | 26 | 49 | 120 | 68 | 34 | 71 | 173 | 44.2 |
| 60 | 47 | 27 | 50 | 124 | 71 | 35 | 72 | 178 | 43.5 |
| 61 | 46 | 26 | 48 | 120 | 69 | 34 | 69 | 172 | 43.3 |
| 62 | 44 | 26 | 45 | 115 | 66 | 34 | 65 | 165 | 43.5 |
| 63 | 42 | 26 | 44 | 112 | 61 | 34 | 63 | 158 | 41.1 |
| 64 | 41 | 22 | 43 | 106 | 62 | 32 | 62 | 156 | 47.2 |
| 65 | 39 | 23 | 42 | 104 | 60 | 30 | 60 | 150 | 44.2 |
| 66 | 44 | 25 | 40 | 109 | 64 | 33 | 60 | 157 | 44.0 |
| 67 | 42 | 21 | 43 | 106 | 61 | 30 | 62 | 153 | 44.3 |
| 68 | 42 | 28 | 43 | 113 | 61 | 36 | 62 | 159 | 40.7 |
| 69 | 40 | 23 | 38 | 101 | 60 | 35 | 60 | 155 | 53.5 |
| 70 | 45 | 27 | 44 | 116 | 65 | 35 | 62 | 162 | 39.7 |
| 71 | 44 | 36 | 46 | 126 | 64 | 35 | 65 | 164 | 30.2 |
| 72 | 41 | 23 | 39 | 103 | 60 | 32 | 61 | 153 | 48.5 |
| 73 | 45 | 26 | 41 | 112 | 65 | 34 | 60 | 159 | 42.0 |
| 74 | 46 | 27 | 46 | 119 | 62 | 35 | 65 | 162 | 36.1 |
| 75 | 42 | 31 | 48 | 121 | 61 | 38 | 68 | 167 | 38.0 |
| 76 | 47 | 28 | 45 | 120 | 68 | 36 | 64 | 168 | 40.0 |
| 77 | 37 | 25 | 48 | 110 | 62 | 33 | 68 | 163 | 48.2 |
| 78 | 42 | 24 | 43 | 109 | 61 | 31 | 61 | 153 | 40.4 |
| 79 | 42 | 25 | 47 | 114 | 61 | 33 | 67 | 161 | 41.2 |
| 80 | 40 | 24 | 43 | 107 | 58 | 31 | 61 | 150 | 40.2 |
| 81 | 48 | 32 | 48 | 128 | 69 | 35 | 68 | 172 | 34.4 |
| 82 | 44 | 27 | 40 | 111 | 63 | 35 | 57 | 155 | 39.6 |
| 83 | 47 | 29 | 43 | 119 | 68 | 35 | 61 | 164 | 37.8 |
| 84 | 44 | 27 | 47 | 118 | 63 | 35 | 67 | 165 | 39.8 |
| 85 | 42 | 24 | 42 | 108 | 61 | 31 | 60 | 152 | 40.7 |
| 86 | 45 | 29 | 43 | 117 | 63 | 31 | 61 | 155 | 32.5 |

| | | | | | | | | | |
|--------------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|
| Promedio | 44.9 | 28.2 | 45.9 | 119.0 | 65.2 | 36.0 | 65.6 | 166.8 | 40.6 |
| % por crisol | 38% | 24% | 39% | | 39% | 22% | 39% | | |

Fig. H. 6 Carga total de Zinc por día Línea #7 (Trilliza)



Aumento = 40.6%








H.4 Estandarización de las líneas de producción

La estandarización total de las líneas de producción se realizó en base a un programa de modernización de la planta. La planificación se hizo por término de los periodos de trabajo de cada línea.

El control se llevó a cabo mediante un Diagrama de Gant en la cual se programó las actividades dependientes y/o independientes en un periodo de trabajo. El avance de trabajo se actualizaba diariamente en este diagrama.

En los cuadros H.8, H.9, H.10 y H.11 se muestran los cambios programados que se realizaron en las líneas de producción.

Cuadro H.8 Estandarización de Líneas de Producción de Oxido 1994

| ID | ACTIVIDADES | 19 Agosto 19/08 | 26 Agosto 26/08 | 02 Setiembre 02/09 | 09 Setiembre 09/09 | 16 Setiembre 16/09 | 23 Setiembre 23/09 | 30 Setiembre 30/09 | 07 Octubre 07/10 |
|----|--|--|---|---|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | LINEA 3 | ● | | | | | | | |
| 2 | Desmontar líneas unitarias 5 y 6 hasta ciclones. |  | | | | | | | |
| 3 | Instalar línea trilliza con alineamiento de válvula y ductos. | |  | | | | | | |
| 4 | Alinear zona de cuartos línea # 6 (eliminar cuartos línea #5). | |  | | | | | | |
| 5 | Alinear zona de mangas #5 y 6. | | |  | | | | | |
| 6 | Instalar válvula de paso zona de cuartos a zona de mangas. | | |  | | | | | |
| 7 | Instalar exhauster línea #3 a propuesta, cambio a motor 12 HP. | | | |  | | | | |
| 8 | Fabricar e instalar 3 campanas modificadas con 3 codos. | | | |  | | | | |

Proyecto : LINEA #3


Fecha : 30/01/96

Critico 

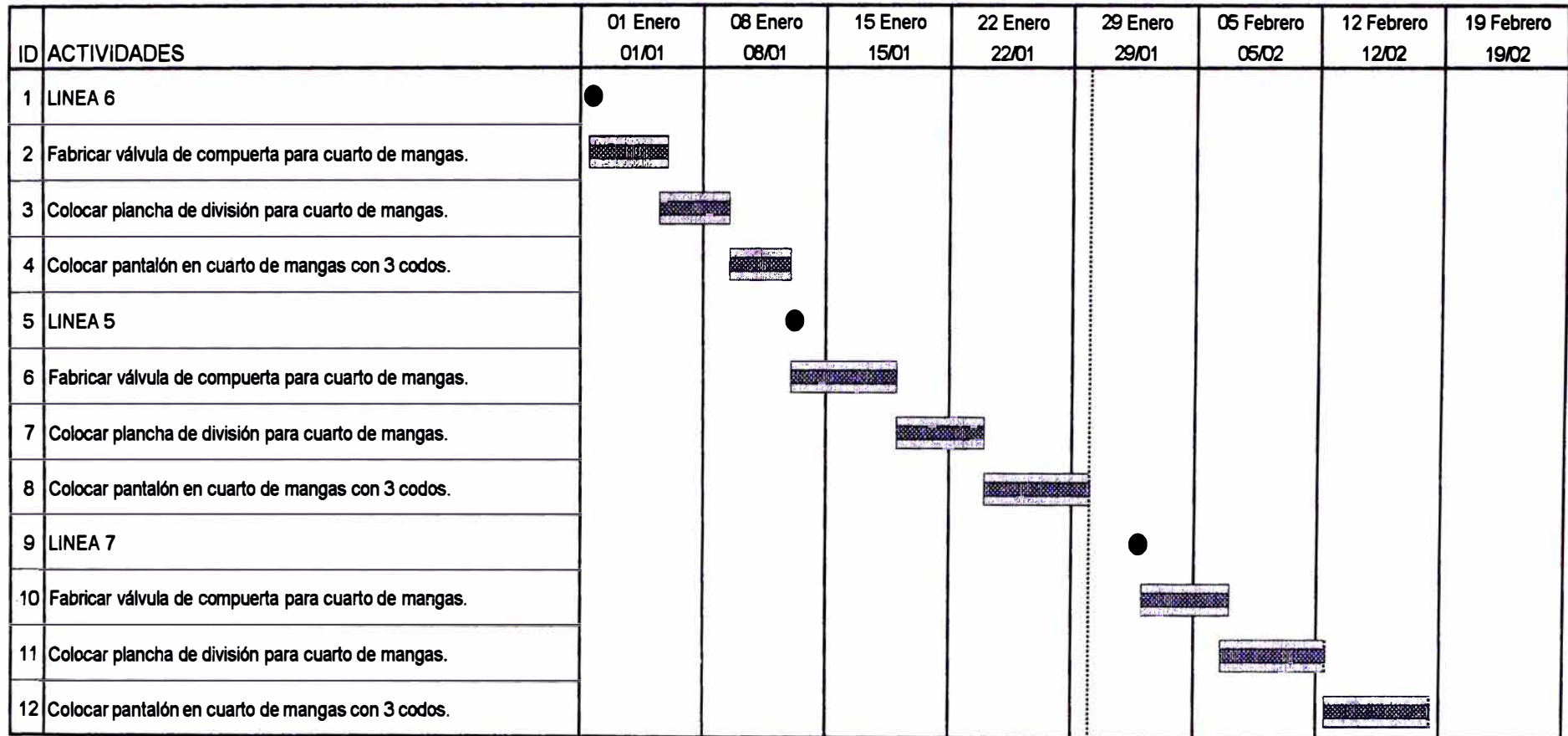
No critico 

Progreso 

Inicio ●

Resumen 

Cuadro H.9 Estandarización de Líneas de Producción de Oxido 1995



Proyecto : LINEA #5, #6, #7

Fecha : 30/01/96

Critico



Progreso



Resumen












No critico



Inicio



Cuadro H.10 Estandarización de Líneas de Producción de Oxido 1995

| ID | ACTIVIDADES | 22 Julio 22/07 | 29 Julio 29/07 | 05 Agosto 05/08 | 12 Agosto 12/08 | 19 Agosto 19/08 | 26 Agosto 26/08 | 02 Setiembre 02/09 | 09 Setiembre 02/09 |
|----|--|--|---|---|---|---|---|-----------------------|-----------------------|
| 1 | LINEA 1 | ● | | | | | | | |
| 2 | Fabricar bridas para el exhauster. |  | | | | | | | |
| 3 | Fabricar transacción de redondo a cuadrado. |  | | | | | | | |
| 4 | Colocar cuarto de mangas y separarla con plancha divisoria. | |  | | | | | | |
| 5 | Colocar tubos para altura de mangas. | | |  | | | | | |
| 6 | Colocar válvulas, pantalón y reparar. | | |  | | | | | |
| 7 | Fabricar 3 codos. | | | |  | | | | |
| 8 | Alinear tuberías del ciclón al exhauster, y de esta a cuartos. | | | |  | | | | |
| 9 | Fabricar 2 campanas modificadas y 2 codos. | | | | |  | | | |
| 10 | Alinear válvula, pantalón y ducto al ciclón. | | | | | |  | | |

Proyecto : LINEA #1

Fecha : 30/01/96

Critico



No critico



Progreso










Inicio



Resumen



Cuadro H.11 Estandarización de Líneas de Producción de Oxido 1995

| ID | ACTIVIDADES | 19 Agosto 19/08 | 26 Agosto 26/08 | 02 Setiembre 02/09 | 09 Setiembre 09/09 | 16 Setiembre 16/09 | 23 Setiembre 23/09 | 30 Setiembre 30/09 | 07 Octubre 07/10 |
|----|--|--------------------|--------------------|---|---|---|---|---|---------------------|
| 1 | LINEA 2 | | | ● | | | | | |
| 2 | Colocar cuarto de mangas c/plancha divisoria más parantes. | | |  | | | | | |
| 3 | Colocar tubos a lo largo (estructura) y ancho. | | | |  | | | | |
| 4 | Colocar válvula de compuerta y reparar. | | | |  | | | | |
| 5 | Fabricar 3 codos para pantalón y cuarto de mangas. | | | | |  | | | |
| 6 | LINEA 4 | | | | | ● | | | |
| 7 | Fabricar válvula de compuerta para cuarto de mangas. | | | | |  | | | |
| 8 | Colocar plancha de división para cuarto de mangas. | | | | | |  | | |
| 9 | Colocar pantalón en cuarto de mangas con 3 codos. | | | | | | |  | |

Proyecto : LINEA #2, #4

Fecha : 30/01/96

Critico



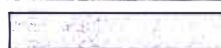
Progreso



Resumen



No critico



Inicio



H.5 Disminución de la escoria amarilla

El estudio consistió en determinar la cantidad mínima necesaria de cloruro de amonio que se debe adicionar en cada carga para obtener una cantidad mínima de escoria producida, sin afectar la calidad del producto. Para esto se realizaron diferentes corridas variando el aditivo y comparándolo con el contenido de cloruros en el óxido de zinc.

Se trabajó durante 8 días de producción con una línea melliza. Los resultados se pueden apreciar en el cuadro H.12.

Cuadro H.12 CONTENIDO DE CLORURO EN EL ÓXIDO DE ZINC Y ESCORIA FORMADA PROMEDIO POR CARGA

| Fecha | Cloruro de Amonio por carga (g) | Cloruros en ZnO (ppm) | Escoria amarilla formada (kg) | Observaciones |
|----------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------------|--|
| 10/01/94 | 5 | 25 | 2.0 | Óxido color blanco, presencia de partículas sólidas |
| 11/01/94 | 5 | 30 | 2.5 | |
| 12/01/94 | 10 | 34 | 3.0 | Óxido color blanco, presencia de partículas sólidas no considerables |
| 13/01/94 | 10 | 35 | 3.5 | |
| 14/01/94 | 15 | 42 | 4.0 | Óxido color amarillo verdoso |
| 15/01/94 | 15 | 45 | 4.5 | |
| 16/01/94 | 20 | 55 | 5.0 | Óxido amarillo verdoso más pronunciado |
| 17/01/94 | 20 | 60 | 5.5 | |

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó trabajar con 10 gr. de cloruro de amonio por carga. Debemos tener en cuenta que la adición en exceso de este aditivo puede afectar al crisol de grafito, restándole duración en la vida útil.

Para ajustar el aditivo se mandó a fabricar cucharones medidos para garantizar la cantidad exacta.

H.6 Tratamiento de escorias y Aumento del ratio

Después de analizar la secuencia de trabajo del tratamiento de escorias se mandó a fabricar 2 zarandas con movimiento excéntrico y con un motor de inversión de giro, el cual ayuda a desplazar el material intermedio hacia el shute de salida.

La zaranda 1 trabaja con dos mallas metálicas de 1/8 " y 1/16 ", siendo este último la malla de acabado.

La zaranda 2 tiene las mallas No. 25 y No. 40.

También se utilizó un molino de martillos (de 8 piezas) de acero al manganeso resistente al desgaste de 1 t / h de capacidad, con forros interiores en acero chromet T-1 de Boehler con accionamiento mediante motor eléctrico de 9 HP y de 1750 rpm, 220/440 v, 60 Hz y con un ventilador centrífugo que trabaja con motor de 6.6 HP y 1740 rpm.

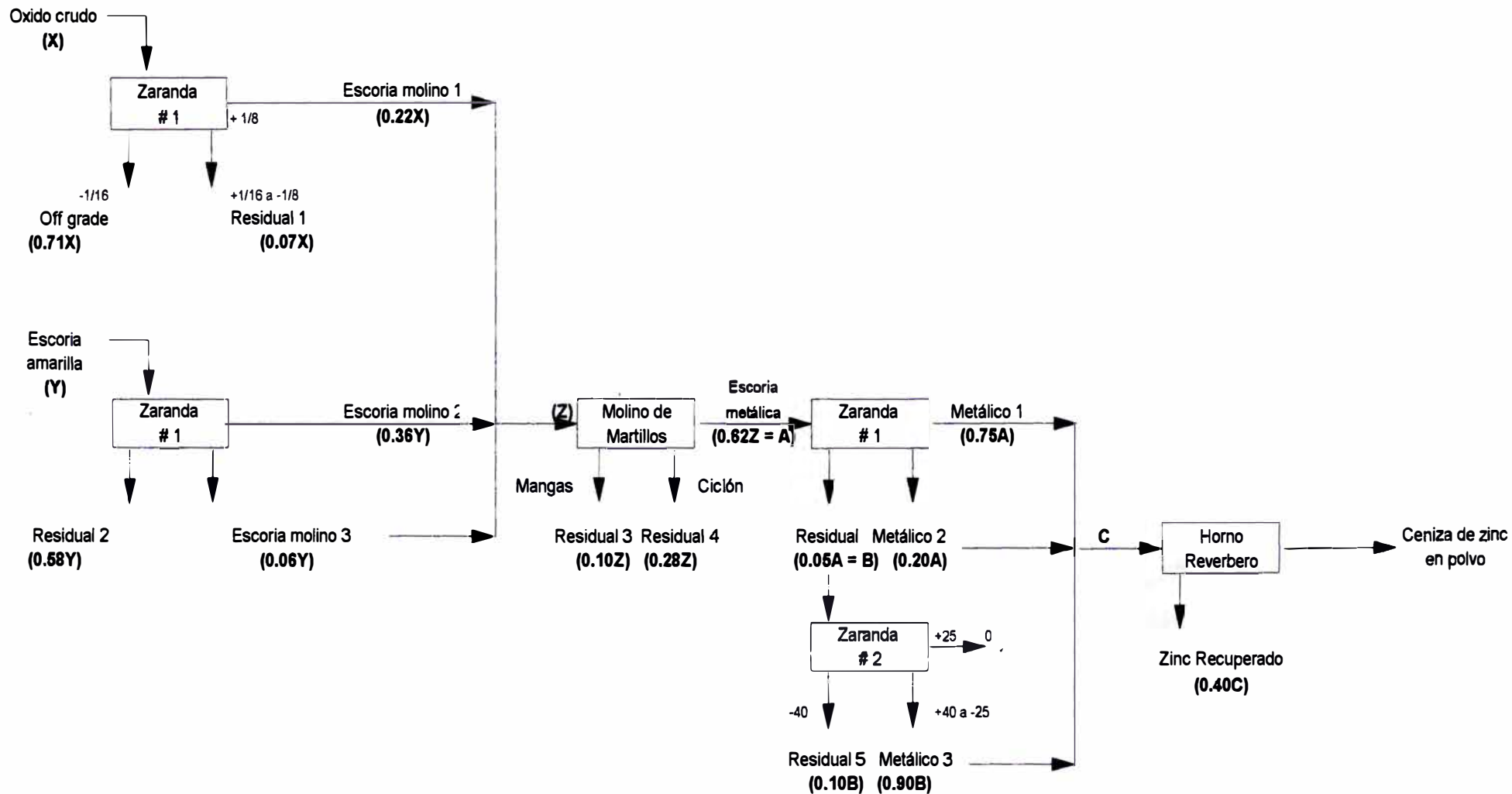
El molino de martillos tiene 3 salidas, la primera para la parte metálica, la segunda y tercera para polvos (óxido de zinc residual) provenientes del ciclón y mangas respectivamente.

En la figura H.7 se muestra un flow sheet de la producción del óxido de zinc calidad off grade y residual, asimismo la recuperación del metal con sus porcentajes promedio en cada etapa y por último la obtención de la ceniza de zinc en polvo.

En el cuadro H.13 se muestra un balance de masa donde ingresan el óxido crudo y la escoria amarilla para luego convertirse en subproductos, asimismo, la recuperación del metal cuyo análisis químico se presenta en el cuadro H.14.

Fig. H.7

Flow sheet de la línea de producción de Off Grade, Residual, Zinc Recuperado y Ceniza de Zinc en polvo



**Cuadro H.13 PRODUCCION DE OFF GRADE, RESIDUAL Y ESCORIA METALICA
EN LA PLANTA DE OXIDO DE ZINC**

MES: ENERO 96

| | | | |
|-------------|---------|------------------|---------|
| OXIDO CRUDO | 4.125 t | ESCORIA AMARILLA | 4.500 t |
|-------------|---------|------------------|---------|

ZARANDA 1

ZARANDA 1

| | | | |
|------------------|---------|------------------|---------|
| ESCORIA MOLINO 1 | 0.908 t | ESCORIA MOLINO 2 | 1.620 t |
| RESIDUAL 1 | 0.289 t | ESCORIA MOLINO 3 | 0.270 t |
| OFF GRADE | 2.929 t | RESIDUAL 2 | 2.610 t |

MOLINO DE MARTILLOS

ESCORIA MOLINO TOTAL 2.798 t

| | |
|-----------------------|---------|
| RESIDUAL 3 (MANGAS) | 0.280 t |
| RESIDUAL 4 (CICLON) | 0.783 t |
| ESC.METALICA (MOLINO) | 1.734 t |

ZARANDA 1

| | |
|------------------|---------|
| METALICO (1) | 1.301 t |
| METALICO (2) | 0.347 t |
| RESIDUAL (-1/16) | 0.087 t |

ZARANDA 2

| | |
|--------------|---------|
| METALICO (3) | 0.078 t |
| RESIDUAL 5 | 0.009 t |

RESUMEN

| | |
|----------------|---------|
| OFF GRADE | 2.929 t |
| RESIDUAL | 3.970 t |
| METALICO | 1.726 t |
| Zn RECUPERABLE | 0.690 t |

Cuadro H.14 ANALISIS QUIMICO DEL ZINC RECUPERADO

| Composición química (%) | | | | | | | |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Elemento | Pb | Cd | Fe | Cu | Ti | Ni | Zn |
| Máximo | 0.0291 | 0.0006 | 0.1319 | 0.0363 | 0.0001 | 0.0007 | 99.8975 |
| Promedio | 0.0268 | 0.0005 | 0.0854 | 0.0263 | 0.0001 | 0.0006 | 99.8601 |
| Mínimo | 0.0197 | 0.0004 | 0.0493 | 0.0205 | 0.0001 | 0.0005 | 99.8100 |

H.7 Ahorro de Combustible

El ahorro de combustible consistió en apagar el ventilador y quemador en un lapso de tiempo durante el periodo de trabajo sin perjudicar la eficiencia.

Para realizar dicha operación se tenía que saber el comportamiento de la temperatura de oxidación (dentro del crisol) entre carga y carga .

La temperatura de trabajo es de 800 a 1100 °C.

La termocupla adecuada es la del tipo K de calibre 8 (3.25 mm. de diámetro) con una funda de carburo de silicio de 15 " de longitud .

Se probaron diferentes materiales de funda como inconel, porcelana con resultados negativos.

Una vez instalada las termocuplas en las líneas # 5 y # 4 conectadas a un indicador controlador de temperatura marca SHIMADEN de procedencia japonesa, se registraron los valores tal como se aprecia en el cuadro H.15 y en las figuras H.8 y H.9.

Se puede observar que hay un comportamiento constante entre carga y carga independiente del horno.

La oxidación se puede realizar sin ningún problema a una temperatura de 950 °C según la experiencia que se tuvo en estas pruebas , obteniéndose un oxido blanco ligeramente amarillento.

De acuerdo a este curva característica se puede cerrar la llave de petróleo y apagar el ventilador 60 minutos antes de la siguiente carga solamente en los hornos A o C y mantenerlo así durante 15 minutos para luego reiniciar la combustión.

**Cuadro H.15 CONTROL DE TEMPERATURA EN LINEAS
TRILLIZA #5 Y MELLIZA #4
- 28/04/94 -**

| HORA | A | B | C | A | B |
|-------|------|------|------|------|------|
| 7.00 | 948 | 1080 | 1030 | 939 | 1011 |
| 7.15 | 878 | 1088 | 1040 | 869 | 1015 |
| 7.30 | 891 | 1082 | 1048 | 882 | 1019 |
| 7.45 | 909 | 872 | 1056 | 900 | 881 |
| 8.00 | 920 | 826 | 1058 | 911 | 834 |
| 8.15 | 944 | 858 | 957 | 935 | 867 |
| 8.30 | 954 | 913 | 887 | 944 | 922 |
| 8.45 | 974 | 957 | 900 | 964 | 967 |
| 9.00 | 987 | 938 | 918 | 977 | 947 |
| 9.15 | 994 | 939 | 929 | 984 | 948 |
| 9.30 | 1004 | 940 | 953 | 994 | 949 |
| 9.45 | 1010 | 941 | 964 | 1000 | 960 |
| 10.00 | 1025 | 942 | 984 | 1015 | 970 |
| 10.15 | 1040 | 943 | 997 | 1030 | 978 |
| 10.30 | 1065 | 945 | 1004 | 1054 | 986 |
| 10.45 | 1073 | 950 | 1014 | 1062 | 990 |
| 11.00 | 896 | 952 | 1020 | 887 | 962 |
| 11.15 | 908 | 954 | 1035 | 899 | 964 |
| 11.30 | 943 | 956 | 1050 | 934 | 960 |
| 11.45 | 930 | 966 | 1076 | 921 | 959 |
| 12.00 | 928 | 1020 | 1084 | 919 | 958 |
| 12.15 | 933 | 1030 | 905 | 924 | 958 |
| 12.30 | 940 | 1040 | 917 | 931 | 965 |
| 12.45 | 945 | 1050 | 952 | 936 | 970 |
| 13.00 | 955 | 1063 | 939 | 945 | 972 |
| 13.15 | 968 | 1071 | 937 | 958 | 975 |
| 13.30 | 976 | 1081 | 942 | 966 | 979 |
| 13.45 | 1020 | 898 | 949 | 1010 | 990 |
| 14.00 | 1055 | 869 | 954 | 1044 | 878 |
| 14.15 | 1063 | 880 | 965 | 1052 | 889 |
| 14.30 | 1068 | 907 | 978 | 1057 | 916 |
| 14.45 | 1087 | 957 | 986 | 1076 | 967 |
| 15.00 | 1090 | 994 | 1030 | 1079 | 965 |
| 15.15 | 934 | 998 | 1066 | 925 | 970 |
| 15.30 | 940 | 977 | 1074 | 931 | 987 |
| 15.45 | 961 | 957 | 1079 | 951 | 967 |
| 16.00 | 958 | 960 | 1098 | 948 | 970 |
| 16.15 | 954 | 963 | 920 | 944 | 973 |
| 16.30 | 959 | 962 | 943 | 949 | 972 |
| 16.45 | 962 | 967 | 949 | 952 | 977 |
| 17.00 | 973 | 972 | 971 | 963 | 982 |
| 17.15 | 981 | 978 | 968 | 971 | 988 |
| 17.30 | 989 | 984 | 964 | 979 | 994 |
| 17.45 | 1020 | 995 | 969 | 1010 | 1000 |
| 18.00 | 1030 | 1039 | 972 | 1020 | 1005 |
| 18.15 | 1038 | 1050 | 983 | 1028 | 1008 |
| 18.30 | 1046 | 1074 | 991 | 1036 | 1010 |
| 18.45 | 1048 | 1083 | 999 | 1038 | 1014 |
| 19.00 | 1061 | 1088 | 1030 | 1050 | 1018 |
| 19.15 | 946 | 1092 | 1040 | 937 | 1020 |
| 19.30 | 914 | 1095 | 1048 | 905 | 1021 |

**Cuadro H.15 CONTROL DE TEMPERATURA EN LINEAS
TRILLIZA #5 Y MELLIZA #4 (Continuación)
- 28/04/94 -**

| HORA | A | B | C | A | B |
|-------|------|------|------|------|------|
| 19.45 | 925 | 826 | 1056 | 916 | 834 |
| 20.00 | 941 | 870 | 1058 | 932 | 879 |
| 20.15 | 948 | 920 | 940 | 939 | 929 |
| 20.30 | 963 | 957 | 955 | 953 | 967 |
| 20.45 | 968 | 992 | 923 | 958 | 966 |
| 21.00 | 991 | 995 | 934 | 981 | 970 |
| 21.15 | 995 | 1000 | 950 | 985 | 972 |
| 21.30 | 999 | 1000 | 957 | 989 | 975 |
| 21.45 | 1000 | 1000 | 973 | 990 | 980 |
| 22.00 | 1014 | 1001 | 978 | 1004 | 984 |
| 22.15 | 1028 | 1006 | 1001 | 1018 | 990 |
| 22.30 | 1042 | 1012 | 1005 | 1032 | 995 |
| 22.45 | 1050 | 1020 | 1009 | 1040 | 996 |
| 23.00 | 1074 | 1032 | 1010 | 1063 | 980 |
| 23.15 | 932 | 1040 | 1024 | 923 | 976 |
| 23.30 | 931 | 1048 | 1038 | 922 | 972 |
| 23.45 | 948 | 1055 | 1052 | 939 | 976 |
| 0.00 | 959 | 1055 | 1061 | 949 | 981 |
| 0.15 | 960 | 1046 | 1085 | 950 | 985 |
| 0.30 | 963 | 1057 | 941 | 953 | 989 |
| 0.45 | 971 | 1061 | 940 | 961 | 991 |
| 1.00 | 980 | 1073 | 957 | 970 | 992 |
| 1.15 | 989 | 1087 | 969 | 979 | 994 |
| 1.30 | 1020 | 1092 | 970 | 1010 | 995 |
| 1.45 | 1030 | 882 | 973 | 1020 | 891 |
| 2.00 | 1038 | 891 | 981 | 1028 | 900 |
| 2.15 | 1046 | 913 | 990 | 1036 | 922 |
| 2.30 | 1048 | 957 | 999 | 1038 | 967 |
| 2.45 | 1061 | 938 | 1030 | 1050 | 947 |
| 3.00 | 1070 | 939 | 1040 | 1059 | 948 |
| 3.15 | 920 | 940 | 1048 | 911 | 949 |
| 3.30 | 924 | 941 | 1056 | 915 | 950 |
| 3.45 | 935 | 942 | 1058 | 926 | 951 |
| 4.00 | 950 | 943 | 1072 | 941 | 952 |
| 4.15 | 959 | 945 | 920 | 949 | 954 |
| 4.30 | 961 | 950 | 929 | 959 | 960 |
| 4.45 | 964 | 952 | 933 | 964 | 962 |
| 5.00 | 965 | 954 | 944 | 974 | 964 |
| 5.15 | 973 | 956 | 960 | 981 | 966 |
| 5.30 | 981 | 966 | 969 | 995 | 976 |
| 5.45 | 989 | 1020 | 971 | 1000 | 989 |
| 6.00 | 1020 | 1030 | 974 | 1010 | 1000 |
| 6.15 | 1030 | 1040 | 975 | 1020 | 1011 |
| 6.30 | 1038 | 1050 | 983 | 1028 | 1012 |
| 6.45 | 1046 | 1063 | 991 | 1036 | 1015 |
| 7.00 | 1048 | 1071 | 999 | 1038 | 1021 |

| | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| MAXIMO | 1090 | 1095 | 1098 | 1079 | 1021 |
| PROMEDIO | 985.8 | 986.2 | 990.8 | 976.9 | 967.2 |
| MINIMO | 878 | 826 | 887 | 869 | 834 |

Fig.H.8
Control de temperatura de oxidación Linea #5 (Trilliza)

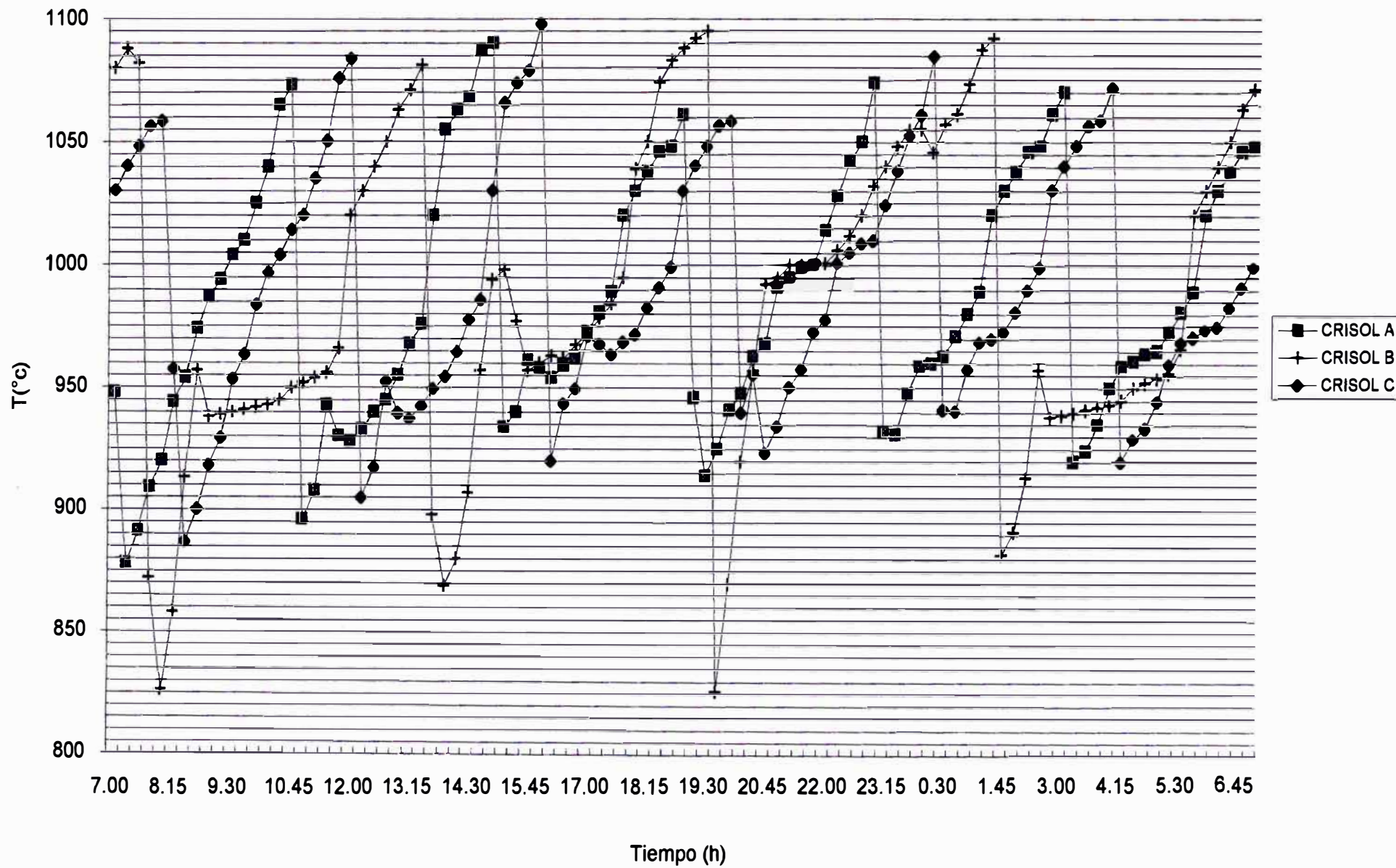
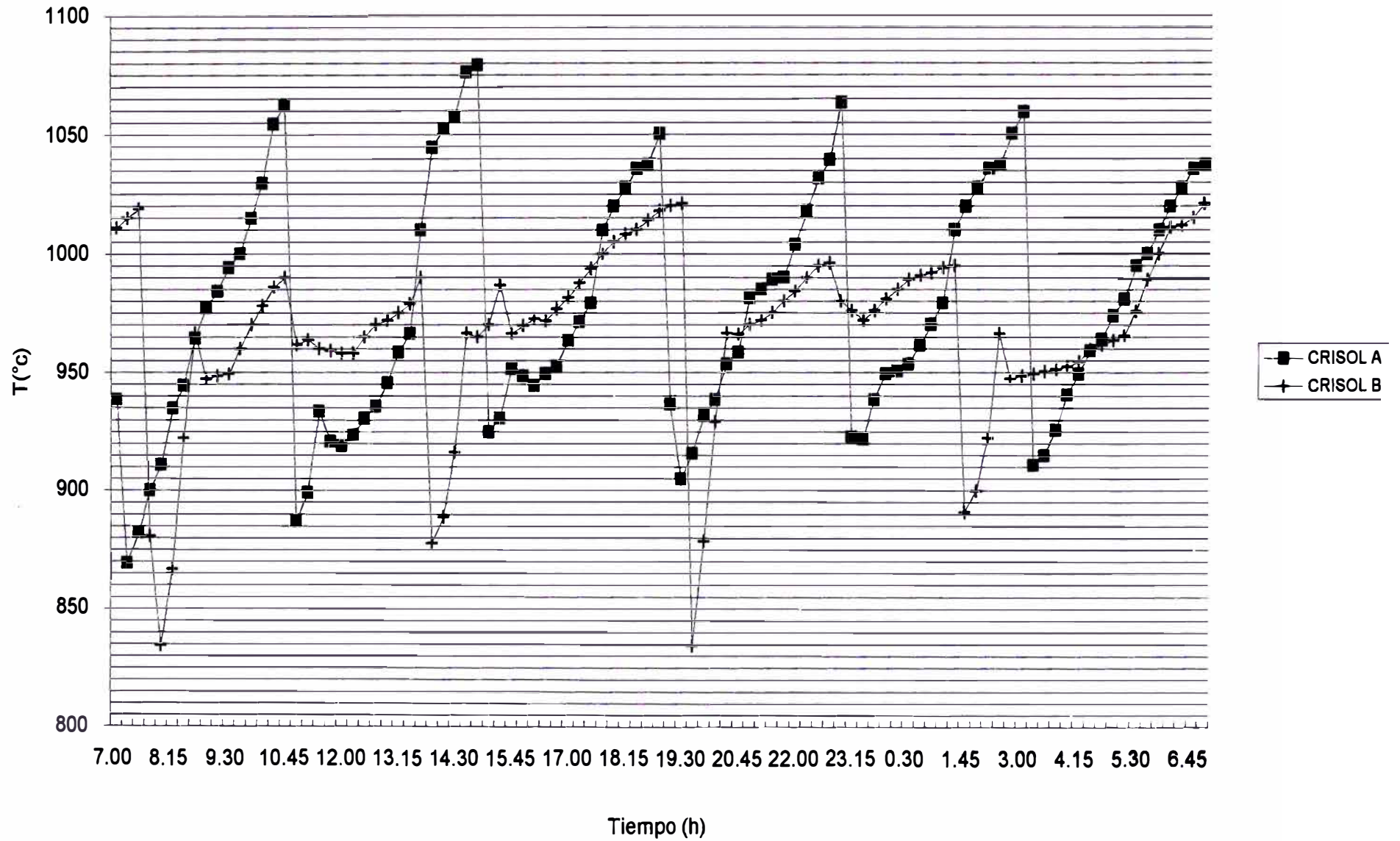


Fig. H.9
Control de la temperatura de oxidación Linea #4 (Melliza)



H.8 Evaluación y selección de crisoles

Se probaron los siguientes crisoles:

- Crisol de grafito marca GLORIA y NOLTINA ambos de procedencia Alemana.
- Crisol de Carburo de Silicio maca MORGANITE de Inglaterra.
- Crisol de grafito arcilla marca CADINHOS de Brasil, y
- Crisol de grafito mas aglutinante de carbono marca CADINHOS de procedencia Brasileira.

Las líneas que se utilizaron para las pruebas fueron la línea 6 (melliza) y 7 (trilliza), en los cuadros H.16 y H.17 se muestra la data de la producción diaria de oxido de zinc y su consumo de petróleo, al final se tiene sus valores promedio de t ZnO / día y gal / t ZnO. Asimismo, se grafican los valores diarios de estos parámetros, tal como se puede observar en las figuras H.10, H.11 para la línea melliza y H.12, H.13 para la trilliza.

Cuadro H.16 EVALUACION DE CRISOLES LINEA #7 (TRILLIZA)

GRAFITO GLORIA/ALEMANIA

CSI MORGANITE/INGLATERRA

GRAFITO NOLTINA/ALEMANIA

24/10/94 - 22/01/95

20/02 - 13/04/95

09/08 - 03/10/95

| DIA | ZnO(t) | OIL(gal) | gal/t ZnO | ZnO(t) | OIL(gal) | gal/t ZnO | ZnO(t) | OIL(gal) | gal/t ZnO |
|-----|--------|----------|-----------|--------|----------|-----------|--------|----------|-----------|
| 1 | 4.181 | 323 | 77.25 | 3.800 | 297 | 78.21 | 4.082 | 292 | 71.54 |
| 2 | 4.288 | 332 | 77.43 | 3.836 | 233 | 60.73 | 4.550 | 287 | 63.08 |
| 3 | 4.107 | 289 | 70.36 | 3.780 | 233 | 61.63 | 4.685 | 299 | 63.82 |
| 4 | 4.501 | 313 | 69.54 | 4.078 | 252 | 61.80 | 4.988 | 296 | 59.34 |
| 5 | 4.348 | 322 | 74.06 | 3.826 | 264 | 69.00 | 4.594 | 281 | 61.16 |
| 6 | 4.241 | 285 | 67.21 | 4.446 | 278 | 62.53 | 5.035 | 305 | 60.57 |
| 7 | 3.900 | 286 | 73.24 | 4.518 | 242 | 53.56 | 5.022 | 298 | 59.34 |
| 8 | 4.000 | 321 | 80.37 | 4.368 | 235 | 53.80 | 5.016 | 308 | 61.41 |
| 9 | 4.090 | 272 | 66.50 | 3.935 | 247 | 62.77 | 5.082 | 296 | 58.25 |
| 10 | 3.730 | 287 | 76.93 | 4.200 | 283 | 67.41 | 4.977 | 290 | 58.27 |
| 11 | 3.723 | 271 | 72.78 | 4.444 | 272 | 61.20 | 4.993 | 298 | 59.67 |
| 12 | 3.800 | 187 | 49.20 | 4.263 | 256 | 60.06 | 4.830 | 313 | 64.80 |
| 13 | 4.120 | 279 | 67.72 | 4.093 | 250 | 61.09 | 4.995 | 298 | 59.66 |
| 14 | 3.671 | 290 | 78.99 | 3.938 | 258 | 65.51 | 5.315 | 306 | 57.57 |
| 15 | 3.679 | 250 | 67.95 | 3.977 | 256 | 64.38 | 4.891 | 312 | 63.79 |
| 16 | 3.162 | 294 | 92.98 | 3.957 | 245 | 61.91 | 4.936 | 294 | 59.57 |
| 17 | 3.561 | 281 | 78.89 | 4.035 | 261 | 64.68 | 4.849 | 298 | 61.46 |
| 18 | 4.077 | 298 | 73.10 | 3.816 | 236 | 61.84 | 4.746 | 306 | 64.47 |
| 19 | 3.869 | 263 | 67.98 | 3.763 | 245 | 65.10 | 4.278 | 292 | 68.24 |
| 20 | 3.937 | 263 | 66.81 | 3.499 | 258 | 73.74 | 4.591 | 287 | 62.51 |
| 21 | 3.718 | 243 | 65.36 | 3.483 | 265 | 76.08 | 4.688 | 311 | 66.34 |
| 22 | 4.126 | 234 | 56.71 | 3.600 | 280 | 77.78 | 4.625 | 300 | 64.86 |
| 23 | 4.592 | 257 | 55.96 | 3.573 | 268 | 75.00 | 5.274 | 348 | 65.99 |
| 24 | 4.208 | 266 | 63.22 | 3.268 | 263 | 80.49 | 5.078 | 332 | 65.38 |
| 25 | 4.168 | 261 | 62.62 | 3.100 | 239 | 77.21 | 4.651 | 314 | 67.51 |
| 26 | 3.759 | 281 | 74.75 | 3.150 | 275 | 87.17 | 4.953 | 329 | 66.42 |
| 27 | 3.996 | 285 | 71.32 | 3.103 | 249 | 80.25 | 4.751 | 317 | 66.72 |
| 28 | 3.888 | 275 | 70.73 | 3.276 | 250 | 76.31 | 5.161 | 352 | 68.20 |
| 29 | 3.844 | 278 | 72.31 | 3.244 | 241 | 74.30 | 5.000 | 309 | 61.80 |
| 30 | 4.119 | 273 | 66.27 | 3.249 | 271 | 83.41 | 3.762 | 272 | 72.31 |
| 31 | 4.034 | 262 | 64.95 | 3.280 | 262 | 79.88 | 5.106 | 333 | 65.22 |
| 32 | 4.135 | 301 | 72.74 | 3.296 | 256 | 77.67 | 5.276 | 326 | 61.79 |
| 33 | 3.836 | 271 | 70.71 | 3.449 | 243 | 70.45 | 4.043 | 263 | 65.05 |
| 34 | 3.931 | 272 | 69.19 | 3.300 | 283 | 85.70 | 5.147 | 321 | 62.36 |
| 35 | 4.043 | 257 | 63.61 | 3.224 | 251 | 77.93 | 4.855 | 323 | 66.54 |
| 36 | 3.900 | 352 | 90.34 | 3.602 | 253 | 70.25 | 5.103 | 310 | 60.74 |
| 37 | 3.462 | 280 | 80.88 | 3.669 | 257 | 70.05 | 5.056 | 321 | 63.49 |
| 38 | 3.246 | 235 | 72.40 | 3.708 | 250 | 67.43 | 5.091 | 308 | 60.50 |
| 39 | 3.700 | 267 | 72.29 | 3.200 | 287 | 89.84 | 5.369 | 347 | 64.64 |
| 40 | 3.694 | 265 | 71.73 | 3.635 | 263 | 72.35 | 5.147 | 336 | 65.28 |
| 41 | 3.597 | 253 | 70.33 | 3.362 | 250 | 74.36 | 4.510 | 305 | 67.63 |
| 42 | 3.891 | 270 | 69.39 | 3.236 | 253 | 78.19 | 4.691 | 305 | 65.02 |
| 43 | 4.079 | 271 | 66.43 | 3.079 | 252 | 81.84 | 4.252 | 298 | 70.08 |
| 44 | 3.695 | 265 | 71.72 | 2.957 | 251 | 84.90 | 4.943 | 308 | 62.31 |
| 45 | 4.130 | 264 | 63.92 | 2.973 | 286 | 96.21 | 4.588 | 308 | 67.14 |
| 46 | 3.806 | 253 | 66.47 | 2.708 | 254 | 93.78 | 4.686 | 275 | 58.68 |
| 47 | 3.648 | 251 | 68.80 | 2.808 | 272 | 96.88 | 4.656 | 312 | 67.01 |
| 48 | 3.628 | 276 | 76.07 | 2.900 | 267 | 92.00 | 4.643 | 299 | 64.39 |
| 49 | 4.034 | 262 | 64.95 | 2.912 | 272 | 93.40 | 4.562 | 305 | 66.86 |

Cuadro H.16 EVALUACION DE CRISOLES LINEA #7 (TRILLIZA) (Continuación)

GRAFITO GLORIA/ALEMANIA

CSI MORGANITE/INGLATERRA

GRAFITO NOLTINA/ALEMANIA

24/10/94 - 22/01/95

20/02 - 13/04/95

09/08 - 03/10/95

| DIA | ZnO(t) | OIL(gal) | gal/t ZnO |
|-----|--------|----------|-----------|
| 50 | 4.135 | 301 | 72.74 |
| 51 | 3.836 | 271 | 70.71 |
| 52 | 3.931 | 272 | 69.19 |
| 53 | 4.043 | 257 | 63.61 |
| 54 | 3.900 | 352 | 90.34 |
| 55 | 3.462 | 280 | 80.88 |
| 56 | 3.246 | 235 | 72.40 |
| 57 | 3.700 | 267 | 72.29 |
| 58 | 3.694 | 265 | 71.73 |
| 59 | 3.597 | 253 | 70.33 |
| 60 | 3.891 | 270 | 69.39 |
| 61 | 4.079 | 271 | 66.43 |
| 62 | 3.695 | 265 | 71.72 |
| 63 | 4.130 | 264 | 63.92 |
| 64 | 3.806 | 253 | 66.47 |
| 65 | 3.648 | 251 | 68.80 |
| 66 | 3.628 | 276 | 76.07 |
| 67 | 3.648 | 251 | 68.80 |
| 68 | 3.628 | 276 | 76.07 |
| 69 | 4.034 | 262 | 64.95 |
| 70 | 4.135 | 301 | 72.74 |
| 71 | 3.836 | 271 | 70.71 |
| 72 | 3.931 | 272 | 69.19 |
| 73 | 4.043 | 257 | 63.61 |
| 74 | 3.900 | 352 | 90.34 |
| 75 | 3.462 | 280 | 80.88 |
| 76 | 3.246 | 235 | 72.40 |
| 77 | 3.700 | 267 | 72.29 |
| 78 | 3.694 | 265 | 71.73 |
| 79 | 3.597 | 253 | 70.33 |
| 80 | 3.891 | 270 | 69.39 |
| 81 | 4.079 | 271 | 66.43 |
| 82 | 3.695 | 265 | 71.72 |
| 83 | 4.130 | 264 | 63.92 |
| 84 | 3.806 | 253 | 66.47 |
| 85 | 3.648 | 251 | 68.80 |
| 86 | 3.628 | 276 | 76.07 |
| 87 | 2.144 | 163 | 76.02 |
| 88 | 2.133 | 174 | 81.55 |
| 89 | 2.564 | 171 | 66.70 |
| 90 | 2.433 | 128 | 52.60 |

| ZnO(t) | OIL(gal) | gal/t ZnO |
|--------|----------|-----------|
| 3.338 | 279 | 83.57 |
| 2.706 | 257 | 94.98 |
| 2.770 | 274 | 98.93 |

| ZnO(t) | OIL(gal) | gal/t ZnO |
|--------|----------|-----------|
| 4.258 | 277 | 65.05 |
| 3.670 | 280 | 76.22 |
| 4.849 | 298 | 61.46 |
| 4.746 | 306 | 64.47 |
| 4.278 | 292 | 68.24 |
| 4.591 | 287 | 62.51 |
| 4.688 | 311 | 66.34 |
| 4.625 | 300 | 64.86 |
| 5.274 | 348 | 65.99 |
| 5.078 | 332 | 65.38 |
| 4.651 | 314 | 67.51 |
| 4.953 | 329 | 66.42 |
| 4.751 | 317 | 66.72 |
| 5.161 | 352 | 68.20 |
| 5.000 | 309 | 61.80 |
| 3.762 | 272 | 72.31 |
| 5.106 | 333 | 65.22 |
| 5.276 | 326 | 61.79 |
| 4.043 | 263 | 65.05 |
| 5.147 | 321 | 62.36 |
| 4.855 | 323 | 66.54 |
| 5.103 | 310 | 60.74 |
| 5.056 | 321 | 63.49 |
| 5.091 | 308 | 60.50 |
| 5.369 | 347 | 64.64 |
| 5.147 | 336 | 65.28 |
| 4.510 | 305 | 67.63 |
| 4.691 | 305 | 65.02 |
| 4.252 | 298 | 70.08 |
| 4.943 | 308 | 62.31 |
| 4.588 | 308 | 67.14 |
| 4.686 | 275 | 58.68 |
| 4.656 | 312 | 67.01 |
| 4.643 | 299 | 64.39 |
| 4.562 | 305 | 66.86 |
| 4.258 | 277 | 65.05 |
| 3.670 | 280 | 76.22 |
| 2.203 | 164 | 74.42 |
| 2.497 | 155 | 62.07 |
| 2.479 | 151 | 60.91 |
| 2.229 | 137 | 61.47 |

Prom. 3.792

70.85

3.533

74.80

4.661

64.63

Dur. 90 días

52 días

90 días

Fig. H.10
Consumo de Petróleo Linea #7 (Trilliza)

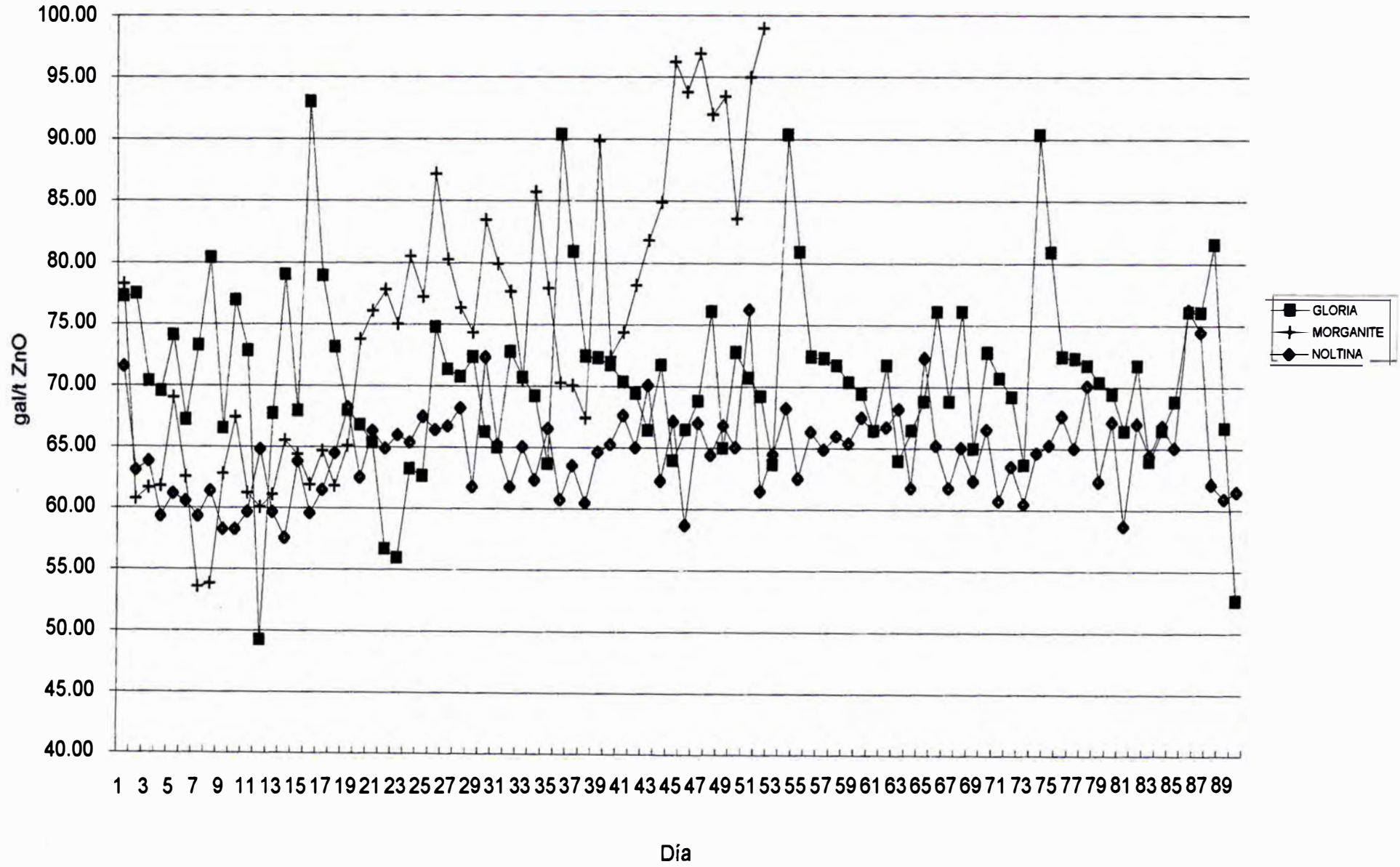
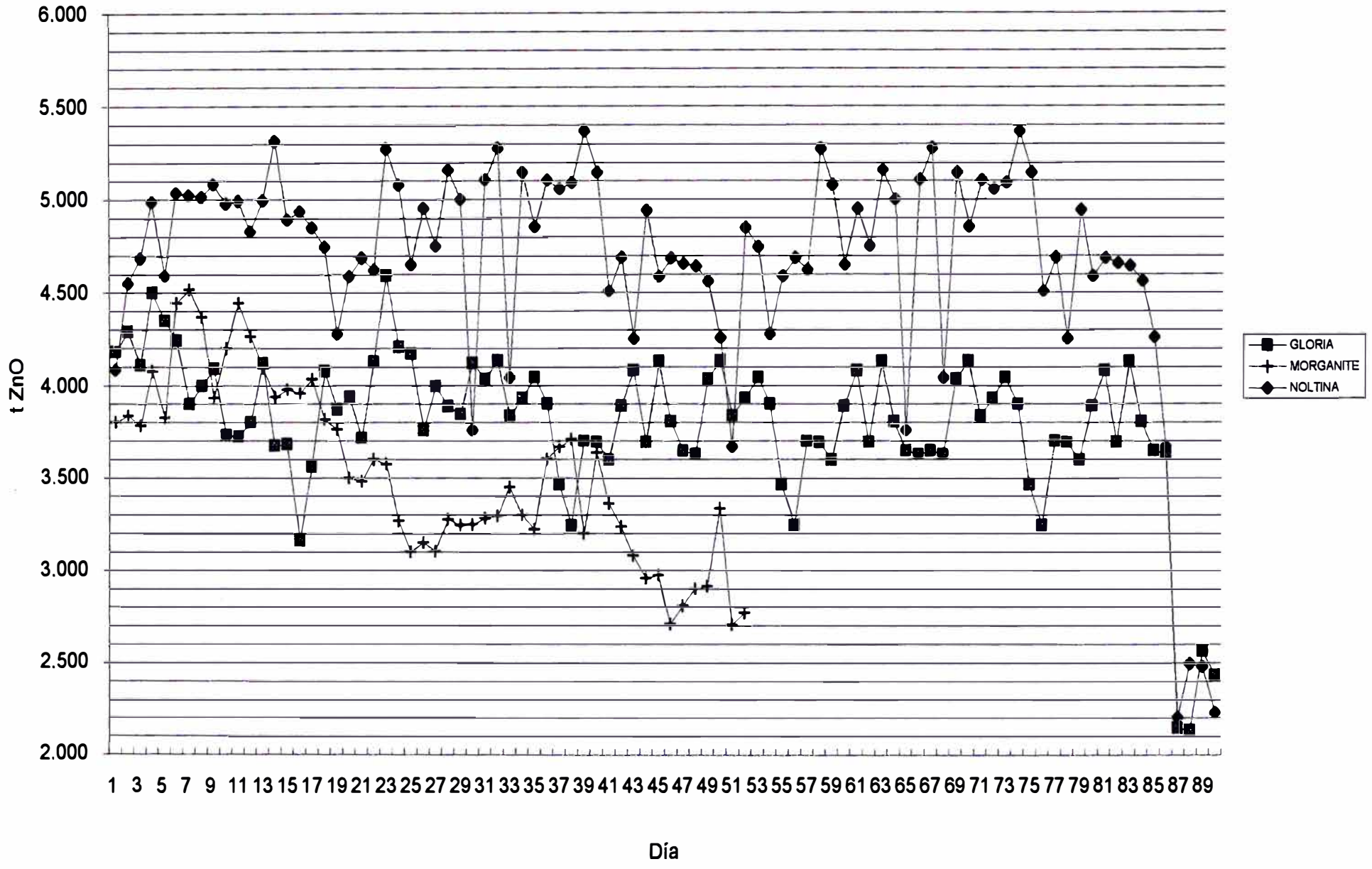


Fig. H.11
Producción de Oxido de Zinc Linea #7 (Trilliza)



Cuadro H.17 EVALUACION DE CRISOLES LINEA #6 (MELLIZA)

GRAFITO GLORIA/ALEMANIA

03/10-24/12/94

GRAF. - ARC. CADINHOS/BRASIL

20/02-01/04/95

GRAF.- AGLUT. CADINHOS/BRASIL

14/01-15/02/95

| DIA | ZnO(t) | OIL(gal) | gal/t ZnO |
|-----|--------|----------|-----------|
| 1 | 1.509 | 110 | 72.89 |
| 2 | 2.433 | 149 | 61.25 |
| 3 | 2.598 | 149 | 57.36 |
| 4 | 2.669 | 142 | 53.21 |
| 5 | 2.371 | 155 | 65.37 |
| 6 | 2.535 | 156 | 61.53 |
| 7 | 2.300 | 164 | 71.09 |
| 8 | 2.484 | 163 | 65.61 |
| 9 | 2.526 | 149 | 58.99 |
| 10 | 2.437 | 146 | 59.91 |
| 11 | 1.900 | 128 | 67.11 |
| 12 | 2.000 | 160 | 80.16 |
| 13 | 2.195 | 139 | 63.31 |
| 14 | 2.486 | 156 | 62.76 |
| 15 | 2.333 | 150 | 64.29 |
| 16 | 1.966 | 136 | 69.16 |
| 17 | 2.068 | 149 | 72.04 |
| 18 | 2.545 | 155 | 60.89 |
| 19 | 2.094 | 137 | 65.40 |
| 20 | 1.800 | 143 | 79.28 |
| 21 | 1.333 | 105 | 78.78 |
| 22 | 2.182 | 150 | 68.75 |
| 23 | 2.349 | 154 | 65.56 |
| 24 | 1.703 | 124 | 72.82 |
| 25 | 1.965 | 135 | 68.70 |
| 26 | 1.803 | 140 | 77.66 |
| 27 | 2.571 | 139 | 54.08 |
| 28 | 1.940 | 154 | 79.40 |
| 29 | 2.274 | 151 | 66.42 |
| 30 | 2.087 | 145 | 69.49 |
| 31 | 2.081 | 144 | 69.18 |
| 32 | 1.950 | 136 | 69.74 |
| 33 | 1.810 | 141 | 77.89 |
| 34 | 1.792 | 136 | 75.90 |
| 35 | 1.700 | 163 | 95.61 |
| 36 | 1.631 | 133 | 81.55 |
| 37 | 1.787 | 144 | 80.60 |
| 38 | 2.433 | 149 | 61.25 |
| 39 | 2.598 | 149 | 57.36 |
| 40 | 2.669 | 142 | 53.21 |
| 41 | 2.371 | 155 | 65.37 |
| 42 | 2.535 | 156 | 61.53 |
| 43 | 1.575 | 112 | 71.09 |
| 44 | 2.484 | 163 | 65.61 |
| 45 | 2.526 | 149 | 58.99 |
| 46 | 2.437 | 146 | 59.91 |

| ZnO(t) | OIL(gal) | gal/t ZnO |
|--------|----------|-----------|
| 1.264 | 138 | 109.20 |
| 1.986 | 159 | 80.04 |
| 2.387 | 163 | 68.30 |
| 2.615 | 165 | 63.09 |
| 2.518 | 167 | 66.33 |
| 2.300 | 175 | 75.96 |
| 2.439 | 176 | 72.17 |
| 2.100 | 153 | 72.65 |
| 2.000 | 164 | 81.77 |
| 2.075 | 141 | 67.95 |
| 2.274 | 171 | 75.21 |
| 2.167 | 168 | 77.51 |
| 1.900 | 172 | 90.30 |
| 1.876 | 164 | 87.40 |
| 1.942 | 162 | 83.43 |
| 1.948 | 169 | 86.74 |
| 1.820 | 173 | 95.02 |
| 1.865 | 163 | 87.42 |
| 1.761 | 166 | 94.24 |
| 1.576 | 154 | 97.74 |
| 1.694 | 160 | 94.46 |
| 1.731 | 147 | 84.91 |
| 1.800 | 178 | 98.91 |
| 1.734 | 159 | 91.68 |
| 1.715 | 149 | 86.88 |
| 1.607 | 148 | 92.09 |
| 1.752 | 154 | 87.91 |
| 1.847 | 152 | 82.28 |
| 1.698 | 144 | 84.80 |
| 1.649 | 147 | 89.14 |
| 1.755 | 150 | 85.47 |
| 1.585 | 165 | 104.08 |
| 1.553 | 156 | 100.44 |
| 1.432 | 152 | 106.24 |
| 1.414 | 156 | 110.34 |
| 1.299 | 144 | 110.89 |
| 1.220 | 147 | 120.51 |
| 1.446 | 152 | 105.12 |
| 0.784 | 99 | 126.20 |
| 0.795 | 103 | 129.53 |

| ZnO(t) | OIL(gal) | gal/t ZnO |
|--------|----------|-----------|
| 1.714 | 140 | 81.68 |
| 2.274 | 152 | 66.83 |
| 2.100 | 157 | 74.97 |
| 2.000 | 156 | 77.78 |
| 2.235 | 178 | 79.63 |
| 2.336 | 170 | 72.76 |
| 2.148 | 148 | 68.89 |
| 2.238 | 162 | 72.39 |
| 2.414 | 164 | 67.93 |
| 2.260 | 173 | 76.52 |
| 2.300 | 168 | 73.05 |
| 2.279 | 168 | 73.71 |
| 2.260 | 167 | 73.89 |
| 2.241 | 162 | 72.28 |
| 2.327 | 166 | 71.33 |
| 2.262 | 168 | 74.27 |
| 1.993 | 168 | 84.25 |
| 2.003 | 174 | 86.87 |
| 2.278 | 170 | 74.64 |
| 2.083 | 144 | 69.15 |
| 1.951 | 181 | 92.76 |
| 2.043 | 165 | 80.76 |
| 1.917 | 178 | 92.87 |
| 2.078 | 161 | 77.48 |
| 1.736 | 155 | 89.27 |
| 1.623 | 158 | 97.38 |
| 2.187 | 158 | 72.24 |
| 1.830 | 140 | 76.49 |
| 1.925 | 141 | 73.26 |
| 1.600 | 129 | 80.60 |

Cuadro H.17 EVALUACION DE CRISOLES LINEA #6 (MELLIZA) (Continuación)

GRAFITO GLORIA/ALEMANIA
03/10-24/12/94

GRAF. - ARC. CADINHOS/BRASIL
20/02-01/04/95

GRAF.- AGLUT. CADINHOS/BRASIL
14/01-15/02/95

| DIA | ZnO(t) | OIL(gal) | gal/t ZnO |
|-----|--------|----------|-----------|
| 47 | 1.699 | 114 | 67.11 |
| 48 | 2.000 | 160 | 80.16 |
| 49 | 2.195 | 139 | 63.31 |
| 50 | 2.486 | 156 | 62.76 |
| 51 | 2.333 | 150 | 64.29 |
| 52 | 2.000 | 138 | 69.16 |
| 53 | 2.068 | 149 | 72.04 |
| 54 | 2.545 | 155 | 60.89 |
| 55 | 2.094 | 137 | 65.40 |
| 56 | 1.800 | 143 | 79.28 |
| 57 | 1.900 | 150 | 78.78 |
| 58 | 2.182 | 150 | 68.75 |
| 59 | 2.349 | 154 | 65.56 |
| 60 | 1.900 | 138 | 72.82 |
| 61 | 1.965 | 135 | 68.70 |
| 62 | 1.803 | 140 | 77.66 |
| 63 | 2.333 | 150 | 64.29 |
| 64 | 1.966 | 136 | 69.16 |
| 65 | 2.068 | 149 | 72.04 |
| 66 | 2.545 | 155 | 60.89 |
| 67 | 2.094 | 137 | 65.40 |
| 68 | 2.000 | 159 | 79.28 |
| 69 | 1.990 | 157 | 78.78 |
| 70 | 2.182 | 150 | 68.75 |
| 71 | 2.349 | 154 | 65.56 |
| 72 | 2.000 | 146 | 72.82 |
| 73 | 1.965 | 135 | 68.70 |
| 74 | 1.803 | 140 | 77.66 |
| 75 | 2.571 | 139 | 54.08 |
| 76 | 1.940 | 154 | 79.40 |
| 77 | 2.274 | 151 | 66.42 |
| 78 | 2.087 | 145 | 69.49 |
| 79 | 2.081 | 144 | 69.18 |
| 80 | 1.950 | 136 | 69.74 |
| 81 | 1.810 | 141 | 77.89 |
| 82 | 1.792 | 136 | 75.90 |
| 83 | 1.109 | 106 | 95.61 |
| 84 | 1.631 | 133 | 81.55 |
| 85 | 1.787 | 144 | 80.60 |
| 86 | 1.240 | 126 | 101.61 |
| 87 | 1.098 | 156 | 142.19 |

| ZnO(t) | OIL(gal) | gal/t ZnO | ZnO(t) | OIL(gal) | gal/t ZnO |
|--------|----------|-----------|--------|----------|-----------|
|--------|----------|-----------|--------|----------|-----------|

| | | | | | | |
|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| Prom. | 2.090 | 70.59 | 1.783 | 90.61 | 2.088 | 77.53 |
| Dur. | 87 días | | 40 días | | 30 días | |

Fig. H.12
Consumo de Petroleo Linea #6 (Melliza)

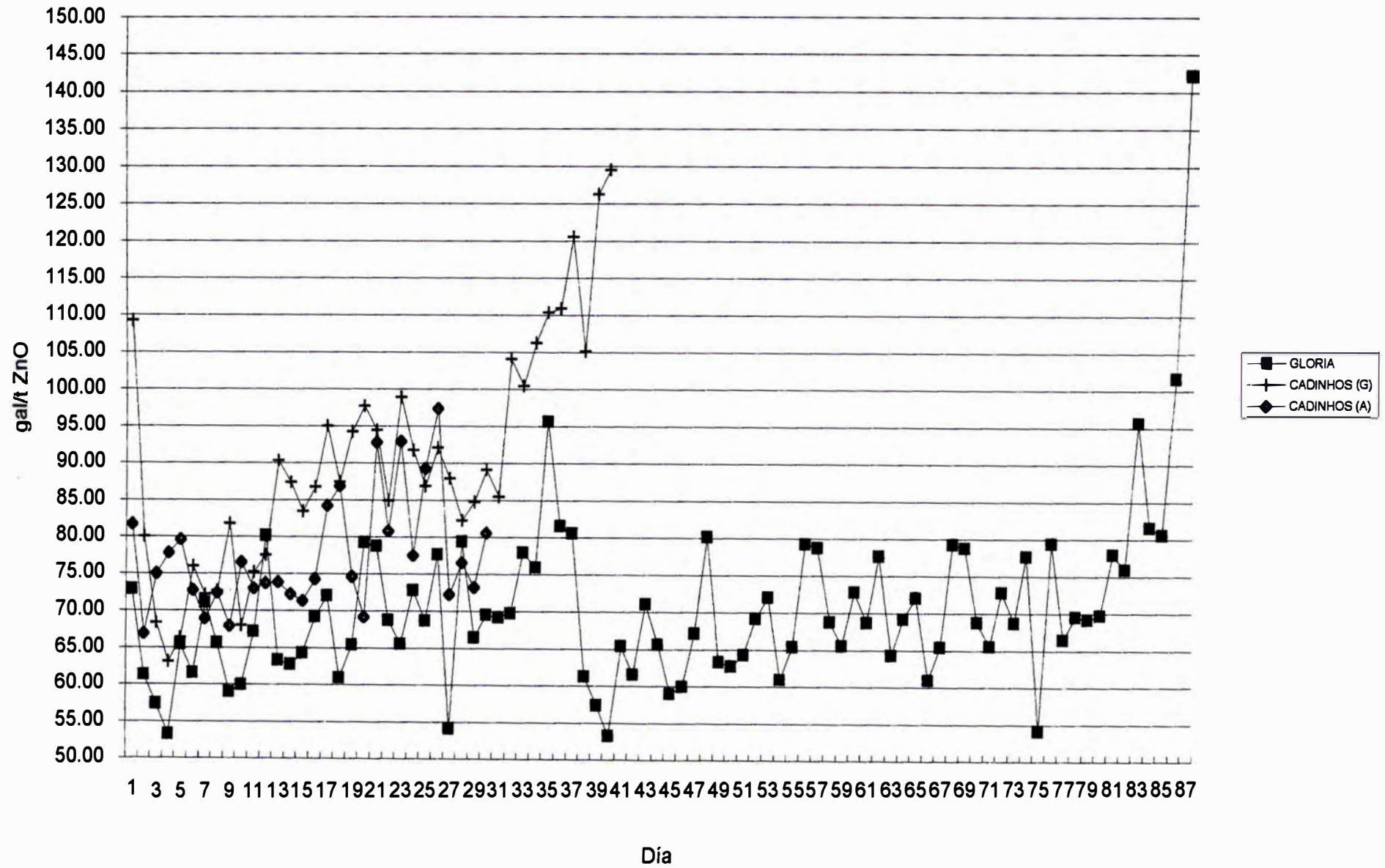
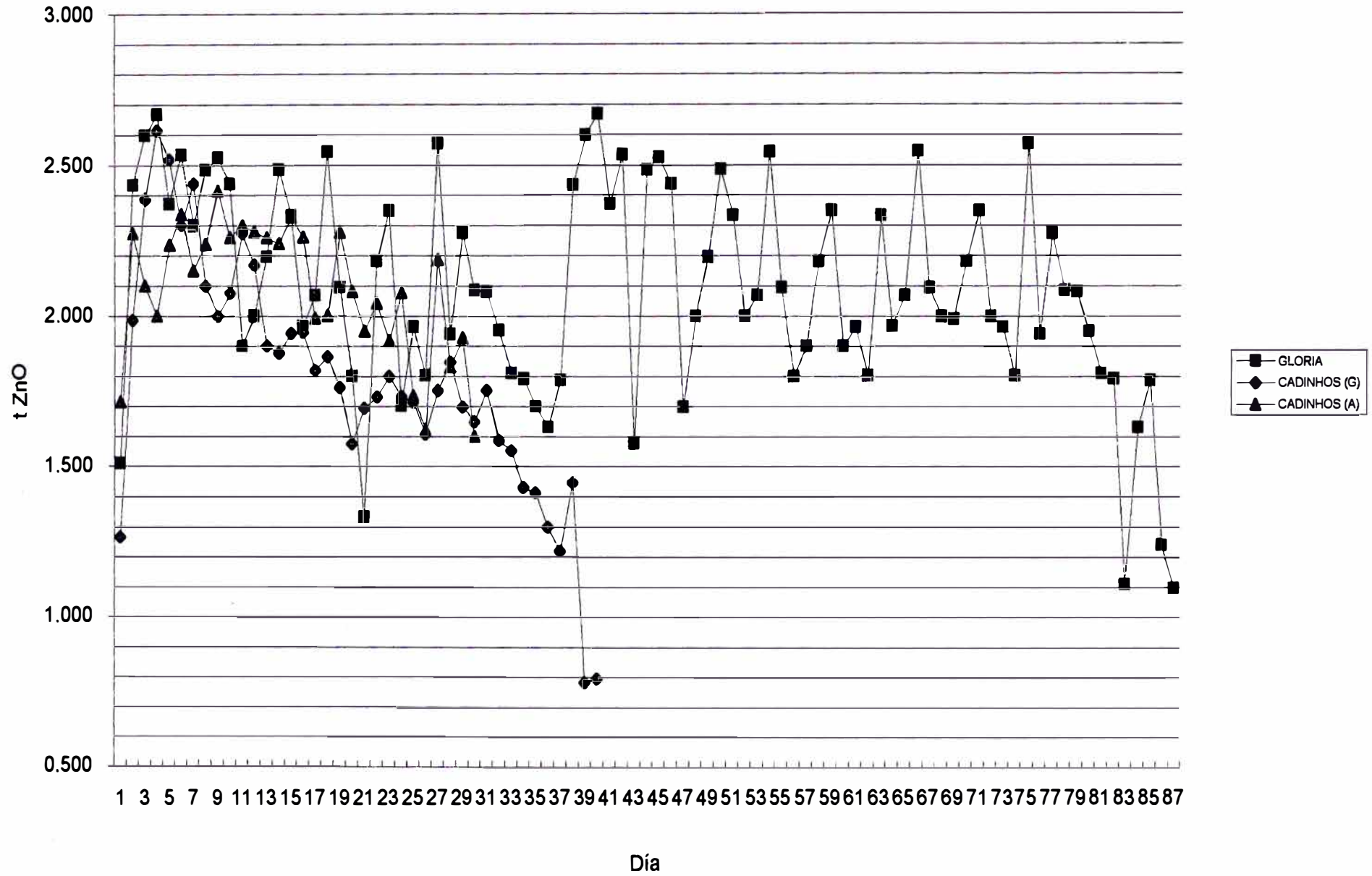


Fig. H.13
Producción de Oxido de Zinc Línea #6 (Melliza)



H.9 Determinación de los costos de transformación

Para determinar los costos de transformación de las líneas de producción consideraremos la mano de obra, insumos, energía eléctrica y la depreciación.

H.9.1 Mano de obra

Cada una de las etapas del proceso de producción cuenta con un determinado número de operarios necesario para mantener el proceso operativo.

a) Fusión oxidación

Veamos el cálculo para una línea unitaria:

Producción promedio: 1.450 t / ida.

Cantidad de líneas : 4

Producción total : 5.800 t / día

No. de operarios : 1

hh necesarias : 24 hh / día

$hh / t = 24 / 5.800 = 4.138$

En el cuadro H.18 se muestra el resumen del cálculo de las hh / t de cada línea de producción.

Cuadro H.18 CALCULO DE hh / t EN FUSION OXIDACION

| Línea | Unitaria | Melliza | Trilliza |
|----------------------------------|----------|---------|----------|
| Producción promedio (t / día) | 1.450 | 2.900 | 4.640 |
| Cantidad de líneas | 4 | 2 | 1 |
| Producción total (t / día) | 5.800 | 5.800 | 4.640 |
| No. de operarios | 1 | 1 | 1 |
| hh necesaria | 24 | 24 | 24 |
| hh / t | 4.138 | 4.138 | 5.172 |

b) Embolsado

Maquina embolsadora : 2 t / h

Producción en 8 h : 16 t

No de operarios : 9

hh necesarias : 8

$$\text{hh} / \text{t} = 9 \times 8 / 16 = 4.5$$

En el área de embolsado se necesita por lo tanto 4.5 hh por tonelada de producción.

c) Embalaje

Producción en 8h : 21 t

No de operarios : 3

hh necesarias : 8 h

$$\text{hh} / \text{t} = 3 \times 8 / 21 = 1.143$$

Se necesita 1.143 hh por tonelada de oxido de zinc.

H.9.2 Insumos**a) Cloruro de amonio**

Consumo por carga : 10 g.

En una línea melliza se tiene,

Total de cargas : 9

$$\text{Consumo total} = 9 \times 10 = 90 \text{ g} = 0.090 \text{ kg.}$$

Producción : 2.900 t / día

$$\text{Consumo por tonelada} = 0.090 / 2.900 = 0.031 \text{ kg} / \text{t ZnO}$$

En el cuadro H.19 se muestra el resumen.

Cuadro H.19 CONSUMO DE CLORURO DE AMONIO POR LINEA

| Línea | Unitaria | Melliza | Trilliza |
|----------------------------------|----------|---------|----------|
| Producción promedio (t / día) | 1.450 | 2.900 | 4.640 |
| No. de cargas | 5 | 9 | 15 |
| Consumo (kg / ZnO) | 0.034 | 0.031 | 0.032 |

b) Diesel 2

Flujo del quemador : 6 gal / h

Consumo diario = 6 x 24 = 144 gal / día

Para una línea trilliza se tiene 2 quemadores, entonces

Consumo total = 2 x 144 = 288 gal / día

Producción : 4.640 t / día

Consumo de combustible = 288 / 4.640 = 62.1 gal / t ZnO

En el cuadro H.20 se puede apreciar el consumo de petróleo por línea

Cuadro H.20 CONSUMO DE DIESEL 2 POR LINEA

| Línea | Unitaria | Melliza | Trilliza |
|----------------------------------|----------|---------|----------|
| Producción promedio (t / día) | 1.450 | 2.900 | 4.640 |
| No. de quemadores | 1 | 1 | 2 |
| Consumo diario (gal) | 144 | 144 | 288 |
| Consumo (gal / t ZnO) | 99.3 | 49.6 | 62.1 |

c) Conos de hilo

Para 1 t de ZnO se consume 40 bolsas de 25 kg c/u. Un cono de hilo se utiliza para 76 bolsas en promedio, entonces

$40 / 76 = 0.526$ conos / t ZnO

d) Bolsa de polipropileno laminado

Para 1 t de oxido de zinc se consume 40 bolsas.

e) Paleta Europallet

Se necesita 1 paleta para 1 t de ZnO.

f) Plástico stretch film

El consumo promedio es de 0.408 kg / t ZnO.

H.9.3 Energía Eléctrica

a) Líneas de producción

Cuadro H.21 CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA POR LINEA

| Línea | Unitaria | Melliza | Trilliza |
|--------------------------------------|----------|---------|----------|
| Producción promedio (t / día) | 1.450 | 2.900 | 4.640 |
| Ventilador, Exhauster, Bomba (kW) | 4.12 | 7.9 | 11.84 |
| Energía eléctrica (kWh / t ZnO) | 68.193 | 65.379 | 61.241 |

La energía eléctrica real se verificó con un instrumento de medición (kWh), resultando un 80 % del valor nominal de los equipos.

b) Maquina embolsadora

La embolsadora consume 10.4 kW trabajando a 7.5 h con una producción de 15 t/turno, se tiene

$$10.4 * 7.5 / 15 = 78 / 15 = 5.20 \text{ kW-h / t ZnO}$$

H.9.4 Depreciación

a) Mangas (Tela acrílica calidad 3907)

Vida útil = 36 meses / manga

En una línea melliza o trilliza se tiene la misma cantidad de mangas :

No de mangas = 84

Longitud de las mangas = 4.10 m.

Depreciación = $(84 / 36) * 4.10 = 9.57 \text{ m / mes}$

Cuadro H.22 DEPRECIACION DE MANGAS POR LINEA

| Línea | Unitaria | Melliza | Trilliza |
|------------------------|----------|---------|----------|
| Producción (t / mes) | 43.5 | 87.0 | 139.2 |
| No de mangas | 70 | 84 | 84 |
| Longitud (m) | 3.65 | 4.10 | 4.10 |
| Depreciación (m / mes) | 7.10 | 9.57 | 9.57 |
| Consumo (m / t ZnO) | 0.163 | 0.110 | 0.069 |

b) Tolvas (Tela acrílica calidad O7)

En la figura H.14 y H.15 se muestra la distribución de las tolvas grandes y chicas.

Para una línea melliza o trilliza, se tiene que

Vida útil de tolva grande = 8 meses / tolva

Vida útil de tolva chica = 18 meses / tolva

y para una línea unitaria,

Vida útil de tolva grande = 13.71 meses / tolva

El consumo de tela para la tolva grande y chica es de 5.60 m. y 4.40 m. respectivamente.

Veamos el calculo de depreciación para una línea melliza

Cantidad de tolvas grandes : 3

Cantidad de tolvas chicas : 8

Depreciación de tolvas grandes = $(3 / 8) * 5.60 = 2.10$ m / mes

Depreciación de tolvas chicas = $(8 / 18) * 4.40 = 1.96$ m / mes

Depreciación total = $2.10 + 1.96 = 4.06$ m / mes

Cuadro H.23 DEPRECIACION DE TOLVAS POR LINEA

| Línea | Unitaria | Melliza | Trilliza |
|------------------------|----------|---------|----------|
| Producción (t / mes) | 43.5 | 87.0 | 139.2 |
| Depreciación (m / mes) | 2.86 | 4.06 | 4.06 |
| Consumo (m / t ZnO) | 0.066 | 0.047 | 0.029 |

Fig. H.14
Distribución de Tolvas en Línea Melliza ó Trilliza

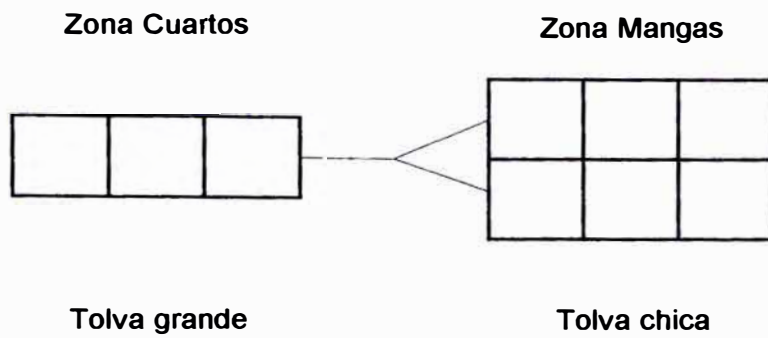
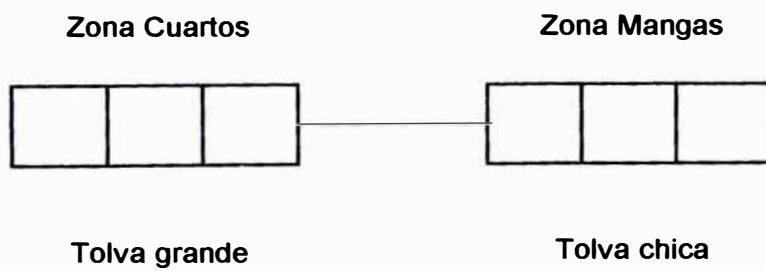


Fig. H.15
Distribución de Tolvas en Línea Unitaria



c) Crisoles de grafito

La vida útil en promedio es de 3 meses.

Cuadro H.24 DEPRECIACION DE CRISOLES POR LINEA

| Línea | Unitaria | Melliza | Trilliza |
|--------------------------|----------|---------|----------|
| Producción (t / mes) | 43.5 | 87.0 | 139.2 |
| No de crisoles | 1 | 2 | 3 |
| Depreciación (pza / mes) | 0.33 | 0.67 | 1.00 |
| Consumo (pza / t ZnO) | 0.0077 | 0.0077 | 0.0072 |

d) Base de crisol

La vida útil es de 6 meses.

Cuadro H.25 DEPRECIACION DE BASE DE CRISOL POR LINEA

| Línea | Unitaria | Melliza | Trilliza |
|--------------------------|----------|---------|----------|
| Producción (t / mes) | 43.5 | 87.0 | 139.2 |
| No de base de crisol | 1 | 2 | 3 |
| Depreciación (pza / mes) | 0.17 | 0.33 | 0.50 |
| Consumo (pza / t ZnO) | 0.0038 | 0.0038 | 0.0036 |

e) Ladrillos refractarios

La vida útil es de 24 meses.

Cuadro H.26 DEPRECIACION DE LADRILLOS REFRACTARIOS POR LINEA

| Línea | Unitaria | Melliza | Trilliza |
|---------------------------|------------|------------|------------|
| Producción (t / mes) | 43.5 | 87.0 | 139.2 |
| Tipo de Ladrillos | | | |
| Arco 1 | 105 | 210 | 315 |
| Arco 2 | 55 | 110 | 165 |
| Llave 3 | 3 | 6 | 9 |
| Llave 4 | 22 | 44 | 66 |
| Recto | 10 | 20 | 30 |
| Total de ladrillos | 195 | 390 | 585 |
| Depreciación (pza / mes) | 8.125 | 16.250 | 24.375 |
| Consumo (pza / t ZnO) | 0.187 | 0.187 | 0.175 |

f) Castable

La vida útil es de 3 meses.

Cuadro H.27 DEPRECIACION DE CASTABLE POR LINEA

| Línea | Unitaria | Melliza | Trilliza |
|--------------------------|----------|---------|----------|
| Producción (t / mes) | 43.5 | 87.0 | 139.2 |
| No de bolsas | 2 | 4 | 6 |
| Depreciación (pza / mes) | 0.67 | 1.33 | 2.00 |
| Consumo (pza / t ZnO) | 0.015 | 0.015 | 0.014 |

En las tablas H.1, H.2 y H.3 se tienen los costos de transformación por tipo de línea.

TABLA H.1 COSTO TOTAL DE TRANSFORMACION LINEA UNITARIA
(Diesel 2)

| Descripción | UM | Cant. | Valor Unit | Insumos | M.de Obra | G. Fabr. | Sub- Total | % |
|--------------------------------------|-----|--------|------------|----------------|---------------|--------------|---------------|-------------|
| | | | \$ | \$ | \$ | \$ | \$ | |
| 1.Fusión-Oxidación | | | | | | | | |
| Cloruro de Amonio | kg | 0.034 | 0.670 | 0.023 | | | 0.02 | 0.0% |
| Diesel 2 | gal | 99.300 | 0.974 | 96.718 | | | 96.72 | 51.8% |
| Fusión-Oxidación | hh | 4.138 | 1.880 | | 7.779 | | 7.78 | 4.2% |
| Soplad.,Exhaus.,Bomba | kWh | 68.193 | 0.060 | | | 4.092 | 4.09 | 2.2% |
| | | | | 96.741 | 7.779 | 4.092 | 108.61 | 58.2% |
| 2.Embolsado | | | | | | | | |
| Conos de Hilo | pza | 0.526 | 0.650 | 0.342 | | | 0.34 | 0.2% |
| Bolsa polip. laminado | pza | 40.000 | 0.320 | 12.800 | | | 12.80 | 6.9% |
| Embolsado | hh | 4.500 | 1.760 | | 7.920 | | 7.92 | 4.2% |
| Maquina Embolsadora | kWh | 5.200 | 0.060 | | | 0.312 | 0.31 | 0.2% |
| | | | | 13.142 | 7.920 | 0.312 | 21.37 | 11.5% |
| 3.Embalaje | | | | | | | | |
| Paleta Europallet | pza | 1.000 | 7.288 | 7.288 | | | 7.29 | 3.9% |
| Plástico stretch film | kg | 0.408 | 4.780 | 1.950 | | | 1.95 | 1.0% |
| Embalaje | hh | 1.143 | 1.450 | | 1.657 | | 1.66 | 0.9% |
| | | | | 9.238 | 1.657 | 0.000 | 10.90 | 5.8% |
| 4.Depreciación de líneas | | | | | | | | |
| Crisol | pza | 0.008 | 751.000 | 6.008 | | | 6.01 | 3.2% |
| Base de Crisol | pza | 0.004 | 257.000 | 1.028 | | | 1.03 | 0.6% |
| Ladrillos Refractarios | pza | 0.187 | 3.250 | 0.608 | | | 0.61 | 0.3% |
| Castable | pza | 0.015 | 40.000 | 0.600 | | | 0.60 | 0.3% |
| Tela de Mangas | m | 0.163 | 9.514 | 1.551 | | | 1.55 | 0.8% |
| Tela de Tolvas | m | 0.066 | 15.529 | 1.025 | | | 1.03 | 0.6% |
| | | | | 10.830 | | | 10.83 | 5.8% |
| 5.Gastos Indirectos | | | | | | | | |
| Mantenimiento | | | | | | | 9.00 | 4.8% |
| Control de calidad | | | | | | | 5.00 | 2.7% |
| Administración de planta | | | | | | | 9.00 | 4.8% |
| Otros | | | | | | | 12.00 | 6.4% |
| | | | | | | | 35.00 | 18.7% |
| 5.Resumen | | | | | | | | |
| Fusión-Oxidación | | | | 96.741 | 7.779 | 4.092 | 108.61 | 58.2% |
| Embolsado | | | | 13.142 | 7.920 | 0.312 | 21.37 | 11.5% |
| Embalaje | | | | 9.238 | 1.657 | 0.000 | 10.90 | 5.8% |
| Depreciación de líneas | | | | 10.830 | 0.000 | 0.000 | 10.83 | 5.8% |
| Gastos Indirectos | | | | | | | 35.00 | 18.7% |
| COSTO TOTAL DE TRANSFORMACION | | | | 129.951 | 17.356 | 4.404 | 186.71 | 100% |

TABLA H.2 COSTO TOTAL DE TRANSFORMACION LINEA MELLIZA
(Diesel 2)

| Descripción | UM | Cant. | Valor Unit | Insumos | M.de Obra | G. Fabr. | Sub- Total | % |
|--------------------------------------|-----|--------|------------|---------------|---------------|--------------|---------------|-------------|
| | | | \$ | \$ | \$ | \$ | \$ | |
| 1.Fusión-Oxidación | | | | | | | | |
| Cloruro de Amonio | kg | 0.031 | 0.670 | 0.021 | | | 0.02 | 0.0% |
| Diesel 2 | gal | 49.600 | 0.974 | 48.310 | | | 48.31 | 35.2% |
| Fusión-Oxidación | hh | 4.138 | 1.880 | | 7.779 | | 7.78 | 5.7% |
| Soplad.,Exhaus., Bomba | kWh | 65.379 | 0.060 | | | 3.923 | 3.92 | 2.9% |
| | | | | 48.331 | 7.779 | 3.923 | 60.03 | 43.8% |
| 2.Embolsado | | | | | | | | |
| Conos de Hilo | pza | 0.526 | 0.650 | 0.342 | | | 0.34 | 0.2% |
| Bolsa polip. laminado | pza | 40.000 | 0.320 | 12.800 | | | 12.80 | 9.3% |
| Embolsado | hh | 4.500 | 1.760 | | 7.920 | | 7.92 | 5.8% |
| Maquina Embolsadora | kWh | 5.200 | 0.060 | | | 0.312 | 0.31 | 0.2% |
| | | | | 13.142 | 7.920 | 0.312 | 21.37 | 15.5% |
| 3.Embalaje | | | | | | | | |
| Paleta Europallet | pza | 1.000 | 7.288 | 7.288 | | | 7.29 | 5.3% |
| Plástico stretch film | kg | 0.408 | 4.780 | 1.950 | | | 1.95 | 1.4% |
| Embalaje | hh | 1.143 | 1.450 | | 1.657 | | 1.66 | 1.2% |
| | | | | 9.238 | 1.657 | 0.000 | 10.90 | 7.9% |
| 4.Depreciación de líneas | | | | | | | | |
| Crisol | pza | 0.008 | 751.000 | 6.008 | | | 6.01 | 4.4% |
| Base de Crisol | pza | 0.004 | 257.000 | 1.028 | | | 1.03 | 0.8% |
| Ladrillos Refractarios | pza | 0.187 | 3.250 | 0.608 | | | 0.61 | 0.4% |
| Castable | pza | 0.015 | 40.000 | 0.600 | | | 0.60 | 0.4% |
| Tela de Mangas | m | 0.110 | 9.514 | 1.047 | | | 1.05 | 0.8% |
| Tela de Tolvas | m | 0.047 | 15.529 | 0.730 | | | 0.73 | 0.5% |
| | | | | 10.030 | | | 10.03 | 7.3% |
| 5.Gastos Indirectos | | | | | | | | |
| Mantenimiento | | | | | | | 9.00 | 6.6% |
| Control de calidad | | | | | | | 5.00 | 3.6% |
| Administración de planta | | | | | | | 9.00 | 6.6% |
| Otros | | | | | | | 12.00 | 8.7% |
| | | | | | | | 35.00 | 25.5% |
| 5.Resumen | | | | | | | | |
| Fusión-Oxidación | | | | 48.331 | 7.779 | 3.923 | 60.03 | 43.8% |
| Embolsado | | | | 13.142 | 7.920 | 0.312 | 21.37 | 15.5% |
| Embalaje | | | | 9.238 | 1.657 | 0.000 | 10.90 | 7.9% |
| Depreciación de líneas | | | | 10.030 | 0.000 | 0.000 | 10.03 | 7.3% |
| Gastos Indirectos | | | | | | | 35.00 | 25.5% |
| COSTO TOTAL DE TRANSFORMACION | | | | 80.741 | 17.356 | 4.235 | 137.33 | 100% |

TABLA H.3 COSTO TOTAL DE TRANSFORMACION LINEA TRILLIZA
(Diesel 2)

| Descripción | UM | Cant. | Valor Unit | Insumos | M.de Obra | G. Fabr. | Sub- Total | % |
|--------------------------------------|-----|--------|------------|---------------|---------------|--------------|---------------|-------------|
| | | | \$ | \$ | \$ | \$ | \$ | |
| 1.Fusión-Oxidación | | | | | | | | |
| Cloruro de Amonio | kg | 0.032 | 0.670 | 0.021 | | | 0.02 | 0.0% |
| Diesel 2 | gal | 62.100 | 0.974 | 60.485 | | | 60.49 | 40.4% |
| Fusión-Oxidación | hh | 5.172 | 1.880 | | 9.723 | | 9.72 | 6.5% |
| Soplad.,Exhaus.,Bomba | kWh | 61.241 | 0.060 | | | 3.674 | 3.67 | 2.5% |
| | | | | 60.506 | 9.723 | 3.674 | 73.90 | 49.4% |
| 2.Embolsado | | | | | | | | |
| Conos de Hilo | pza | 0.526 | 0.650 | 0.342 | | | 0.34 | 0.2% |
| Bolsa polip. laminado | pza | 40.000 | 0.320 | 12.800 | | | 12.80 | 8.6% |
| Embolsado | hh | 4.500 | 1.760 | | 7.920 | | 7.92 | 5.3% |
| Maquina Embolsadora | kWh | 5.200 | 0.060 | | | 0.312 | 0.31 | 0.2% |
| | | | | 13.142 | 7.920 | 0.312 | 21.37 | 14.3% |
| 3.Embalaje | | | | | | | | |
| Paleta Europallet | pza | 1.000 | 7.288 | 7.288 | | | 7.29 | 4.9% |
| Plástico stretch film | kg | 0.408 | 4.780 | 1.950 | | | 1.95 | 1.3% |
| Embalaje | hh | 1.143 | 1.450 | | 1.657 | | 1.66 | 1.1% |
| | | | | 9.238 | 1.657 | 0.000 | 10.90 | 7.3% |
| 4.Depreciación de líneas | | | | | | | | |
| Crisol | pza | 0.007 | 751.000 | 5.257 | | | 5.26 | 3.5% |
| Base de Crisol | pza | 0.004 | 257.000 | 1.028 | | | 1.03 | 0.7% |
| Ladrillos Refractarios | pza | 0.175 | 3.250 | 0.569 | | | 0.57 | 0.4% |
| Castable | pza | 0.014 | 40.000 | 0.560 | | | 0.56 | 0.4% |
| Tela de Mangas | m | 0.069 | 9.514 | 0.656 | | | 0.66 | 0.4% |
| Tela de Tolvas | m | 0.029 | 15.529 | 0.450 | | | 0.45 | 0.3% |
| | | | | 8.530 | | | 8.53 | 5.7% |
| 5.Gastos Indirectos | | | | | | | | |
| Mantenimiento | | | | | | | 9.00 | 6.0% |
| Control de calidad | | | | | | | 5.00 | 3.3% |
| Administración de planta | | | | | | | 9.00 | 6.0% |
| Otros | | | | | | | 12.00 | 8.0% |
| | | | | | | | 35.00 | 23.3% |
| 5.Resumen | | | | | | | | |
| Fusión-Oxidación | | | | 60.506 | 9.723 | 3.674 | 73.90 | 49.4% |
| Embolsado | | | | 13.142 | 7.920 | 0.312 | 21.37 | 14.3% |
| Embalaje | | | | 9.238 | 1.657 | 0.000 | 10.90 | 7.3% |
| Depreciación de líneas | | | | 8.530 | 0.000 | 0.000 | 8.53 | 5.7% |
| Gastos Indirectos | | | | | | | 35.00 | 23.3% |
| COSTO TOTAL DE TRANSFORMACION | | | | 91.416 | 19.300 | 3.986 | 149.70 | 100% |

SEGUNDA ACTIVIDAD

H.10. Cambio de Combustible

Para realizar la prueba, se tomó la línea # 11 (trilliza), que finalmente trabajó como línea melliza # 8. Dicha línea está alejada de las líneas tradicionales (ver Apéndice A).

El estudio de los equipos se detalla a continuación :

H.10.1 Quemador

Se tuvo que buscar un quemador para petróleo residual 6 con una capacidad similar a los quemadores QP-2 (6 gal / h); ya que no existe en el mercado quemadores de este galonaje para residual 6, se optó por uno de 17 gal / h.

La producción de calor de un quemador se calcula de la siguiente manera :

$$Q = V \times P$$

Donde : $V =$ flujo de combustible (gal/h)

$P =$ poder calorífico del combustible (BTU / gal)

$$Q = 6 \text{ gal / h} \times 151000 \text{ BTU / gal} = 830500 \text{ BTU / h.}$$

H.10.2 Bomba

Para poder transportar el petróleo residual 6 del tanque diario al quemador se debe usar una bomba de engranaje helicoidal. Se encontró en el mercado con las siguientes características :

H.10.2.1 Bomba de petróleo (B1)

| | |
|----------------|-------------|
| Capacidad : | 200 gal / h |
| Pre. de trab.: | 100 psi |
| Potencia : | 1.2 HP |
| rpm : | 1700 |

H.10.2.2 Bomba de alimentación (B2)

| | |
|-------------|-------------|
| Capacidad : | 180 gal / h |
| Potencia : | 5 HP |
| rpm : | 1200 |

La distribución de las bombas B1 y B2 se puede observar en la fig. F.8 donde la B2 solamente se enciende para llenar el tanque de almacenamiento y la B1 siempre está bombeando una parte al quemador y otra parte recirculando al tanque diario. Este tanque tiene una válvula de chapaleta (ver fig. F.9) la cual regula la entrada de petróleo para que a su vez se caliente por medio de una resistencia eléctrica.

H.10.3 Pre calentador y tanque diario

Debido a la alta viscosidad del residual 6, es necesario precalentar, para esto se utiliza un precalentador con resistencia eléctrica así como también en el tanque diario de 11 gal aproximadamente. La distribución de estos elementos se aprecian en la fig. F.8.

La potencia térmica requerida se calcula de la siguiente manera :

$$Q = D \times V \times Ce \times (Ts - Te)$$

Donde :

- D = densidad del combustible (residual 6 = 8.033 lb / gal)
- V = flujo de combustible
- Ce = calor específico del combustible
- Ts = temperatura de salida del combustible
- Te = temperatura de entrada del combustible.

CUADRO H.28 CALOR ESPECIFICO DEL RESIDUAL 6 A
DIFERENTES TEMPERATURAS

| T(°C) | T(°F) | Ce (BTU / lb°F) |
|-------|-------|-----------------|
| 25 | 77 | 0.420 |
| 100 | 212 | 0.490 |
| 110 | 230 | 0.510 |
| 120 | 248 | 0.515 |
| 130 | 266 | 0.520 |
| 140 | 284 | 0.525 |

Entonces para el precalentador se tiene

$$Q = 7 \text{ gal / h} \times 8.033 \text{ lb / gal} \times 0.52 \text{ BTU / lb}^\circ\text{F} \times (266 - 77)^\circ\text{F}$$

$$Q = 5526.4 \text{ BTU / h.}$$

$$Q = 5526.4 \times 0.000293 = 1.62 \text{ kW}$$

Considerando un factor de seguridad de 20 %

$$Q = 1.62 \times 1.20 = 1.9 \text{ kW} \approx 2 \text{ kW.}$$

luego para el tanque diario, Si queremos calentar 11 gal de capacidad en 0.5 h :

$$Q = 11 \text{ gal / 0.5 h} \times 8.033 \text{ lb / gal} \times 0.52 \text{ BTU / lb}^\circ\text{F} \times (284 - 77)^\circ\text{F}$$

$$Q = 19822.8 \text{ BTU / h} = 5.6 \text{ kW}$$

Factor de seguridad del 20 %

$$Q = 5.6 \times 1.20 = 6.7 \text{ kW} \approx 7 \text{ kW.}$$

H.10.4. Determinación del costo total de transformación de la línea piloto.

Se calcula de forma similar a las líneas tradicionales (diesel 2). Con respecto a la energía eléctrica, se puso un dispositivo para registrar el consumo real de toda la línea piloto (17 kW-h en promedio).

En la tabla H.4. se muestra el costo total de transformación de la línea piloto.

TABLA H.4 COSTO TOTAL DE TRANSFORMACION LINEA MELLIZA
(Residual 6)

| Descripción | UM | Cant. | Valor Unit \$ | Insumos \$ | M.de Obra \$ | G. Fabr. \$ | Sub- Total \$ | % |
|--------------------------------------|-----|---------|------------------|---------------|-----------------|----------------|---------------------|-------------|
| 1.Fusión-Oxidación | | | | | | | | |
| Cloruro de Amonio | kg | 0.031 | 0.670 | 0.021 | | | 0.02 | 0.0% |
| Residual 6 | gal | 48.000 | 0.504 | 24.192 | | | 24.19 | 20.6% |
| Fusión-Oxidación | hh | 4.138 | 1.880 | | 7.779 | | 7.78 | 6.6% |
| Soplad.,Exhaus.,Bomba | kWh | 136.000 | 0.060 | | | 8.160 | 8.16 | 6.9% |
| | | | | 24.213 | 7.779 | 8.160 | 40.15 | 34.1% |
| 2.Embolsado | | | | | | | | |
| Conos de Hilo | pza | 0.526 | 0.650 | 0.342 | | | 0.34 | 0.3% |
| Bolsa polip. laminado | pza | 40.000 | 0.320 | 12.800 | | | 12.80 | 10.9% |
| Embolsado | hh | 4.500 | 1.760 | | 7.920 | | 7.92 | 6.7% |
| Maquina Embolsadora | kWh | 5.200 | 0.060 | | | 0.312 | 0.31 | 0.3% |
| | | | | 13.142 | 7.920 | 0.312 | 21.37 | 18.2% |
| 3.Embalaje | | | | | | | | |
| Paleta Europallet | pza | 1.000 | 7.288 | 7.288 | | | 7.29 | 6.2% |
| Plástico stretch film | kg | 0.408 | 4.780 | 1.950 | | | 1.95 | 1.7% |
| Embalaje | hh | 1.143 | 1.450 | | 1.657 | | 1.66 | 1.4% |
| | | | | 9.238 | 1.657 | 0.000 | 10.90 | 9.3% |
| 4.Depreciación de líneas | | | | | | | | |
| Crisol | pza | 0.008 | 751.000 | 6.008 | | | 6.01 | 5.1% |
| Base de Crisol | pza | 0.004 | 257.000 | 1.028 | | | 1.03 | 0.9% |
| Ladrillos Refractarios | pza | 0.187 | 3.250 | 0.608 | | | 0.61 | 0.5% |
| Castable | pza | 0.015 | 40.000 | 0.600 | | | 0.60 | 0.5% |
| Tela de Mangas | m | 0.110 | 9.514 | 1.047 | | | 1.05 | 0.9% |
| Tela de Tolvas | m | 0.047 | 15.529 | 0.730 | | | 0.73 | 0.6% |
| | | | | 10.030 | | | 10.03 | 8.5% |
| 5.Gastos Indirectos | | | | | | | | |
| Mantenimiento | | | | | | | 9.00 | 7.7% |
| Control de calidad | | | | | | | 5.00 | 4.3% |
| Administración de planta | | | | | | | 9.00 | 7.7% |
| Otros | | | | | | | 12.00 | 10.2% |
| | | | | | | | 35.00 | 29.9% |
| 5.Resumen | | | | | | | | |
| Fusión-Oxidación | | | | 24.213 | 7.779 | 8.160 | 40.15 | 34.1% |
| Embolsado | | | | 13.142 | 7.920 | 0.312 | 21.37 | 18.2% |
| Embalaje | | | | 9.238 | 1.657 | 0.000 | 10.90 | 9.3% |
| Depreciación de líneas | | | | 10.030 | 0.000 | 0.000 | 10.03 | 8.5% |
| Gastos Indirectos | | | | | | | 35.00 | 29.9% |
| COSTO TOTAL DE TRANSFORMACION | | | | 56.623 | 17.356 | 8.472 | 117.45 | 100% |

H.11. Proyecto de implementación del nuevo sistema a las líneas tradicionales.

Se presenta los cálculos requeridos para determinar la capacidad de la caldera de recuperación.

H.11.1. Producción del calor del quemador.

- Consumo mínimo de combustible por quemador = 5.5 gal / h
- Poder calorífico del petróleo diesel 2 = 140000 BTU / gal.
- Calor producido por un quemador = $140000 \times 5.5 = 770000$ BTU / h.

H.11.2. Distribución del calor producido por un quemador.

En el proceso de combustión en un horno, el calor se distribuye de la siguiente manera :

- Transferencia de calor por radiación en el hogar (crisol) = 55 %
- Pérdidas al medio ambiente y la mesa del horno = 25 %
- Calor residual en los gases de combustión = 20 %

H.11.3. Calor remanente en los gases de combustión.

$$0.20 \times 770000 = 154000 \text{ BTU / h por quemador.}$$

H.11.4. Consumo máximo de petróleo residual 6 al mes.

- Consumo de petróleo máximo por quemador = 7 gal / h
- Número de quemadores = 10
- Consumo total = 70 gal / h
- Horas por días trabajados = 24
- Días al mes trabajados = 30
- Total de petróleo por un mes =

$$70 \times 24 \times 30 = 50400 \text{ gal / mes.}$$

H.11.5. Cálculo necesario para calentar petróleo residual 6.

- Consumo máximo de petróleo = 70 gal / h
- Masa de petróleo = $70 \times 8.033 = 562.31$ lb / h
- Calor necesario =

$$Q = m \times C_e \times (T_2 - T_1)$$

Donde :

$$m = 562.31 \text{ lb / h}$$

$$C_e = 0.52 \text{ BTU / lb } ^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 266 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_1 = 50 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Reemplazando tenemos :

$$Q = 562.31 \times 0.52 \times (266 - 50)$$

$$Q = 63159 \text{ BTU / h.}$$

Teniendo en cuenta que existen pérdidas de calor al medio ambiente, se asume un factor de seguridad de 2.6 :

$$\text{Calor necesario} = 2.6 \times 63159 = 164213 \text{ BTU / h.}$$

$$\text{Considerando 1 lb/h de vapor} = 970.4 \text{ BTU / h.}$$

$$\text{Vapor necesario} = \frac{164,213 \text{ BTU / h}}{970.4 \text{ BTU / h / 1 lb vapor / h}}$$

$$= 169.2 \text{ lb / h de vapor.}$$

$$= 169.2 \text{ lb / h de vapor.}$$

Considerando un factor de seguridad de 3.06 :

$$169.2 \times 3.06 = 518 \text{ lb vapor / h.}$$

H.11.6. Quemadores necesarios para lograr el funcionamiento de la planta.

- Calor necesario = 164213 BTU / h

- Calor remanente de los gases por el quemador = 154000 BTU / h

- Numero de quemadores necesarios = $164213 / 154000 = 1.07 \approx 2$ quemadores.

Para lograr el funcionamiento de toda la planta se necesitan 2 quemadores constantemente prendidos.

Para lograr una continuidad de trabajo asumiendo que uno de los quemadores falle, se prefiere la conexión de 3 quemadores al colector de gases.

I. DETERMINACION DE LA PERFORMANCE

Mediante los cuadros I.1, I.2, I.3, I.4 y figuras I.1, I.2, I.3, I.4, I.5, I.6, se muestra los logros obtenidos a nivel de producción durante los pasados 4 años.

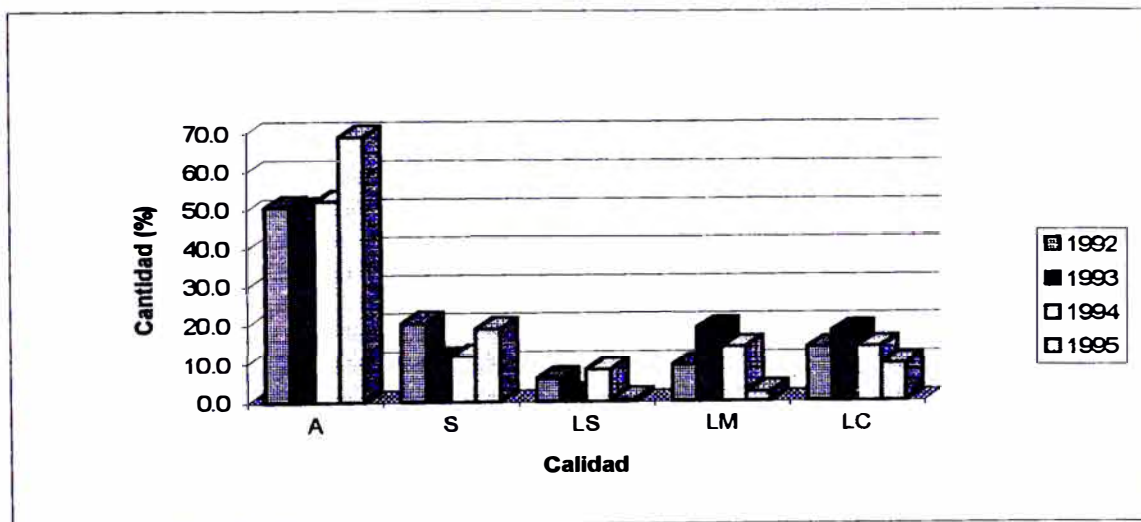
Cuadro I.1 PRODUCCION MENSUAL POR AÑO (t)

| CALIDAD | A | % | S | % | LS | % | LM | % | LC | % | TOTAL |
|------------|-----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|-------|
| 1992 | | | | | | | | | | | |
| ENERO | 130 | 51.4 | 48 | 19.1 | 15 | 5.9 | 29 | 11.3 | 31 | 12.3 | 253 |
| FEBRERO | 90 | 48.7 | 5 | 2.5 | 34 | 18.4 | 34 | 18.4 | 22 | 12.0 | 185 |
| MARZO | 120 | 51.0 | 68 | 28.7 | 8 | 3.4 | 14 | 5.9 | 26 | 11.0 | 236 |
| ABRIL | 95 | 50.1 | 52 | 27.4 | 12 | 6.3 | 17 | 8.7 | 14 | 7.4 | 190 |
| MAYO | 120 | 50.8 | 49 | 20.8 | 10 | 4.2 | 23 | 9.7 | 34 | 14.4 | 236 |
| JUNIO | 25 | 50.0 | 6 | 12.0 | 3 | 6.0 | 7 | 14.0 | 9 | 18.0 | 50 |
| JULIO | 175 | 54.3 | 70 | 21.8 | 14 | 4.3 | 23 | 7.1 | 40 | 12.4 | 322 |
| AGOSTO | 120 | 48.3 | 38 | 15.3 | 18 | 7.2 | 27 | 11.0 | 45 | 18.1 | 248 |
| SEPTIEMBRE | 155 | 51.6 | 67 | 22.3 | 8 | 2.7 | 20 | 6.7 | 50 | 16.7 | 300 |
| OCTUBRE | 125 | 49.6 | 74 | 29.4 | 4 | 1.6 | 11 | 4.4 | 38 | 15.1 | 252 |
| NOVIEMBRE | 130 | 50.8 | 69 | 27.0 | 10 | 3.9 | 13 | 5.1 | 34 | 13.3 | 256 |
| DICIEMBRE | 225 | 52.1 | 81 | 18.7 | 25 | 5.8 | 34 | 7.9 | 67 | 15.5 | 432 |
| 1993 | | | | | | | | | | | |
| ENERO | 150 | 54.8 | 65 | 23.8 | 1 | 0.4 | 17 | 6.2 | 40 | 14.8 | 273 |
| FEBRERO | 120 | 51.8 | 56 | 24.2 | 1 | 0.4 | 16 | 6.9 | 39 | 16.6 | 232 |
| MARZO | 90 | 48.0 | 37 | 19.7 | 1 | 0.5 | 25 | 13.3 | 34 | 18.3 | 187 |
| ABRIL | 150 | 47.7 | 42 | 13.4 | 3 | 1.0 | 57 | 18.0 | 63 | 20.0 | 315 |
| MAYO | 150 | 46.9 | 27 | 8.4 | 10 | 3.1 | 82 | 25.6 | 51 | 15.9 | 320 |
| JUNIO | 240 | 53.7 | 25 | 5.6 | 5 | 1.1 | 98 | 21.9 | 79 | 17.7 | 447 |
| JULIO | 215 | 51.2 | 16 | 3.8 | 15 | 3.6 | 96 | 22.9 | 78 | 18.6 | 420 |
| AGOSTO | 240 | 51.5 | 42 | 9.0 | 5 | 1.1 | 98 | 21.0 | 81 | 17.4 | 466 |
| SEPTIEMBRE | 157 | 48.9 | 35 | 10.9 | 1 | 0.3 | 58 | 18.2 | 70 | 21.7 | 321 |
| OCTUBRE | 147 | 49.2 | 24 | 8.0 | 5 | 1.7 | 63 | 21.1 | 60 | 20.1 | 299 |
| NOVIEMBRE | 138 | 50.7 | 9 | 3.3 | 7 | 2.6 | 65 | 23.7 | 54 | 19.8 | 272 |
| DICIEMBRE | 127 | 50.2 | 6 | 2.4 | 10 | 4.0 | 69 | 27.4 | 41 | 16.1 | 253 |
| 1994 | | | | | | | | | | | |
| ENERO | 105 | 38.3 | 2 | 0.8 | 46 | 16.7 | 71 | 25.9 | 50 | 18.2 | 274 |
| FEBRERO | 150 | 46.2 | 15 | 4.6 | 40 | 12.3 | 60 | 18.5 | 60 | 18.5 | 325 |
| MARZO | 139 | 55.2 | 4 | 1.5 | 24 | 9.4 | 49 | 19.3 | 37 | 14.6 | 251 |
| ABRIL | 93 | 43.2 | 3 | 1.6 | 26 | 12.0 | 57 | 26.7 | 36 | 16.5 | 216 |
| MAYO | 156 | 45.3 | 18 | 5.1 | 52 | 15.0 | 63 | 18.4 | 56 | 16.1 | 345 |
| JUNIO | 178 | 48.2 | 35 | 9.5 | 47 | 12.8 | 51 | 13.8 | 58 | 15.7 | 369 |
| JULIO | 157 | 53.1 | 55 | 18.6 | 18 | 6.1 | 25 | 8.5 | 41 | 13.7 | 295 |
| AGOSTO | 190 | 56.6 | 65 | 19.4 | 18 | 5.4 | 23 | 6.7 | 40 | 12.0 | 336 |
| SEPTIEMBRE | 190 | 57.3 | 65 | 19.6 | 10 | 3.0 | 29 | 8.9 | 37 | 11.2 | 331 |
| OCTUBRE | 182 | 58.8 | 62 | 20.0 | 7 | 2.3 | 25 | 8.2 | 33 | 10.7 | 309 |
| NOVIEMBRE | 121 | 60.9 | 40 | 20.1 | 3 | 1.5 | 15 | 7.3 | 20 | 10.1 | 199 |
| DICIEMBRE | 160 | 62.7 | 50 | 19.6 | 3 | 1.2 | 16 | 6.3 | 26 | 10.3 | 255 |
| 1995 | | | | | | | | | | | |
| ENERO | 325 | 65.9 | 86 | 17.4 | 5 | 1.0 | 28 | 5.7 | 49 | 9.9 | 493 |
| FEBRERO | 225 | 66.6 | 60 | 17.8 | 3 | 0.9 | 18 | 5.3 | 32 | 9.5 | 338 |
| MARZO | 275 | 67.7 | 72 | 17.7 | 3 | 0.7 | 17 | 4.2 | 39 | 9.6 | 406 |
| ABRIL | 235 | 68.3 | 65 | 18.9 | 3 | 0.9 | 8 | 2.3 | 33 | 9.6 | 344 |
| MAYO | 285 | 68.8 | 78 | 18.8 | 2 | 0.5 | 9 | 2.2 | 40 | 9.7 | 414 |
| JUNIO | 284 | 68.8 | 80 | 19.4 | 1 | 0.2 | 8 | 1.9 | 40 | 9.7 | 413 |
| JULIO | 295 | 69.9 | 80 | 19.0 | 2 | 0.5 | 5 | 1.2 | 40 | 9.5 | 422 |
| AGOSTO | 260 | 70.3 | 70 | 18.9 | 1 | 0.3 | 4 | 1.1 | 35 | 9.5 | 370 |
| SEPTIEMBRE | 338 | 70.4 | 90 | 18.8 | 1 | 0.2 | 5 | 1.0 | 46 | 9.6 | 480 |
| OCTUBRE | 281 | 70.3 | 78 | 19.4 | 1 | 0.3 | 3 | 0.8 | 37 | 9.2 | 400 |
| NOVIEMBRE | 172 | 70.2 | 48 | 19.6 | 1 | 0.3 | 1 | 0.6 | 23 | 9.3 | 245 |
| DICIEMBRE | 90 | 70.3 | 26 | 20.3 | 0 | 0.0 | 1 | 0.8 | 11 | 8.6 | 128 |

Cuadro I.2 PRODUCCION ANUAL POR CALIDAD

| Año | Calidad (%) | | | | |
|------|-------------|------|-----|------|------|
| | A | S | LS | LM | LC |
| 1992 | 50.7 | 20.4 | 5.8 | 9.2 | 13.8 |
| 1993 | 50.4 | 11.0 | 1.6 | 18.9 | 18.1 |
| 1994 | 52.2 | 11.7 | 8.1 | 14.0 | 14.0 |
| 1995 | 69.0 | 18.8 | 0.5 | 2.3 | 9.5 |

Fig. I.1 Gráfico de producción anual por calidad



Cuadro I.4 RESUMEN DE VARIABLES DE CONTROL

| Año | Factor | (gal/tZn) | Off Grade % | Residual % | Eficiencia % | Ratio |
|------|--------|-----------|-------------|------------|--------------|-------|
| 1992 | 1.14 | 84.75 | 2.89 | 2.75 | 91.62 | 0.846 |
| 1993 | 1.15 | 85.26 | 2.81 | 2.01 | 92.61 | 0.840 |
| 1994 | 1.18 | 73.14 | 1.72 | 1.67 | 94.70 | 0.830 |
| 1995 | 1.21 | 63.30 | 0.53 | 1.48 | 96.84 | 0.819 |

Fig. I.2 Consumo mensual promedio de petroleo por año

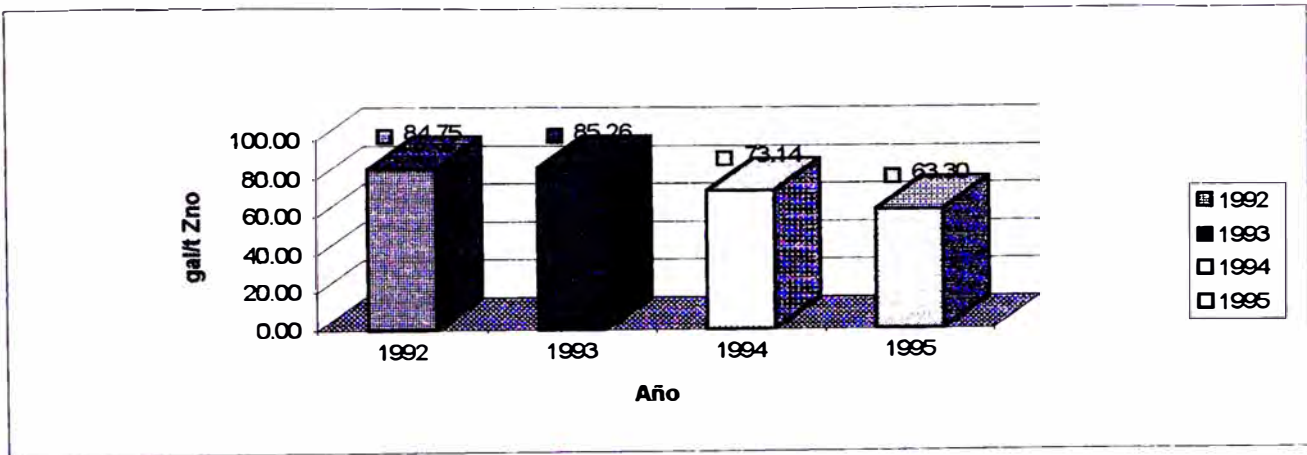


Fig. I.3 Producción mensual promedio de off grade por año

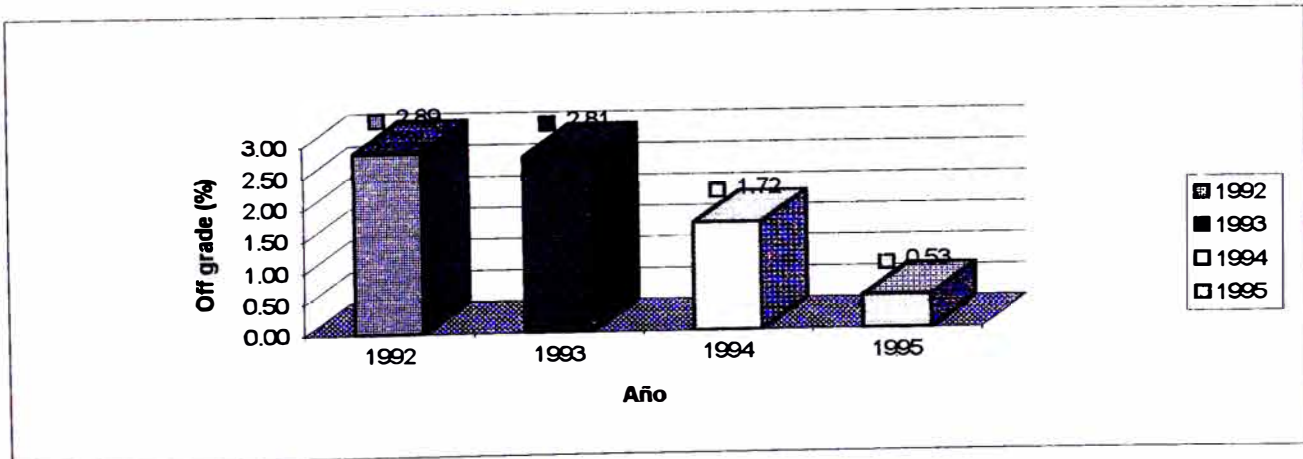


Fig. 1.4 Producción mensual promedio de residual por año

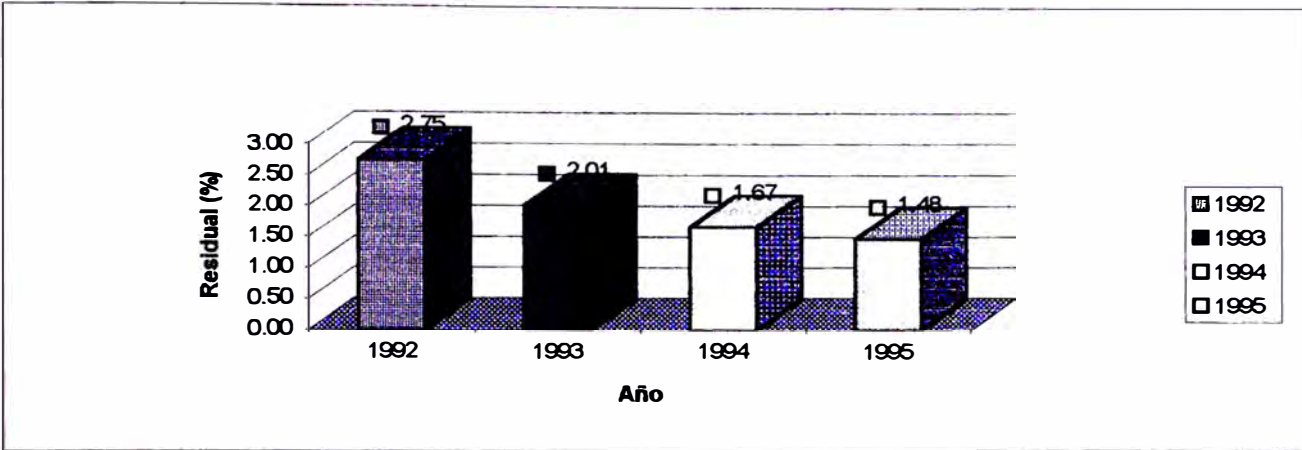


Fig. 1.5 Eficiencia mensual promedio por año

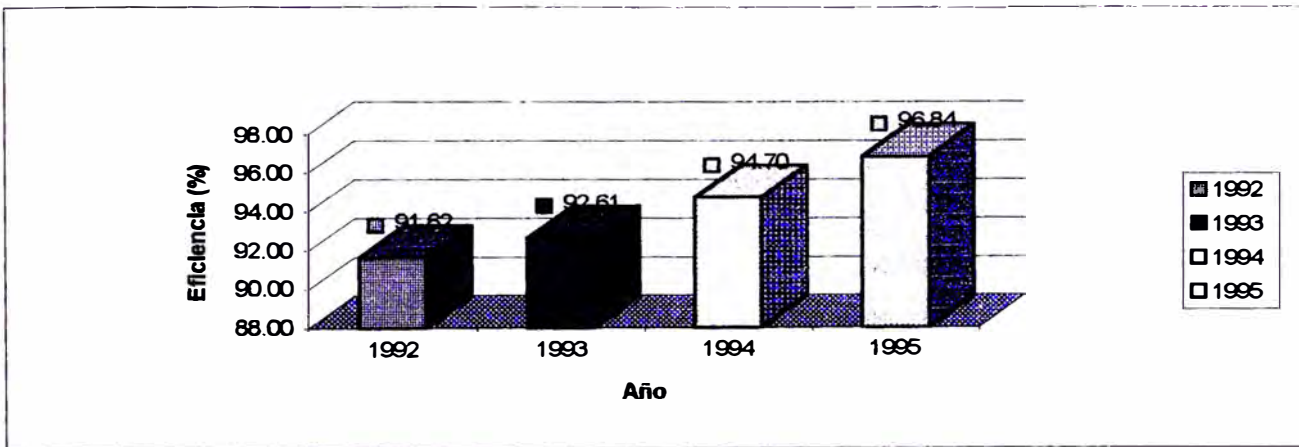
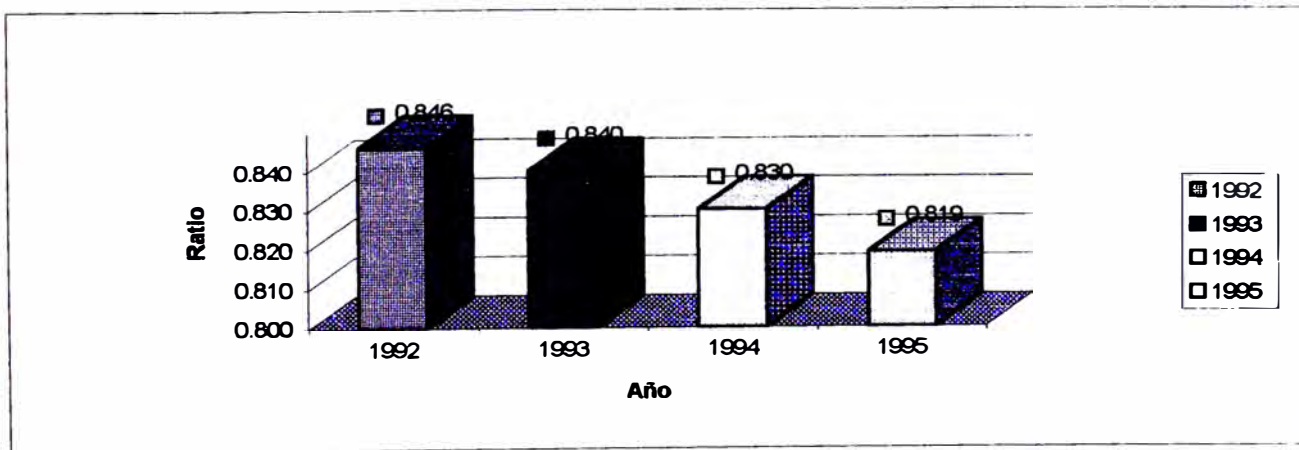


Fig. 1.6 Variación mensual promedio del ratio por año



J. CONCLUSIONES Y RESULTADOS FINALES

PRIMERA ACTIVIDAD

1.- Al evaluar las líneas de producción y establecimiento de parámetros de control, se logra la uniformidad en el control de las líneas de producción.

2.- Mejoramiento de la calidad del óxido

- Aumento de la calidad -A- y -S- de 71.0 a 88.0 %.

- Disminución de la calidad -LM- y -LS- de 15.0 % a 3.0 %.

- Disminución de la calidad -LC- de 13.9 a 9.5 %.

3.- Aumento de la producción al modificar la inclinación de conducto recto a tangencial :

- Línea melliza : 41.2 %;

- Línea trilliza : 40.7 %.

4.- Se realizó el tratamiento de escorias; al utilizar un proceso de clasificación del óxido crudo y la escoria amarilla para obtener subproductos tales como óxido Off grade y óxido Residual respectivamente.

5.- Disminución del óxido residual de 2.7 a 1.5 %, regulando la dosificación del NH_4Cl a 10 g y de esta forma, disminuir la presencia de cloruros en el óxido.

6.- Aumento de la producción de óxido en mangas en 17 %, al unir los cajones de mangas de las líneas unitarias. Con la válvula de compuerta se logró disminuir en 2 % la pérdida de óxido al ambiente.

7.- Ahorro de combustible; al instalar termocuplas en los hornos de oxidación se logró conocer la temperatura de trabajo, con lo que se definió el procedimiento de operación de los quemadores, obteniéndose así un ahorro económico por quemador de \$ 9 / día.

8.- Mejoramiento del ratio, al transformar parte de la escoria en metal (40 %) y utilizarla en la obtención de óxido se reduce el consumo de zinc electrolítico. De esta forma el ratio mejoró en 3.2 %.

9.- De las evaluaciones realizadas a los insumos concluimos que los de mejor rendimiento y vida útil en comparación con otros proveedores son :

- Para crisoles de grafito : Noltina / Alemania;

- Para ladrillos refractarios : Repsa / Perú y

- Para castable : Electrocerámica de Chimbote / Perú;

10.- Se determinó que el costo de transformación para las líneas es del orden decreciente y es como sigue : unitaria, trilliza y melliza. Por lo tanto, se establece que

para obtener un óxido de zinc a bajo costo de transformación y mayor eficiencia se debe trabajar con líneas mellizas y trillizas.

11.- Con la estandarización final de las líneas de óxido se logra optimizar la productividad de las líneas así como también mejorar la calidad del óxido de zinc a bajo costo de transformación.

SEGUNDA ACTIVIDAD

1.- Si es posible combustionar residual 6 en el nuevo sistema. Se están desarrollando estudios, para que el contenido de azufre tenga la mínima repercusión en el proceso de oxidación del zinc.

2.- El consumo de petróleo residual 6 es de 48 galones por tonelada de óxido de zinc producido.

3.- La vida útil de los crisoles de grafito y ladrillos refractarios de alta alúmina no son afectados al utilizar residual 6.

4.- El consumo de energía eléctrica por tonelada de óxido de zinc producido es de 136 kW-h (\$ 8.16), parte de esta energía puede ser aprovechada para 2 quemadores, esto es, 2 líneas mellizas o 1 línea trilliza. Por lo tanto, se puede reducir de \$ 4 a 5 el costo unitario de la energía eléctrica.

5.- Las impurezas tales como el Pb, Cd, Fe, Cu, etc. en el óxido de zinc no desmejoran la calidad del producto, ya que estas, dependen de la materia prima que se consume en los hornos, mientras que, el azufre se observa una ligera tendencia al incremento desde 38 ppm al usar diesel 2 a 42 ppm al usar residual 6, con un aumento del 10.5 % del contenido inicial.

6.- El ahorro económico que se consigue si se cambia a residual 6 es de \$ 19.9 por tonelada de óxido de zinc. Si consideramos una producción mensual de 360 t trabajando con 4 líneas mellizas se tiene un ahorro de \$ 7164 al mes.

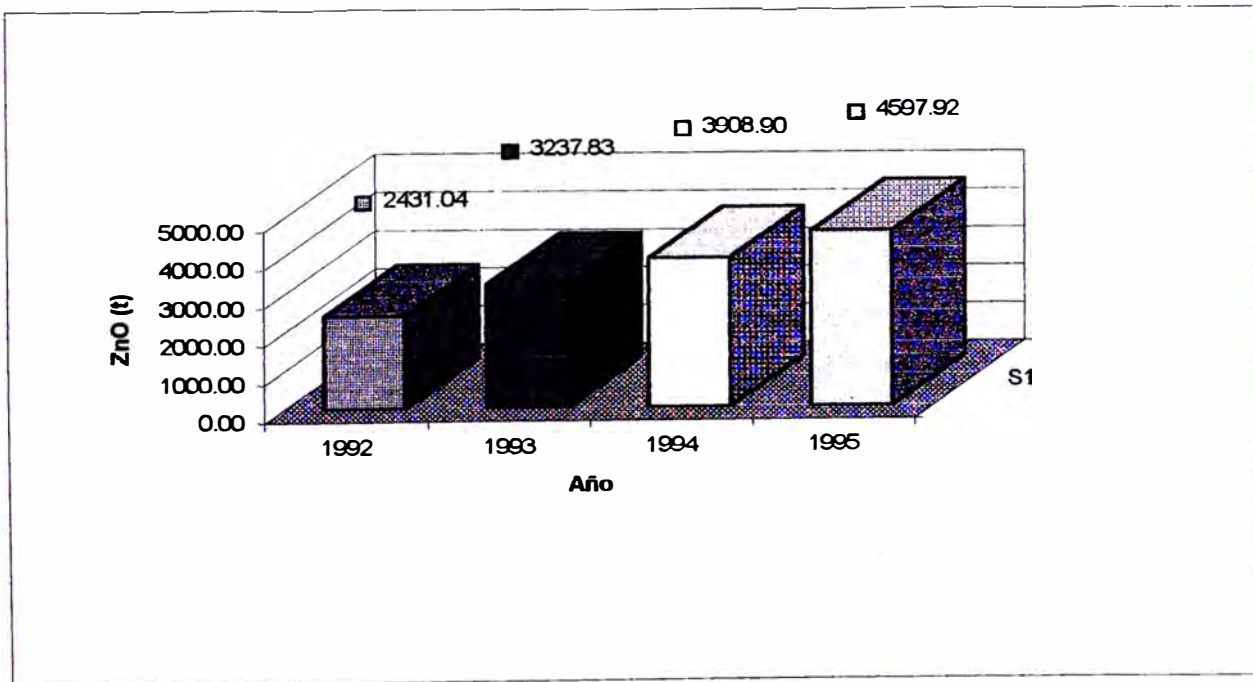
Esta reducción puede mejorar más aún si se hace realidad el proyecto de implementación del nuevo sistema, utilizando para el calentamiento del combustible vapor de agua en vez de energía eléctrica.

Por último, podemos apreciar en el cuadro J.1 y Fig. J.1 el crecimiento de las ventas anuales del óxido de zinc IEQSA al extranjero.

Cuadro J.1 VENTA MENSUAL DE OXIDO DE ZINC IEQSA (t)

| MES | AÑO | | | |
|------------|---------|---------|---------|---------|
| | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 |
| Enero | 89.50 | 176.14 | 223.24 | 499.03 |
| Febrero | 151.41 | 213.79 | 279.84 | 433.80 |
| Marzo | 206.53 | 302.87 | 332.65 | 381.75 |
| Abril | 200.32 | 342.42 | 396.22 | 358.89 |
| Mayo | 127.14 | 127.84 | 553.73 | 339.78 |
| Junio | 100.41 | 296.05 | 390.06 | 366.62 |
| Julio | 119.95 | 291.25 | 225.74 | 411.24 |
| Agosto | 288.64 | 228.29 | 407.56 | 461.67 |
| Septiembre | 204.07 | 330.94 | 315.42 | 300.91 |
| Octubre | 301.64 | 306.14 | 309.89 | 391.26 |
| Noviembre | 149.41 | 279.44 | 235.54 | 235.55 |
| Diciembre | 492.01 | 342.67 | 239.00 | 417.43 |
| TOTAL (t) | 2431.04 | 3237.83 | 3908.90 | 4597.92 |
| MAXIMO | 492.01 | 342.67 | 553.73 | 499.03 |
| PROMEDIO | 202.59 | 269.82 | 325.74 | 383.16 |
| MINIMO | 89.50 | 127.84 | 223.24 | 235.55 |

Fig. J.1 Venta anual de Oxido de zinc (t)



III.- RESUMEN

PRIMERA ACTIVIDAD

Se realiza la estandarización de las líneas de producción de óxido de zinc con la finalidad de brindar un producto de similar calidad o mejor calidad a los clientes, u ofrecer algo enteramente nuevo y no algo que constituya una simple mejora.

Se empieza por recopilar y procesar la información de las variables de control, con las cuales se puede evaluar el proceso y definir las líneas operativas.

Se rediseña el proceso y se efectúan las transformaciones requeridas, para mejorar la calidad y productividad del producto.

Por último se hace una evaluación económica de los cambios realizados en las líneas operativas resultantes con la cual se logra la optimización final.

SEGUNDA ACTIVIDAD

Debido al crecimiento de los precios del petróleo y sus derivados, la operación de muchas plantas industriales construidas hace 10 años, resultó antieconómica, en consecuencia, se realizan inversiones en las plantas existentes, con la finalidad de mejorar la eficiencia en la utilización de energía, para restablecer su competitividad al obtener una operación más económica.

La planta de óxido de zinc de IEQSA tiene 7 líneas de producción con una capacidad nominal de 600 t mensuales que fueron diseñadas para utilizar diesel 2. Al analizar el porcentaje que representa el diesel 2 en los costos de transformación (35.2 % y 40.4 % en las líneas mellizas y trillizas respectivamente), la unidad operativa inicia la prueba para el cambio de combustible, tratando de reemplazar el diesel 2 por el residual 6, en forma progresiva y evaluar el efecto en el óxido de zinc para finalmente, observar un ahorro económico (20.6 %).

IV.- BIBLIOGRAFIA

1. Roberto Avila y Zoraida Remond Cruz, PERFIL INDUSTRIAL DE OXIDO DE ZINC, División de Extensión Industrial, INDECOPI - Dirección de Servicios Tecnológicos, 1987.
2. Harvey E. Brown, ZINC OXIDE, International Lead Zinc Research Organization Inc., 292 Madison Avenue, New York, N.Y. 10017, 1976.
3. Marie Fernsworth and Charles H. Kline, ZINC CHEMICALS, Zinc Development Association, 34 Berkeley Square, London W1X6AJ, 1973.
4. Frank Porter, ZINC HANDBOOK, Marcel Dekker Inc. , 170 Madison Avenue, N.Y. 10016, 1991.

V.- APENDICE

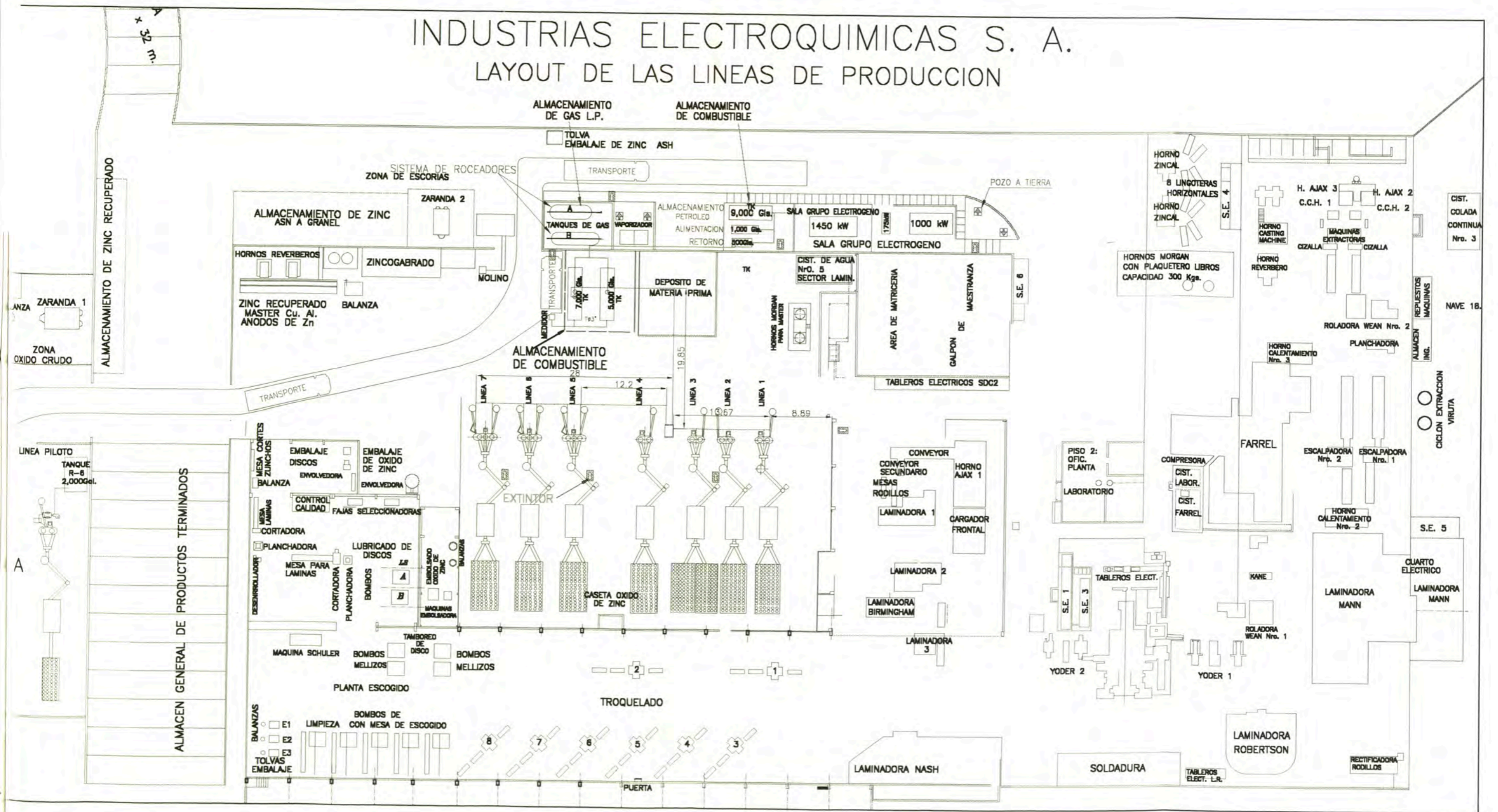
- A. Layout de las Líneas de producción.
- B. Constancia Laboral de desarrollo profesional.
- C. Implementación de Normas de Procedimientos de Laboratorio para el óxido de zinc.
- D. Formatos.
 - D.1 Reporte de carga.
 - D.2 Programa de cargas y descargas.
 - D.3 Control de zinc electrolítico.
 - D.4 Control de producción.
 - D.5 Control químico de zinc SHG vs ZnO.
- E. Propiedades físicas de algunos elementos químicos.
- F. Clasificación por calidad del oxido de zinc IEQSA.
- G. Hojas técnicas de los productos y subproductos de IEQSA.
 - G.1 Oxido de zinc VARISTOR.
 - G.2 Oxido de zinc SELLO DORADO.
 - G.3 Oxido de zinc SELLO DORADO TIPO B.
 - G.4 Oxido de zinc OFF GRADE.
 - G.5 Oxido de zinc RESIDUAL.
 - G.6 Ceniza de zinc en polvo.
 - G.7 SELLOS INTERNACIONALES.
- H. Especificación del Oxido de zinc IEQSA reconocido internacionalmente.
 - H.1 Especificación ZZ12/1/93 (Sello Dorado).
 - H.2 Especificación ZZ12/2/93 (Sello Dorado tipo B).
- I. Reducción de costos de producción de óxido de zinc.

APENDICE A.

Layout de las Líneas de producción

INDUSTRIAS ELECTROQUIMICAS S. A.

LAYOUT DE LAS LINEAS DE PRODUCCION



APENDICE B.

Constancia Laboral de desarrollo profesional.

CONSTANCIA LABORAL DE DESARROLLO PROFESIONAL

El que suscribe Gerente de Relaciones Industriales, deja expresa constancia que:

El señor **VICTOR RAFAEL LUDENA PALOMINO**, labora en nuestra Empresa con Contratos de Trabajo a Plazo Fijo, al amparo del D.L. 22342, desde el 10 de marzo de 1988 a la fecha, ocupando los siguientes cargos :

A partir del 10.03.1988

JEFE DE TURNO CONTROL DE CALIDAD

A partir del 06.02.1991

JEFE DE PLANTA DE CONTROL DE CALIDAD

A partir del 01.10.1993

JEFE DE PLANTA DE OXIDO DE ZINC

A partir del 22.04.1994
hasta la fecha

RESPONSABLE DE U.O. DE OXIDO DE ZINC - RECUPERACION

A partir del 01.12.1994
hasta la fecha

RESPONSABLE DE U.O. DE CONTROL CALIDAD

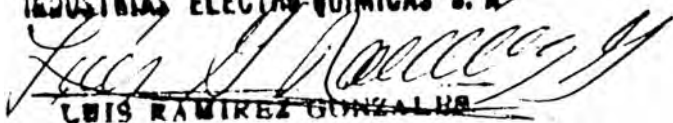
Consideramos importante resaltar en esta Constancia, el siguiente evento:

Carta de Felicitación de la Presidencia de la Empresa, por su valioso apoyo Técnico-Operacional, en el evento laboral crítico acontecido en el año 1988.

Se expide la presente a solicitud del interesado, para fines administrativo-universitarios.

Callao, 13 de setiembre de 1995

INDUSTRIAS ELECTROQUIMICAS S.A.



LUIS RAMÍREZ GONZÁLEZ

GERENTE G. B. I.

APENDICE C.

Implementación de Normas de Procedimientos de Laboratorio para el óxido de zinc

IEQSA

LABORATORIO
CONTROL DE CALIDAD

**PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS QUIMICO DE
OXIDO DE ZINC**

ENE-96

1.- OBJETIVO

Este documento describe el proceso a seguir para la determinación del porcentaje de elementos presentes en la muestra de óxido de zinc mediante análisis químico.

2.- ALCANCE

Este procedimiento será aplicado por el Area de Laboratorio de Control de Calidad.

3.- RESPONSABILIDAD

La implementación de este documento será responsabilidad de la U.O. Control de Calidad.

4.- DOCUMENTOS / REFERENCIAS

Procedimiento para el Análisis de Muestras de Oxido de Zinc.

Procedimiento para el Uso del Espectrofotómetro de Absorción Atómica 2380.

5.- DESCRIPCION

5.1.- PREPARACION Y ATAQUE DE LA MUESTRA

Pesar 5 g de muestra para análisis químico en un vaso de precipitado seco de 250 ml, agregar 3 ml de agua (**Para evitar salpicaduras**) y 10 ml de ácido nítrico concentrado. Colocar el vaso sobre plancha caliente hasta completa disolución. Enfriar y trasvasar la solución a una fiola de 50 ml, enrasar con agua destilada y agitar para homogenizar.

5.2.- ANALISIS POR ABSORCION ATOMICA

Ver Procedimiento para el Uso del Espectrofotómetro de Absorción Atómica 2380.

| | | |
|---|--|---------------|
| IEQSA LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD | PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS QUIMICO DE OXIDO DE ZINC | ENE-96 |
|---|--|---------------|

5.3.- REPORTE Y CALCULOS

Reportar la concentración en **ppm** o **%** de los siguientes elementos : **Pb, Cd, Fe, Cu, Al, Ti, Sn, In, Co, Mo, Ni, Mn, Mg y Bi.**

% = Lectura x 0.001 (para todos los elementos)

ppm = Lectura x 10 (para todos los elementos)

| | | |
|---|---|---------------|
| IEQSA LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD | PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS FISICO DE OXIDO DE ZINC | ENE-96 |
|---|---|---------------|

1.- OBJETIVO

Este documento describe el proceso que se seguirá para la determinación de presencia de partículas sólidas y metálicas por granulometría.

2.- ALCANCE

Este procedimiento será aplicado por el Area de Laboratorio de Control de Calidad.

3.- RESPONSABILIDAD

La implementación de este documento será responsabilidad de la U.O. Control de Calidad.

4.- DOCUMENTOS / REFERENCIAS

Procedimiento para el Análisis de Muestras de Oxido de Zinc.

5.- DESCRIPCION

5.1.- PESADO Y MEZCLADO

Del resto de muestra separada en el cuarteo pesar 150 g más 2 g de polifosfato de sodio $(\text{NaPO}_3)_n$ en un vaso de precipitado seco de 1000 ml. Agregar de 500 a 700 ml de H_2O y colocar en el mezclador por un tiempo no menor de 2 minutos.

5.2.- TAMIZADO EN HUMEDO Y FILTRADO

Terminada la mezcla pasar el contenido del vaso en una malla # 325 previamente lavada. Tamizar en húmedo pasando el material grueso que queda a un filtro para observación en el microscopio.

| | | |
|---|---|---------------|
| IEQSA LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD | PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS FISICO DE OXIDO DE ZINC | ENE-96 |
|---|---|---------------|

5.3.- ANALISIS EN MICROSCOPIO

Se realizará el barrido de toda la muestra en papel filtro para análisis bajo microscopio de 35 y 100 aumentos. Se observará las partículas y se clasificarán en partículas sólidas y/o metálicas (si es necesario, pasar un blanco) reportando el resultado.

1.- OBJETIVO

El siguiente procedimiento describe la metodología a seguir para la determinación del % de pureza del ZnO y el % de Zn metálico utilizando el método volumétrico.

2.- ALCANCE

Este procedimiento será aplicado por el Area de Laboratorio de Control de Calidad.

3.- RESPONSABILIDAD

La implementación de este documento será responsabilidad de la U.O. Control de Calidad.

4.- DOCUMENTOS / REFERENCIAS

Procedimiento para el Análisis de Muestras de Oxido de Zinc.

5.- DESCRIPCION**5.1.- DETERMINACION DE LA PUREZA DE ZnO**

Pesar 1.0 g de muestra en un vaso de 250 ml, humedecer con agua destilada (Para evitar salpicaduras) y atacar con 5 ml de ácido nítrico. Dejar enfriar y enrasar con agua destilada en fiola de 100ml.

De esta solución pasar una alícuota de 10 ml a un Erlenmeyer de 300 ml. Añadir 20 ml de solución buffer (10.7 de pH) más dos gotas de Negro de Eriocromo, titular con solución EDTA fuerte (0.1 M) acompañada de un blanco hasta viraje de color (Violeta - Azul claro).

5.2.- CREACION DE PATRON PARA LA DETERMINACION DE LA PUREZA DE ZnO

Pesar 1.0 g de Zn electrolítico (puro) y tratar de igual manera que la muestra anterior.

| | | |
|---|---|---------------|
| IEQSA LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD | PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS VOLUMETRICO DE OXIDO DE ZINC | ENE-96 |
|---|---|---------------|

$$f = \frac{\text{Peso Muestra}}{\text{Volumen gastado del patrón}} \times fd$$

$$\text{factor EDTA} = 1.2446 \times f$$

DONDE:

- f = Factor de la solución (g de Zinc / ml de EDTA)
- fd = Factor de dilución (Volumen de aforo / Volumen de alicuota)
- 1.2446 = Factor gravimétrico (ZnO / Zn)

$$\% \text{ ZnO} = \frac{\text{Gasto EDTA (fuerte)} \times \text{factor EDTA}}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

5.3.- DETERMINACION DEL % DE Zn METALICO

Pesar 10.0 g de muestra en un Erlenmeyer de 300 ml y añadir 50 ml ácido acético (1:1) (CH₃COOH), hervir por espacio de 15 minutos. Filtrar en papel Whatman # 40. Lavar de 5 a 6 veces con agua caliente. Trasvasar el papel de filtro a un vaso de 250 ml. Añadir 3 ml de HNO₃ concentrado. Lavar y enfriar.

Diluir con 50 ml de agua destilada y agregar 20 ml de solución Buffer (10.7 pH) más dos gotas de indicador Negro de Eriocromo. Titular con solución débil de EDTA (0.05 M) hasta azul claro. Acompañar de un blanco.

$$\% \text{ Zn} = \frac{\text{Gasto EDTA (débil)} \times f}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

1.- OBJETIVO

Este procedimiento describe la metodología a seguir para la determinación del % de humedad, % de materia volátil y % de pérdida de ignición en muestras de óxido de zinc utilizando el análisis gravimétrico.

2.- ALCANCE

Este procedimiento será aplicado por el Area de Laboratorio de Control de Calidad.

3.- RESPONSABILIDAD

La implementación de este documento será responsabilidad de la U.O. Control de Calidad.

4.- DOCUMENTOS / REFERENCIAS

Procedimiento para el Análisis de Muestras de Oxido de Zinc.

5.- DESCRIPCION**5.1.- DETERMINACION DEL % DE HUMEDAD EN ZnO**

Pesar alrededor de 2.0 g de muestra de ZnO en un crisol de porcelana, secar en estufa durante 60 minutos a una temperatura de 100 - 110 °C. Finalmente, enfriar en desecador y pesar.

W_c = Peso de crisol limpio y seco.

W_m = Peso crisol + muestra inicial.

W_t = Peso crisol + muestra seca.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(W_m - W_t)}{(W_m - W_c)} \times 100$$

5.2.- DETERMINACION DEL % DE MATERIA VOLATIL EN ZnO

Pesar alrededor de 2.0 g de muestra en un crisol de porcelana, calcinar en mufla a 950 °C durante 20 minutos. Finalmente, enfriar en desecador y pesar.

W_c = Peso crisol limpio y seco.

W_m = Peso crisol + muestra inicial.

W_t = Peso crisol + muestra calcinada

$$\% \text{ Materia Volátil} = \frac{(W_m - W_t)}{(W_m - W_c)} \times 100 - \% \text{ Humedad}$$

5.3.- DETERMINACION DEL % DE PERDIDA POR IGNICION EN ZnO

Pesar alrededor de 2.0 g de muestra en un crisol de porcelana y calcinar a 850 °C durante 60 minutos. Finalmente, enfriar en desecador y pesar.

W_c = Peso crisol limpio y seco.

W_m = Peso crisol + muestra inicial.

W_t = Peso crisol + muestra calcinada.

$$\% \text{ Pérdida por ignición} = \frac{(W_m - W_t)}{(W_m - W_c)} \times 100$$

NOTA:

Secar los crisoles a temperatura de análisis antes de cada ensayo.

| | | |
|--|--|----------------------|
| <p>IEQSA LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD</p> | <p>CONCENTRACION DEL ION HIDROGENO DETERMINACION DE pH EN OXIDO DE ZINC (Método electrométrico)</p> | <p>ENE-96</p> |
|--|--|----------------------|

1.- OBJETIVO

Este documento explica la metodología que se seguirá para realizar la determinación del pH en el óxido de zinc.

2.- ALCANCE

Este procedimiento será aplicado por el área de Laboratorio de Control de Calidad.

3.- RESPONSABILIDAD

La implementación de este documento será responsabilidad de la U.O. Control de Calidad.

4.- DOCUMENTOS/REFERENCIAS

ASTM E 70 - 77 : Medición de pH en soluciones acuosas con electrodo de vidrio.

ASTM D 1208 - 78: Propiedades comunes de ciertos pigmentos.

5.- INSTRUMENTO

pH-metro **COLD/PARMER** (Modelo 59000-00), precisión de ± 0.2 unidades.

6.- PROCEDIMIENTO

6.1.- CALIBRACION DEL PH METRO

Lavar el electrodo del pH metro con agua destilada antes de cada medición.

Colocar 80 ml de solución buffer pH 7 en un vaso de 150 ml. Introducir el pH-metro con una profundidad máxima de 2 cm y encenderlo (no encender el pH-metro fuera de una solución).

Esperar a que se estabilice la lectura, presionar el botón **CAL** (La pantalla va a parpadear continuamente), espere un momento. Presionar seguidamente el botón **HOLD/CON**.

| | | |
|---|---|---------------|
| IEQSA LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD | CONCENTRACION DEL ION HIDROGENO DETERMINACION DE pH EN OXIDO DE ZINC (Método electrométrico) | ENE-96 |
|---|---|---------------|

na vez estabilizada la lectura, apagar y sacar el pH-metro.

6.2.- MEDICION DEL PH EN OXIDO

Pesar cerca de 5 gramos con una aproximación de 10 mg, colocarlo en un vaso de precipitado de 150 ml , y adicionar 50ml de agua destilada **recientemente hervida** para remover el dióxido de carbono.

Mezclar bien por medio de una varilla de vidrio o agitador y enfriar cerca a 25 °C.

Calibrar el pH-metro. Introducirlo en la solución (**con agitación constante**) y registrar la lectura.

1.- OBJETIVO

Este documento explica la metodología que se seguirá para realizar la determinación de azufre en óxido de zinc.

2.- ALCANCE

Este procedimiento será aplicado por el área de Laboratorio de Control de Calidad.

3.- RESPONSABILIDAD

La implementación de este documento será responsabilidad de la U.O. Control de Calidad.

4.- DOCUMENTOS/REFERENCIAS

ASTM D 3280 : Procedimiento de análisis.

5.- DESCRIPCION**5.1.- REACTIVOS**

- Agua de Bromo (Saturada).
- Aluminio reactivo de grado granular.
- Solución de Cloruro de Bario (Disolver 117 g de $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en agua y diluir en 1 litro).
- HCl.
- NH_4OH .
- Agua destilada.

5.2.- APARATOS

- 02 Vasos de precipitado de 400 ml.
- Embudo de filtración.
- Papel de filtro Whatman N°42.
- Probeta de 100 ml.

- Gotero.
- Luna de reloj \varnothing 12 cm.
- Balanza analítica.
- Mufla.
- Plancha de calentamiento.

5.3.- PROCEDIMIENTO

Pesar 10 g de muestra con aproximación de 0.1 mg en un vaso de precipitado de 400 ml.

Adicionar 50 ml de agua de bromo saturada, 100 ml de agua destilada, y 35 ml de HCl. Hervir hasta que todo el bromuro haya sido eliminado, enfriar y agregar 1 g de aluminio granular.

Calentar hasta ebullición, filtrar y lavar con abundante agua destilada fría.

Diluir el filtrado hasta 250 ml con agua destilada, neutralizar con NH_4OH y adicionar 6 gotas de HCl. Calentar a ebullición y agregar 25 ml de solución de BaCl_2 caliente con agitación constante.

Dejar reposar en lugar caliente por espacio de 24 horas.

Filtrar utilizando papel de filtro Whatman N°42 y lavar con abundante agua destilada caliente.

Secar y calcinar en mufla a 650°C durante 60 min.

Enfriar y pesar como BaSO_4 .

5.4 CALCULOS :

Calcular el porcentaje de Azufre(S) como sigue:

IEQSA

LABORATORIO
CONTROL DE CALIDAD

**DETERMINACION DE AZUFRE EN
OXIDO DE ZINC**

ENE-96

$$\%S = \frac{P \times 0.1374}{S} \times 100$$

S

Donde :

- P** : gramos de BaSO₄ precipitado,
S : gramos de muestra utilizada, y
0.1374 : peso molecular del S(32.064)/peso molecular del BaSO₄(233.43).

APENDICE D.

Formatos.

- D.1 Reporte de carga.**
- D.2 Programa de cargas y descargas.**
- D.3 Control de zinc electrolítico.**
- D.4 Control de producción.**
- D.5 Control químico de zinc SHG vs ZnO.**
- D.6 Control de proceso de la línea piloto.**

FORMATO D.1
REPORTE DE CARGA

FECHA 16/04/95

| LINEA | HORA | CARGA | | | OXIDACION (hr) | | ESCORIA (kg) | | HORNERO | |
|-------|-------|--------------------|-----------|----------------------|----------------|-------|--------------|----------|---------|-----------|
| | | ZINC ELECTROLITICO | | Cantidad Lingotes | INICIO | FIN | BLANCA | AMARILLA | Código | Apellido |
| | | CODIGO | PESO (kg) | | | | | | | |
| 4A | 7:00 | CP | 1,451 | 10 | 7:38 | 11:00 | 1 | 3 | 179 | Farias |
| | 11:00 | MP | 1,051 | 11 | 11:40 | 15:00 | 1 | 3 | 179 | Farias |
| | 15:00 | MP | 1,004 | 11 | 15:42 | 19:00 | 1 | 3 | 210 | Quihui |
| | 19:00 | MP | 1,004 | 11 | 19:40 | 23:00 | 2 | 3 | 255 | Sifuentes |
| | 23:00 | MP | 1,037 | 12 | 23:39 | 3:00 | 1 | 3 | 309 | Rojas |
| | 3:00 | MP | 1,040 | 12 | 3:43 | 7:00 | 2 | 3 | 309 | Rojas |
| 4B | 7:30 | CP | 1,451 | 11 | 8:10 | 13:30 | 1 | 3 | 179 | Farias |
| | 13:30 | MP | 1,004 | 10 | 14:15 | 19:30 | 1 | 3 | 240 | Laura |
| | 19:30 | MP | 1,004 | 10 | 20:14 | 1:30 | 2 | 3 | 210 | Quihui |
| | 1:30 | MP | 1,040 | 12 | 2:09 | 7:30 | 1 | 3 | 309 | Rojas |

CONSUMO GENERAL DE PETROLEO POR LINEA

LECTURA DE CONTOMETRO

| TURNO | INICIO | TERMINO | CONSUMO (gal) |
|-------|--------|---------|---------------|
| 1 | 3015 | 3059 | 44 |
| 2 | 3059 | 3106 | 47 |
| 3 | 3106 | 3154 | 46 |

| | |
|-------|-----|
| TOTAL | 137 |
|-------|-----|

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|----|------|----|-------|-------|---|---|-----|-----------|
| 7A | 8:00 | CP | 1451 | 10 | 8:45 | 12:00 | 2 | 4 | 240 | Laura |
| | 12:00 | MP | 1000 | 10 | 12:40 | 16:00 | 1 | 4 | 240 | Laura |
| | 16:00 | MP | 1033 | 11 | 16:42 | 20:00 | 2 | 4 | 255 | Sifuentes |
| | 20:00 | MP | 1033 | 10 | 20:44 | 0:00 | 2 | 3 | 210 | Quihui |
| | 0:00 | MP | 1017 | 11 | 0:39 | 4:00 | 1 | 3 | 309 | Rojas |
| | 4:00 | MP | 1029 | 10 | 4:41 | 8:00 | 1 | 3 | 309 | Rojas |
| 7B | 8:30 | CP | 1451 | 10 | 9:15 | 14:30 | 2 | 4 | 240 | Laura |
| | 14:30 | MP | 1033 | 9 | 15:08 | 20:30 | 1 | 4 | 240 | Laura |
| | 20:30 | MP | 1026 | 10 | 21:18 | 2:30 | 1 | 4 | 210 | Quihui |
| | 2:30 | MP | 1017 | 10 | 3:10 | 8:30 | 1 | 3 | 284 | Paredes |
| 7C | 9:00 | CP | 1451 | 9 | 9:40 | 13:00 | 2 | 4 | 179 | Farias |
| | 13:00 | MP | 1000 | 9 | 13:45 | 17:00 | 1 | 4 | 179 | Farias |
| | 17:00 | MP | 1033 | 11 | 17:42 | 21:00 | 2 | 4 | 210 | Quihui |
| | 21:00 | MP | 1017 | 10 | 21:40 | 1:00 | 1 | 4 | 255 | Sifuentes |
| | 1:00 | MP | 1017 | 12 | 1:44 | 5:00 | 2 | 3 | 309 | Rojas |
| | 5:00 | MP | 1038 | 10 | 5:45 | 9:00 | 1 | 3 | 204 | Paredes |

CONSUMO GENERAL DE PETROLEO POR LINEA

LECTURA DE CONTOMETRO

| TURNO | INICIO | TERMINO | CONSUMO (gal) |
|-------|--------|---------|---------------|
| 1 | 41134 | 41229 | 95 |
| 2 | 41229 | 41234 | 95 |
| 3 | 41324 | 41420 | 96 |

| | |
|-------|-----|
| TOTAL | 286 |
|-------|-----|

**FORMATO D.3
PRODUCCION DE OXIDO DE ZINC
POR CALIDAD**

Fecha 15/05/95

| Linea | TURNO | Zn SHG (kg) | PETROLEO (gal) | OXIDO CRUDO (kg) | ESCORIA AMARILLA (kg) | Zona | Des car ga | PRODUCCION POR CALIDADES | | | | | | | | | | |
|-------|-----------|----------------|-------------------|------------------------|-----------------------------|-------|------------------|--------------------------|----|------|-----|----|----|----|----|----|-----|--|
| | | | | | | | | A | | S | | LS | | LM | | LC | | |
| | | | | | | | | kg | lb | kg | lb | kg | lb | kg | lb | kg | | |
| 4 | 3T | 644.6 | 54 | 1 | 20 | A | I | 345 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | II | 436 | | | | | | | | | | |
| | 2T | 346.7 | 50 | 2 | 14 | | III | 435 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | B | I | | | 127 | | | | | | | |
| | 1T | 589.4 | 47 | 1 | 18 | II | | | | 128 | | | | | | | | |
| | | | | | | III | | | | 126 | | | | | | | | |
| | Sub total | 1580.7 | 151 | | 4 | 52 | C | I | | | | | | | | | 157 | |
| | | | | | | II | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | III | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 3T | 923.2 | 87 | 2 | 40 | A | I | 754 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | II | 755 | | | | | | | | | | |
| | 2T | 1045.7 | 87 | 1 | 40 | | III | 756 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | B | I | | | 277 | | | | | | | |
| | 1T | 765.8 | 82 | 1 | 24 | II | | | | 279 | | | | | | | | |
| | | | | | | III | | | | 278 | | | | | | | | |
| | Sub total | 2734.7 | 256 | | 4 | 104 | C | I | | | | | | | | | 241 | |
| | | | | | | II | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | III | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | | | | | TOTAL | | 3481 | 0 | 1215 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 398 | |

SUPERVISOR

VºBº

FORMATO D.4
CONTROL QUIMICO DE ZINC SHG vs ZnO

FECHA 4/12/95

| LINEA | DESCARGA | LOTE | CANTIDAD (kg) | Zn SHG (ppm) | | | | ZnO (ppm) | | | | ZONA | CALIDAD | |
|-------|----------|---------|------------------|--------------|----|----|----|-----------|----|----|----|------|---------|--|
| | | | | Pb | Cd | Fe | Cu | Pb | Cd | Fe | Cu | | | |
| 4 | I | CP-559 | 644.7 | 10 | 2 | 3 | 7 | 6 | 2 | 1 | 1 | A | A | |
| | | | | | | | | 6 | 2 | 1 | 1 | B | S | |
| | | | | | | | | 5 | 3 | 5 | 1 | C | LC | |
| | II | CP-681 | 650.4 | 9 | 2 | 3 | 2 | 8 | 2 | 1 | 1 | A | A | |
| | | | | | | | | 9 | 2 | 1 | 1 | B | S | |
| | | | | | | | | | | | | C | | |
| | III | CP-608 | 654.8 | 8 | 2 | 2 | 2 | 6 | 3 | 1 | 1 | A | A | |
| | | | | | | | | 6 | 3 | 1 | 1 | B | S | |
| | | | | | | | | | | | | C | | |
| 6 | I | MP-1509 | 388.1 | 5 | 4 | 2 | 3 | 6 | 3 | 1 | 1 | A | A | |
| | | | | | | | | 6 | 3 | 1 | 1 | B | S | |
| | | | | | | | | 9 | 2 | 4 | 1 | C | LC | |
| | II | MP-1478 | 395.0 | 6 | 5 | 2 | 2 | 6 | 4 | 1 | 1 | A | A | |
| | | | | | | | | 5 | 5 | 1 | 1 | B | S | |
| | | | | | | | | | | | | C | | |
| | III | MP-1450 | 389.7 | 5 | 5 | 3 | 2 | 6 | 4 | 1 | 1 | A | A | |
| | | | | | | | | 5 | 4 | 1 | 1 | B | S | |
| | | | | | | | | | | | | C | | |
| 7 | I | MP-1509 | 923.7 | 5 | 4 | 2 | 3 | 9 | 3 | 1 | 1 | A | A | |
| | | | | | | | | 8 | 3 | 1 | 1 | B | S | |
| | | | | | | | | 11 | 2 | 6 | 1 | C | LC | |
| | II | MP-1564 | 936.5 | 6 | 4 | 2 | 3 | 6 | 4 | 1 | 1 | A | A | |
| | | | | | | | | 6 | 3 | 1 | 1 | B | S | |
| | | | | | | | | | | | | C | | |
| | III | MP-1500 | 950.4 | 5 | 5 | 2 | 3 | 5 | 5 | 2 | 1 | A | A | |
| | | | | | | | | 6 | 4 | 1 | 1 | B | S | |
| | | | | | | | | 5 | 5 | 5 | 1 | C | LC | |
| | I | | | | | | | | | | | A | | |
| | | | | | | | | | | | | B | | |
| | | | | | | | | | | | | C | | |
| | II | | | | | | | | | | | | A | |
| | | | | | | | | | | | | | B | |
| | | | | | | | | | | | | | C | |
| III | | | | | | | | | | | | A | | |
| | | | | | | | | | | | | B | | |
| | | | | | | | | | | | | C | | |
| | I | | | | | | | | | | | | A | |
| | | | | | | | | | | | | | B | |
| | | | | | | | | | | | | | C | |
| | II | | | | | | | | | | | | A | |
| | | | | | | | | | | | | | B | |
| | | | | | | | | | | | | | C | |
| III | | | | | | | | | | | | A | | |
| | | | | | | | | | | | | B | | |
| | | | | | | | | | | | | C | | |

 SUPERVISOR

 V°B°

FORMATO D.5
PROGRAMA DE CARGAS Y DESCARGAS

| HORA | LINEA #1 | | | LINEA #7 | | | |
|-------|----------|---|-----|----------|---|---|-----|
| | A | B | D | A | B | C | D |
| 7:00 | X | | | X | | | |
| 7:30 | | | ABC | | | | ABC |
| 8:00 | | X | | | X | | |
| 8:30 | | | | | | | |
| 9:00 | | | | | | X | |
| 9:30 | | | | | | | |
| 10:00 | | | | | | | |
| 10:30 | | | | | | | |
| 11:00 | X | | | X | | | |
| 11:30 | | | | | | | |
| 12:00 | | | | | | | |
| 12:30 | | | | | | | |
| 13:00 | | | | | | X | |
| 13:30 | | | | | | | |
| 14:00 | | | | | X | | |
| 14:30 | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|
| 15:00 | X | | | X | | | |
| 15:30 | | | A | | | | |
| 16:00 | | X | | | | | A |
| 16:30 | | | | | | | |
| 17:00 | | | | | | X | |
| 17:30 | | | | | | | |
| 18:00 | | | | | | | |
| 18:30 | | | | X | | | |
| 19:00 | X | | | | | | |
| 19:30 | | | | | | | |
| 20:00 | | | | | X | | |
| 20:30 | | | | | | | |
| 21:00 | | | | | | X | |
| 21:30 | | | | | | | |
| 22:00 | | | | | | | |
| 22:30 | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|
| 23:00 | X | | | X | | | |
| 23:30 | | | A | | | | A |
| 0:00 | | X | | | | | |
| 0:30 | | | | | | | |
| 1:00 | | | | | | X | |
| 1:30 | | | | | | | |
| 2:00 | | | | | X | | |
| 2:30 | | | | | | | |
| 3:00 | X | | | X | | | |
| 3:30 | | | | | | | |
| 4:00 | | | | | | | |
| 4:30 | | | | | | | |
| 5:00 | | | | | | | |
| 5:30 | | | | | | X | |
| 6:00 | | | | | | | |
| 6:30 | | | | | | | |

Nota A, B, C = descarga de mangas, cuartos y ciclón respectivamente.

**FORMATO D.6
CONTROL DE PROCESO LINEA PILOTO**

FECHA : / /

| HORA | TEMPERATURA (°C) | | PRESION (psi) | | | REGULADOR DE PETROLEO | COMPUERTA SOPLADOR | TEMPERATURA (°C) | | No FILTRO | Nivel R6 (pulg) |
|-------|------------------|-----------|---------------|-------|-----------|--------------------------|-----------------------|------------------|-----|--------------|--------------------|
| | TANQUE | PRECALEN. | PETROLEO* | ALVIO | AIRE COMP | | | H-A | H-B | | |
| 7:00 | | | | | | | | | | | |
| 7:30 | | | | | | | | | | | |
| 8:00 | | | | | | | | | | | |
| 8:30 | | | | | | | | | | | |
| 9:00 | | | | | | | | | | | |
| 9:30 | | | | | | | | | | | |
| 10:00 | | | | | | | | | | | |
| 10:30 | | | | | | | | | | | |
| 11:00 | | | | | | | | | | | |
| 11:30 | | | | | | | | | | | |
| 12:00 | | | | | | | | | | | |
| 12:30 | | | | | | | | | | | |
| 1:00 | | | | | | | | | | | |
| 1:30 | | | | | | | | | | | |
| 2:00 | | | | | | | | | | | |
| 2:30 | | | | | | | | | | | |
| 3:00 | | | | | | | | | | | |
| 3:30 | | | | | | | | | | | |
| 4:00 | | | | | | | | | | | |
| 4:30 | | | | | | | | | | | |
| 5:00 | | | | | | | | | | | |
| 5:30 | | | | | | | | | | | |
| 6:00 | | | | | | | | | | | |
| 6:30 | | | | | | | | | | | |
| 7:00 | | | | | | | | | | | |
| 7:30 | | | | | | | | | | | |
| 8:00 | | | | | | | | | | | |
| 8:30 | | | | | | | | | | | |
| 9:00 | | | | | | | | | | | |
| 9:30 | | | | | | | | | | | |
| 10:00 | | | | | | | | | | | |
| 10:30 | | | | | | | | | | | |
| 11:00 | | | | | | | | | | | |
| 11:30 | | | | | | | | | | | |
| 12:00 | | | | | | | | | | | |
| 12:30 | | | | | | | | | | | |
| 1:00 | | | | | | | | | | | |
| 1:30 | | | | | | | | | | | |
| 2:00 | | | | | | | | | | | |
| 2:30 | | | | | | | | | | | |
| 3:00 | | | | | | | | | | | |
| 3:30 | | | | | | | | | | | |
| 4:00 | | | | | | | | | | | |
| 4:30 | | | | | | | | | | | |
| 5:00 | | | | | | | | | | | |
| 5:30 | | | | | | | | | | | |
| 6:00 | | | | | | | | | | | |
| 6:30 | | | | | | | | | | | |

* ENTRADA AL QUEMADOR

APENDICE E.

Propiedades de algunos elementos químicos

E. PROPIEDADES FISICAS DE ALGUNOS ELEMENTOS QUIMICOS

| Elemento | Densidad (g/cc) | Punto de Fusión (°C) | Punto de Ebullición (°C) |
|----------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Pb | 11.4 | 327.4 | 1725 |
| Cd | 8.65 | 320.9 | 765 |
| Fe | 7.86 | 1536 | 3000 |
| Cu | 8.96 | 1083 | 2595 |
| Ti | 4.51 | 1668 | 3260 |
| Al | 2.70 | 660 | 2450 |
| Mg | 1.74 | 650 | 1107 |
| Mn | 7.43 | 1245 | 2150 |
| In | 7.31 | 156.2 | 2000 |
| S | 2.07 | 44.2 | 280 |
| V | 5.87 | 1890 | 3380 |

APENDICE F.

Clasificación de la calidad del Oxido de Zinc IEQSA

F. CLASIFICACION DE LA CALIDAD DEL OXIDO DE ZINC IEQSA

I. Nivel Físico

| Calidad | Aspecto Físico | Procedencia |
|-------------|---|------------------------------------|
| Varistor, A | hasta 3 partículas (sólidas + metálicas) | descarga de mangas |
| S | hasta 3 partículas (sólidas + metálicas) | descarga de cuartos |
| LS | de 4 a 8 partículas (sólidas) | descarga de mangas o cuartos |
| LM | de 4 a 8 partículas (metálicas) | descarga de mangas o cuartos |
| LC | partículas sólidas y metálicas en cantidad apreciable | descarga de ciclón |

II. Nivel Químico

| Nivel | Pb | Cd | Fe | Cu |
|----------|----------|---------|---------|---------|
| Varistor | ≤ 10 ppm | ≤ 4 ppm | ≤ 5 ppm | ≤ 2 ppm |
| I | ≤ 20 ppm | ≤ 5 ppm | ≤ 5 ppm | ≤ 2 ppm |
| II | > 20 ppm | > 5 ppm | > 5 ppm | > 2 ppm |

APENDICE G.

Hojas técnicas de los productos y subproductos de IEQSA.

G.1 Oxido de zinc VARISTOR.

G.2 Oxido de zinc SELLO DORADO.

G.3 Oxido de zinc SELLO DORADO TIPO B.

G.4 Oxido de zinc OFF GRADE.

G.5 Oxido de zinc RESIDUAL.

G.6 Ceniza de zinc en polvo.

G.7 SELLOS INTERNACIONALES.

Tabla G.1
HOJA TECNICA VARISTOR

1. ANALISIS QUIMICO

| ENSAYO | PROMEDIO (%) | GARANTIZADO (%) |
|---------------|---------------------|------------------------|
| ZnO | 99.9 | 99.8 mín. |
| Zn metálico | 0.10 | 0.20 máx. |
| Pb | 0.0006 - 0.0008 | 0.0010 máx. |
| Cu | 0.0001 - 0.0002 | 0.0002 máx. |
| Cd | 0.0001 - 0.0004 | 0.0004 máx. |
| Fe | 0.0001 - 0.0002 | 0.0003 máx. |
| Cl | 0.0005 - 0.0040 | 0.0040 máx |
| S | NIL a 0.0050 | 0.0050 máx. |
| Mn | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Al | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Mg | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Ti | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Sn | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Ni | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Co | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Bi | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| In | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Mo | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |

2. OTRAS CARACTERISTICAS

| | | |
|--------------------------|----------------------------------|------------|
| a) pH (10 % sol. acuosa) | 7.3 - 7.6 | 7.5 prom. |
| b) Materia Volátil | 0.20 - 0.30 | 0.30 máx. |
| c) Pérdida por Ignición | 0.20 | 0.30 máx |
| d) Solubles en Agua | 0.03 - 0.08 | 0.10 máx |
| e) Solubilidad en HCl | 100 | 99.9 mín. |
| f) Peso específico | 5.60 gr / cc | 5.57 gr/cc |
| g) Humedad | 0.10 - 0.20 | 0.20 máx. |
| h) Area superficial | 5.80 - 9.00 m ² / gr. | * |

* El dato de área superficial es obtenido de varias pruebas correspondientes a diferentes muestras, presentadas por los clientes de IEQSA en Japón, EE.UU. y Europa. Si estas características son de particular importancia en sus aplicaciones, favor consultar específicamente.

Tabla G.2
OXIDO DE ZINC SELLO DORADO
HOJA TECNICA

1. ANALISIS QUIMICO

| ENSAYO | PROMEDIO (%) | GARANTIZADO (%) |
|---------------|---------------------|------------------------|
| ZnO | 99.9 | 99.8 mín. |
| Zn metálico | 0.10 | 0.20 máx. |
| Pb | 0.0006 - 0.0015 | 0.0020 máx. |
| Cu | 0.0001 - 0.0002 | 0.0002 máx. |
| Cd | 0.0001 - 0.0004 | 0.0005 máx. |
| Fe | 0.0001 - 0.0002 | 0.0005 máx. |
| Cl | 0.0005 - 0.0040 | 0.0040 máx. |
| S | NIL a 0.0050 | 0.0050 máx. |
| Mn | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Al | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Mg | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Ti | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Sn | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Ni | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Co | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Bi | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| In | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Mo | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |

2. OTRAS CARACTERISTICAS

| | | |
|--------------------------|----------------------------------|------------|
| a) pH (10 % sol. acuosa) | 7.3 - 7.6 | 7.5 prom. |
| b) Materia Volátil | 0.20 - 0.30 | 0.30 máx. |
| c) Pérdida por Ignición | 0.20 | 0.30 máx. |
| d) Solubles en Agua | 0.03 - 0.08 | 0.10 máx. |
| e) Solubilidad en HCl | 100 | 99.9 mín. |
| f) Peso específico | 5.60 gr / cc | 5.57 gr/cc |
| g) Humedad | 0.10 - 0.20 | 0.20 máx. |
| h) Area superficial | 4.70 - 6.00 m ² / gr. | * |

* El dato de área superficial es obtenido de varias pruebas correspondientes a diferentes muestras, presentadas por los clientes de IEQSA en Japón, EE.UU. y Europa. Si estas características son de particular importancia en sus aplicaciones, favor consultar específicamente.

3. GRANULOMETRIA

a) Malla - 325 100 % 99.96 mín

b) Tamaño de Partícula 0.20 - 0.40 μm

c) Análisis Típico Granulométrico ASTM D-79 (USA)

| | Diámetro (mm) | Partículas (%) |
|-------------|---------------|----------------|
| Mayor que : | 38.0 | 0.0 |
| | 7.0 | 5.0 |
| | 4.0 | 2.0 |
| | 2.0 | 2.0 |
| | 1.0 | 3.0 |
| | 0.9 | 4.0 |
| | 0.6 | 11.0 |
| | 0.2 | 7.0 |
| Menor que : | 0.2 | 66.0 |

Análisis Típico Granulométrico (JAPON)

| | Diámetro (mm) | Partículas (%) |
|-------------|---------------|----------------|
| Mayor que : | 3.0 | 1.2 |
| | 2.0 | 0.9 |
| | 1.5 | 2.4 |
| | 1.0 | 4.1 |
| | 0.8 | 10.9 |
| | 0.6 | 31.5 |
| | 0.4 | 36.7 |
| Menor que : | 0.2 | 12.3 |

Los datos mencionados anteriormente del análisis granulométrico fueron obtenidos por dos laboratorios en dos diferentes tipos de muestra.

Tabla G.3
OXIDO DE ZINC SELLO DORADO TIPO "B"
HOJA TECNICA

1. COMPOSICION QUIMICA

| ENSAYO | PROMEDIO (%) | GARANTIZADO (%) |
|---------------|---------------------|------------------------|
| ZnO | 99.80 - 99.90 | 99.80 mín. |
| Zn metálico | 0.08 - 0.10 | 0.10 máx. |
| Pb | 0.0006 - 0.0008 | 0.0020 máx. |
| Cu | 0.0001 - 0.0002 | 0.0002 máx. |
| Cd | 0.0001 - 0.0004 | 0.0005 máx. |
| Fe | 0.0001 - 0.0002 | 0.0005 máx. |
| Cl | 0.0005 - 0.0040 | 0.0040 máx |
| S | NIL a 0.0050 | 0.0050 máx. |
| Mn | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Al | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Mg | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Ti | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Sn | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Ni | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Co | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Bi | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| In | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |
| Mo | NIL a 0.0001 | 0.0001 máx. |

2. OTRAS CARACTERISTICAS

| | | |
|--------------------------|-------------|------------|
| a) pH (10 % sol. acuosa) | 7.3 - 7.6 | 7.5 prom. |
| b) Materia Volátil | 0.20 - 0.30 | 0.30 máx. |
| c) Pérdida por Ignición | 0.20 | 0.30 máx |
| d) Solubles en Agua | 0.03 - 0.08 | 0.10 máx |
| e) Solubilidad en HCl | 100 | 99.9 mín. |
| g) Humedad | 0.10 - 0.20 | 0.20 máx. |
| h) Malla - 325 | 99.90 | 99.80 mín. |

Tabla G.4
OXIDO DE ZINC OFF GRADE
HOJA TECNICA

1. COMPOSICION QUIMICA

| ENSAYO | GARANTIZADO (%) |
|---------------|------------------------|
| ZnO | 96.5 mín. |
| Zn metálico | 1.75 máx. |
| Pb | 0.0020 máx. |
| Cd | 0.0004 máx. |
| Fe | 0.0100 máx. |
| Cu | 0.0010 máx. |
| Mg | 0.0005 máx. |
| Al | 0.0080 máx. |
| Ni | 0.0001 máx. |
| Co | 0.0001 máx. |
| In | 0.0001 máx. |
| Mn | 0.0003 máx. |
| Bi | 0.0001 máx. |
| Ti | 0.0001 máx. |
| Sn | 0.0001 máx. |
| Mo | 0.0001 máx. |

2. OTRAS CARACTERISTICAS

| | |
|-----------------------|------------|
| a) Humedad | 0.40 máx. |
| b) Malla -100 | 31.00 mín. |
| c) Malla - 1/16 | 100 |
| d) Solubilidad en HCl | 95.00 máx. |

Tabla G.5
OXIDO DE ZINC RESIDUAL
HOJA TECNICA

1. COMPOSICION QUIMICA

| ENSAYO | MINIMO (%) | PROMEDIO (%) | MAXIMO (%) |
|---------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| ZnO | 80.00 | 86.00 | 95.00 |
| Zn metálico | 2.00 | 12.00 | 20.00 |
| Pb | 0.0050 | 0.0150 | 0.0700 |
| Cd | 0.0001 | 0.0002 | 0.0004 |
| Fe | 0.0350 | 0.1040 | 0.1800 |
| Cu | 0.0040 | 0.0080 | 0.0140 |
| Mg | 0.0020 | 0.0040 | 0.0070 |
| Al | 0.0060 | 0.0300 | 0.0600 |
| Ni | 0.0003 | 0.0005 | 0.0006 |
| Co | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 |
| In | Nil | Nil | 0.0001 |
| Mn | 0.0008 | 0.0012 | 0.0015 |
| Bi | 0.0001 | 0.0002 | 0.0002 |
| Ti | 0.0010 | 0.0025 | 0.0040 |
| Sn | Nil | Nil | 0.0001 |
| Mo | Nil | Nil | 0.0001 |

2. OTRAS CARACTERISTICAS

| | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| a) Solubilidad en HCl | 87.67 | 97.70 | 97.88 |
| g) Malla - 100 | 34.00 | 41.00 | 52.00 |
| h) Malla - 1/8 | 100 | 100 | 100 |

Tabla G.6
CENIZA DE ZINC EN POLVO
HOJA TECNICA

1. COMPOSICION QUIMICA

| ENSAYO | MINIMO (%) | PROMEDIO (%) | MAXIMO (%) |
|---------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| ZnO | 49.00 | 53.90 | 65.00 |
| Zn metálico | 29.00 | 43.00 | 50.00 |
| Pb | 0.3000 | 0.4500 | 0.7000 |
| Cd | 0.0120 | 0.0160 | 0.0220 |
| Fe | 0.1000 | 0.1400 | 0.2100 |
| Cu | 0.0040 | 0.0070 | 0.0110 |
| Al | 0.0380 | 0.1250 | 0.2900 |
| Ti | 0.0034 | 0.0460 | 0.1500 |
| Mg | 0.0240 | 0.0310 | 0.0370 |
| Mn | 0.0030 | 0.0038 | 0.0050 |
| Ni | 0.0003 | 0.0006 | 0.0010 |
| Co | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 |
| Sn | Nil | Nil | 0.0001 |
| Mo | Nil | Nil | 0.0001 |
| Bi | Nil | Nil | 0.0001 |
| In | 0.0001 | 0.0001 | 0.0004 |

2. OTRAS CARACTERISTICAS

| | | | |
|----------------|-----|-----|-----|
| a) Malla - 1/4 | 100 | 100 | 100 |
|----------------|-----|-----|-----|

Norkem

Product Information

ZINC OXIDE HIGH PURITY

(BP/USP)

Assays:-

| | <u>Typical</u> | <u>Guaranteed</u> |
|------------------|-----------------|-------------------|
| ZnO | 99.9 | 99.8 % min ✓ |
| Total Impurities | 0.09 | 0.2 % max |
| SO ₂ | 0.0070 | 0.0080 % max |
| PbO | 0.0002 - 0.0005 | 0.0020 % max |
| Pb | 0.0003 - 0.003 | 0.0030 % max ✓ |
| Cu | 0.0001 | 0.0002 % max ✓ |
| Ca | 0.0001 | 0.0005 % max ✓ |
| Fe | 0.0001 | 0.0002 % max ✓ |
| Cl | 0.0030 | 0.0035 % max |
| S | 0.0030 | 0.0050 % max |
| Mn | 0 | 0.0001 % max |

Other Characteristics:-

| | | |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| pH value | 7.5 | 7.5 |
| Volatiles | 0.20 - 0.30 | 0.30 % max ✓ |
| Loss on Ignition | 0.20 | 0.5 % max ✓ |
| Water Soluble element | 0.03 - 0.08 | 0.1 % max |
| Solubility in HCL | 100 | 99.9 % min ✓ |
| Specific weight | 5.6 g/cm ³ | 5.57 g/cm ³ |
| Moisture | 0.1 - 0.2 | 0.3 % max ✓ |
| Average particle size | 0.3 μm - 0.4 μm | |

ZZ12/1/93

1st Issue



ZINC OXIDE HIGH PURITY

TYPE 'B'

| | |
|-------------------|----------------------|
| ZnO | 99.8 % Min. |
| Metallic Zinc | 0.088 - 0.099 % Avg. |
| Pb | 0.0020 % Max. |
| Cd | 0.0004 % Max. |
| Fe | 0.0005 % Max. |
| Cu | 0.0002 % Max. |
| Solubility in Hcl | 99.80 % Min |
| - 325 Mesh | 99.88 - 99.91% |

ZZ12/2/93

APENDICE I.

Reducción de costos de producción de óxido de zinc.