



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

**ESTUDIO DE MERCADO Y REVISION DE
TECNOLOGIAS EXISTENTES PARA LA
INDUSTRIA DE ZINC EN MEXICO.**

TESIS PROFESIONAL

MIGUEL GAVILAN SEDEÑO

INGENIERO QUIMICO

México, D. F.

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Página
<u>Introducción</u>	
Antecedentes históricos	1-3
Recursos naturales	3-7
Empresas mineras	8-11
I).- Producción nacional de zinc	12-21
A).- Volumen y valor	12-17
B).- Capacidad instalada en unidades mineras.	18-21
II).- Consumo y su proyección por modelo matemático de ajuste.	22-26
III).- Exportaciones de zinc	27-32
IV).- Usos del zinc en México	36-37
A. Patrones de uso del zinc	37
B. Precios y hábitos de compra	38-40
V).- Substitutos principales	44
VI).- Empresas consumidoras de zinc en el país.	41-43
A. Especificaciones de calidad	45-46
B. Propiedades físicas	47
VII).- Revisión de tecnologías	48-131
A. Sistema de tostación	48- 66
1. Consideraciones teóricas de la tostación	53-54
2. Tostadores de hogares múltiples	55-57
3. Tostación instantanea	58-61
4. Tostación en cama fluida	61-64
5. Tostación con aglomeración simultanea	65-66

B. Proceso de retortas horizontales	67-81
C. Proceso electrolítico	82-91
D. Proceso de retortas verticales	92-100
E. Proceso electrotérmico	101-105
F. Proceso de alto horno	106-120
VIII).- Usos generales del zinc	121-128
IX).- Economía de la fundición del zinc	129-131
X).- Panorama mundial	132-141
A. Producción minera por zonas geográficas	132-134
B. Producción de metales por zonas geográficas	135-136
C. Consumo mundial	137-138
D. Precios	141
XI).- Impuestos	142-145
XII).- Conclusiones	146-
A. Proyecciones para el futuro	147-150
B. Capacidad instalada y nuevas plantas proyectadas	151-172
XIII).- Bibliografía	173-175

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Se dice que dentro de la riqueza asociada a los recursos de México, se identifican nuestras reservas mineras. Desde la época precortesiana, ya se conocía la minería, principalmente el oro y la plata usados en el comercio como base de intercambio y como símbolo de ostentación y riqueza.

Durante el período colonial la minería fue una de las bases económicas de la Nueva España. La ciudad de Taxco fue una de las unidades que primeramente los españoles establecieron trabajos mineros formales, posteriormente en otras zonas geográficas dando lugar a la formación de varias ciudades y vías de comunicación; ciudades como San Luis Potosí, Guanajuato, Zacatecas, Pachuca, etc.

Originalmente, los españoles trataron minerales de la zona de oxidación con técnicas de beneficio ya conocidas por ellos; pero a medida que las minas alcanzaron profundidades mayores se presentaron dificultades en el manejo, transporte del material, agua, sulfuros complejos, disminución de la ley de plomo y plata, lo cual ocasionó el cierre de muchas minas.

Posteriormente, de 1891 a 1921 y específicamente para el zinc, se registra una producción considerable sostenida por el advenimiento de la técnica de flotación y la explotación de nuevos criaderos. Así es como comienza ya en firme, la explotación en gran escala de minerales de zinc y plomo que casi siempre en México, están asociados con minerales de plata con ley de oro. Durante el período Porfirista, la minería cobró importancia

como resultado de fuertes inversiones extranjeras; asimismo, en las últimas décadas del siglo XIX, la instalación de los ferrocarriles permitió mayor facilidad para el transporte de minerales hacia los E.U.A. a donde eran enviados para su tratamiento.

La fundición de metales se inició en México en 1890 con la instalación de la primera planta fundidora en la ciudad de Monterrey y en 1895 en Aguascalientes.

A fines del siglo pasado, la plata sufrió una baja en el precio a consecuencia de que la mayor parte de los países europeos adoptaron el talón oro como base de su sistema monetario, a partir de entonces se inicia la explotación sistemática de los metales industriales.

Después de la revolución de 1910, México logra recuperar niveles de producción que se ven incrementados al iniciarse la primera guerra mundial; además se obtiene una producción más diversa en metales.

Por 1924 se instala otra fundición en Nueva Rosita Coahuila explotándose minas de carbon y produciendo zinc grado "smelter". La segunda guerra mundial fue también un factor importante en el desarrollo minero-mexicano; aunque posteriormente en la depresión que siguió a la guerra, se vio disminuída la actividad minera nacional.

En 1964, se inicia en México la producción de zinc de alto grado proveniente de Zincamex S.A. de la ciudad de Saltillo.

En los recientes años se ha instalado una planta electrolítica

de zinc en la ciudad de Torreón Coah. ; asimismo, se tiene en proyecto de construcción otra planta del mismo tipo.

El panorama futuro de la minería parece ser atractivo y prometedor.

RECURSOS

Los depósitos de zinc se encuentran ampliamente distribuidos en el mundo; el 60 % esta localizado en E.U., México, Canadá y Australia. Otros países de contribución importante son: Italia, Congo Belga, Perú, España, Alemania, Japón, Polonia y Rusia.

Minerales de los depósitos de zinc:

Esfalerita-----	Zn S -----	67%
Wurtzita-----	Zn S-----	67%
Smithsonita-----	Zn CO ₃ -----	52%
Calamina -----	Zn ₄ SiO ₂ (OH) ₂ H ₂ O-----	54.2%
Hidrozinquita-----	Zn ₅ (OH) ₆ (CO ₃) ₂ -----	56.0%
Zincita-----	ZnO-----	80.3%
Willemita-----	Zn ₂ SiO ₄ -----	58.5%
Franklinita-----	(FeMn) (Fe Mn) ₂ O ₄ -----	15.2%

Mas del 90 % de la producción de zinc, proviene de minerales que contienen zinc en forma de sulfuro y en particular, en nuestro país, ocurre lo mismo.

Los minerales que comunmente estan asociados al mineral de zinc son : el plomo en forma de galena(Pb S), cerusita (Pb CO₃) y anglosita (Pb SO₄); el cadmio y la calcopirita (Cu Fe S₂) asi como minerales de plata y oro.

Entre los minerales ganga asociados, el mas comun es la calcita

(Ca CO₃), dolomita (Ca Mg CO₃), Fluorita (Ca F₂), Mn CO₃,
MnO .SiO₂ , Ba SO₄.SiO₂ .

Clases de depósitos importantes en el país

Depósitos hidrotérmicos.- Su mecanismo de formación es el llenado de cavidades en rocas o fisuras por soluciones hidrotérmicas. Entre los depósitos de este tipo se pueden mencionar los situados en :

Fresnillo Zacatecas.-Los depósitos consisten de seis venas principales y 30 menores, de un promedio de 1.4 m. de amplitud siendo trabajadas a una profundidad de 1000 m. en una extensión de 2 Km.

Las reservas estimadas en 1964 fueron de 6.25 millones de toneladas con un contenido promedio de 4.9 % de zinc, 5.1% de plomo, 0.38 % de calcio, 7.1 onzas de plata por tonelada de mineral y 0.017 onzas de oro por tonelada de mineral.

El mineral consiste de pirita, esfalerita, marmatita, galena calcopirita, arsenopirita, pirotita y calcita. La producción anual es de aproximadamente de 57000 ton/año de concentrado de zinc y 320 000 ton/año de concentrado de plomo.

San Francisco del Oro.- Contiene 10 venas principales y otras pequeñas, varían de tamaño hasta 2 Km. de largo, 800 m. de profundidad y de 0.8 a 2.0 m. de amplitud. Producen 750 000 toneladas de mineral de donde se extraen 80 000 toneladas de zinc y 57 000 toneladas de concentrado de plomo.

Las reservas estimadas son 4.5 millones de toneladas cuyo contenido en oro es de 0.18 g/ton. de mineral, 154 g/ton. de plata, 7.75 % de zinc, 5.65% de plomo, 0.57 % de cobre .

El mineral consiste de pirita, esfalerita, galena, calcopirita y minerales de plata y oro; ganga de cuarzo, calcita y fluorita

Otros depósitos de este tipo son los de Santa Barbara, Parral y Taxco.

Depósitos de reemplazamiento.- Piedra caliza y dolomitas.

Santa Eulalia.- Mina principal de este distrito es el Potosí, famosa por su producción mineral rica en plomo, plata y ahora como productor de zinc.

Los depósitos son reemplazamientos masivos de piedra caliza a lo largo de zonas de fractura; los mantos adquieren longitudes de 1000 metros o mas y secciones desde 100 a 5000 m².

Existe mineral de tres clases: mineral de grado sulfuroso alto, mineral de sulfuro-sílice de bajo grado y mineral oxidado.

El primero existe como galena, esfalerita, barita y minerales de plata, cuyo contenido de zinc y plomo es de 9 a 10 % con 9 a 10 onzas de plata por tonelada de mineral. El segundo contiene silicatos, oxidos de hierro, sulfuros de metales básicos y minerales de plata. Ref.(24)

Sistema de extracción y beneficio de minerales

Se pueden definir tres procesos principales dentro de la industria minera, a saber: extracción, beneficio, fundición y refinación.

Extracción.- Esta operación, consta de las siguientes etapas: **Prospección**, consiste en los estudios y obras tendientes a la búsqueda de cualquier clase de minerales.

Exploración.- Es la ejecución de obras encaminadas a reconocer un cuerpo mineral localizado por medio de la prospección, con el fin de identificar sus dimensiones, características y valor respectivo.

Preparación.- Cubre los trabajos que se llevan a cabo en los lugares en donde las reservas de mineral han sido comprobadas con el propósito de preparar los niveles y lugares específicos para la explotación del mineral.

Tumbe.- Esta operación consiste en quebrar el mineral en los rebajes y moverlos fuera de los mismos. Las características del terreno serán las que determinen los procedimientos de trabajo y los medios mecánicos a emplear, condicionados necesariamente a los recursos económicos con que pueda contar la empresa. De esta manera y con el anhelo de ir persiguiendo la veta se van haciendo perforaciones tanto en sentido vertical como horizontal, de acuerdo a las necesidades de la operación.

Desagüe.- Es común encontrar en el interior de las minas, vías de agua en abundante proporción, lo cual implica necesariamente

el desagüe por medio de canalizaciones o bombeo para lograr mejorar las condiciones de trabajo.

Ventilación.- Cubre los sistemas utilizados para procurar la circulación de aire fresco en el interior de la mina, tendientes a mejorar las condiciones de trabajo.

Acarreo.- Es el proceso de extraer el mineral de los rebajes y depositarlo en lugares disponibles para su transportación.

Manteo.- Es la operación de acarrear el mineral entre los niveles y la superficie.

Carga del transporte del mineral.- Esta operación consiste en la transportación del mineral, desde la mina a los lugares de tratamiento, embarque o almacenamiento.

Protección.- A medida que van avanzando los trabajos de extracción del mineral, se hace necesaria la protección contra derrumbes posibles de los túneles y labor que depende básicamente de las circunstancias o condiciones del terreno.

Beneficio

Consiste en las operaciones tendientes a la eliminación de los materiales indeseables.

Fundición y refinamiento

Este proceso sera descrito posteriormente, en la parte técnica de este estudio.

Reservas nacionales

Se estima que las reservas positivas nacionales de este mineral son de 33 millones de toneladas métricas con ley del 7 %.

Compañías estables poseen como reservas positivas 5 años de su producción.

Empresas Minero-Metalúrgicas

Zincamex.- En 1964 fue instalada esta planta, bajo la su pervisión Belga Sybeta en la ciudad de Saltillo Coahuila fue financiada por el gobierno mexicano a través de la comisión de Fomento Minero y respaldada monetariamente por Nacional Financiera.

Combina los adelantos más avanzados de los procesos Belgas y de E.U. en fundición de retortas y refinería en columnas de destilación. Esta planta tiene una capacidad nominal de 30 000 toneladas anuales de zinc afinado, de las calidades ' Alto grado especial ' y ' Prime Western ' ; además puede producir 60 000 toneladas al año de ácido sulfúrico, 250 toneladas de cadmio por año y otros subproductos como zamak y pequeñas cantidades de plomo.

En 1965, la planta inició sus operaciones, produciendo 14 000 toneladas de zinc. En el lapso de 4 años, los técnicos me - xicanos en cuyas manos ha operado, adquirieron experiencia suficiente para consolidarla en sus aspectos industriales, e conómicos y financiero.

En 1969 la planta trabajó al 90 % de su capacidad para producir 26 000 toneladas de zinc afinado, de las cuales el 36 % se ven - dió en el mercado nacional y el resto se exportó principalmente a Brasil, Colombia, Venezuela, Argentina y E.U.

También en 1969 quedó instalada una planta Waelz con un costo de 5.5 millones de pesos que tiene por objeto recuperar cuando menos el 85 % de zinc contenido en residuos y que antes se desperdiciaban. Además, se han hecho adaptaciones para dar mayor grado de elaboración al zinc afinado y mejorar su posición

competitiva en los mercados internacionales.

Industrias Peñoles S.A.

Es un complejo minero-metalúrgico el cual se integró alrededor de la antigua empresa Minera y Metalúrgica Peñoles S.A. subsidiaria de la compañía American Metal Climax. En 1961 acogiéndose a los beneficios concedidos por el decreto del 5 de febrero de ese año en materia minera, la matriz norteamericana vendió a inversionistas mexicanos el 51 % de las acciones de la empresa. En 1965 se dio un paso más en la mexicanización, cuando la AMC vendió el resto de sus acciones a residentes en el país y finalmente en 1969 la asamblea de accionistas acordó aumentar el capital representado por las acciones serie 'A' del 51 al 75 %, manteniendo solo un 25 % de acciones serie 'B' de suscripción libre.

En este último año, el grupo de Industrias Peñoles quedó integrado por las siguientes empresas: Minera Mexicana Peñoles S.A., Cfs. Minera La Campana S.A., Cía. Minera La Negra y Anexas S.A., Cía. Fresnillo S.A. y Zimapán S.A.;

La Metalúrgica Met-Mex Peñoles S.A. con unidades industriales en Torreón y Monterrey : Química del Rey S.A., y Servicio Industrial Peñoles S.C.

Industrias Peñoles es la principal productora de oro, plata y plomo en México; además produce cantidades importantes de cobre, derivados y manufacturas de plomo, ácido sulfúrico y sulfato de sodio. En 1969 terminó una nueva planta de óxido de magnesio en la Unidad Laguna del Rey Coahuila y a la fecha a llevado a

cabo el proyecto de instalar una planta electrolítica con una capacidad para obtener 105 000 toneladas de zinc afinado por año.

Esta planta tuvo un costo aproximado de 660 millones de pesos y se ha construido en la ciudad de Torreón, próxima a la actual fundición de plomo. Ref. (34)

Industrial Minera México

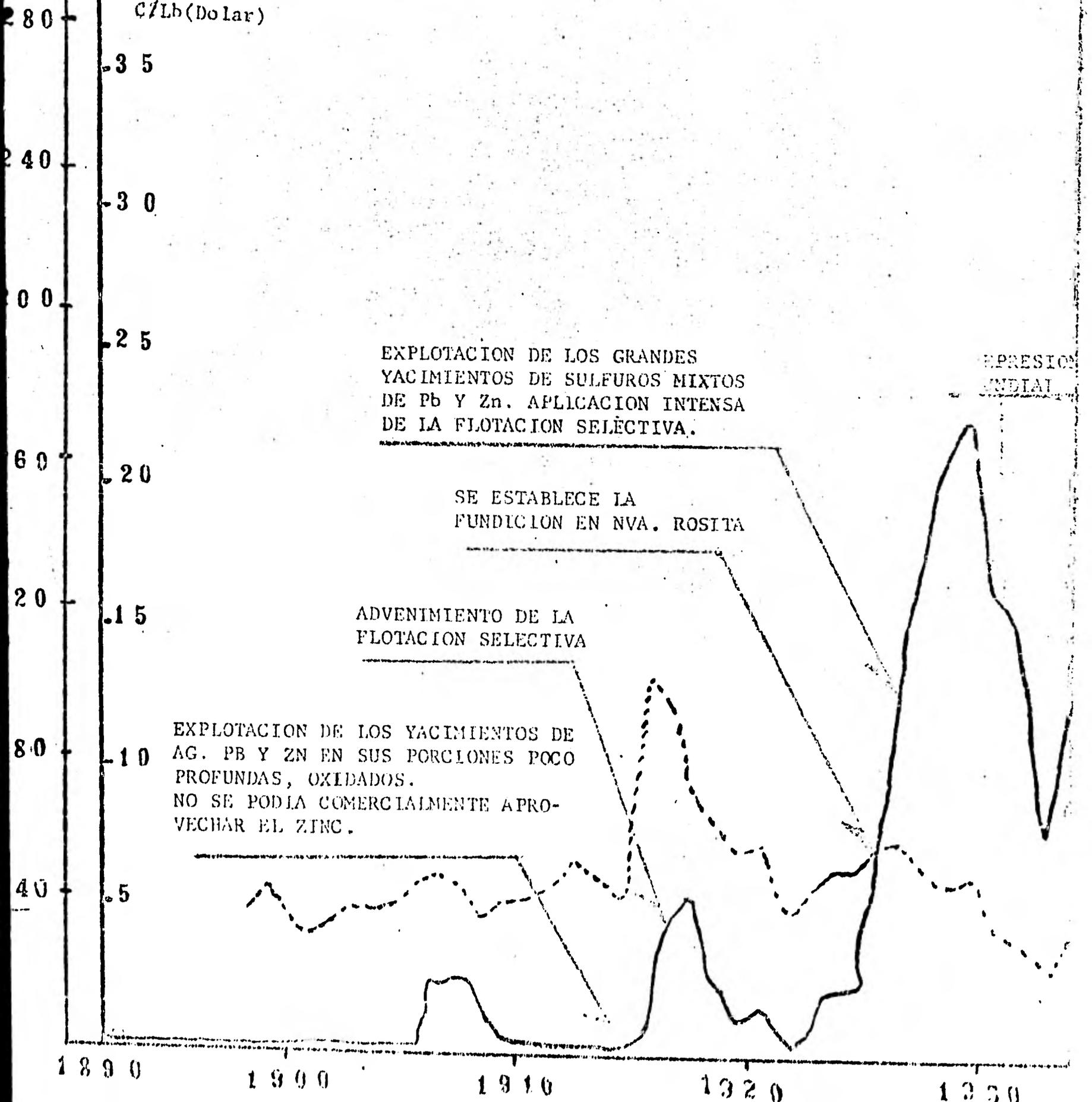
A partir del mes de abril de 1974 la compañía Asarco Mexicana, S.A. , principal consorcio minero del país tomó el nombre de Industrial Minera México, S.A. con motivo de haber ahondado en el proceso de mexicanización al reestructurar su capital social, aumentando en un 66 % la participación mexicana de la empresa. Industrial Minera México cuenta con doce compañías subsidiarias, todas con capital 100 % en propiedad de empresas mexicanas.

Durante 1974, Industrial Minera México obtuvo ventas totales por \$ 3 663 millones, de los cuales corresponden a ventas en el país \$ 2035 millones y en el extranjero \$ 1628 millones. El incremento de 77% en las ventas de la empresa, establece una cifra sin precedente de la historia de la compañía. Este incremento se debió a la elevación de los precios que rigió durante la mayor parte del año para los principales minerales y metales producidos, así como a los mayores volúmenes de producción alcanzados en algunos productos. El aumento en las ventas al mercado interno del orden de 56 %, fue resultado de la política de la empresa de satisfacer en primer lugar el mercado nacional. El incremento en las ventas de exportación fue de 112 %; se vendieron productos a Estados Unidos, Japón, y diversos mercados Europeos y de Centro y Sudamérica, dentro de una política de diversificación de exportaciones.

SE ESTABLECEN
TILIZACION DE
SISTEMA DE

GRAFICA No.

C/Lb(Dolar)



SION
AL.

GUERRA MUNDIAL
EFECTO DEPRESIVO ENTRADA DE E.U.

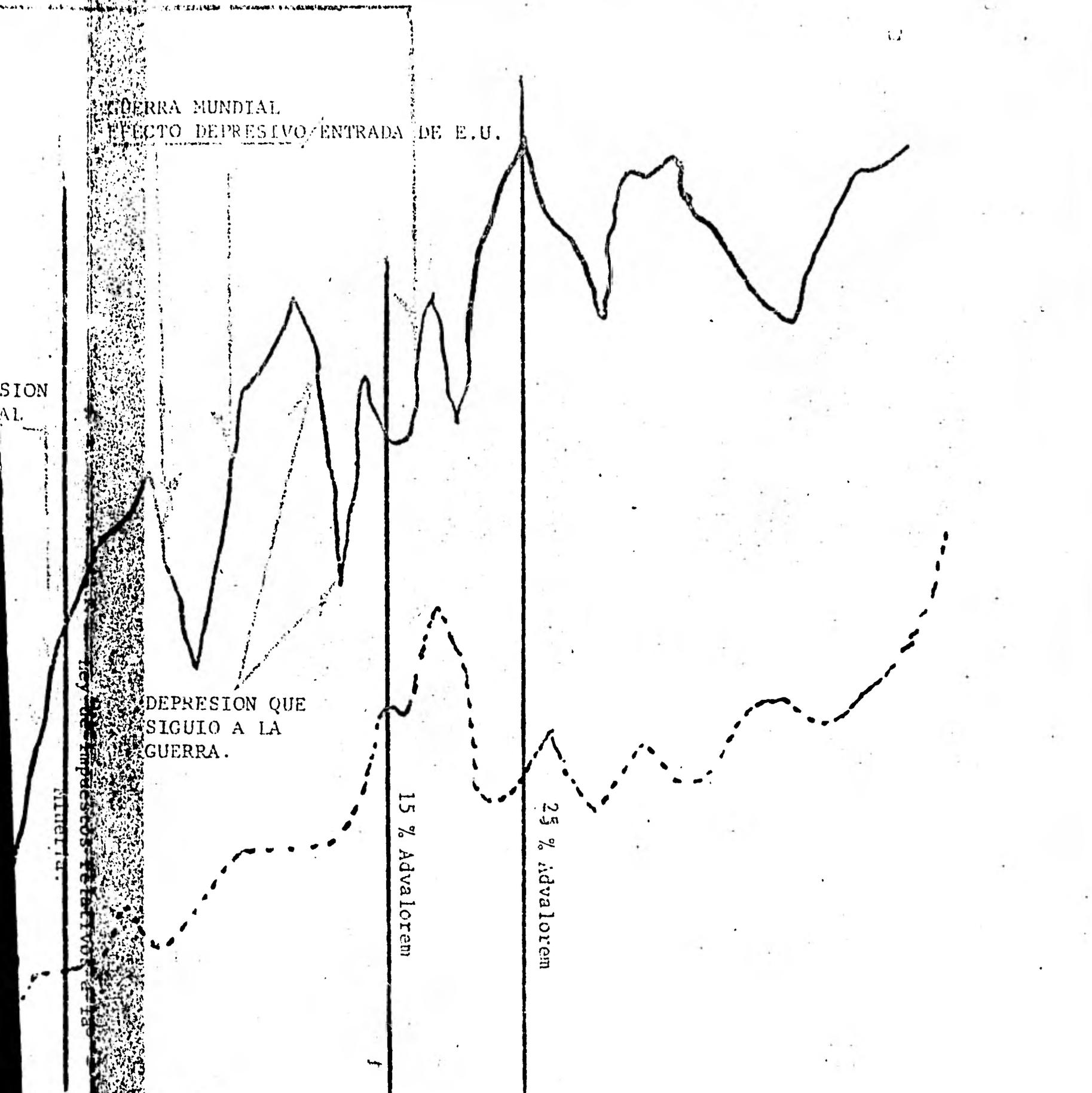
DEPRESION QUE
SIGUIO A LA
GUERRA.

15 % Advalorem

25 % Advalorem

Ley de Impuestos Relativos a la
Nineta.

1940 1950 1960 1970 1980



I).- Producción Nacional de zinc

- A).- Como mineral
- B).- Como Concentrado
- C).- Como metal y aleaciones

Se pueden considerar tres períodos de producción:

- 1).- El anterior a 1900
- 2).- Período de transición
- 3).- Período moderno, al comienzo de nuestro siglo.

La producción minero-metalúrgica de zinc del país, ha tenido diversas procedencias:

- a).- De la explotación de criaderos metalíferos, directamente.
- b).- De la fundición de graseros antiguos.
- c).- Aprovechamientos de terreros antiguos
- d).- Beneficio de retagues viejos en las minas.
- e).- Residuos de procesos metalúrgicos de minerales de cobre plomo, etc.
- f).- Reprocesamiento de partes ya elaboradas (Mínimo).

La tabla No. 1 y Gráfica No. 1 son ilustrativas del perfil de la producción de zinc en nuestro país.

Tabla No.

Valor de la producción minero-metalúrgica. El zinc como metal Industrial.

Año	Metales Preciosos %	Metales industriales %	Metales y minerales siderurgicos %	Minerales no metálicos %	Valor 100 % Pesos
1960	16.66	70.21	6.00	13.13	3841175676
1961	16.35	70.09	6.00	13.56	3532219815
1962	17.47	67.30	6.00	15.23	3732708232
1963	19.46	65.88	6.00	14.66	4008131373
1964	17.70	66.95	6.00	15.35	4324771017
1965	15.43	69.53	6.00	15.04	4827296562
1966	14.64	68.76	6.00	16.60	5264259179
1967	14.39	48.13	14.63	22.85	5512429000
1968	18.56	44.49	14.63	22.32	6192069000
1969	15.33	48.46	14.89	21.32	6737961000
1970	14.00	52.10	16.90	17.00	7434451000
1971	11.80	45.80	20.90	21.50	6707192000
1972	12.60	48.70	21.70	19.00	7171027000
1973	15.3	58.7	6.00	26.0	9106830000
1974	18.8	60.4	6.00	20.8	13268126000
1975	18.3	52.3	6.00	29.4	13128425000
1976	19.8	54.0	6.00	26.2	16784691000
1977	21.3	53.3	19.41	25.4	26444604000

Fuente: Direccion General de Minas y Petroleo ; dirección general de estadística.

Tabla No. 1

Volumen y valor de la producción de zinc en México

<u>Periodo/año</u>	<u>volumen</u>	<u>valor</u>
1521 a 1890	-	-
1891 a 1921	219 161	-
1922 a 1948	3 432 973	2 099 845
1949	178 402	401 808
1950	223 530	593 203
1951	180 064	636 478
1952	227 375	758 989
1953	226 539	502 401
1954	223 749	608 839
1955	269 399	934 834
1956	248 886	957 521
1957	243 027	813 481
1958	224 105	656 065
1959	263 935	860 475
1960	262 425	972 630
1961	268 973	896 090
1962	250 683	841 540
1963	239 818	817 253
1964	235 603	902 201
1965	224 876	928 736
1966	219 180	905 211

Cont' Tabla No 1

Periodo/año	volumen	valor
1967	241 215	961 047
1968	240 021	926 483
1969	253 375	1 039 368
1970	266 400	1 166 036
1971	264 972	1 159 786
1972	271 844	1 319 992
1973	271 373	1 477 571
1974	262 700	2 475 325
1975	228 900	2 459 243
1976	259 200	3 060 994
1977	265 600	4 607 773

Nota.- Valor en miles de pesos. Ref. (28).

El siguiente cuadro ilustra el volumen de la producción nacional en sus diferentes presentaciones, observándose que los concentrados y metal afinado son los de mayor contribución.

Tabla No.2

Volumen de la producción nacional

Año	Mineral	Concentrado	Afinado	Aluminizado	Calcinado	Escorias	Impuro	Oxido	Sulfato	Total
1963	334	159120	56751	--	24891	--	--	--	--	241 096
1964	--	158558	59426	--	23762	--	--	2568	619	244 933
1965	194	142937	62613	--	21767	--	--	4500	864	232 875
1966										219 200
1967										241 215
1968	1013	132321	77426	2612	--	17130	3358	4779	1382	240 021
1969	921	141274	80265	2953	--	18411	865	6023	2663	253 375
1970	1365	154570	80662	3923	--	18474	452	5026	1928	266 400
1971	427	157005	77862	5561	--	15484	694	5996	1943	264 972
1972	554	165035	79378	7410	--	13812	830	6268	1557	271 844
1973	136	184387	67233	4190	--	5493	478	6902	2554	271373
1974	415	103713	133368	--	--	10575	415	7126	3737	262 716
1975	100	103157	86472	--	--	8645	--	--	--	232 796
1976	--	153476	122944	--	--	8302	316	--	--	247868
1977	306	65778	171025	3351	--	14685	790	6593	2910	265 469

Ref. (16).

A continuación se enlista la capacidad instalada en unidades mineras de concentración, por zonas geográficas:

<u>Nombre de la Cía.</u>	<u>Localización</u>	<u>Tratamiento</u>	<u>Capacidad</u>
<u>Estado de Chihuahua</u>			
Industrial Minera México	Avalos	Flotación	670 t/día
Industrial Minera México	Parral	Flotación	1700 t/d
Industrial Minera México	Sta. Bárbara	Flotación	2400 t/d
Industrial Minera México	Aldama	Flotación	500 t/d
Fresnillo	Nalca	Selectiva	1600 t/d
Minera San Francisco			
del Oro.....	San Fco. del Oro	"	2756 t/d
Minera Frisco	Sta. Bárbara	Flotación	2000 t/d
Min. Nacionales	San Guillermo	"	1000 t/d
Minera la Campana		Flotación Selectiva	550 t/d
<u>Estado de Durango</u>			
Minera Sto. Niño	Tamazula	Flotación	100 t/d
Met-Mex-Peñoles	Tapia	Flotación	150 t/d
<u>Estado de Guerrero</u>			
Industrial Minera México	Taxco	Flotación	1000 t/d
<u>Estado de Hidalgo</u>			
Comisión de Fomento			
Minero.....	Pachuca	Flotación	900 t/d
Real del Monte	Pachuca	Flotación	3000 t/d
Beneficiadora	Zimapán	Cianuración Flotación	300t/d

<u>Nombre de la Cia.</u>	<u>Localización</u>	<u>Tratamiento</u>	<u>Capacidad</u>
Metalúrgica San Miguel	Zimapán	Flotación	100 t/d
Beneficiadora San Antonio	"	"	100 t/d
Min. Met. Hidalguense	"	"	60 t/d
<u>Estado de Jalisco</u>			
Met-Mex Peñoles	Unidad Calabaza	Flotación	200 t/d
Zimapán	Talpa de Allende	"	200 t/d
<u>Estado de Michoacan</u>			
Impulsora Minera de Aganguao		Concentración gravimétrica	380 t/d
Minera Sta. María de la Paz		Flotación	500 t/d
Industrial Minera México	Charcas	Flotación	960 t/d
<u>Estado de Sinaloa</u>			
Minera la Joya			
<u>Estado de Sonora</u>			
Minera y Metalúrgica			
San Felipe.....		Flotación	80 t/d
<u>Estado de Zacatecas</u>			
Fresnillo	Fresnillo	Flotación	2000 t/d
Industrial Minera México	San Martín	Flotación	300 t/d
Minera la Providencia	Sombrerete	"	140 t/d
Planta Antonio R.O.	Zacatecas	"	400 t/d
Met-Mex Peñoles	Avalos	"	660 t/d
Minera Victoria Eugenia	Chalchihuites	Flotación Selectiva	300 t/d
Minera Noche Buena	Melchor Ocampo	"	150 t/d
Patronato Minero	Unidad el Bote	"	700 t/d

<u>Nombre de la Cía.</u>	<u>Localización</u>	<u>Tratamiento</u>	<u>Capacidad</u>
<u>Estado de México</u>			
Minera la Negra y Anexas		Flotación	550 t/d
<u>Estado de Aguascalientes</u>			
Minera Real de Asientos		Flotación	150 t/d
<u>Total</u>			26 556 t/d

Nota.- La capacidad esta expresada en toneladas por día de mineral complejo. Ref. (24).

El siguiente cuadro ilustra la participación en la producción minera nacional de zinc por zonas geográficas, mostrando fundamentalmente a las zonas de mayor participación.

Tabla No. 3

<u>Estado</u>	<u>1970</u>	<u>1977</u>
Coahuila	--	--
Chihuahua	166 458	146 600
Zacatecas	33 068	43 812
San Luis Potosí	15 738	23 688
Saltillo	--	--
Jalisco	6 639	588
Sonora	--	--
Torreón	--	--
Durango	914	3 738
Hidalgo	13 341	14 857
Nuevo León	--	--
Guerrero	18 035	16 056
Michoacán	677	--
Sinaloa	9 875	7 655
Otros	1657	2 992
Total	266 400	259 986

Nota.- Cifras en toneladas métricas. Fuente (24)

Es notorio observar al estado de Chihuahua y Zacatecas como los principales productores de minerales y concentrados de zinc.

II).-Consumo nacional de zinc y proyección futura

El consumo de zinc metálico desde la década pasada, destaca fundamentalmente por sus aplicaciones en el galvanizado y en la fabricación de aleaciones para su uso en la industria automotriz; la siguiente tabla muestra los valores del consumo nacional aparente:

Tabla No. 4

<u>Año</u>	<u>Consumo en toneladas métricas</u>
1960	22 700
1961	21 600
1962	24 000
1963	25 400
1964	33 100
1965	32 700
1966	35 500
1967	37 800
1968	42 100
1969	42 600
1970	47 800
1971	42 400
1972	45 300
1973	59 300
1974	59 800
1975	62 700
1976	59 400
1977	63 700

Ref. (16).

MODELO DE REGRESION LINEAL.

Ecuación: $Y = a + b X$

x	y	xy	x ²	(X-x) ²	(Y-y) ²
1	22 700	22 700	1	72	380 913 280
2	21 600	43 200	4	56	425 060 680
3	24 000	72 000	9	42	331 859 080
4	25 400	101 600	16	30	282 823 000
5	33 100	165 500	25	20	83 119 689
6	32 700	196 200	36	12	90 573 289
7	35 500	248 500	49	6	45 118 089
8	37 800	302 400	64	2	19 509 889
9	42 100	378 900	81	0	13 689
10	44 600	446 000	100	0	5678 689
11	47 800	525 800	121	2	31169 889
12	42 400	508 800	144	6	33 489
13	45 300	588 900	169	12	9504 889
14	59 300	830 200	196	20	291828 880
15	59 800	897 000	225	30	309161 880
16	62 700	1003 200	256	42	419553 280
17	59 400	1009 800	289	56	295255 480
18	63 700	1146 600	324	72	461519 280
<u>171</u>	<u>759 900</u>	<u>8487 300</u>	<u>2109</u>	<u>480</u>	<u>3490659 600</u>

En donde X= Cifrado hecho desde 1960 hasta 1977 inclusive
 Y= Valores del Consumo Nacional aparente.

CALCULO DE LA CONSTANTE B

$$b = \frac{\sum xy - (\sum x_i)(\sum y_i)/n}{(x_i^2 - (\sum x_i)^2/n)} = \frac{(8487300) - (171)(759900)/18}{2109 - 29241/18}$$

Puesto que :

$$b = \frac{1268250}{485} = 2615$$

$$Y = y/n = 42.217$$

$$X = x/n = \frac{171}{18} = 9.5$$

Substituyendo los valores de X, Y y b en la ecuación original, se obtiene la constante " a " al ser despejada.

$$Y = a + b X$$

$$42217 = a + 2615 (9.5)$$

$$a = 42217 - 24842 = 17374$$

$$a = 17374$$

Con el propósito de estimar el grado de correlación de la muestra de datos se estima ρ .

Determinación del coeficiente de Auto-correlación.

x	\hat{y}	y	$y - \hat{y} = z_i$	$z_i - z_{i-1}$	z_i^2	$(z_i - z_{i-1})^2$
1	19989	22700	2711			
2	22604	21600	-1004	3717	7349521	13801225
3	25219	24000	-1219	215	1008016	46225
4	27834	25400	-2434	1215	1485961	1476225
5	30449	33100	2651	-5085	5924356	25857225
6	33064	32700	-364	3015	7027801	9090225
7	35679	35500	-179	-185	132496	34225
8	38294	37800	-494	315	32041	99225
9	41275	42100	825	-1319	244036	1739761
10	43524	44600	1076	-251	680625	63001
11	46139	47800	1661	-5585	1157776	342225
12	48754	42400	-6354	8015	2758921	64240225
13	51369	45300	-6069	-285	40373316	81225
14	53984	59300	5316	-11385	36832761	129618220
15	56599	59800	3201	2115	28259856	4473225
16	59214	62700	3486	-285	10246401	81225
17	61829	59400	-2429	5915	12152196	34987225
18	64444	63700	744	-3173	5900041	10067929
					553536	
					<u>162119700</u>	<u>296096600</u>

$$\rho = \frac{b}{\sqrt{\frac{\sum (\hat{x} - x)^2}{\sum (\hat{y} - y)^2}}}$$

$$\rho = \frac{2615}{\sqrt{\frac{480}{3490,659600}}}$$

$$\rho = 0.97$$

Por tanto $1 - \rho^2 = 0.0587$

Lo que significa que el 5.87 % existe como una diferencia entre los valores reales del consumo y los calculados.

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

$$r = \frac{22\ 828\ 500}{23\ 380\ 000}$$

$$r = 0.97$$

$$y (1978) = 67\ 059$$

$$y (1979) = 69\ 674$$

$$y (1980) = 72\ 289$$

Las exportaciones pueden ser agrupadas según su origen o procedencia, misma que en análisis de valor, ocupan el siguiente orden para 1977: forma primitiva 2.6 % , metal 66 % y compuestos químicos 31.4 %.

Tabla No. 5 Exportaciones de zinc en toneladas métricas.

Año	Forma Primitiva.	Metal	Compuestos químicos	Productos elaborados
1960	206 994	76 057	8 525	--
1961	185 421	70 741	6 680	13
1962	164 150	60 248	3 586	182
1963	181 985	73 762	5 233	1 589
1964	220 432	98 896	8 629	2 699
1965	252 562	96 615	18 618	4 747
1966	255 529	107 879	20 250	5 638
1967	226 752	90 117	22 334	5 326
1968	220 366	132 892	20 435	6 078
1969	285 533	28 135	1 052	--
1970	306 617	136 443	21 710	4 612
1971	244 119	165 091	22 477	537
1972	261 764	145 226	26 464	1 133
1973	230 842	12 076	20 000	924
1974	250 765	73 611	52 092	--
1975	103 257	86 472	18 000	--
1976	153 476	122 945	24 000	--
1977	141 656	106 000	15 000	--

Ref. (28).

Análisis de las exportaciones para el año de 1972

Tabla No. 6

<u>Presentación</u>	<u>Volumen (T.M)</u>	<u>Valor (000'\$)</u>
1).- Forma natural		
a).- Zinc en min. conc.	139 945	225 865
b).- Zinc en prod. impuros 55-75%	13 791	35 898
2).- Metal		
a).- Zinc afinado	32 735	138 977
b).- Zinc en barras impuras	45	168
c).- Zinc en polvo	1 028	6 091
3).- Productos químicos		
a).- Oxido blanco de zinc	7 018	20 417
b).- Sulfato de zinc	2 434	4 660
c).- Cloruro de zinc	412	1 377
4).- Productos elaborados		
a).- Láminas de zinc sin pulir	2	12
b).- Artefactos de zinc	1	40
c).-Discos de zinc laminado	19	220
d).- Recipientes cilíndricos	28	218
e).- Láminas pulidas litográficas	25	643

En resumen, se observa la siguiente estratificación:

Zinc en forma natural	60.2 %	(Valor)
Zinc en forma metálica.....	33.4 %	(")
Zinc en productos químicos.....	6.0	(")
Zinc en productos elaborados	0.4	(")

III.

Participación en el valor de las exportaciones de zinc por número y tipo de empresas.

Año: 1972

Valor : 434 588 (000' \$ M.N.)

<u>Empresa tipo</u>	<u>Nombre</u>	<u>Productos que exportan</u>
A	Industrial minera México	Minerales, Concentrados metal.
	La Campana	Productos impuros
	Fresnillo	
	Zincamex	Zinc afinado
B	Zimapán	Minerales
	Minerales Nacionales	Concentrados
	Met.Mex Peñoles	Oxido blanco de zinc
	La Paz Patronato Minero	
	San Miguel, Zinc Nacional	Zinc afinado
	Productos de zinc y plomo	
	Oxidos Progal	
C	(24 empresas)	

Ref. (20 y 21)

Empresas exportadoras

<u>Nombre</u>	<u>Productos exportados</u>
Industrial Minera México	Minerales concentrados, productos impuros, barras afinado.
Fresnillo	Minerales concentrados.
San Francisco del Oro	Minerales concentrados
La Campana	Minerales concentrados y productos impuros.
Zimapán	Minerales concentrados
Minerales Nacionales Méx.	" "
Met. Mex Peñoles	" " y en barras
Patronato Minero Zacatecas	" "
San Miguel	" "
La Paz	" "
Lomo Toro	" "
La Primera	" "
Preisser	" "
Del Carrizal	" "
Vistoria Eugenia	" "
Noche Buena	" "
Sombrerete	" "
Bentonita Mex.	" "
Zincamex	Minerales concentrados, óxido de zinc, zinc afinado, zamaq.

<u>Nombre</u>	<u>Productos exportados</u>
Fotografado Carmo	Láminas de zinc pulidas y li tográficas.
Amercoat Mexicana	Polvo de zinc (Dimetcote No.4)
Beijer Continental	Oxido de zinc
Cloruros metálicos Mexicanos	Cloruro de zinc 98%
Consolmex	Sacitrina de zinc.
Latones Nacionales	Aleaciones
Phibro de México	Zamak, metal
Pigmentos y óxidos	
Organización Química Mexicana	Cloruro de zinc 98%

Empresas exportadoras Cont'.

<u>Nombre</u>	<u>Productos exportados</u>
Zinc Nacional	Sulfato de zinc, óxido de zinc y fungicidas.
Productos de zinc y plomo	Óxido de zinc y zinc en polvo.
General products Co.	" " " "
Ferro Enamel Méx.	Oxido blanco de zinc
Ingenieros Civiles y asociados	Óxido blanco de zinc
Laminadora Fotozinc	Láminas sin pulir y pulidas, láminas litográficas, ánodos.
Oxido Progal	zinc en polvo y óxido de zinc.
Arte Metálica	Artefactos de zinc.
Ray-o-Vac	Discos de zinc laminado, recipientes cilíndricos.
Integración de productos metálicos	Recipientes cilíndricos.
Colorquim	" "
Plamex	" "
Anylmex	" "
Metalgámica	Láminas de zinc pulidas y litográficas.
Zapata Hermanos	Láminas de zinc pulidas y litográficas.
Laminadora Mex-Metales	Láminas de zinc pulidas y litográficas, tornillos, pernos, tuercas.

Nombre

Productos exportados

Fotograbado Carmo

Láminas de zinc pulidas y litográficas.

Amercoat Mexicana

Polvo de zinc (Dimetcote No.4)

Beijer Continental

Oxido de zinc

Cloruros metálicos Mexicanos

Cloruro de zinc 98%

Consolmex

Bacitrina de zinc.

Latones Nacionales

Aleaciones

Phibro de México

Zamak, metal

Pigmentos y óxidos

Organización Química Mexicana

Cloruro de zinc 98%

Importaciones Nacionales

Las importaciones de zinc en nuestro país básicamente son representadas por dos grupos:

1).- Compuestos químicos

1a).- Inorgánicos

- óxido de zinc
- peróxido de zinc
- fluosilicato de zinc
- sulfato de zinc
- nitrato de zinc
- carbonato básico de zinc
- cianuro de zinc
- sulfuro de zinc
- cloruro de zinc
- electrolitos bidestilados

1b).- Compuestos orgánicos.

2).-Partes elaboradas

- Anodos
- Aleación Zn-Al-Cu
- Barras, alambres
- Perfiles tubulares
- Planchas, hojas, tiras.
- Polvo o partículas
- Discos de zinc laminado

tubos, barras huecas
accesorios, caballetes, tejas
clavos, puntillas, tachuelas
arandelas

Se puede observar que el valor de las importaciones es del orden de 2 000 000 \$(MN) , siendo este el nivel representativo.

Se observa constancia y continuidad en las importaciones de:

Oxido de zinc

Sulfato de zinc

Cloruro de zinc

Anodos

Planchas, hojas , tiras

Tubos, barras huecas

Alambres

Es notorio que el valor de las importaciones es pequeño con respecto al de las exportaciones.

Tabla No. 7 Estadística de las importaciones de zinc
(valor en miles de pesos)

<u>Año</u>	<u>Compuestos químicos</u>	<u>Partes elaboradas</u>	<u>Total</u>
1961	1860	436	2296
1962	1934	268	2202
1963	1280	358	1638
1964	605	536	1141
1965	657	648	1305
1966	626	879	1505
1967	1143	1063	2206

Cont ' Importaciones

<u>Año</u>	<u>Compuestos químicos</u>	<u>Partes elaboradas</u>	<u>Total</u>
1968	428	679	1107
1969			
1970	665	1264	1929
1971	1124	1130	2254

Renglón de poca cuantía respecto al suministro nacional.

Ref. (28)

IV).- Usos del zinc en México

Una de las aplicaciones mas importantes dentro de los usos del zinc en México, es en la industria automotriz y esta se lleva a cabo en piezas de fundición a presión de aleaciones de zinc, encontrándose en muchos casos hasta 54 diferentes aplicaciones de las cuales 25 son puramente funcionales y el resto decorativas; un ejemplo de estas son las siguientes aplicaciones:

Partes forjadas

Bisel del fanal

Parrillas delanteras, tapones

Elemento del filtro del aceite

Engrane de la marcha, cubierta del distribuidor

Biseles de lámparas, caja del radiador, etc.

Partes de acero recubiertas con zinc

Escape, tapa del tanque de agua

entrepaños de las puertas, biseles de las calaveras

Silenciador, ventilador del radiador, etc.

Fundición a presión

Cavidades del carburador, tapon de aceite, aletas

Poste de la dirección, carburador, placa de acceso a la transmisión.

Bomba de aceite (carter)

Partes forjadas

Tapones de las defensas, radiador, tanque de agua, rines

bisel del tablero, dirección.

Patron de uso del zinc en el país

<u>Aplicación</u>	1970 (%)
Galvanizado	53.74
Aleaciones (fundición a presión)	22.63
Bronce	3.71
Zinc rolado	7.45
Oxido de zinc	5.18
Otros usos	7.24
Total	100.00

Precios

Existen tres precios, precios que pueden considerarse como los mas importantes en el mercado de zinc y son: precio " London metal exchange" (LME), Productor Europeo y libre a bordo East St. Louis.

Los precios para el mercado nacional del zinc se fijan de acuerdo a las cotizaciones de los mercados mundiales de N.Y. y Londres.

Las cotizaciones en México son L.A.B. planta productora.

México forma parte del Grupo Internacional del Zinc y Plomo organismo que tiene la finalidad de regular la oferta y la demanda de estos productos, entre los países miembros para evitar fluctuaciones excesivas.

El precio de las aleaciones de zinc esta en función del costo del zinc " Alto Grado Especial ".

Hábitos de compra

Compra de minerales.- Al realizar una operación de compra-venta, el vendedor generalmente envía una muestra representativa del mineral (usualmente de 40 Kg.) para fines de análisis químicos. Si los resultados de las pruebas indican que el mineral puede ser procesado en el sistema metalúrgico usado, se formula las condiciones provisionales de compra. Posteriormente, el vendedor envía alrededor de 40 T.M. de mineral a la planta de beneficio para su tratamiento y de los resultados obtenidos en esta última prueba se determinan las bases para la compra del lote de mineral; asimismo, se establece el contrato de contra-venta futuro.

Usualmente, el contrato de compra-venta de mineral incluye las leyes promedio, tolerancia, pago por concepto de fletes y acarreo, así como impuestos a la producción y exportación; tonelaje que se compromete a enviar y a recibir bajo condiciones normales, cargos por maquila y tratamiento, castigos por metales indeseables, metales libres, nombramiento del representante del minero, nombramiento del laboratorio independiente para tercerías, como puntos clave.

Al recibirse un lote de mineral, éste se registra con el número correspondiente y se muestra para fines de análisis de laboratorio el cual se toma como base para los anticipos de pago. Las cotizaciones que se toman serán a juicio del funcionario encargado, poniendo cuidado en que las futuras cotizaciones promedio del mes no sean inferiores.

La elección de la cotización es muy importante, tomando en cuenta que estas pueden variar de un día a otro.

Después de haber sido concedido el anticipo, se procede a preparar la liquidación provisional; esta es para efectos contables y fiscales. La liquidación final o definitiva se calcula en base a la cotización promedio del mes.

El laboratorio de la empresa, después de haber dado los ensayos para anticipo, procederá a hacer sus análisis definitivos al comparar estos con los ensayos determinados por el remitente y si se obtiene diferencias mayores a las establecidas en el contrato, se procederá a tomar una muestra en presencia del representante del remitente, depositándola en un sobre que posteriormente es lacrado y enviado al laboratorio independiente (tercero); para que éste haga los ensayos correspondientes para fines de liquidación, absorbiendo los gastos de tercera aquél que haya tenido mas diferencias en los ensayos con el tercero.

En el comercio mundial, las compras de concentrados de zinc para las fundiciones, se realiza a través de los agentes de los productores o a través de comerciantes. La industria de fundición Belga usa un Agente central de compras y en Japón los fundidores tienen un "Pool" el cual cuenta con varias firmas comerciales Japonesas para arreglar sus compras.

Los grandes productores de zinc prefieren vender directamente a las fundiciones; algunas veces los pequeños productores usan agentes de ventas o venden a comerciantes.

Los comerciantes pueden comprar por su propia cuenta y vender a los fundidores, aceptando los riesgos del mercado y ocasio-

nalmente dan asistencia financiera a la producción.

Compras de metal.- El mercado de zinc metálico es y ha sido por mucho tiempo un asunto competitivo y se distingue del resto de metales no ferrosos porque una alta proporción de su producción total es negociada por fundiciones independientes, teniendo influencias en la fijación de precios. Otro aspecto por el cual el zinc se diferencia del resto de metales no-ferrosos es la relativa baja proporción de la producción de metal que se deriva de chatarra. Se considera que alrededor del 10 % de la producción mundial corresponde al zinc de origen secundario, teniendo por consiguiente una influencia mínima en los precios.

Gran parte de las compras de zinc son hechas mes por mes, solo una pequeña cantidad es comprada bajo condiciones de contrato de mas de seis meses de duración.

La colocación de pedidos habitualmente es hecho con 30 a 150 días de anticipación al mes en que se deseé el embarque.

En circunstancias normales, el zinc es vendido sobre el precio promedio del mes de entrega, sin embargo en muchos casos las operaciones se realizan bajo precios fijos con el propósito de protegerse contra futuras variantes del precio.

Bajo estas condiciones son hechas gran parte de las operaciones de compra-venta por los productores mexicanos.

Nombre de empresas consumidoras de zinc en el país.

Fabricantes de láminas de fierro y acero galvanizadas

Altos Hornos de México

Industrias Monterrey

ARMCO Mexicana

Metalgámica

Volkswagen de México

Olivetti Mexicana

Alcan Aluminio

Construcciones metálicas Galindo

Microcircuitos

Manguera Flex

Precisión Mecánica Nacional

Refacciones para Molinos

Industria eléctrica Méx.

Philips Mexicana

Atlántida Mexicana

Telefunken Mexicana

Siporex Mexicana

Bicicletas Mexicanas

Carton y Papel de México

Union Carbido

General Electric

Sumbeam Mexicana

Laminadora Fotozinc

Stoffel Cía.

Placas de acumuladores

Acumulador insuperable

Aislantes Leon

Gabinetes de radio y T.V.

Curtis Nathes Mexicana

Soldaduras

Eutectio

Latones Nacionales

Nacional de Cobre

Industrias Mega

Industrias Peñoles

Pinturas

Dupont

Linsa

Artefactos de laton

Prodinex

Arte Metálica

Margó Mexicana

Estructuras, puentes de fierro y acero

Industrial Hierro

Stout Bict Mexicana

Aceros Ecatepec

Trailers Monterrey

Estructuras, Construcciones y Acabados

Candados

Sohalange Mexicana

Productos Metálicos

Cerraduras y candados

Productora Ferretera Mexicana

Troquelados de precisión

Cerrajera Mexicana

Barras, Laminadas de bronce ó latón

Petrleos Mexicanos

Aceros Solar

Hojalata y Lámina

Condumex

Chrisler Mexicana

Phelps Dodge Pyesa

Elevadores Otis

Latinoamericana de Cables

Tubos

Nacional de Cobre

Productos especiales Metálicos

Accesorios

Sinter Metal

Imperial Eastman Mexicana

Litográfica Sta. Clara

Varillas, perfiles, vigas

Nacional de Cobre

Cuprum

Industrias Unidas

V).- Sustitutos principales

- 1).- Aluminio.- En aplicaciones de fundición por extrusión y en la industria de láminas.
- 2).- Aluminio y magnesio.- Como agentes químicos reductores.
- 3).- Plásticos de acetato moldeables
- 4).- Acero estampado en la producción de zinc extrusionado.
- 5).- Aleaciones de aluminio y acero inoxidable en la industria de la construcción.
- 6).- Pigmentos de plomo y Titanio en la producción de pinturas.
- 7).- Oxido de titanio en la producción de esmaltes para porcelana.
- 8).- Niquel y mercurio en la producción de baterías

Especificaciones de Calidad

Existen varias clases y grados de zinc, pero los de mas importancia comercial son el " alto grado especial " y el selecto ' Western '. En el cuadro siguiente se muestran las especificaciones estandar de calidad con respecto a la pureza química.

Presentación	Contenido Máximo en %			Contenido mínimo en %
	Pb	Fe	Cd	Zn
Alto grado especial	0.003	0.003	0.003	99.99
Alto grado	0.01	0.02	0.03	99.99
Grado intermedio	0.20	0.03	0.40	99.50
" Brass special "	0.60	0.03	0.50	99.00
Selecto Western	1.6	0.05	0.05	98.00

ASTM. Comité B-2 de metales no-ferrosos y aleaciones (Mayo 29 de 1970).

Estas especificaciones corresponden a un metal producido a base de mineral u otros materiales por un proceso de destilación ó por electrólisis; éstas no son aplicables a zinc producido a partir de chatarra de zinc (zinc secundario).

Cuando el grado especificado sea usado en la manufactura de zinc rodado, bronce, el aluminio no excederá de 0.005 %.

El estaño en el " alto grado especial, no excederá de 0.001 %.

La amplia disponibilidad de este metal, así como sus propiedades ventajosas han influido para que éste conserve sus propias aplicaciones tradicionales y penetre en nuevos mercados; aun cuando

en algunos casos ha sido sustituido por otros materiales.

Esta expansión del zinc dentro de nuevos mercados ha sido impulsada tanto en forma individual por empresas industriales como organismos internacionales de investigación, en forma cooperativa.

Estos esfuerzos y las propiedades del zinc, han logrado fuerte impacto en la tecnología, como ha sido mostrado por su incremento en consumo en los recientes años y su proyección bastante atractiva como un material moderno y versátil.

Especificaciones físicas

Peso atómico.....	65.38
Gravedad específica..25°C.....	7.131
Punto de fusión	419.4 °C
Coefficiente de expansión.....	4.0 (10) ⁻⁵ de 0 a 50°C
Resistencia específica a 20°C	6.16 Microhms
Conductividad térmica a 0°C	0.32 Cal/cm ² /cm/seg
Dureza (escala Moh).....	2.5 <i>labes</i>
Calor de fusión.....	24.09 Cal/gr.
Calor específico a 50°C	0.0940 Cal/gr./°C

VII.

Introducción

Es interesante mostrar cual ha sido el origen y desarrollo de los procesos de recuperación del zinc. El primer horno a base de retortas, cada uno con un condensador individual, parece haber sido construido en China en el siglo XIV o XV; las retortas eran cargadas con óxido de zinc obtenido de la calcinación de carbonato o sulfuro de zinc.

El conocimiento y práctica de la fundición del zinc fueron traídos de China a Inglaterra por el año 1730 siendo instalada la primera planta de fundición en Bristol Inglaterra entre 1740 y 1743 con una capacidad de producción de 200 toneladas por año de zinc. A principios del siglo XIX fueron construidos en Silesia y Bélgica, hornos a partir de los cuales se desarrolló el sistema de retortas horizontales, el cual permaneció invariable durante los siguientes 150 años hasta que el proceso electrolítico fue desarrollado en 1918.

A fines de 1920 se obtuvo una mejora en la práctica de las retortas por la Cía. de New Jersey Zinc con el desarrollo del proceso de retortas verticales, el cual resolvió el problema de la destilación continua.

En 1930 fue creado un nuevo proceso por la Cía. St. Joseph Lead el cual también permitió unidades de destilación grandes,

siendo característica básica de este proceso el obtener la energía calorífica a base de energía eléctrica, usando la resistencia del coque para elevar la temperatura de la carga; además un condensador mas eficiente que operaba al reducir la presión de los gases que contenían el zinc, los cuales eran embebidos a través de un baño de zinc fundido mantenido en un recipiente enfriado.

De 1940 a 1948 se había experimentado a escala de laboratorio y planta piloto sobre un proceso que tratara simultaneamente concentrados de plomo y de zinc, lo cual evitaría la separación de ambos concentrados y por lo tanto se tendría una recuperación del zinc mas eficiente asi como de los metales asociados. El primer alto horno a escala comercial fue operado en 1950 con una capacidad de 4.2 to/día de zinc (7).

VII A).- Sistemas de tostación

Propósitos de la tostación.- El objetivo primario de esta operación, es convertir los sulfuros metálicos a óxidos o sulfatos, fundamentalmente. En base a lo requerido en tratamientos químicos posteriores, uno o mas de los siguientes propósitos, pueden ser obtenidos por esta operación:

Remover impurezas por medio de la volatilización de ciertos óxidos tales como SO_2 , SO_3 , $As_2 O_3$, $Sb_2 O_3$, $Te O_2$ y SeO_2 , o la formación de cloruro por medio de la tostación en presencia de agentes clorantes.

O la formación de sulfatos al controlar el aire alimentado y la temperatura de una tostación "oxidante". O bien la reducción de ciertos óxidos metálicos por calentamiento en contacto con carbón u otro agente reductor.

Con frecuencia, la tostación se emplea para convertir compuestos no magnéticos en compuestos magnéticos, para fines de una concentración magnética preliminar.

Métodos de tostación.

- 1).- Tostación en hornos de hogares múltiples
- 2).- Tostación instantánea
- 3).- Tostación en cama fluida
- 4).- Tostación con aglomeración simultánea.

A continuación un análisis típico de concentrados de zinc:

<u>Unidad</u>	<u>Au</u>	<u>Ag</u>	<u>Pb</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>SiO₂</u>	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>CaO</u>	<u>Cd</u>	<u>S</u>	<u>As</u>
I	1.17	172	1.51	0.93	57.2	1.0	5.1	0.2	0.33	0.5	31.5	0.11
II	0.30	126	0.86	1.0	55.9	1.5	6.5	0.2	0.39	0.6	31.6	0.13
III	0.05	152	0.18	0.96	56.5	2.0	5.5	0.2	1.02	0.3	31.3	0.43
IV	0.03	108	2.48	0.09	57.2	1.1	3.7	0.2	0.81	0.2	32.0	0.0

Oro y plata en g/ton

VII-A-1).- Tostación

La práctica varía ampliamente. A la fecha se encuentran operando tostadores de hogares múltiples como es el caso de la fundición de Nueva Rosita Coahuila Mex.; pero la práctica más común es el uso de tostadores de cama fluida, previo mezclado y secado de la alimentación en un secador rotatorio de control

automático. El sistema incluye plantas de contacto para ácido sulfúrico.

En función a las prácticas de sinterizado y si el SO_2 es convertido a ácido sulfúrico, el producto tostado puede variar desde un calcinado a un material tostado parcialmente, aun con un contenido de azufre de 3 a 5% ó mas.

En un sistema de tostadores cuyo producto principal es el calcinado, se puede observar que el perfil de composición de azufre en tostadores de hogares múltiples se comporta de acuerdo a la siguiente tabla de datos; desde luego el ácido sulfúrico sería el producto secundario:

Hogar	% S total	% S sulfato	S (SO_4)/ S total	
Alimentación	31.77	0.19	0.61	
1	22.00	0.36	1.63	
2	17.30	0.32	1.85	
3	16.90	0.52	3.07	830°C
4	16.20	0.47	2.91	
5	12.50	0.56	4.48	840°C
b 6	8.58	0.74	8.62	
7	6.38	0.98	15.36	850°C
8	4.63	1.00	21.60	
9	3.45	1.25	36.23	800°C
10	3.08	1.67	54.22	
11	2.27	1.90	83.70	615°C
12	2.71	2.34	86.34	"

Ref. (1)

En la práctica el sistema de tostadores de hogares múltiples, puede operar en forma independiente, pero con la característica de que el calcinado obtenido de cada uno de ellos descarga por gravedad en serie y en paralelo a un sistema de transporte que hace las veces también de sistema de enfriamiento y mezclado primarios; posteriormente el calcinado es transportado a un enfriador rotatorio y de ahí es almacenado en tolvas que alimentan la etapa de sinterización.

Los gases SO_2 son conducidos por un sistema de colección de polvos que consiste en ciclones y precipitador electrostático seco y de donde pasa a un lavador de gases y precipitador húmedo para ser conducido a las etapas de conversión propiamente dichas.

Los gases de salida que por su bajo contenido de SO_2 porque así se desea, se envía hacia la chimenea, pasando previamente por un sistema de precipitación electrostática, en donde es recuperado el polvo fino arrastrado por la corriente de gas en cuestión; estos polvos en parte son recirculados al sistema de tostación por su contenido de azufre y el resto es enviado a la sección de sinterizado.

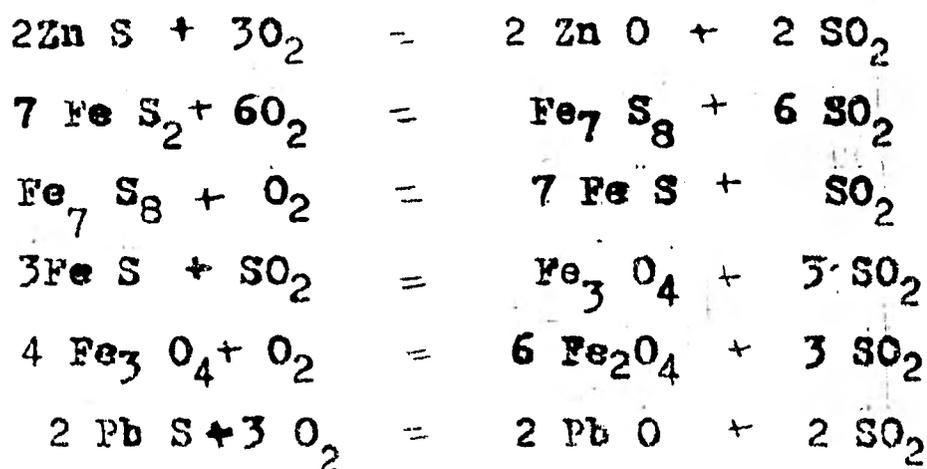
La práctica común varía ampliamente, siendo la más común hoy en día el sistema de tostación en cama fluida con planta de contacto para ácido sulfúrico, sin embargo, existen aun en operación hornos de hogares múltiples.

Las condiciones de operación de los hornos se fijarán en base

a los requerimientos del producto principal y así el óxido de zinc, varía desde material calcinado hasta un metal tostado parcialmente.

Consideraciones teóricas.- En la tostación de zinc, intervienen concentrados de zinc cuya composición queda expresada en los siguientes porcentajes: 45-55 % de zinc, 27-33 % de azufre, 1-15% de fierro, hasta 10 % de plomo, 2% de cadmio y hasta un 5 % de cobre, todos en forma de sulfuros.

Las reacciones principales que se presentan en la tostación son:



(2)

Los sulfuros de fierro serían oxidados - preferentemente - a los sulfuros de zinc, al existir una cantidad de aire insuficiente para lograr la oxidación total. La oxidación completa de los sulfuros de zinc, requiere cerca de 130 % del aire teórico requerido para oxidar todos los constituyentes metálicos del concentrado.

La temperatura de tostación óptima es de 899- 954 °C.

Las velocidades de reacciones de oxidación de los sulfuros de zinc son mas lentas que aquellas de los sulfuros de fierro.

El fenómeno de la sulfatación en los óxidos de zinc es poco probable a la temperatura de 899°C , ya que en estas condiciones existe un bajo nivel de SO_3 , sin embargo, a temperaturas menores de 850°C el sulfato de zinc llega a formarse y permanece sin descomposición; en relación a los sulfatos de cadmio y plomo se puede decir que el primero se descompone a 732°C , mientras que el segundo resiste temperaturas tan altas como 899°C .

Durante la operación deberá ser evitada la formación de zinc ferrita ya que si los calcinados se sujetan a un proceso de extracción, dentro de la práctica hidrometalúrgica esta especie química sería insoluble en ácido sulfúrico débil y por lo tanto habría pérdidas en la recuperación del zinc.

VII-A-2).- Tostador de Hogares Múltiples

Por muchos años, hornos mecánicamente operados han sido ampliamente usados en la tostación de minerales, entre estos se incluye el diseño Spirlet desarrollado en Europa, el tipo Edwards en Australia los hornos Ropp y Hegeler los cuales fueron usados en los E.U. , pero solamente el tostador de hogares múltiples originado por Mc Dougall y ejemplificado por el de Nichols Herreshof y Wedge en forma mas ventajosa, es el que ha logrado subsistir en algunas instalaciones.

Descripción mecánica y operación.- El tostador de hogares múltiples es de forma cilíndrica vertical y está constituido de un cierto número de hogares superpuestos el cual varía según la aplicación específica. Originalmente las paredes fueron aisladas con ladrillos Sil-O-Cel en la parte interior del cilindro de acero y el domo del tostador usado como secador, actualmente este recubrimiento refractario ha sido eliminado y los ductos de salida de los gases relocalizados, asimismo el domo dejó de ser utilizado como secador, reflejándose estas modificaciones en una operación mas adecuada.

Los brazos de cada hogar estan sujetos a una flecha central hueca y anular al cilindro del horno por medio de un mecanismo de llave que lo hace facilmente reemplazable; a su vez estos están provistos de rastrillos reemplazables que mueven el mineral en tostación a lo largo y a través de cada piso.

Cada hogar tiene dos brazos de arar huecos y divididos por una

aleta interior, de tal manera que el aire fluye del centro de la columna por un lado del brazo y regresa por el lado opuesto a la misma; siendo este enfriado a tiro forzado desde la parte superior al fondo, por donde finalmente es parcialmente venteado a la atmósfera y parte recirculado como aire precalentado y de combustión.

La alimentación del mineral casi seco se lleva a cabo en los pisos superiores y el flujo del mismo es en sentido cruzado y a contracorriente con los gases de la reacción; en los pisos impares el mineral en tostación es descargado al piso inferior por el anular y en los pisos pares por la periferia, así hasta que el calcinado residual es descargado por el piso del fondo.

El aire usado para la combustión es regulado por puertitas localizadas en cada hogar del tostador.

No obstante que la reacción principal que se presenta es exotérmica, se hace indispensable el uso de combustible adicional para lograr el perfil de temperaturas adecuado usándose se gas natural o gas de hornos de coque; otro material usado para proporcionar la carga térmica es el polvillo recuperado en los precipitadores electrostáticos cuyo contenido de azufre es alrededor de 18- 20 % y siendo recirculado en los pisos superiores sin gran uso de gas combustible.

La temperatura en este tipo de hornos no debe ser tan alta que cause fusión de la carga o sinterización de la misma.

Un horno de hogares múltiples típico tiene un diámetro de 7.6 metros, de 6 a 12 hogares y con una capacidad de 100 a 200 toneladas de conc./ día, dependiendo de la cantidad de azufre a ser eliminada.

Análisis químicos típicos en tostadores

<u>Hogar</u>	<u>Temperatura</u>	<u>Total S</u>	<u>% S sulfato</u>	<u>SO₄ / total S</u>
Alimentación	-	31.77	0.19	0.61
1	-	22.00	0.36	1.63
2	-	17.30	0.32	1.85
3	1103°K	16.90	0.52	3.07
4	-	16.20	0.47	2.91
5	1113°K	12.50	0.56	4.48
6	-	8.54	0.74	8.62
7	1123°K	6.38	0.98	15.36
8	-	4.63	1.00	21.60
9	1077°K	3.45	1.25	36.23
10	-	3.08	1.87	54.22
11	888°K	2.27	1.90	83.70
12	888°K	2.71	2.34	86.34

VII-A-3.- Tostación instantánea

Este tipo de tostador utiliza dos hogares para secar la alimentación, cada uno de ellos provisto de brazos sujetos a una flecha central, corta e impulsada desde la base del horno. El material seco es descargado directamente a un molino de martillos para reducir de tamaño las partículas y posteriormente es transportado a una tolva almacenadora, ya sea por medio de un sistema de transporte a base de aire o de canchales. En algunos sistemas de tostación se ha adaptado un secador rotatorio automático que evita el uso de los 2 hogares como medio de secado y además proporciona concentrados de baja humedad (3-4%), de tamaño uniforme y mezclado en buen grado así como libre de impurezas metálicas colectadas por separadores magnéticos, dando por consiguiente una mayor capacidad de tostación y una menor dependencia entre la operación de secado y tostación.

- La alimentación es conducida a base de aire presurizado y, aire secundario entra al tostador por la parte de descarga del calcinado, con el fin de mantener en suspensión a los sólidos para su oxidación.

La temperatura de operación es controlada por medio de la circulación de gases enfriados desde el economizador de calor y regresados a la cámara de combustión, siendo controlada la cantidad recirculada por medio de un arreglo a base de manparas.

El intervalo de temperatura de operación es entre 900-950°C.

La alimentación debe ser menor de 65 mallas.

El secado máximo hasta 2-3% de humedad.

La limpieza y enfriamiento de los gases de combustión se lleva a cabo en un sistema de lavado en dos etapas.

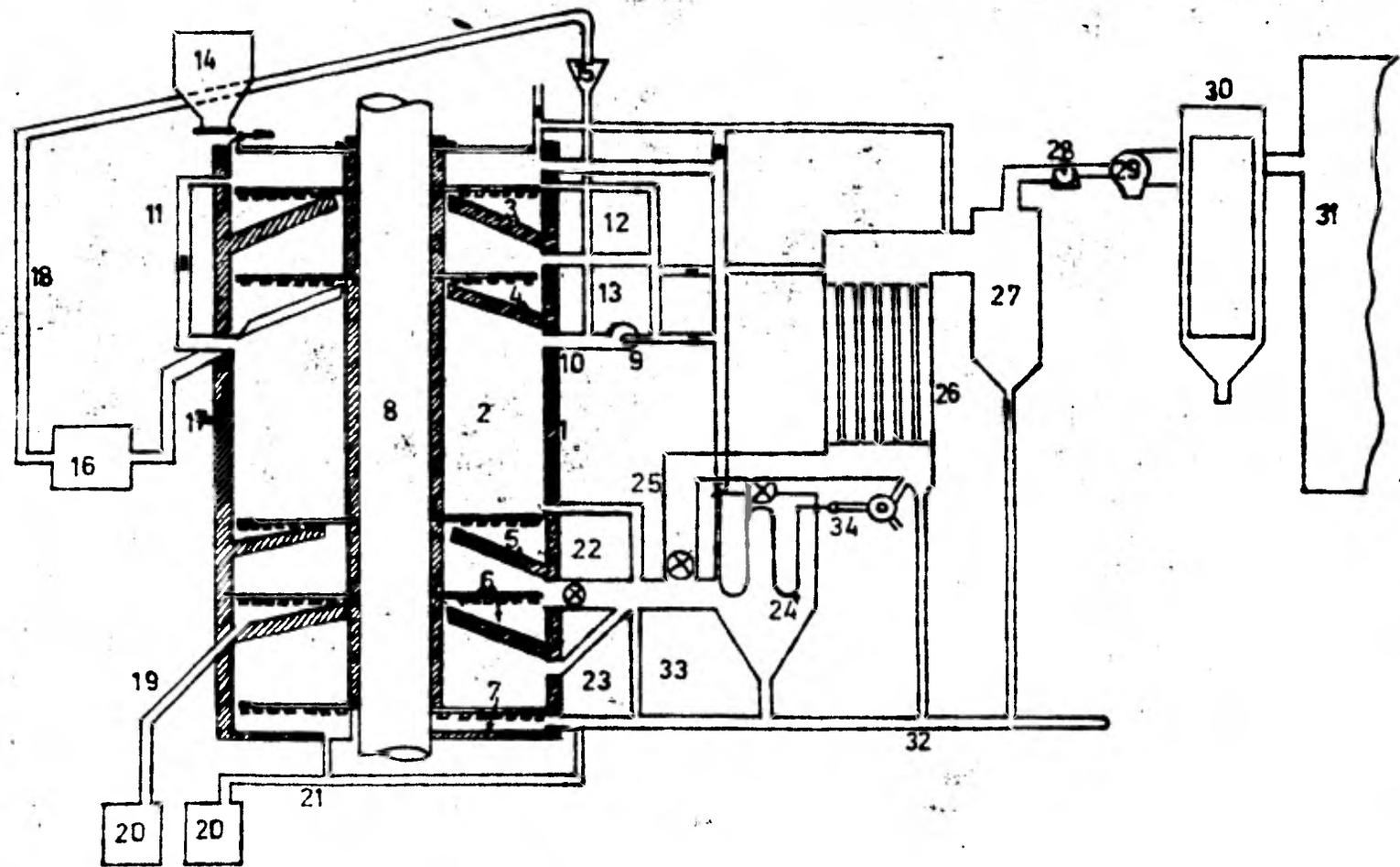
De este modo se logra una desulfuración completa, alto porcentaje de bióxido de azufre, simplicidad de la operación comparable a los otros tostadores.

Se puede decir que el uso de este sistema de tostación sería factible de adaptar en tostadores de hogares múltiples con la consiguiente reducción de costos por mantenimiento, mayor porcentaje de bióxido de azufre, según sea la naturaleza del material por procesar, la cantidad de polvo acarreado, etc.

El cascarón de acero está cubierto con ladrillo refractario y la base de la cámara de combustión tiene un arco de ladrillo también refractario equipado con brazos y rastrillos, sobre el cual el producto de la tostación es colectado.

Otro tipo de tostador instantáneo es el tostador Cominco, en el que se observa que los polvos precipitados desde la corriente de gases de salida, generalmente son recirculados al primer hogar colector para descomponer el material sulfatado y eliminar el azufre residual si así se desea.

Los gases de salida arrastran alrededor del 50 % del producto y son conducidos del horno al economizador de calor donde cerca del 15% del polvo es recuperado.



TOSTADOR TIPO FLASH

El polvo restante es recuperado en su mayor parte en un sistema de ciclones seguido de precipitación electrostática.

El control de la temperatura en la cámara de combustión es mantenida por uno o mas medios incluyendo la recirculación automática de gases de salida del economizador, retorno de los polvos recuperados al hogar colector y la inyección de agua cuando esta no es indeseable.

La capacidad de tostación y el porcentaje de bióxido de azufre en los gases de salida, son del mismo orden que aquellas obtenidas en tostadores de cama fluida (9.5 % de SO_2).

La alta capacidad del horno y los controles automáticos han minimizado los requerimientos de mano de obra.

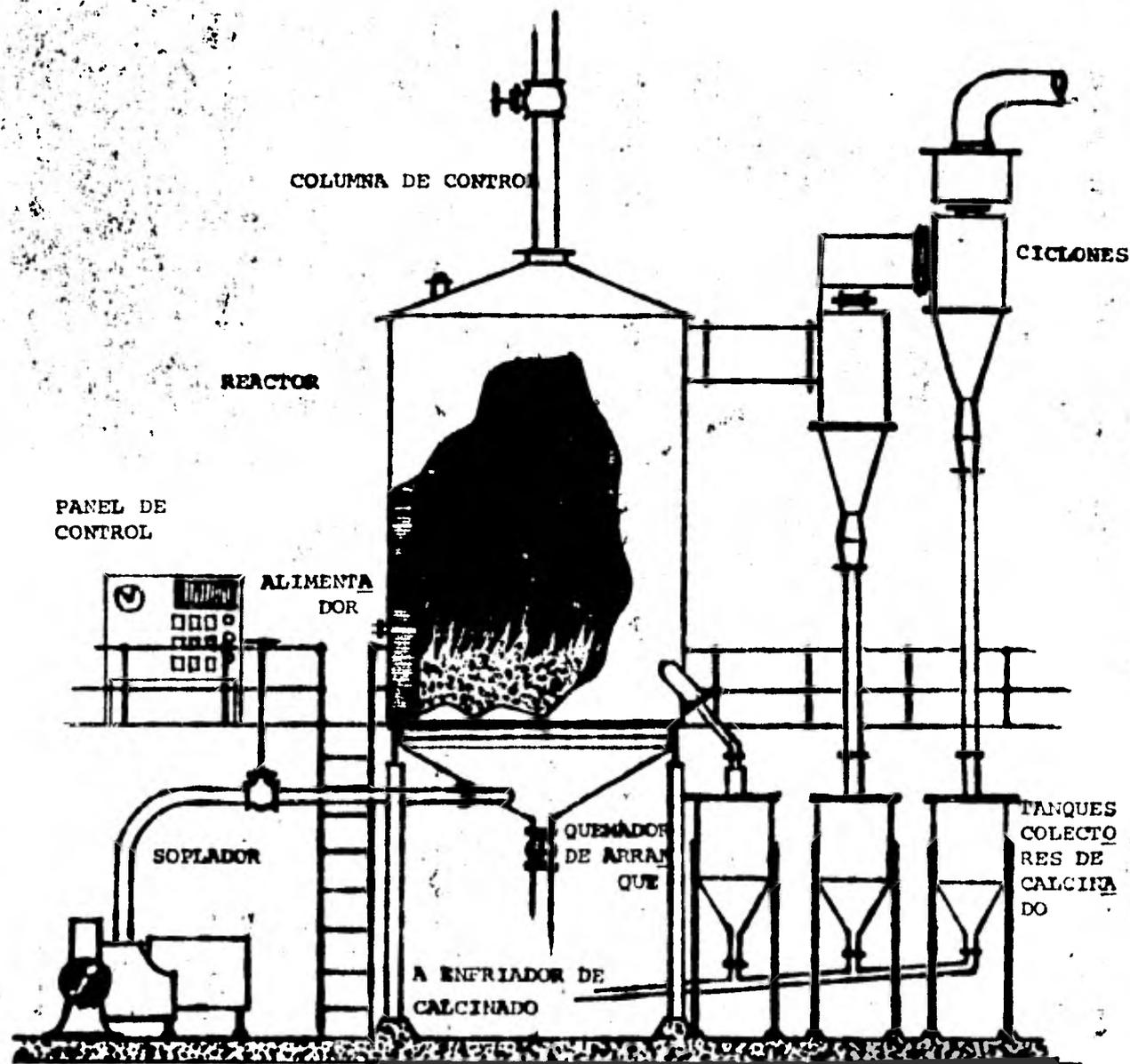
El azufre total residual generalmente se puede lograr desde 0.1 a 5.0 % de azufre en forma de sulfuro; 0.5 - 2.0 % azufre sulfato.

La capacidad de estos tostadores logra procesar hasta 350 toneladas de concentrados por horno y por día.

En la práctica, 8 tostadores de este tipo han reemplazado a 25 tostadores de hogares múltiples tipo Wedge, indicando un incremento de 3 veces la capacidad.

VII-A-4.- Tostación en cama fluida

Básicamente, un lecho fluidizado es un sistema formado por un sólido finamente dividido y suspendido en una corriente ascendente de fluido. Dado que los sistemas fluidizados son casi ideales para lograr un buen contacto entre gases y sólidos, estos son recomendables en las operaciones de transferencia



TOSTADOR DE CAMA FLUIDA

de masa y calor, por lo que este tipo de operaciones fueron ampliamente desarrolladas a partir de la segunda guerra mundial y, posteriormente, comienza ya en firme la aplicación a escala industrial de este sistema, siendo característico que las reacciones que se presentan son casi instantaneas debido al íntimo contacto que se logra entre las fases; además la rápida transferencia de calor permite controlar la temperatura de tostación y prevenir un sobrecalentamiento o fusión de los sulfuros metálicos.

El componente principal de este sistema es el reactor, el cual está formado por un recipiente cilíndrico aislado interiormente por una capa de ladrillo de construcción y otra capa de ladrillo refractario, para evitar las pérdidas de calor por radiación. Unida al reactor se encuentra localizada directamente abajo, una caja de viento cónica equipada con un sistema de toberas las cuales distribuyen el aire alimentado en la sección transversal de la cama fluida.

En operación, el concentrado es alimentado en forma de suspensión cuyo contenido en sólidos es alrededor de 80%. El volumen exacto de agua agregada depende del exceso de calor por eliminarse para mantener una temperatura constante en el intervalo de profundidad de la cama de 1m. a 1.5 m. En algunos casos, cuando se desea lograr una alta recuperación de calor se puede evitar el agregar agua e incluso la alimentación puede ser introducida en estado seco, siendo controlada la temperatura por otros medios, tales como recirculación de sólidos o por medio de serpentines de enfriamiento localizados en la cama fluida. Una vez que los valores metálicos han sido oxidados, los cal -

cinados son descargados por la puerta de derrame y el material mas fino es acarreado por la corriente de gas de salida. Los calcinados son colectados en un sistema de ciclones y en función al tamaño de partícula de la alimentación, decrepitación de sólidos durante la tostación, entre otros factores, la cantidad de sólidos durante la tostación, entre otros factores, la cantidad de sólidos recuperada en los ciclones puede variar del 5 al 100 % del total del producto calcinado.

La corriente de gases se hace pasar a traves de un economizador de calor, ciclones y posiblemente un precipitador electrostático o un lavador de gases, para recuperar los sólidos finos. Los sólidos recuperados en los tres primeros equipos son combinados con el calcinado derramado.

El sistema puede ser provisto de instrumentos para llevar a cabo un control automático de la operación.

Un panel de control típico, incluye: registradores múltiples que indican la temperatura de la cama fluida, de los ciclones, de la caja de viento, etc. ; un controlador de la temperatura para operación automática, manómetros de presión, indicadores de flujo de aire e instrumentos para registrar e indicar otras condiciones de operación y resultados importantes.

Este sistema de tostación ha sido ampliamente usado en la tostación de sulfuros de fierro, sulfuros de cobre, y sulfuros de zinc para la producción de gas con un contenido de 10 a 14 % de bióxido de azufre.

VII- A-5.- Tostación con aglomeración simultanea

Este sistema tiene la característica de mantener estacionaria la carga por tostar y a través de esta se induce una corriente de aire.

Los primeros intentos de operar este sistema fueron fallidos ya que la velocidad de reacción de los sulfuros fue tan rápida que causó la fusión de los sulfuros a "mate" o bien la formación de escoria líquida. El primer éxito de esta operación se logró cuando se agregó la carga carbonato de calcio el cual absorbió parte del calor generado en la reacción provocando calentamientos y descomposición del mismo, de este modo se evitó la fusión de la carga.

El proceso de Huntington-Heberlein empleó crisoles con fondos emparrillados; operación de carácter intermitente y que en la actualidad ha sido reemplazado por el proceso de carácter semi continuo y de tiro descendente, Dwight & Lloyd.

En operación la temperatura de la zona de combustión alcanza valores alrededor de 1000°C , al mismo tiempo que la estrecha zona de combustión pasa gradualmente a través de lo grueso de la carga y la velocidad de la máquina es ajustada de modo que la tostación se complete antes que el material se descargue de ésta. La alta temperatura en las zonas de combustión causa una fusión parcial de la carga, pero el efecto de enfriamiento debido a la corriente de aire, previene la licuefacción extensiva.

La tostación de alto horno causa sinterización de la carga y le da al producto final una estructura porosa y celular. En el hogar de un tostador, la carga total se encuentra en tostación durante el tiempo de residencia en el reactor, mientras que en la máquina d&l solo una zona pequeña del mineral esta sujeta a tostación; por lo que si en el hogar del tostador, ocurre la sinterización, el material se pegaría a las paredes metálicas en contacto, lo cual causaría una disminución notable de la eficiencia en la operación.

VII-B.- Proceso de retortas horizontales

Las etapas básicas de este proceso son:

- 1).- Tostación
- 2).- Sinterización
- 3).- Mezclado de la carga
- 4).- Operación de hornos de retortas
 - a).- destilación
 - b).- Condensación
- 5).- Moldeo

La materia prima para este proceso son concentrados de zinc con un contenido que varía de 50 % a 60 % de zinc en forma de sulfuro, siendo el fierro la principal impureza; asimismo el azufre en forma de sulfuro, ya que no se reduciría en la retorta ni en una solución de extracción en el proceso electrolítico.

Una de las tendencias es usar sistemas de tostación de lecho fluidizado que minimiza la formación de zinc-ferrita en comparación con el sistema de hogares múltiples.

Análisis típico de polvos colectados en Cottrell (%) y g/ton.

	Au	Ag	Pb	Cu	Zn	Cd	S
Flue del tostador	.40	132	.54	.85	60.3	.49	17.7
Humos cott. zinc	.33	171	.93	.78	56.5	.56	12.4
Humos Cott. ácido	.67	444	2.73	.62	39.4	2.39	15.1

Sinterización

Análisis de la alimentación

	Pb	Cd	Zn	Stotal	% SO	% 1a.pas.	% 2a.Pas.
Calcinados	.54	.63	62.0	4.74	1.75 ⁺	61.06	
Sinter recirculado	1.96	1.71	61.4	0.19	0.08	22.74	
Polvo Cottrell	1.67	.87	55.3	13.80	2.76	13.32	
Coke						2.88	3.11
Sinter 1a. pasada	.71	.31	65.3	.48	.17		96.89
Sinter 2a. pasada	.24	.02	66.2	.01	.01		
Humedad						13.0	12.0

En un mineral de zinc calcinado en un horno mecánicamente operado, hay muchas partículas que se comportan de un modo similar a un 'huevo'; las partículas poseen una película impermeable y dura de material fundido en el exterior y en el proceso de retortas impiden el acceso de los gases reductores al centro del "huevo" hasta que se logra una temperatura en que el cascarón del 'huevo' llega a romperse por fusión.

Una partícula de sulfuro de zinc sinterizada, por el contrario, se comporta como una "esponja". La reacción que toma lugar en la retorta se lleva acabo facilmente debido a los poros de la esponja. La sinterización tiene tres objetivos básicos: el producir un producto denso, poroso, desmenuzable que constituya la alimentación de las retortas; eliminar el azufre residual; el remover y recuperar el plomo y cadmio.

La sinterización generalmente es hecha en máquinas Dwight & Lloyd

de tiro descendente, las cuales varían en tamaño desde .915m. por 10.97 m. hasta 3.66 M por 51.2 m.

Esta operación puede ajustarse según sea la calidad del sinter que se requiera; sinter regular y sinter de bajo plomo y bajo cadmio.

El sinter regular es obtenido alimentando los siguientes materiales (análisis previo) a la máquina sinterizadora, previo mezclado.

La operación se lleva a cabo, en dos etapas primeramente alimentando calcinados con un contenido de azufre promedio de 3.51 %, mezclados con coke, polvo Cottrell y material recirculado; la mezcla es alimentada directamente a las parrillas de la máquina número uno en movimiento y sinterizada posteriormente la segunda etapa se lleva a cabo en una segunda máquina.

Los datos de diseño de una máquina de este tipo así como las variables de esta operación se indican a continuación:

- Largo..... 18.3m
- Carros rodantes.....85
- Ancho de carro.....1.52m.
- Largo de carro.....0.61m.
- Alto de carro.....0.18m.
- Parrillas reemplazables..... 31/ carro (de fierro forjado)
- Cajas de viento.....89 cm. (diámetro externo)
- Gusano Hoge.
- Tubo 51.0 cm. diámetro con gusano interior. 32 rpm.

Las variables de proceso que pueden ser ajustadas según fueran los resultados deseados en términos de análisis químicos, son: altura de la cama y nivel de la conformadora (densidad de la cama) , mezclado(uniformidad de partícula y homogeneidad de la cama) , humedad, % S, % Fe, temperatura, tiro velocidad de la máquina (tiempo de residencia) , altura del gusano cortador de la carga (razón de recirculados); en la práctica la altura de cama es alrededor de 38 cm. y la velocidad de la máquina de 46 cm/min.

El control de la operación en su primer etapa, consiste en cálculo y preparación de la carga: esta se va regulando según sea la buena o mala eliminación de S, Pb, Cd y formación de silicatos de fierro de alto punto de fusión(para evitar posibles daños a las retortas) ; así como características físicas del sinter primera y segunda pasada.

Para obtener sinter bajo plomo, bajo cadmio, varios métodos son usados:

- 1).- Temperaturas superiores a 358°K en la cama.
- 2).- La adición de cloruro en la alimentación
- 3).- Sinterización de doble pasada. El sinter de la primera pasada es removido por un cortador Bruderlin y el fondo de la capa que contiene mas plomo y cadmio es resinterizada.
- 4).- La adición de una pequeña cantidad de mineral crudo a la alimentación. El incremento de azufre mejora la eliminación de plomo.

Máquina de sinterización

Máquina	Parrillas % de remplazamiento	Vida en meses	Ton. sinter
# 1	2.4	41.1	137.0
# 2	17.8	5.6	18.3

Eliminación de plomo y cadmio

<u>Sinter regular</u>	% pb	% eliminación	% Cd	% Eliminación
Alimentación la. pasada	1.12		0.858	
Sinter la. pasada	0.67	40.0	0.231	60.0
Alimentación 2a. pasada	0.67		0.231	97.6
Sinter 2a. pasada	0.221	66.8	0.005	99.5
<u>Sinter bajo plomo</u>				
Alimentación la. pasada	1.18		0.791	
Sinter la. pasada	0.72	39.0	0.101	87.3
Alimentación 2a. pasada	0.72		0.101	
Sinter 2a. pasada	0.75	89.5	0.007	93.0
Máquina #1	Vol. M ³ /min	% SO ₂	°K	Kg/día polvo.
Caja de viento # 2	420	0.07	344	170
# 3	529	0.22	498	623
# 4	526	0.10	553	725

Para ambos tipos de sinter, se tiene:

Calcinados 1803 Kg/M³

Finos regulares 1940 "

Polvo Cottrell 1746 "

Sinter Regular 1920

Sinter Reg. 2a. 1925

Polvos colectados 7.6 a 7.5 ton/ día de operación

Volumen filtrado de 4245 M³/Min Stp

Presión promedio en sacos de 87.27 N/M²

Temperatura de gas 356°K como promedio

Vida de sacos de 65 meses.

Análisis de humos

<u>Au</u>	<u>Ag</u>	<u>Pb</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>Cd</u>	<u>S</u>	<u>As₂O₃</u>
6.11	-	2.19	0.06	13.0	4.72	4.52	15.-
<u>Sinter Bajo Plomo (1a. Pasada)</u>				<u>(2a. Pasada)</u>			
Calcinados			62.7	-			
Sinter Recirculado			20.8	-			
Humos Cottrell			12.0	-			
Coke			4.5	5.4			
Sinter 1a. Pasada			-	93.6			
Mineral (Green ore)				1.0			
Humedad			<u>13.0</u>	<u>12.0</u>			
			<u>100.0</u>	<u>100.0</u>			

El sinter final, regular o bajo plomo, es granulado y cribado (abertura típica de la criba 7.5 mm) y entregado al departamento de mezclado.

Los gases de salida de la máquina sinterizadora, se pasan a través de una casa de sacos o un precipitador electrostático para la recuperación de plomo, cadmio y óxido de zinc.

Mezclado de la carga

La carga del horno consiste de sinter, polvo azul, concentrado de los condensadores, sal y combustible reductor.

Los combustibles usados son antracita, semi-antracita y coque o coque breeze. La elección es en base a la disponibilidad, costo y bajo porcentaje de cenizas.

Un análisis típico de preparación de la carga es:

Sinter	57.38 %
Polvo azul.....	.22.11
Concentrado condensador.....	1.43
ganga.....	0.25
Coque.....	15.31
Carbón	2.56
Sal.....	0.86
Fluorita	0.10
Humedad	7 a 7.5 %

Los ingredientes de carga después de haber sido reducidos a tamaño adecuado son almacenados en tolvas de donde son pesados. La carga, generalmente es mezclada en grandes mezcladores de concreto o dispositivos similares que mejoren el manejo y minimizen la formación de polvos; la carga ya preparada es transportada en carros rodantes a los lados de los bloques de los hornos.

Operación del horno de retortas

El horno en uso hoy en día es un diseño Hegeler modificado el cual consiste de dos lados y dividido por una pared central.

cada lado tiene 4 hileras de retortas y de suficiente longitud para acomodar de 200 a 224 retortas por lado.

Un bloque consiste de dos hornos situados de extremo a extremo y son protegidos en una estructura. Este arreglo da de un lado de trabajo de 400 a 448 retortas.

Generalmente estos hornos usan gas natural como combustible y en algunos casos gas de hornos, producto de la coquización; gas y aire se alimenta entre cada segunda o cuarta fila de retortas.

Las retortas son hechas de una forma redonda y ovalada a lo largo del cuerpo de la retorta en su sección transversal, con diámetros que varían de 21 a 25 cm. y longitudes de 1.3 a 1.6 m. .

La retorta de sílica tiene la siguiente composición:

Arcilla refractaria plástica.....	44 a 50 % en volumen
Arcilla calcinada.....	25 a 31 %
Sílica.....	25 %
Agua	1 %

La mayoría de plantas tienen una vida de retortas promedio de 40 y 60 días.

En enero de 1969, los resultados de una investigación a nivel de campo y de laboratorio en diferentes industrias que operaban con este proceso, acerca de las causas de falla de retortas, indica que: en base a un estudio mineralógico completo de las materias primas usadas en 5 fundiciones para producir retortas, en retortas prefabricadas, precalentadas y en retortas dañadas después de un servicio durante diferentes períodos de tiempo, se encontró que el 90 % de las fallas de las retortas se deben a fallas de carácter estructural y parte debida a fallas que

pueden ser causadas por transformaciones mineralógicas a que se encuentran sujetas.

En base a este estudio, se presentan las siguientes recomendaciones para controlar la vida de las retortas e incrementar su tiempo de vida: puede usarse sílica estabilizada, tal como el grado comercial tridimita o bien agregar iones alcalinos a la composición del lote para convertir y estabilizar el alfa-cuarzo a tridimita.

Los condensadores deberán ser taponados adecuadamente en la boca de las retortas, ya que con esto se evitaría la acumulación de óxido duro. Al seguir usando el mismo cuerpo de la retorta la temperatura del horno podría ser controlada a manera de que la temperatura de salida en la chimenea no exceda de 1260 a 1280 grados centígrados.

Es recomendable sujetar a las retortas a un "fuego intenso" para que soporten mejor las condiciones de servicio. En estas condiciones se convertiría el metakaolín a mulita y cristobalita logrando hacer mas densa la retorta y así menos sujeta a la difusión de vapores de zinc y a la formación de granita. Otra alternativa es usando mezclas "superdensas" y calentadas varios días a $1200 - 1300^{\circ}\text{C}$ en los hornos de zinc, esto formaría un cuerpo denso y eliminaría el problema de la inversión de la sílica así como el problema de la conversión de metakaolín a granita, willemita y sílica.

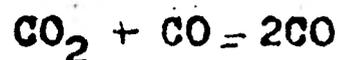
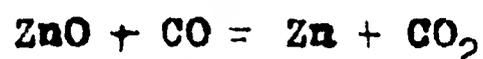
Es un hecho que quines destilan zinc usando retortas cerámicas han tenido problemas con la vida errática de las retortas.

El problema ha sido costoso en términos de material, horas-hombre, desperdicios e ineficiencias, puesto que, por otro lado la vida errática de las retortas obliga a mantener altos inventarios de retortas y de materias primas con el fin de proteger una sobredemanda.

Asimismo, los desperdicios causador por retortas fallidas hacen incurrir en costos adicionales de recuperación, mano de obra para reemplazar las retortas, operaciones de manejo y transporte, etc.

Los condensadores tienen una vida de 5 a 8 días por lo que se procura que en su manufactura, se le proporcionen elementos que le den resistencia al cambio térmico y físico, así como un costo mínimo. La mezcla para su elaboración consiste de arcilla plástica y arcilla calcinada en una relación de 50 a 50 % ó a 60 a 40 % respectivamente.

La reducción y destilación del zinc es llevada a cabo por las siguientes reacciones básicas:



La práctica de operación es de un ciclo de calentamiento de 48 horas con la mitad de los bloques en la planta en operación de limpieza y re-carga, cada día.

La operación de remover el residuo es llevada a cabo con máquinas; asimismo la carga de las retortas es llevado a cabo por tres tipos de máquinas: una de tipo neumático, usando aire comprimido para proyectar la carga; una banda en movimiento que proyecta la carga y un sistema en el cual el dispositivo penetra al interior de la retorta y al regresar la llena. El último sistema ha logrado

mas uso debido a que causa menor ruido, menos polvo y menos derramamiento; mejor control, permitiendo una carga máxima en la retorta.

Otro tipo de operaciones estan siendo mecanizadas, como el remover los condensadores, remover la arcilla que cubre la boca de la retorta, remover y reemplazar retortas rotas, etc.

Vaciado

El metal extraído de los condensadores 4 o 5 veces durante el ciclo de 48 horas. Se colecta en un caldero de colada en una capacidad de 225 a 270 kg. y es vaciado en moldes localizados en cada bloque de la estructura. Generalmente el zinc se vacía en moldes para barras de 25 Kg. sin embargo, en los recientes años se han demandado bloques grandes de 1100 Kg.

Cada barra o lingote debe ser deespunado.

En los recientes años las especificaciones del cliente requieren límites mas bajos de plomo y fierro y las especificaciones para el galvanizado continuo requieren pequeñas cantidades de aluminio adicionales y límites de cadmio mas estrechos. Para proporcionar esta variedad de especificaciones, las plantas de retortas horizontales han instalado pequeños hornos los cuales son usados para formar aleaciones.

En muchas plantas, esto requiere re-fusión y re-vaciado del metal.

Carga de Horno

	<u>Au</u>	<u>Ag</u>	<u>Pb</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>Fe</u>	<u>Cd</u>
Carga regular	0.32	79	0.4	0.70	53.5	5.74	0.52
Carga bajo plomo	0.17	36	0.11	0.63	51.3	6.11	0.003
Polvo azul regular	0.17	58	0.78	0.48	68.4	3.48	0.028
Polvo azul bajo Plomo	0.12	41	0.43	0.48	69.0	3.63	0.012
Condensadores	-	11	0.42	0.06	83.1	6.39	0.027
Escorias	-	7	0.19	0.05	79.9	0.26	0.036

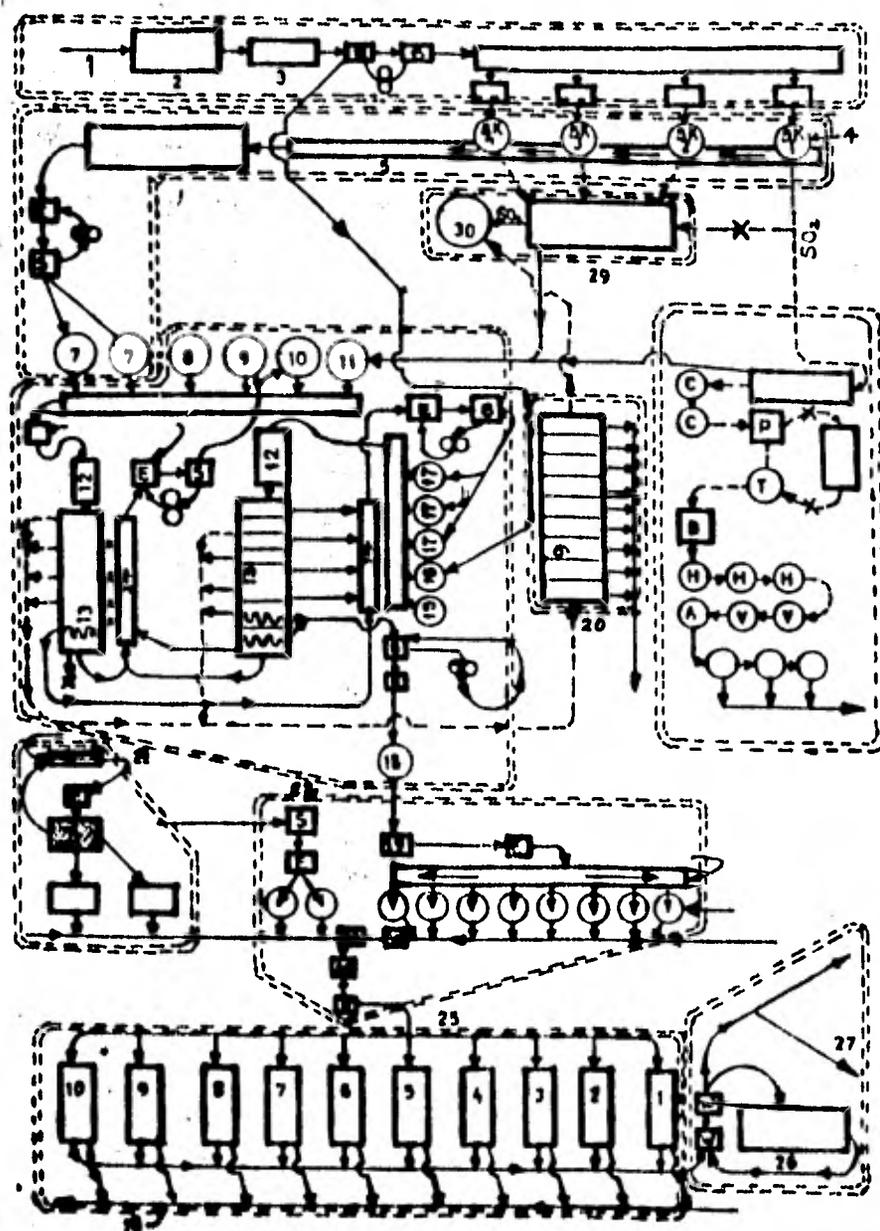
Residuos de Horno

	<u>Au</u>	<u>Ag</u>	<u>Pb</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>SiO₂</u>	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>CaO</u>
Residuo (1)	0.95	295	0.12	3.16	4.5	21.94	34.4	0.6	28
Residuos (2)	1.58	343	0.50	3.72	0.5	-	32.3	-	-

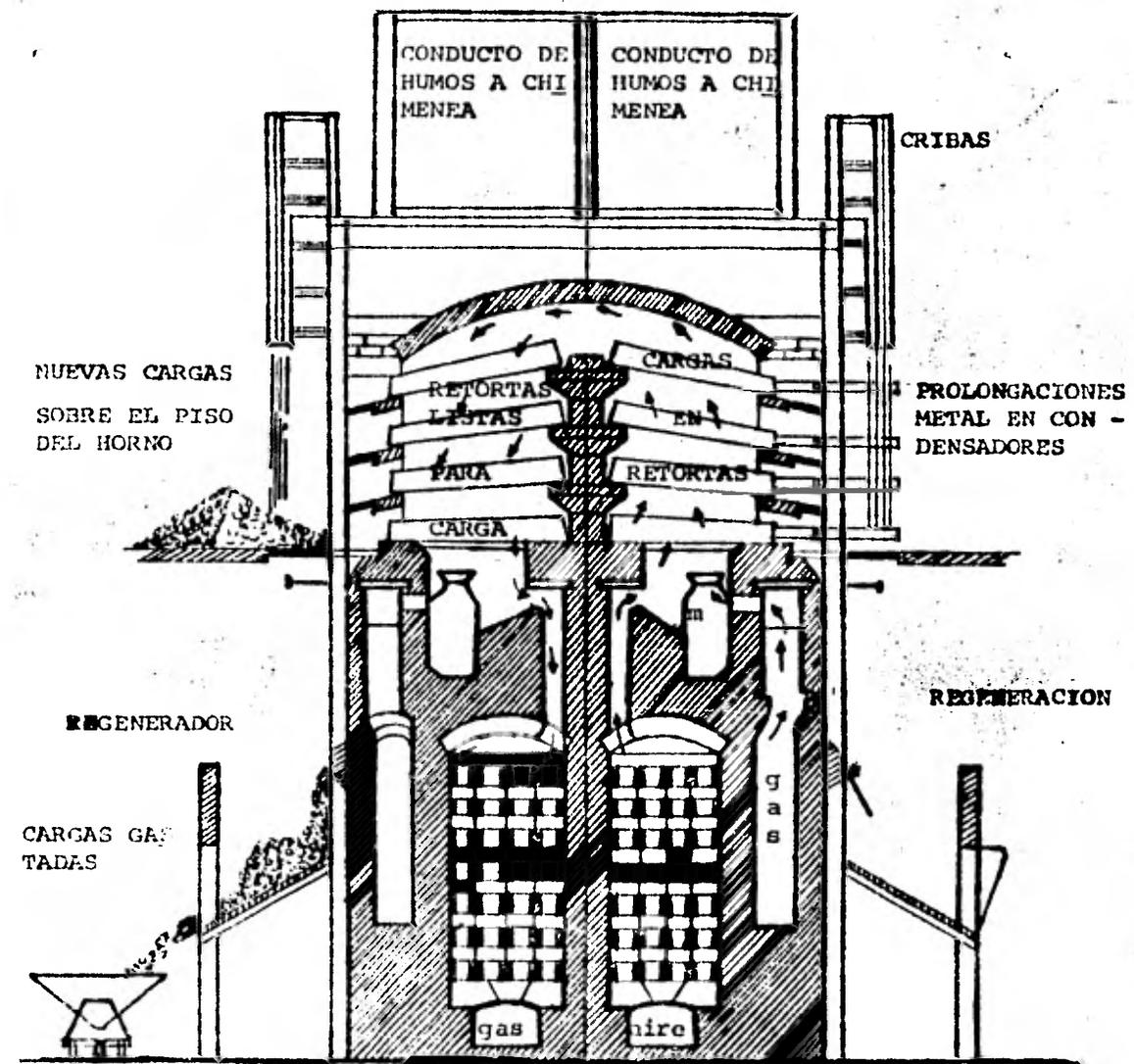
Refinación

La refinación de zinc fundido crudo, es hecha por licuación la cual remueve el plomo y fierro a un menor grado, basado en diferencias de solubilidad y gravedad específica.

Para producir zinc, alto grado especial, algunas plantas de retortas han instalado columnas de redestilación, como la columna de destilación fraccionada. (1)



◆ DIAGRAMA DE BLOQUES DE
PLANTA DE RETORTAS HORIZONTALES ◆



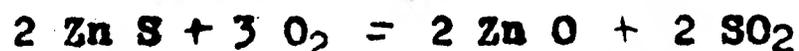
* CORTE SECCIONAL DEL HORNO DE RETORTAS HORIZONTALES *

VII-C).- Proceso Electrolítico

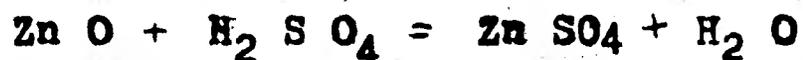
La primera guerra mundial dió un gran ímpetu al desarrollo de este proceso. Desde este período, la demanda de zinc de alta pureza, principalmente para la industria de moldeo en matriz, ha originado la construcción de muchas plantas electrolíticas en todo el mundo, además de concentrar y continuar esfuerzos por mejorar este proceso.

Las etapas básicas de este proceso son:

1).- Tostación de los concentrados de sulfuro de zinc para producir óxido calcinado.



2).- Extracción del calcinado en ácido sulfúrico diluido para obtener solución de sulfato de zinc:



3).- Purificación de la solución de sulfato de zinc para obtener un electrolito satisfactorio.

4).- Recuperación del metal por electrólisis



5).- Fusión del cátodo de zinc y moldeo de las presentaciones comerciales.

Tostación

El objetivo de esta etapa es lograr una tostación completa con un mínimo de azufre residual, ya sea en forma de sulfuro, o bien en forma de sulfato. El azufre residual en forma de sulfuro, con frecuencia se presenta como un compuesto complejo Zn-Fe, llamado zinc-ferrita, el cual es relativamente insoluble en ácido sulfúrico diluido, bajo condiciones normales de extracción.

El ácido sulfúrico producido al aprovechar los gases de bióxido de azufre, subproducto de la tostación, es usado en la operación de extracción.

Para llevar a cabo esta operación, generalmente se usan los siguientes tipos de tostadores: tostador de hogares múltiples, tostador instantáneo, tostador de cama fluida; en los recientes años se ha mostrado una tendencia a usar los tostadores de cama fluida, ya que estos pueden producir en forma más competitiva.

Proceso electrolítico

<u>Constituyentes</u>	<u>% Concentrado</u>	<u>% Calcinado</u>
Total Zn	54.55	62.97
Pb	0.68	0.79
Cd	0.58	0.67
Fe	5.64	6.51
S	30.65	-
Sulfatos	-	2.25
Sulfuros	-	0.30
Insolubles	2.11	2.44
Cu O	0.99	1.14
Mg O	0.66	0.77
Humedad	8.00	-
Ag Oz/tón.	5.85	6.79
Au Oz/ton.	0.003	0.0035

Extracción

El objeto de la extracción es de disolver tanto zinc del calcinado como sea posible, minimizar las impurezas de la solución y al mismo tiempo lograr una alimentación que pueda ser fácilmente filtrada o concentrada.

El solvente usado es ácido sulfúrico diluido que generalmente consiste de electrolito recirculado, regenerado durante la etapa de la electrólisis y diluido con agua.

La práctica usual de extracción puede ser de carácter continuo o intermitente. El alto grado de control obtenido en la operación por lote es adecuado a plantas que operan a alta densidad de corriente y alto contenido de zinc en el electrolito; sin embargo, en los recientes años, dada la disponibilidad de mejores instrumentos de control y la necesidad de reducir los costos de operación, han permitido a algunas plantas cambiar a una operación de carácter continuo.

En el proceso por lote típico, la extracción es llevada a cabo en una solución de ácido sulfúrico diluido de (5 a 10 g/l de ácido sulfúrico) y caliente (90°C) en un tiempo de 3 a 5 horas. Usualmente se agrega bióxido de manganeso con el fin de oxidar al fierro a un estado férrico y al final del ciclo se agrega también óxido de zinc, cuidadosamente hasta lograr el punto de neutralización de la solución, el cual precipita el hidróxido férrico esta precipitación ayuda a remover impurezas como arsénico, antimonio, germanio, sílica entre otros materiales.

El proceso continuo consiste en dos etapas de extracción, la primera es llevada a cabo en un medio de caracter neutro, en presencia de un exceso de calcinado de zinc y el filtrado de la misma, se sujeta a una etapa de purificación. Los sólidos retenidos se tratan en un medio de caracter ácido, usando un exceso de ácido con el propósito de recuperar el zinc; mientras que el filtrado se recircula a la primera etapa. En algunas plantas este sistema opera en forma invertida.

Después de llevar a cabo la extracción, la solución puede ser separada del residuo por medio de un sistema de filtración de caracter intermitente o bien por decantación a contracorriente en una serie de espesadores. La tendencia en las plantas de gran capacidad es de usar el segundo método ya que este permite minimizar los costos de operación y mantenimiento.

El residuo de la extracción, en adición al fierro contenido, cal y sílica, también contiene cantidades de zinc, cobre, plomo, oro y plata, por lo que este se lleva para recuperar el zinc soluble en agua y si el valor lo justifica, el residuo final se seca y embarca a una fundidora.

Uno de los desarrollos de importancia en la hidrometalurgia del zinc, en los recientes años, es el proceso Jarosita. La ventaja de este sistema es el hecho de que tanto la extracción de zinc como de cadmio, cobre, plomo y plata puede ser incrementada, además de disponer del residuo que aun puede ser facilmente lavado y filtrado. La recuperación lograda usualmente es entre 90 a 93 %

El filtrado resultante de la etapa de extracción es una solución impura de sulfato de zinc, la cual contiene también sulfato de otros metales, presentando la mayoría de ellos un efecto adverso en la electrólisis o en la pureza del cátodo de zinc. El cadmio, cobre y plomo al depositarse en el cátodo, bajarían la calidad del producto y el cobre, arsénico, antimonio, estaño, cobalto, níquel, germanio, telurio entre otros, causarían pérdidas en la eficiencia de la corriente al bajar el sobrevoltaje de hidrógeno y causar la resolución del zinc, por lo que se hace necesario un sistema de purificación el cual consiste en la adición de polvo de zinc cuyo fin es precipitar y reducir aquellos metales abajo del zinc en la serie electromotriz; asimismo, con el fin de ayudar a la precipitación de metales mas difíciles, es usual agregar sulfato de cobre y trióxido de arsénico, además el calentamiento de la solución facilita la precipitación de cobalto y níquel.

Una variación dentro de este método es usar polvo de antimonio en lugar de trióxido de arsénico y el cobalto puede ser removido con nitroso-betanaftol.

La purificación con polvo de zinc puede ser llevada a cabo en una, dos, o mas etapas, dependiendo de la práctica y objetivos de la planta.

Por otro lado, precipitados de cobre y cadmio pueden ser recuperados en forma separada al controlar la adición de polvo de zinc y la temperatura de la solución; en algunas plantas, los precipitados son tratados en forma especial en una planta de subproductos.

La purificación puede ser en régimen permanente o intermitente. Aquí como en la etapa de extracción hay una tendencia por el régimen permanente aplicando para esto el control por instrumentación, alimentación automática de reactivo y un mínimo de mano de obra por operación; sin embargo, muchas plantas cuya carga de impurezas es variable, prefieren el régimen intermitente por el mayor control de la pureza de la solución.

La electrólisis de la solución es tan sensible para el zinc que la pureza de la misma es uno de los puntos clave para lograr una operación efectiva de la planta. Un ejemplo típico de solución purificada para una planta de alta densidad de corriente es la siguiente:

Zn.....	160- 180 g/l
Mn.....	3-5 g/l
Fe.....	15 mg/l
Cu.....	Menor a 0.25 mg/l
As, Sb, Sn, Se, Te,...	Menor que 0.1mg/l
Cd.....	Menor que 0.5 mg/l
Co.....	Menor que 0.1 mg/l
Ni.....	Menor que 0.01 mg/l
Ge.....	Menor que 0.01 mg/l

Electrólisis de la solución de sulfato de zinc.

La recuperación de zinc por electrólisis es llevada a cabo al aplicar corriente directa a través de ánodos insolubles, causando la descomposición del electrolito.

El zinc metálico formado se deposita en el cátodo, el oxígeno se libera en el ánodo y llega a formarse ácido sulfúrico por la unión de iones hidronio e iones sulfato.

El hecho de que el zinc sea posible depositarlo en el cátodo, es debido al sobrevoltaje de hidrógeno el cual actúa sobre la fuerza electromotriz aplicada y previene la liberación de hidrógeno en el cátodo.

Para lograr una buena operación de la planta así como una buena eficiencia de corriente, se debe minimizar dentro de los límites económicos, cualquier factor que tienda a bajar el sobrevoltaje de hidrógeno (pureza del electrodo, superficie del electrodo, pureza del electrolito, concentración de zinc, temperatura del electrolito, densidad de corriente, tiempo de deposición y uso de reactivos coloidales).

Las placas del cátodo son hechas de hojas de aluminio rolando y de alta pureza, con extremos de caucho o plástico. Los ánodos son hechos de plomo o aleación plomo-plata (0.5 a 1 % de plata). Las celdas son hechas de concreto y revestidas con plomo; hay algunas con revestimiento de madera, plástico, PVC y fibra de vidrio.

La densidad de corriente es un factor importante en la operación de la celda. Densidades de corriente entre 250-450 amps/m^2 son usuales en plantas de baja densidad de corriente; muchas plantas operan entre 600 a 800 amps/m^2 hasta 1000 amps/m^2 .

Una operación a alta densidad de corriente requiere un electrolito

puro y una alta concentración de ion zinc así como un mayor ritmo de circulación de la solución. Algunos de los defectos que van en detrimento de la alta densidad de corriente pueden ser eliminados mediante períodos de deposición mas cortos.

La temperatura de operación de la celda y la cantidad de plomo depositada con el zinc, afectan la eficiencia de la corriente siendo llevado a cabo el control de la temperatura por medio de serpentines de plomo que procuran el enfriamiento necesario aunque la práctica mas común en las plantas de alta densidad de corriente es el enfriamiento externo en torres de evaporación. Generalmente, la temperatura de la celda es mantenida entre 35 a 40 C^o, sin embargo, con solución de alta pureza, esta puede mantenerse en el intervalo de 42 a 43^oC, logrando una buena operación y con la ventaja de usar un voltaje mas bajo.

Es común agregar reactivos al electrolito circulante, tales como goma arábica, cola, silicato de sodio, los cuales ayudan a obtener un depósito uniforme y liso, además de mejorar la eficiencia; asimismo, para evitar la formación de nieblas causadas por el escape de oxígeno, es común usar ácido cresílico como agente espumante. También se usa carbonato de estroncio para controlar la cantidad de plomo en el depósito de zinc.

+ Los bancos de celdas son arreglados en cascadas, siendo el flujo de la solución en serie. La tendencia mas reciente ha sido arreglar los bancos de celdas al mismo nivel que el flujo de la solución en paralelo a través de las celdas.

En este sistema, el electrolito circula entre las celdas y las torres de enfriamiento, siendo agregado continuamente para mantener un contenido de zinc constante en el electrolito alimentado.

Descortezamiento de los cátodos

En la mayoría de las plantas los cátodos son levantados de la celda por medio de una máquina de alzar montada en un monorriel y transportados a un bastidor en donde son descortezados y apilados manualmente; en algunas plantas esta operación ha sido ya mecanizada.

Energía eléctrica.- La electrólisis de zinc requiere una gran cantidad de energía abastecida a las celdas como corriente directa. Los requerimientos de energía son alrededor de 3000 KWH/ ton. de zinc depositada; el abastecimiento de potencia en algunas plantas es con sus propios generadores y rectificadores, sin embargo es mas satisfactorio comprar potencia y rectificarla. Muchos rectificadores de arco de mercurio aun estan en uso aunque a la fecha la mayoría de las nuevas plantas disponen de rectificadores de silicio.

Fusión y moldeo

El depósito de zinc descortezado del cátodo, algunas veces es fundido en hornos de reverbero a base de gas o aceite como combustible, sin embargo cuando se dispone de potencia a bajo precio es usual adaptar hornos de inducción ya que estos producen menos escoria de óxido de zinc y dan una mejor eficiencia de fundición. Las líneas manuales de moldeo aun se pueden ver en algunas plantas siendo la tendencia actual el cambiar a máquinas de moldeo

y de apilar en forma automática. Finalmente, la espumación, muestreo y marcado se realizan manualmente. Es usual el peso estándar de 25 Kg. por barra. (3)

VII-D).- Proceso de retortas verticales

Este proceso fue desarrollado por la Cía. de zinc New Jersey al tratar de vencer algunas dificultades encontradas en el proceso de retortas horizontales. La retorta individual es mas grande, la transferencia de calor es mas eficiente y la operación es de caracter continuo, lo cual permite un mayor grado de mecanización.

Una instalación típica contiene 43 retortas verticales con una capacidad promedio de producción de 8 toneladas de zinc por día.

El proceso es dividido en las siguientes etapas:

1).- Tostación de los concentrados

2).- Sinterización

3).- Preparación de la carga

a).- Mezclado de sinter con agentes reductores y de liga.

b).- Densificación y aglomerado de la mezcla en " pellets".

c).- Coquizado.

4).- Reducción de la carga

5).- Condensación del vapor de zinc

6).- Colado del metal

Tostación de los concentrados.- La tostación usualmente es llevada a cabo en tostadores de cama fluida o bien en tostadores " Flash".

Sinterización .- La alimentación a la etapa de sinterización consiste de calcinados, antracita, sinter recirculado y agua;

siendo mezclados y alimentados a una máquina D&L de tiro descendente.

La ignición de la carga es realizada por dos muflas y una vez sinterizada la carga, esta es removida por un gusano cortador hasta la mitad de la altura total de la cama, el fondo restante es conducido a un sistema de reducción de tamaño y posteriormente mezclada con la alimentación para ser resinterizada. Para la recuperación de plomo y cadmio, los humos derivados de esta etapa son conducidos a un precipitador electrostático o bien a una casa de sacos en donde son colectados y finalmente enviados a una planta de cadmio.

Peletizado.- Esta operación consiste en obtener una mezcla compactada en forma de "pellet" poroso, constituida de 60 a 70 partes de material tostado y de 40 a 30 partes de material carbonaceo.

Este agente reductor puede ser totalmente carbón bituminoso o parcialmente carbón de hulla, antracita o coque nuez.

Usualmente las características físicas de los "pellets" son:

Dimensiones: 9 cm. x 7.2 cm. x 6.25 cm.

Peso (ya coquizado) 0.272 Kg.

Mallaje de componentes de la carga - de 20 a 200 mesh

Las operaciones incluidas en esta etapa son:

- 1).- Mezclado y compactación de la carga
- 2).- Quemado y sinterizado
- 3).- Cribado en seco

- a).- Para la recuperación de coque
- b).- Para la concentración de plomo y metales preciosos
- 4).- Separación magnética
- 5).- Concentración húmeda
 - a).- Para la recuperación de plomo y metales preciosos.
 - b).- Para la recuperación de zinc y coque.
- 6).- Quemar en parrillas Wetherhill para la producción de óxido de zinc.

Las variables de proceso son: resistencia del " pellet", porosidad, temperatura y velocidad de coquizado, % de carbón y humedad.

Preparación de la carga

Para este tipo de proceso, se requiere que la carga facilite una buena transferencia y utilización del calor, además debe fluir fácilmente hacia abajo, a través de la retorta, mientras los gases de reacción fluyen a contracorriente a través de la carga. Estos requerimientos se logran al preparar la carga en forma de " pellets".

Una composición típica de la mezcla es la siguiente:

Sinter y otros óxidos de zinc	60 %
Carbón bituminoso.....	25 %
Polvo de antracita.....	5 %
Arcilla (como medio de liga).....	9 %
Licor de sulfito.....	1 %
Total	100 %

Usualmente estos materiales se reducen de tamaño y posteriormente son mezclados; la mezcla resultante es convertida en " pellets" en dos etapas, la primera de ellas abastece de una alimentación uniforme, continua y densa a la prensa final. La masa final de " pellets" mide (6.3) (10) (7.6) cm. de espesor y pesa alrededor de 0.5 Kg.

+ Los " pellets " son coquizados en coquizadores autógenos y el sistema de emparrillado escalonado permite que las parrillas descarguen en tolvas desde las cuales los " pellets" aun calientes son extraídos y subidos al piso de carga de las retortas. La masa de " pellets" ya coquizada, contiene alrededor de 40 a 43 % de zinc.

Reducción de la carga

La retorta vertical esta construida de ladrillo hecho a base de carburo de silicio de forma rectangular en la sección transversal y sus dimensiones en la sección longitudinal son (30.5 cms.) (2.44 m.) (11.1 m.) . Las paredes de los lados se adaptan para que tengan movimiento independiente.

La retorta esta dentro de una cámara refractaria de combustión provista de gas natural como combustible principal y suplementada por el gas de reacción de la retorta.

Los " pellets" aun calientes son alimentados por una extensión columnar de la retorta, situada arriba del horno; esta columna de carga realiza varias funciones: los " pellets" reciben calor

de los gases ascendentes, se presenta una condensación selectiva de plomo.

El CO_2 se reduce a CO a una temperatura baja, esto trae consigo la reducción de Zn O a Zn y así los polvos pueden ser separados del gas en la corriente de humos.

Cuando la carga desciende a través de la retorta caliente, las reacciones que toman lugar producen CO y vapor de zinc.

El residuo de los " pellets" se descarga continuamente desde el fondo del horno por medio de un mecanismo de balanceo hacia un sello de agua, de donde son removidos por un transportador de gusano.

Generalmente, se permite cierto desplazamiento de aire a través del fondo de la retorta para mantener el tiro ascendente de los gases de reacción.

Los gases salen por la parte superior de la columna y fluyen hacia abajo a través de un conductor refractario hacia el condensador. Estos gases son impulsados hacia el condensador por medio de un eductor de agua en un sistema de lavado el cual separa el polvo azul. El gas limpio es usado como combustible suplementario.

Condensación del vapor de zinc

Para manejar eficientemente la gran cantidad de zinc producida por este proceso, la Cía. New Jersey diseñó y patentó un condensador " splash". Un impulsor de grafito produce un rocío de zinc líquido a través del cual el vapor de zinc y otros gases deben pasar, condensando el primero sobre la superficie de las

gotas de líquido. La eficiencia de este dispositivo es alta, 95 % del vapor de zinc llega a condensar. El zinc fundido fluye por gravedad y en forma continua desde los condensadores a través de lavaderos a crisoles receptores en el área de moldeo.

Proceso de refinamiento

El zinc de alto grado especial se produce vía el proceso continuo de destilación fraccionada, en donde las impurezas entran en ebullición a temperaturas mas altas que el zinc, de modo que el plomo y el fierro llegan a separarse en la primera etapa. Metales de punto de ebullición mas bajo que el del zinc, tales como el cadmio, son removidos en la segunda etapa; así el sistema consiste de dos unidades para plomo y una columna para cadmio. Cada columna consiste de una serie de platos superpuestos hechos a base de carburo de silicio. Los platos están diseñados para contener un nivel de metal determinado por el flujo. En el extremo superior, los platos son colocados de modo que las aberturas de rebosamiento disten 180°C .

Los platos en la porción inferior de la columna son diseñados para formar un fondo alrededor de la periferia del plato; este diseño da mayor transferencia de calor y mayor capacidad de ebullición.

Una corriente de zinc fundido es alimentada en la parte superior de la columna de plomo, proveniente de las retortas verticales siendo aplicado calor externo en el fondo de la columna y obteniendo vapores de zinc y cadmio que fluyen en forma ascendente.

Estos vapores salen por la parte superior de la columna, son condensados y alimentados a la columna de cadmio; el sedimento consiste de plomo, fierro, zinc y escorias.

El diseño de la columna de cadmio difiere de la anterior en que todos los platos son de diseño plano, ya que se requiere menos ebullición y el condensador esta situado en la parte superior de la columna para recuperar la aleación zinc-cadmio; el metal residual de la segunda columna es zinc de alto grado especial.

Cada columna trata alrededor de 40 ton/día de zinc fundido alimentado, de las cuales 25 toneladas son de metal recirculado, logrando así recuperar un 96 % como zinc refinado.

Es importante hacer notar que la alimentación en forma de "pellets" permite lograr un íntimo contacto entre el carbón y el óxido de zinc finamente dividido lo cual favorece una reacción mas rápida a una temperatura dada, en comparación a la que se presenta en una retorta horizontal.

Las condiciones de transferencia de calor son mejoradas, presentándose una dependencia del nivel de producción por ciclo y la velocidad de transferencia de calor, en la retorta.

Las resistencias a la transferencia de calor son presentadas por: la pared de la retorta, en la etapa de transferencia desde la retorta a la superficie de los " pellets" y la transferencia desde la superficie a la zona activa interior del " pellet" donde

toma lugar la reducción.

Asimismo, es interesante indicar que todos los procesos de retortas se comportan de la siguiente manera:

a).- La temperatura mínima de reducción esta definida por la termodinámica del proceso y por la presión atmosférica.

b).- La velocidad de reducción en el intervalo de temperaturas superiores a la mínima, es controlada por la velocidad de la reacción mas lenta.

c).- La temperatura de reacción y la velocidad de reacción son controladas por la transferencia de calor entre el extremo de fuente de calor característica del proceso usado en el otro extremo la temperatura del sitio de reacción. Sobre estas bases se puede notar su influencia en : limitación en las dimensiones de la retorta, la importancia de la relación diámetro del " pellet" ancho de la retorta, distribución de óxido de zinc residual en la corriente de sólidos que escapan de la retorta, así como la naturaleza de los gases de reacción.

Las ventajas de este proceso pueden enumerarse como sigue:

El proceso ha alcanzado un alto grado de mecanización, por lo que reduce substancialmente el trabajo manual asociado con las retortas horizontales, la recuperación de zinc es alta, llegando a encontrarse en la composición del residuo entre 2.5 a 3 % de zinc; la recuperación de zinc en toda la planta es de 92-94 % . La eficiencia térmica es alta debido al régimen de operación continuo, eficiente transferencia de calor hacia y a través de la carga así como la recuperación y uso del gas CO, sub-

producto de la reacción.

El tiempo de vida de la retorta es alrededor de 3 años.

La construcción de la retorta vertical es mas adaptable al control de la contaminación atmosférica que los bloques de retortas horizontales.(3)

VII-E).- Proceso electrotérmico

Como ya se ha dicho, el método de retortas tradicional requiere calentamiento externo en las unidades de destilación éste presenta una eficiencia térmica baja y un tiempo de tratamiento mayor.

En el proceso electrotérmico la carga térmica necesaria se obtiene en el sitio de la reducción, mediante el uso de elementos de resistencia al paso de la corriente eléctrica. Este proceso fué puesto en operación en 1936 por la Cía. Joseph Lead y la fundición Josephthorn y consiste de las siguientes etapas:

- 1).- Tostación
- 2).- Sinterización
- 3).- Mezclado
- 4).- Destilación
- 5).- Condensación
- 6).- Moldeo

La fundición se divide en tres circuitos: grado superior, grado intermedio y grado selecto.

El sistema de tostación puede estar constituido por tostadores de hogares múltiples, tostadores "flash" o tostadores de cama fluida. La alimentación para los circuitos grado superior y grado intermedio de concentrados seleccionados y el tratamiento de tostación es primeramente en tostadores de hogares múltiples (tostado parcial, eliminación del 90 a 95 % de plomo como Pb S).

y en segundo término se lleva a cabo, el tostado completo en un tostador de cama fluidizada, el resultado de estas operaciones es un calcinado propio para los circuitos grado superior y grado intermedio.

La alimentación del circuito grado selecto es calcinado proveniente del tostador "flash" únicamente.

Sinterizado.- Esta operación se lleva a cabo en máquinas Dwight & Lloyd de tiro descendente.

Puesto que en los hornos se requiere de un sinter "consistente" de tamaño de partícula relativamente uniforme, en la operación de sinterización se agrega arena hasta proporcionar un contenido de sílica entre 8 a 10 % además de recircular un buen porcentaje de finos. Con el fin de promover una acción de cementación se agrega licor de sulfato de zinc y esto a su vez permite lograr un buen "peletizado".

Para el circuito de alto grado es necesario eliminar impurezas lo cual se realiza en dos etapas de sinterización: la primera sin agregar sílica, produce un sinter "fragil", la mitad superior de esta cama se extrae y resinteriza para obtener un sinter de apariencia "consistente".

Hornos .- El horno consiste en una serie de secciones cortas y cilíndricas, siendo alimentada la energía necesaria a través de 8 pares de electrodos de grafito de 30.5 Cm. de diámetro con la característica de que cada par se conecta a su propio transformador de una sola fase y a su propio regulador de voltaje.

La alimentación consiste de sinter precalentado, coque y en forma secundaria polvo azul.

El residuo se extrae desde el fondo del horno por medio de un mecanismo rotatorio de descarga.

El condensador, recubierto con ladrillo de carburo de sílice tiene la forma de tubo en " U " y asociado a este se encuentra un serpentín de enfriamiento abierto a la atmósfera.

El gas CO que sale del condensador, se pasa por un lavador de gases y posteriormente se usa como combustible suplementario.

El polvo azul es sedimentado desde los lodos.

El zinc fundido se desvía desde los serpentines de enfriamiento y se colectan en hornos permanentes.

El moldeo es hecho en forma mecanizada, usando a la vez máquinas apiladoras.

Zinc alto grado especial es producido en columnas de destilación verticales tipo New Jersey.

Subproductos.- Acido sulfúrico se produce en unidades de contacto Leonard Monsanto. Los humos de la planta de sinter son colectados en precipitadores electrostáticos y casa de sacos éstos son tratados en la planta de extracción para la recuperación de cadmio metálico, sulfato de plomo y solución de sulfato de zinc.

+ Comentarios generales.-Proceso combinado con gran colección de polvos y tratamiento de residuos, da una excelente recu-

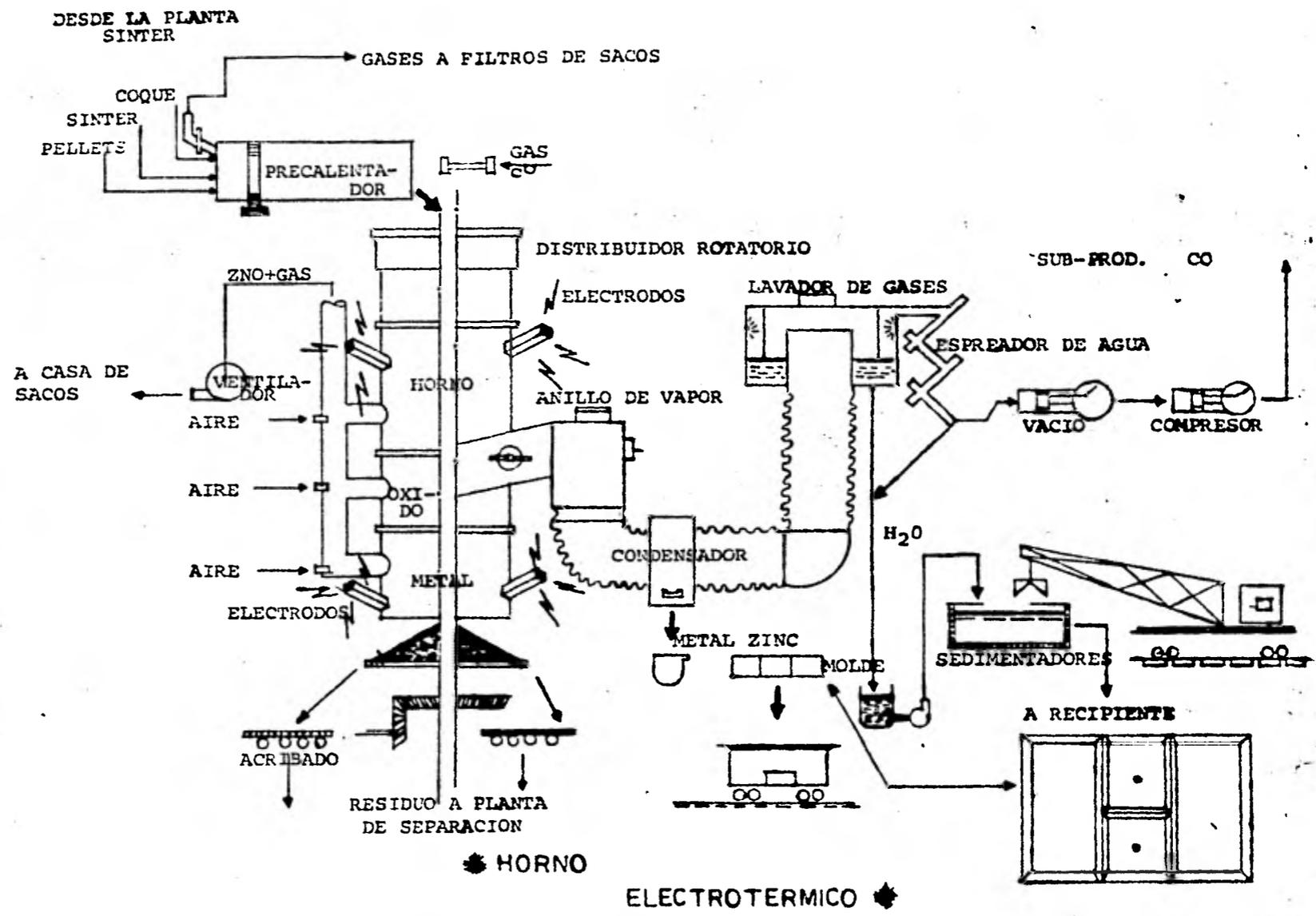
peración de zinc, alrededor de 95.6 %.

Flexibilidad de tratar concentrados que varían ampliamente en contenido de zinc así como materiales secundarios.

Capacidad para producir productos de zinc que cubran las especificaciones químicas comerciales.

Es importante hacer notar que la eliminación de zinc en un horno electrotérmico cae dentro de la misma categoría que el proceso de retortas en que, por alimentación de calor de una fuente externa se sostiene la reacción entre el óxido de zinc y el carbón. La que el abastecimiento de temperatura efectiva del calor es alta, permite usar una carga que sería considerada relativamente no reactiva en el proceso de retortas. Como una consecuencia de la carga menos reactiva, se puede observar una temperatura mayor de reducción de trabajo y puesto que hay una tendencia por bajar la resistividad e incrementar la densidad de corriente en zonas de alta temperatura, es entendible que el material que sale del horno electrotérmico está más fundido de lo que sería el caso de las retortas horizontales y aun más si es comparado con las retortas verticales.

El grado de fusión permitido debe, sin embargo, detenerse entre aquel que impediría el flujo y la descarga del horno.



VII-F).- Proceso de alto horno

La alimentación al horno consiste de sinter y coque en la parte superior y en el fondo de aire precalentado. Los gases calientes de salida contienen vapor de zinc y algunos sulfuros volatilizadas.

Los líquidos extraídos desde el fondo del horno, consisten de escoria, plomo impuro y mate.

Analizando el comportamiento de las reacciones incluidas, se puede distinguir zonas de reacción, de las cuales se puede decir que en algún nivel del horno existe una composición del gas que corresponde al equilibrio a la temperatura de la carga del óxido de zinc sólido; sobre este nivel se pueden distinguir dos zonas: de oxidación y de reducción.

Calentamiento de la carga (zona 1).

La temperatura promedio del sólido alimentado es menor que la temperatura de equilibrio de los gases del horno; así, debe haber una zona en la cual el proceso involucrado es la transferencia de calor del gas al sólido y al mismo tiempo la reoxidación del vapor de zinc. La reacción entre carbón y bióxido de carbono también tomará lugar pero en esta zona es de menor importancia.

* Es de considerarse que en la zona de carga-calentamiento la competencia entre los procesos de transferencia de calor del gas al sólido y la reoxidación del vapor de zinc; ambos serían similarmente afectados por la velocidad del gas y por la canti

dad y disponibilidad de superficie sólida.

Una segunda consideración es la siguiente: si el calor cedido a la carga fría es a expensas del calor sensible del gas o por la oxidación del vapor de zinc, para dar óxido que permanece en el gas, entonces este calor es reestablecido a la corriente de gas por el uso de aire precalentado y no se afecta el balance de calor de la reacción principal que toma lugar en el horno; si de otro modo, el calor es abastecido por reoxidación del vapor de zinc, el óxido de zinc al caer a través del horno junto con el sólido, tiende a ser reducido una segunda vez, provocando una demanda correspondiente de coque. En la práctica se observa que una gran proporción de calor es reestablecida por el uso de aire caliente recirculado y en una menor proporción por la recirculación de óxido de zinc.

Reoxidación (zona 2)

Cuando la temperatura de la carga se aproxima a la temperatura del gas, existe la posibilidad de que ocurran dos reacciones: la reducción de bióxido de carbono por carbón, absorbiendo calor del gas y la reoxidación del vapor de zinc liberando calor al gas. Así puede haber una " zona de equilibrio " en la cual se establece un proceso de reoxidación de zinc continuo, mientras las condiciones no se alejen del equilibrio. El gas y la carga pasan a través de una sucesión de estados cercanos al equilibrio; la dinámica del proceso total que toma lugar en esta zona es dictada por la reacción entre el CO_2 y el C. La reoxidación de zinc, con una cinética mas rápida pero con mayor dependencia de la " distancia al equilibrio " debe ser conside-

rada como ajustada en si misma al ritmo de la velocidad de reaccion CO_2 y C. Esta zona constituye en un sentido, una zona de reserva térmica. La combinación de la zona I y II comprende una carga alimentada a una temperatura media de 400°C penetrando en las zonas de reducción del horno a una temperatura de 1050°C ; el gas fluye hacia arriba a una temperatura de 1050°C y sale de la carga en una condición tal que, por combustión parcial con aire adicional, igual al 10 % del aire alimentado a las toberas, este queda en condición adecuada para pasar al condensador.

El óxido de plomo es inestable a través de todas las zonas, el sulfato de plomo y el sulfato de cadmio serían reducidos a sulfuros. Las condiciones son mas favorables a la reducción de óxido de fierro a fierro metálico en ó arriba de la zona II, como puede ser observado por la reaccion $\text{Zn (g)} + \text{Fe} + \text{ZnO}$, la cual sería impulsada por las presiones parciales altas del vapor de zinc a temperatura baja, la velocidad de reducción sera afectada por factores cinéticos, incluyendo la velocidad de acceso del agente reductor gaseoso a las especies oxidadas.

Reducción del sólido (zona 3)

Existe un intervalo de temperaturas entre aquellas en la que el óxido de zinc sólido esta en equilibrio con el gas del horno mas rico en contenido de vapor de zinc y la temperatura mas baja en la cual la escoria líquida es obtenida.

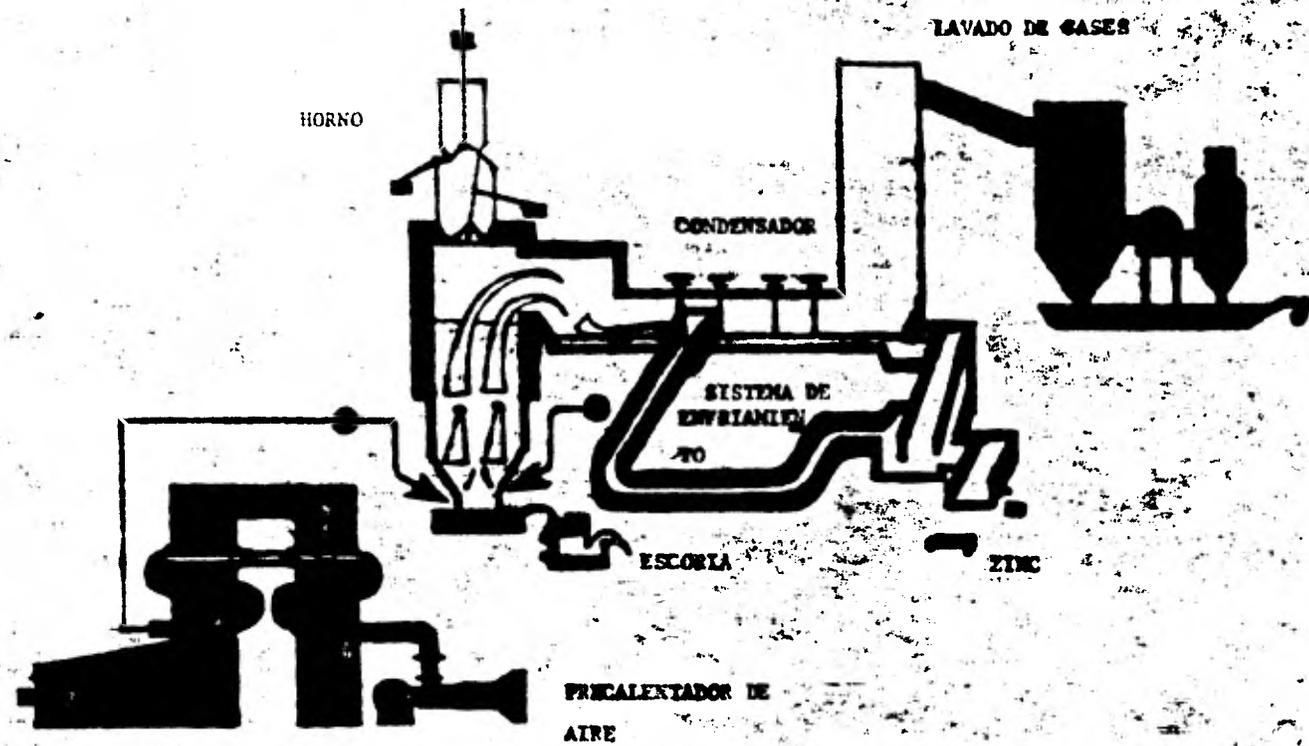
En esta zona toma lugar la reducción del óxido de zinc. Para producir un gas con un contenido de zinc de 5%, sería necesario mantener una temperatura entre 300 a 350° C en el gas ascendente a través de esta zona.

El contenido de vapor de zinc que se registra en operaciones modernas, implica un cambio marcado en la temperatura del gas y se toma en cuenta únicamente sobre la base de que una gran proporción de vapor de zinc se genera en una región en la que hay escoria líquida. Probablemente sea deseable que en el interés de la eliminación de zinc la proporción de óxido de zinc alimentado y reducido sea tan grande como sea posible: esto dependerá de cuanto mas caliente este la corriente de gas en relación al sólido antes de que la escoria llegue a fundirse en forma significativa y por supuesto, sobre el punto de fusión de la escoria.

En esta zona el gas contiene una buena proporción de vapor de plomo y vapor de sulfuro de plomo; de manera que se presenta una circulación de las especies mas volátiles al condensar sobre la carga mas fría y retornar a las zonas mas calientes con la carga. Esta circulación ayuda a un transporte adicional de calor.

La migración de plomo en esta forma, hace razonable suponer que tales especies como arsénico, estan presentes en el horno como una solución en plomo líquido.

Fusión de la escoria y reducción.- En esta zona se presenta la reducción del óxido de zinc remanente y la fusión de la escoria.



ALTO DE HORNO
DE
PLOMO Y ZINC

El óxido de zinc que penetra en esta zona, se disuelve y se reduce fuera de la escoria líquida, lo cual es determinado por el gradiente de la reacción expresado como una diferencia en la presión parcial del zinc la que correspondería para una escoria con un contenido de 2 a 3 % de zinc a un punto de fusión de 1275°C , como para el óxido de zinc a 1060°C . La transferencia dentro de las corrientes de escoria en flujo se estima ser tal que, el proceso de reducción se puede considerar de gran similitud al control de la película de gas. Así la intensidad de la reducción ~~de zinc expresada por unidad~~ de área de superficie de escoria líquida sería alta. La cantidad de reducción lograda en esta zona sin embargo, esta relacionada al área de la interfase líquido-gas de modo que el comportamiento en esta región dependerá sobre una dinámica de fluidos complicada semejante al flujo de un gas, siempre que no se exceda el valor correspondiente a mantener un flujo descendente de escoria líquida.

Debido a la turbulencia que se presenta en las toberas, hay una circulación de sólido en adición al normal, que tiende a elevar la temperatura de la escoria líquida e influenciar su tiempo de residencia.

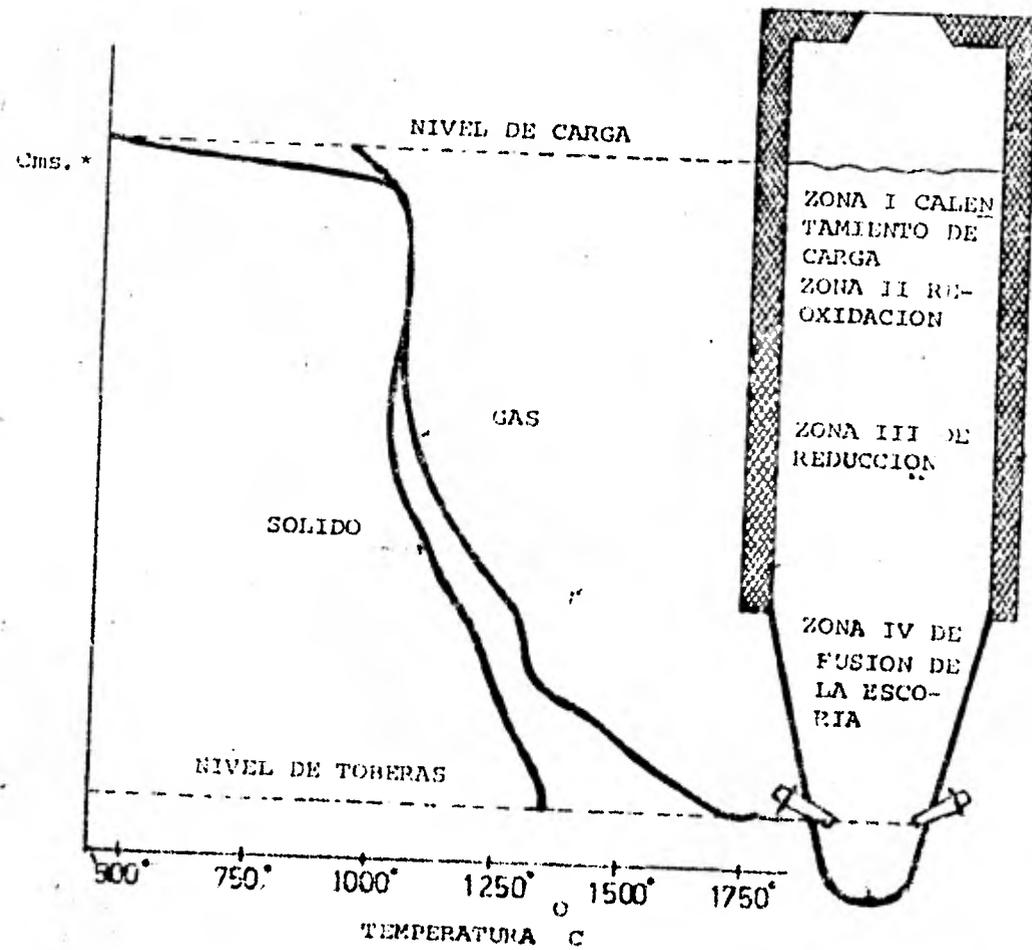
La entrada de coque a esta zona debe orientarse a la vecindad de los conductos formados por las toberas donde es consumido en la reacción de combustión. La evaporación de plomo y sulfuro de plomo así como su recondensación también se presentan en esta zona.

Zona de combustión .- El aire es alimentado al horno através de toberas enfriadas a base de agua.

En la vecindad de las toberas se desarrollan turbulencias en forma de conductos similares a aquellos del alto horno para la obtención de fierro. En esta vecindad se presenta la reducción de algunos materiales como plomo, fierro, etc. Esta región no ha sido aun ampliamente estudiada.

Tanques de escoria.- La escoria contenida en el tanque a nivel de la base del horno esta sujeta a reaccionar vigorosamente con el coque manteniendo baja su superficie, siempre que esta se encuentre arriba de su punto líquido.

La reacción obtendría vapor de zinc de CO y CO_2 y puesto que es fuertemente endotérmica, se abatiría la temperatura de la escoria. Bajo este punto de vista, el tanque de escoria puede considerarse como una zona de reacción de capacidad limitada para la eliminación de zinc y controlada por la alimentación de calor al mismo, ya sea por sobrecalentamiento de la escoria por entrar, por condensación ó por circulación de gas y sólido en su superficie. Así, el contenido de zinc en la escoria que sale del horno puede ser influenciado por algunos detalles de la práctica de la operación, como el tiempo de retención en la escoria en el horno y la altura del nivel superior del tanque en relación a las toberas.



* POSICION RELATIVA AL EQUILIBRIO

En la práctica se consideran los siguientes objetivos:

a).- Máxima producción de zinc (por unidad de coque o de aire alimentado).

El objetivo se centra en la base de obtener el balance de calor mas favorable, al mismo tiempo minimiza la velocidad de reacción de CO_2 y C .

Los factores favorables son la máxima reactividad de la carga Zinc-ferrosa y mínima reactividad del coque. La reactividad se entiende como una cantidad compleja que incluye las constantes de velocidad de reacción, porosidad, geometría de la carga granular así como el tamaño del gránulo.

b).- Máxima eliminación de zinc.

Este objeto debe ser considerado conjuntamente (a); al variar la reacción zinc- carbón en la alimentación, es posible escoger entre máxima eliminación de zinc y máximo rendimiento.

A un nivel bajo de óxido de zinc residual en la escoria, la producción de fierro metálico en la zona de escoria podría ser un problema. Este bajo nivel probablemente sería 1% de zinc para un horno que opera a plena capacidad y constantemente, pero con las variaciones experimentadas bien podría ser un 3 % el contenido de zinc en la escoria.

La cantidad de óxido de zinc no reducido en escoria esta relacionada principalmente al régimen en las zonas mas bajas del horno.

La eliminación es favorecida por una relación alta de cal/silica en la escoria, pero tales escorias provocan una acumulación de sulfuro mas rápida.

c).- Velocidad mínima de acumulación de sulfuro en las paredes

del horno.

Estas acumulaciones tienden a presentarse en las paredes del horno y deben ser removidas periódicamente.

El nivel de acumulación de sulfuros a 1 metro arriba de las toberas, trae consigo una disminución en el contenido de azufre del gas y en la parte superior del horno por deposición de óxido de zinc. Estas acumulaciones de material tienden a ser parcialmente sinterizadas por lo que son mas difíciles de ser removidas.

Los factores que contribuyen a un alto contenido de sulfuro en el gas son el contenido de azufre en la escoria, la temperatura de la zona de escoria y la actividad del sulfuro en la escoria: asimismo, factores geométricos y de operación también determinan el grado de deposición.

Los paros del horno ó períodos de operación a baja velocidad de soplado pueden acentuar la tendencia a la acreción en la parte superior del horno.

d).- Minimizar el arrastre al condensador

Ademas del vapor de zinc que fluye hacia el condensador, en la misma corriente fluyen otros materiales, como polvos, lo cual afecta el rendimiento de zinc en el condensador.

Asimismo , la velocidad de salida de los gases es importante así como el evitar el acanalamiento del gas.

El proceso de condensación

El gas que sale del horno y entra al condensador es típicamente de la siguiente composición y temperatura:

Zn 7 %
CO₂..... 12 %
CO..... 20 %
Temperatura 1040°C

La cantidad de aire usado en la combustión parcial en la parte superior del horno para elevar la temperatura del gas alrededor de 20°C arriba de la temperatura de equilibrio, se fija empíricamente para asegurarse de que en la primer zona donde se pueda presentar acreción de óxido, se aproxime al extremo del condensador en lugar del extremo final del horno en el ducto conector.

Como se ha dicho, el gas contiene otras especies que suministran superficie, sobre las cuales la condensación indeseable puede tomar lugar. El arrastre expresado como una fracción en pesos del carbón total en el gas cubre los siguientes intervalos:

Plomo..... 0.8 a 0.25
Azufre..... 0.004 a 0.012
Arsénico..... 0.0002 a 0.0020
Hierro..... 0.002 a 0.008

El valor límite del intervalo expresado en los valores anteriores corresponde a la disponibilidad general del volumen de la carga para operaciones de intercambio y a una velocidad relativamente baja del gas que sale de la carga; el valor mas alto del intervalo corresponde a una menor disponibilidad

y alta velocidad ya sea que provenga de la acreción, de mala distribución o de una velocidad de soplado muy alta.

Así, el gas que sale del horno tiene problemas en la condensación del zinc a una fase líquida derivados de la relación típica CO_2/Zn , como un resultado de la cual puede tomar lugar la reoxidación de una proporción del vapor de zinc y en relación al contenido de humos y polvos. El método usado para vencer estos problemas consiste en condensar o absorber el zinc en una "lluvia" de plomo creada en el condensador de rocío de plomo.

La separación del líquido a partir de su solución en plomo requiere una temperatura, que para el plomo, corresponde al punto más frío en su ciclo a través del condensador.

Con el flujo de plomo al enfriar el gas y elevar su temperatura alrededor de 100°C , el contenido de zinc de la corriente de plomo se eleva en un 0.25 %, saliendo del condensador a una temperatura cercana a los 560°C y con un contenido de zinc de 2.5 % ó solamente el 55 % de su valor de saturación.

La solución insaturada de zinc en plomo, puede ser manejada dentro y fuera del condensador en equipo de acero.

El plomo líquido se esparce a través del gas por medio de aletas inclinadas, hechas girar en el tanque de plomo alrededor de una flecha vertical.

El objetivo es crear dentro del espacio de condensación una capacidad de transferencia adecuada y uniforme como sea posible, debiendo tomar en consideración la energía utilizada y

el evitar la formación de gotas pequeñas que podrían ser arrastradas fuera del condensador por la corriente de gas. Una unidad de condensación de este tipo se estima que tiene una capacidad de condensación sobre 60 000 tons/ año de zinc. Las variables en este dispositivo, como la forma de la aleta inclinación, velocidad e inmersión deben dar un alcance que asegure máxima eficiencia en cualquier situación dada.

Para lograr una condensación completa y satisfactoria, es esencial que exista mas de una etapa de lavado de los gases, a 560°C , 460°C y 450°C . El arreglo de las mamparas, tiende a las respuestas empíricas en la demanda de conflictos de: conservar las distintas etapas, pero evitar arreglos que conduzcan a corrientes de alta velocidad del gas a través de la etapa, así como fuertes caídas de presión.

Este fenómeno se encuentra representado en la línea de operación del sistema en la fig. de donde se puede observar que el mejor arreglo debe operar dentro del interespacio entre AB y CD.

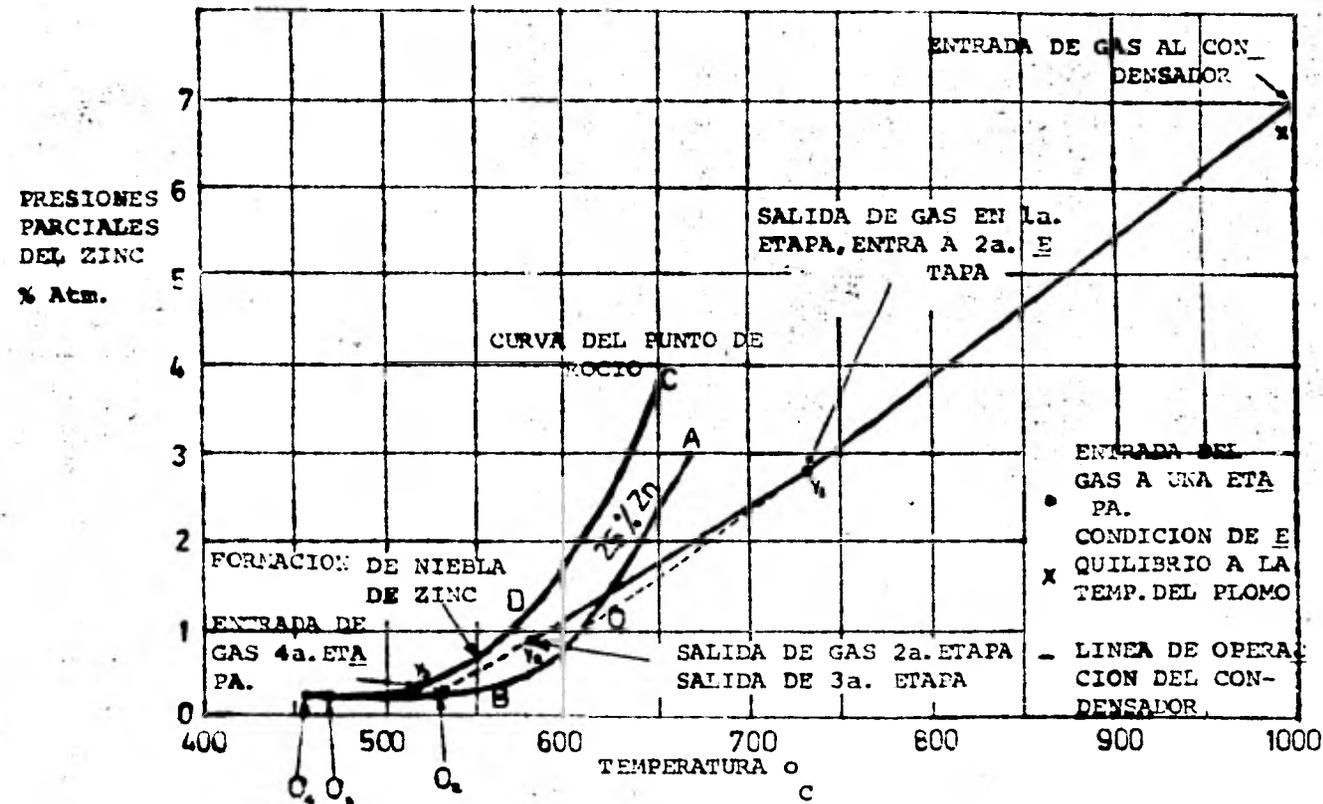
Alrededor del 5 % del zinc que entra al condensador es llevado en la corriente de gas y se recupera posteriormente como polvo azul.

El circuito del condensador comprende también un sistema de enfriamiento externo en el cual el zinc se separa por licuación. Este sistema consiste de recipientes con plomo fundido con sistema de enfriamiento.

El zinc removido del baño, está saturado con arseniuro de zinc con un contenido de 0.05 % por lo que posteriormente es tratado con sodio para remover este arsénico por precipitación a 0.005 %.

La eficiencia de recuperación del zinc en la forma de metal moldeado, es afectada por la cantidad de arrastre del horno. Una unidad de sulfuro que entra al condensador resulta en 3.8 unidades de zinc y 10.8 unidades de plomo apareciendo como polvo azul. Una unidad de arsénico que entra al condensador resulta en 3.3 unidades de zinc que aparecen en el polvo azul. Una unidad de polvo sinter que contiene 0.4 unidades de zinc que entra al condensador resulta en 0.4 unidades de zinc y 0.7 unidades de plomo que aparecen en el polvo azul. Ref.(7)

● LINEA DE OPERACION DEL GAS
 EN LA PRIMERA PARTE DEL CONDENSADOR ●



VIII).- usos generales del zinc

En forma genérica se pueden enumerar los siguientes usos:

Galvanizado.- El zinc tiene aplicación en esta area como un protector a la corrosión de incontables productos de acero, puentes, tubos, accesorios metálicos, etc.

Las dos aplicaciones de esta area, son el galvanizado de formas de acero y de productos elaborados.

Hoy en día se han encontrado nuevos usos dentro del galvanizado y al mismo tiempo se han logrado mejorar los procesos y técnicas relacionadas.

Es importante hacer notar que las técnicas de deposición por inmersión de la pieza en zinc fundido es la mas usada para proteger al acero de la corrosión. Usualmente se aplica por horno caliente o por electrogalvanización.

Antes de la segunda guerra mundial para esta aplicación, se usaba grado selecto " western", pero con el desarrollo del laminado continuo se requiere de especificaciones bajas en plomo y aluminio. Actualmente se usa el alto grado especial y en menores cantidades el " brass special " o grado intermedio. Puesto que la flexibilidad en la aplicación de los revestimientos de zinc amplía su potencial de diseño, cabe mencionar que para esta aplicación, el zinc puede ser aplicado en cuatro formas: por electrodeposición, electrogalvanizado, rociado de metal fundido, cementación(revestir de zinc por calentamiento con polvo de zinc en retortas cerradas) y pintado.

El galvanizado de láminas es ampliamente usado en la industria de la construcción, accesorios, herramientas, instrumentos, agricultura, etc.

Aleaciones base zinc.- A temperatura ordinaria, el metal es quebradizo pero es fácilmente moldeado a temperaturas entre 100 a 150°C.

Su uso fundamental es en aleaciones para el moldeo en matriz cuyo método difiere del vaciado en molde de arena en que se usa un molde permanente de acero, y además de que en la primera técnica se logra una velocidad de moldeo mas alta. En la técnica de vaciado en matriz, el zinc se encuentra a la cabeza de otros metales como aluminio, plomo, cobre, magnesio y estaño ya que presenta características técnicas y económicas mas ventajosas, asimismo esto le ha permitido usarlo ampliamente en la producción de latón y laminados de zinc.

Se aplica también en procesos de fundición para obtener colado de superficies externas lisas que pueden ser fácilmente cubiertas con acabados de níquel-cromo. A estos colados pertenecen las partes automotrices, manijas de puerta, elevadores de ventanas, arcos, partes de tableros, radiadores, bombas de aceite, partes de parabrisas, carburadores, limpiadores, encendedores y frenos hidráulicos.

Otras aleaciones de zinc se usan en partes eléctricas, construcción de juguetes y novedades; también con el aluminio forman aleaciones para la industria de aeronáutica.

Para elaborar estas aleaciones, se usa exclusivamente alto grado especial, a pesar de que su uso implica aleaciones con un contenido de aluminio, magnesio y cobre.

En este tipo de aleaciones el aluminio y cobre son los principales elementos.

Especificaciones (%)

	Al XXIII	Al XXV
Cu	0.25	0.75 a 1.25
Al	3.5 a 4.3	3.50 a 4.3
Mg	0.20 a 0.05	0.03 a 0.08
Fe	0.10 Máx.	0.10 máx.
Pb	0.005 Máx.	0.005 Máx.
Cd	0.004 Máx.	0.004 Máx.
Sn	0.003 Máx.	0.003 Máx.
Zn	resto	resto

Latones.- El zinc contenido en aleaciones de cobre puede ser de un 7 a 40 %, generalmente se usa zinc alto grado. Se usa en tubería de cobre para conducción de agua; en este latón se tiene un contenido de zinc del 15 %.

Forma parte extensiva de radiadores de automóvil, reflectores de lámparas, pies de lámparas, parte de relojes, casco de proyectiles, partes de radio y televisión, telégrafos, teléfonos, etc.

Láminas y conductores de zinc.- Usado en baterías de celdas secas, condensadores de radio, láminas de fotograbado, ánodos

que protejen tanques de agua caliente, zinc laminado como material para techado, etc.

Oxidos de zinc.- Usado en la industria hulera como activador en la industria de pinturas como pigmento, en la industria cerámica, industria de litofone, de cloruro de zinc, sulfato de zinc, farmacéutica, textiles, etc.

Las llantas para trabajo ligero contienen zinc en forma de óxido ya que este ayuda al curado del hule y reduce la generación de calor.

Polvo de zinc.- Es un zinc condensado en partículas muy finas y usado ampliamente en las industrias químicas, moldeo, papel y metalurgia.

Tabla de los usos del zinc y sus derivados principales

Usos principales del zinc en forma metálica:

- a).- Silicio metálico grado electrónico (Proceso Dupont)
- b).- Oxido de zinc

Proceso Francés: cosméticos, lociones, activador y acelerador en la vulcanización del caucho, unguento, esmalte blanco.

Proceso Americano: acicular.- Pigmentos para pinturas exteriores.

nodular.-Cerámica y vidrio, pigmento para pinturas exteriores, acelerador y activador de la vulcanización del caucho.

Proceso Húngaro: cromato de zinc. como impri-

mador de pinturas para inhibir la corrosión, pigmento para linoleum.

Fluoruro de zinc.- Para barnizar cerámica en galvanizado, como fosforescente en tubo de rayos catódicos, como preservativo para madera.

Oleato de zinc.- En medicina, pinturas, resinas y varnices.

Acetato de zinc.- Como catalizador y mordante en teñido con azul de alizarina, en impresión estampada, como preservativo para madera.

Borato de zinc.- En cerámica, farmacéuticos, en pintura retardante de fuego, como fungicida.

Carbonato de zinc: Fluosilicato de zinc

Cromato de zinc: pigmentos, varnices, linoleum.

Dicromato de zinc: pigmento

Dialquil-ditiofosfato de zinc: aditivo de aceite lubricante, estabilizador de color de plásticos.

Dibutil ditiocarbamato de zinc: acelerador en la vulcanización del caucho; aditivo de aceite lubricante.

Diethyl-ditiocarbamato de zinc: aceleradores en la vulcanización del caucho.

Fluoborato de zinc.

Fluoruro de zinc

Fluosilicato de zinc: endurecedor de concreto, agente a prueba de polilla, preservativo de madera, purificador del licor de azúcar.

Formato de zinc: Mordante en tintorería.

Naftenato de zinc: agente secante y humectante en pinturas y

fungicida, preservativo de madera, textiles a prueba de agua material aislante.

Nitrato de zinc: catalizador ácido, sedimentador de resinas, coagulante latex, medicinas, mordante.

Octoato de zinc : catalizador

Perborato de zinc y permanganato de zinc: medicinas, agentes oxidantes.

Fenolsulfonato de zinc : medicina

Fosfato de zinc (tribásico): medicina, fósforo

Cromato de zinc potasio: Pigmento para pinturas inhibidoras de herrumbre.

Propionato de zinc : agente humectante y endurecedor, tintas de impresión y esmalte.

Undecilinato de zinc : fungicida

Zincatos de sodio: Cascajo, asbesto, cemento, aglutinante para techado.

Ferritas: dispositivo de memoria para computadoras, núcleos de transformador.

Catalizador, fundente en cerámica, vidrio (en brillo), cubierta de pisos, aceites lubricantes y grasas, textiles y humos químicos.

c).- Sulfosilicato de zinc: Sulfoxilato formaldehído de zinc-agente desmanchante en tintorerías, estabilizador de color de fibras acrílicas.

d).- Humos de la fundición del bronce .- Carbonato de zinc-óxido de zinc (proceso húmedo)

e).- Cloruro de zinc .- Cloruro de zinc amonio en soldadura,

baterías secas, galvanizado.

Etilo sinc.- En síntesis orgánica, catalizador en poliolefinas para producir cloruro etil mercurio.

Catalizador en la obtención de cloruro de metilo a partir de metanol; desodorante, baterías de celda seca, fluido embalsamante, retardante de la combustión de madera, fluido para soldadura.

En algodón mercerizante

En fierro galvanizado

Baño de hilandería para fibras acrílicas

Textiles

Vulcanización de caucho

Preservativo para madera en uniones para vías de ferrocarril

Electroplateado

Desinfectante

Aglutinante de agua fría

Refinación de petróleo

Cementos dentales

Medicina, síntesis orgánica

Aditivos de alimentos, deshidrante

d).- Sulfato de zinc

Bromuro de zinc.- En medicina, fotografía, manufactura de rayón.

Carbonato de zinc.- En productos de caucho, farmacéuticos, agente a prueba de fuego.

Ferrocianuro de zinc.- En medicina

Ioduro de zinc.- En pinturas, barnices, compuestos de caucho.

Cianuro de zinc.- En baños de electroplateado, medicina, insecticidas, purificación de gas iluminante.

Linoleato de zinc.- Como secador de pintura

Oxalato de zinc.- En síntesis orgánica

Palmitato de zinc.- Como agente de suspensión, lubricante en plásticos.

Peróxido de zinc.- En cosméticos, medicina, agente vulcanizante, oxidante.

Fosfato de zinc.- En medicina, cemento dental, como fosforescente.

Estearato de zinc.- En cosméticos, grasas, barnices, pinturas secador de barnices, aceites lubricantes, medicina, estabilizador en plásticos, agente impermeabilizante.

Sulfuro de zinc.- Fosforescente, pigmento, vidrio opaco blanco, aglutinante opaco y gel, caucho, plásticos, tintes.

Ziram.- En pesticidas

Litofone.- En polvo facial, pinturas para interiores, pigmento para piel blanca, linoleum, papel, tintas, caucho.

Aditivos en alimentos

Medicina

Suplemento en alimentos minerales

Mordante en impresión de estampado

Agente de flotación de minerales

Blanqueo de papel

Rayón (proceso viscosa)

Aglutinante, clarificante,.

IX).- Economía de la fundición del zinc

El costo de producción del zinc esta formado por factores principales: el costo de los concentrados por tratar y los costos de operación del proceso. Los concentrados son comprados en base a la formulación bajo ciertas condiciones de pago, tiempo de entrega, calidad y un precio corriente del metal, por posiblemente el 85 % del contenido de zinc o bien por el contenido de zinc menos 8 % del peso del mineral y un tratamiento de tolerancia que puede variar con el precio del metal así como la oferta y demanda de los concentrados de zinc. Asimismo, se hacen cargas por la presencia de otros metales valiosos y multas que pueden ser deducidas por impurezas que causen dificultades. Como una burda aproximación se puede decir que el fundidor llega a comprar concentrados de zinc de alto grado en 45 a 55 % del precio corriente del metal. El costo es mas bajo para concentrados de bajo grado los que son mas difíciles de tratar.

Costos de operación

En la siguiente tabla se ilustran los principales factores que constituyen el costo de operación en la producción de zinc para los diferentes procesos. Se considera una alimentación estandar de concentrados de alto grado y en el caso del horno imperial una alimentación adicional de concentrados de plomo es postulada.

Comparación de cargas básicas en los procesos de zinc

Concepto	R.H.	R.V.	Electrolítico	Alto Horno
Zinc.	20 000 ton/año	40 000 ton/año	65000 ton/año	85000 ton/año 33000 "plomo"
Horas-Hombre por toneladas de operación	28	8.6	5.4-6.8	4.0
Horas-Hombre por ton. de mantenimiento.	4.5	3.2	1.1	1.65
+ Materiales de mantenimiento como % de costo de capital	4.0	2.8	2.-3	2.5 a 3.5
Energía/ton zn. coque breeze				coque-neco
coque (ton.)	0.32			1.07
Carbón (tons.)		antracita bituminoso		
		0.56 -0.63 0.9		
		para gas		
		1.8		
Electricidad KWH /ton.	60	230	3800-4400	480
Aceite combustible o gas U. T.		165	7.0	30
Agua (litros.10 ³)	-	-	3.8	13.3
Vapor ton/ton.zinc	-	2.5	5.0	0.16
Reactivos Kg./ton. de zinc.	-	Arcilla	Mn O ₂ 14.7 goma ² arábiga 0.027 + ácido cresílico 0.018 Silicato de sodio 0.4 Polvo de zinc Cloruro de zinc 5.7 amonio.	

Concepto	R.H.	R.V.	Electrolítico	Alto horno
Miscelaneos requerimiento por ton. de zinc Kg/ ton. zinc	-	-	Sulfato de cobre 1.1 Óxido arsenioso 0.68 Cloruro de amonio 1.0 Carbonato de estibio 0.025	

Recuperación directa

86-88 %	86-90 %	Normal 85-90%	91-93%
		Jarosita 92-95%	

Ref. (7).

X).- Panorama mundial

Es importante señalar que de acuerdo al patrón de uso mundial de zinc, los requerimientos de calidad de zinc en orden de importancia es como sigue:

Alto grado especial

Alto grado

Brass Special*

Grado intermedio

Selecto Western

Ya que la obtención de este tipo de grados depende del proceso en particular, es imperativo disponer de flexibilidad para cubrir las necesidades de calidad para el mercado nacional y al mismo tiempo estar en posibilidad de concurrir a los mercados de Norteamérica, Europa y Asia.

Puesto que de acuerdo a la capacidad, proyectos futuros de creación de nuevas plantas y consumos a nivel mundial, se espera tener un balance en 1979.

No obstante la crisis económica actual, se puede decir que el panorama del zinc seguirá siendo atractivo tanto en el renglón de precios como de mercado por conquistar; desde luego el uso de stocks estratégicos a nivel mundial sigue amenazando con una disminución de los precios y el ritmo de actividad de esta actividad industrial.

Tabla No. 8

Producción minera mundial por áreas geográficas

Año	Norte- América	Sudamé- rica	Total- América	Europa	Asia	Africa	Austra- lia	Soviet	Total
1960			1195	500	165	235	265	725	3085
1961			1230	520	180	220	260	735	3145
1962			1290	510	200	220	290	760	3270
1963			1320	515	200	215	305	770	3325
1964	1386	264	1650	561	232	265	268	817	3793
1965	1538	298	1836	565	236	291	274	861	4063
1966	1625	301	1926	589	278	275	287	923	4278
1967	1751	378	2129	609	289	277	315	936	4555
1968	1786	324	2110	675	298	267	422	941	4713
1969	1867	358	2225	734	307	256	507	997	5026
1970	1903	385	2288	733	322	259	484	1100	5186
1971	1845	395	2240	708	341	293	452	1124	5158
1972			2469	757	390	268	472	1200	5556
1973			2672	739	392	261	481	1536	6081
1974			2514	812	418	278	453	1595	6070
1975			2409	767	421	298	495	1625	6015
1976			2540	872	467	245	469	1652	6245
1977			2692	935	495	261	492	1716	6591
1978			1984+	770+	370+	192+	346+	860+	4522+

América contribuye a un 40 % en la producción minera mundial.

+ Agosto 1978

Ref. (13 y 17).

La siguiente relación indica la participación en la producción minera mundial por zonas geográficas.

%

Zona geográfica	1960	1965	1970	1975	1977
América	38.7	45.2	44.1	40.0	41.0
Europa	16.2	13.9	14.1	12.7	14.0
Asia	5.3	5.8	6.2	7.0	7.5
Africa	7.6	7.2	5.0	5.0	4.0
Australia	8.6	6.7	9.3	8.3	7.5
URSS	23.6	21.2	21.3	27.0	26.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Ref. (13 y 17).

Tabla No.9

Producción mundial de metal por áreas geográficas.

Año	América	Europa	Asia	Africa	Australia	Esfera - Soviética	Total
1963		1006	311	313	201	855	3866
1964	1379	969	316	102	188	814	3768
1965	1452	1007	368	101	202	927	4057
1966	1510	1046	445	103	198	976	4278
1967	1447	1017	523	106	198	1004	4295
1968	1546	1186	629	116	209	1027	4713
1969	1630	1357	748	121	247	1065	5169
1970	2288	733	322	259	484	1100	5186
1971	2240	708	341	293	452	1125	5159
1972	1325	1472	844	166	298	1200	5305
1973	1293	1569	877	174	306	1315	5534
1974	1192	1712	883	200	284	1646	5919
1975	1155	1448	740	179	200	1632	5354
1976	1301	1579	798	185	250	1702	5815
1977	1263	1666	867	187	255	1725	5958

Los principales productores corresponden a zonas geográficas tales como América Europa y la Esfera Soviética en el orden de un 20 % a un 30 %

Ref. (13) y (17)

El siguiente cuadro refleja la participación en la producción mundial de metal por áreas geográficas.

Zona geográfica	1965	1970	1975	1977
América	35.8	44.1	21.6	21.2
Europa	24.8	14.1	27.0	28.0
Asia	9.1	6.2	13.8	14.6
Africa	2.5	5.0	3.4	3.1
Australia	5.0	9.3	3.7	4.3
URSS	22.8	21.3	30.5	28.8
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

Ref. (13) y (17).

Tabla No. 10

Consumo mundial de metal por áreas geográficas

Año	América	Europa	Asia	Africa	Australia	Esfera Soviética	Total
1963	1274	1251	424	45	106	733	3833
1964	1291	1258	445	48	112	719	3873
1965	1441	1278	450	43	100	756	4068
1966	1505	1259	491	47	95	836	4233
1967	1346	1249	635	77	108	886	4301
1968	1463	1388	728	65	112	922	4678
1969	1479	1538	807	67	112	953	4956
1970	1305	1518	688	67	83	974	4638
1971	1359	1458	687	59	84	1038	4685
1972	1572	1596	937	75	114	1100	5394
1973	1777	1819	1045	87	134	1421	6283
1974	1560	1770	901	99	142	1488	5960
1975	1274	1414	744	99	136	1493	5160
1976	1413	1538	988	111	108	1595	5753
1977	1384	1552	1008	101	103	1626	5774

Del orden de 20-30 % es la participación en el consumo de zinc en América, Europa, Asia y la Esfera Soviética.

Ref. (13) , (17) y (26)

La siguiente tabla presenta el análisis del consumo mundial de zinc por áreas geográficas.

<u>Zona geográfica</u>	<u>1965</u>	<u>1970</u>	<u>%</u>	<u>1975</u>	<u>1977</u>
América	35.4	28.1		24.6	24.0
Europa	31.4	32.7		27.4	26.9
Asia	11.1	14.0		14.4	17.4
Africa	1.0	1.4		2.0	1.7
Australia	2.4	1.8		2.7	1.8
URSS	18.7	21.2		28.9	28.8
Total	100.0	100.0		100.0	100.0

Exportaciones de mineral y concentrado de zinc por áreas geográficas. Contenido metálico de zinc por análisis en miles de toneladas métricas.

Zona geográfica	1968	1969	1970	1971	1972
Europa	19.1	23.0	18.2	17.0	21.2
Africa	4.1	4.5	3.1	1.9	5.4
América	67.5	62.4	66.1	71.2	63.1
Oceanía	9.3	11.0	12.6	9.9	10.3
Total mundial	1778	1908	1960	1872	1590

Importaciones de zinc en minerales y concentrados de zinc por áreas geográficas. Contenido metálico de zinc por análisis en miles de toneladas métricas.

Zona geográfica	1968	1969	1970	1971	1972
Europa	47.5	48.0	48.8	54.0	53.0
América	28.7	28.4	26.1	19.2	14.5
Asia	23.8	23.6	25.1	26.8	32.5
Total mundial	1778	1908	1960	1872	1590

Es evidente que Europa y Asia importan lo que América como zona geográfica exporta en forma significativa.

Ref.(26) (27) (13)

Exportaciones de zinc metálico. Contenido metálico por análisis en miles de toneladas métricas.

Zona geográfica	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Europa	46.0	44.1	44.2	49.3	49.0	48.6	47.0
Africa	3.3	4.2	4.2	3.8	3.8	6.9	7.3
América	35.0	32.0	35.0	27.3	27.3	29.2	28.2
Asia	7.2	7.9	4.4	6.8	6.8	3.8	7.3
Oceanía	8.5	12.0	13.0	13.0	13.1	11.5	10.2
Total mundial	1175	1199	1200	1216	1560	1693	1596

Importaciones de metal. Contenido metálico de zinc en miles de toneladas métricas.

Zona geográfica	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Europa	56.8	65.4	62.0	60.4	62.7	53.0	54.4
Africa	3.8	0.9	3.3	1.8	0.5	0.9	0.4
América	28.6	30.2	26.7	29.6	32.7	41.7	39.0
Asia	10.8	4.0	8.0	8.0	4.1	4.4	6.2
Total mundial	1175	1199	1200	1216	1560	1693	1596

Se da un intercambio comercial favorable a Oceanía; Europa y América realizan intercambio por un monto semejante, siendo desfavorable para América en un 10 %.

Ref. (26) (27) (13).

PRECIOS

Los precios que estan indicados en las siguientes tablas son los registrados por Metals Week' para los grados comunes de barras de zinc denominados " Prime Western ". Los precios mensuales son el promedio aritmético de las cotizaciones diarias del mes y su promedio anual son las medias aritméticas de los precios mensuales. Los precios estan reportados sobre la base de East St. Louis, sabiendo que usualmente se hacen los ajustes necesarios para una venta realizada en otro punto. Asimismo sobre la base L.M.E.

Año	Centavos de dolar / libra	Libra esterlina / T.L.
1960	12.946	
1961	11.542	
1962	11.625	
1963	11.997	
1964	13.568	118.125
1965	14.500	112.900
1966	14.500	101.992
1967	13.843	100.429
1968	13.500	111.175
1969	14.600	121.150
1970	15.319	123.120
1971	16.128	126.960 +
1972	17.660	
1973	20.65	213.536
1974	35.94	332.057
1975	38.96	360.08
1976	32.3	
1977	26.7	
78	30.9	307
79	36.7	340.0

XI).- Impuestos

En México, los productos minerales están gravados con dos tipos de impuestos: a la producción y el de la exportación a través de la Sría. de Hacienda y Crédito Público.

Impuestos a la producción.- Es calculado en función del producto de dos variables: el valor oficial para gravar la producción y la cuota 6 % sobre el valor que constituye en sí el impuesto, por la cantidad producida.

El valor oficial, corresponde al precio que se utiliza para gravar la producción y generalmente sigue las fluctuaciones internacionales en las cuales se basa.

Este valor es constante cuando se aplica a los diferentes tipos de calidades de zinc obtenido en el país, cualquiera que sea su destino final.

En cambio, la cuota ad-valorem varía según sea el grado del producto para cualquiera que sea el destino final del producto.

El impuesto a la exportación se calcula en base al valor oficial para exportación y la cuota ad-valorem, ambos variables según sea la calidad del producto y en el caso del zinc afinado, con su destino final.

Impuesto de producción.- Este impuesto se causará y cobrará sobre todos y cada uno de los minerales, metales y compuestos metálicos aprovechables comercialmente que aparezcan en el producto elaborado. No causarán impuesto de producción los metales obtenidos de minerales que hayan sido importados pa-

ra ser tratados en el país y que sean devueltos a su lugar de origen una vez terminado el proceso de beneficio. Por otra parte no podrán ser exportados los minerales, metales o compuestos metálicos si no se ha cubierto el impuesto de producción salvo que se garantice su pago por medio de fianza.

El impuesto de producción será cubierto en efectivo con la excepción del oro que será en especie y en forma afinada.

El Ejecutivo federal podrá ordenar que el impuesto sea cubierto en especie no solamente tratándose de oro si el consumo de las industrias nacionales no está suficientemente abastecido,.

Al terminarse el proceso de algún producto gravado, deberá ser presentado a la oficina general de ensaye en un plazo no mayor de 30 días con el objeto de que se haga su inspección, determinación de peso, muestreo, ensaye y preparación para el cobro del impuesto. Todo lo anterior quedará asentado en un acta.

Es importante señalar que son causantes del impuesto sobre producción las personas físicas o morales que extraigan los minerales, pero serán responsables solidarios en el pago del impuesto los tenedores, rescatadores, beneficiadores, afinadores, compradores, almacenistas, exportadores y porteadores para los productos que tengan en su poder y de los cuales no se haya cubierto el impuesto respectivo.

Para la liquidación del impuesto de producción se aplicarán las cuotas correspondientes al mes en que se efectúe la presentación ante la oficina federal de ensaye.

Dichas cuotas las publica mensualmente la Secretaría de Hacienda conjuntamente con los precios oficiales de los metales; asimismo el tanto por ciento aplicable a cada valor, así como el impuesto por Kg. de metal, compuesto metálico y mineral.

Para hacer el cálculo del impuesto de producción de minerales metales o compuestos metálicos, se observará lo siguiente:

El impuesto será equivalente a un tanto por ciento del precio oficial y se cubrirá con excepción del oro y el cobre puro o electrolítico, en efectivo. Ese tanto por ciento se encuentra identificado en el artículo 13 de la ley de impuestos y fomento a la minería el cual está basado en los precios del mercado de Nueva York.

Impuesto de exportación

Las liquidaciones de los impuestos de exportación de los minerales metales y compuestos metálicos serán formulados por el departamento de Impuestos y sus oficinas federales de Ensaye, en su carácter de auxiliares de la Dirección de aduanas expidiendo para tal efecto las cuentas por cobrar relativas. Para la liquidación de los impuestos de exportación se tomarán en cuenta:

- 1).- Las cuotas y valores vigentes en la fecha de ingresos al dominio fiscal del producto gravado que se va a exportar, dicha cuota y valores son fijados en la Tarifa General de Exportación y en las circulares que mensualmente publica la Dirección de estudios Hacendarios.
- 2).- Los contenidos metálicos de los productos exportados se

rán aquellos que resultaron en el ensayo que consta en la cuenta por cobrar del impuesto de producción.

Los causantes del impuesto de exportación de metales, minerales o compuestos metálicos que requieran un análisis previo a muestras representativas, estarán obligados a efectuar un pago provisional equivalente al 75 % del impuesto que causen y tendrán que garantizar el saldo a satisfacción del fisco federal.

Para el cálculo de dicho anticipo, el causante deberá presentar una declaración que bajo protesta de decir verdad contendrá la clase y forma del producto, leyes, peso, contenidos así como el cálculo del impuesto y el 75 % de anticipo.

Conclusiones Previas

- 1).- El mercado nacional del zinc representa solo el 15 % del mercado total actual para zinc producido en nuestro país, por lo que básicamente nuestro mercado principal se orienta hacia el mercado internacional fundamentalmente como concentrado. La tendencia actual es incrementar nuestras exportaciones de zinc como metal, aprovechando la oportunidad que brinda el mercado de Norteamérica, Europa y Asia dada su incapacidad para satisfacer sus necesidades de metal a precios competitivos (situación derivada de la crisis de energéticos, obsolescencia tecnológica y carencia de fuentes de materias primas).
- 2).- Impulsar la investigación acerca de las reservas positivas y potenciales de mineral de zinc así como de las limitaciones que se pudieran tener para su tratamiento y explotación.
- 3).- Se deberá incrementar nuestra capacidad de producción minera y de beneficio para cubrir futuras necesidades ó bien importar material, según sean las reservas estratégicas para este producto.
- 4).- Impulsar la investigación acerca de los nuevos usos del zinc y en técnicas de aplicación actuales para la protección y conservación de sus propios mercados.
- 5).- Promover la formación de profesionistas y técnicos asociados a esta actividad industrial.
- 6).- Reducir costos en la producción introduciendo mejores programas de seguridad industrial, métodos de trabajo, investigación de operaciones, etc. que harían mas rentable y competitiva

esta actividad.

7).- Canalizar capital y asesoría técnica a pequeños y medianos productores que sirven de sostén e impulso al desarrollo de esta actividad industrial.

Proyecciones para el futuro

Hay tres factores principales que afectan y seguirán afectando el tipo de procesos usados así como el diseño de futuras plantas:

1).- Fuerza de trabajo

El costo incremental de la fuerza de trabajo, la dificultad de contratar y conservar empleados que deseen hacer el trabajo duro sucio y en un ambiente de altas temperaturas para algunos procesos.

2).- La rigidez en las especificaciones de impurezas por parte de los clientes, tales como la industria de moldeado en matriz y la industria de galvanizado continuo.

3).- Regulaciones en el control de la contaminación

El efecto de estos tres factores es evidente en la construcción de nuevas plantas, en plantas actuales en etapas de diseño ó estudio y en la modernización de algunas de las plantas mas viejas y el paro de otras.

En el diseño de nuevas plantas esta presente la necesidad de construir estas, procurando lograr un flujo mecanizado, materiales de construcción que minimizen costos de operación y de mantenimiento.

Debe ser capaz de producir un producto de alta calidad y ser adecuado para satisfacer una variedad de especificaciones para la fabricación de aleaciones.

El moldeo en matriz requiere de zinc de alto grado especial con contenido de fierro, plomo y cadmio mucho mas bajos que las especificaciones ASTM.

La galvanización continua insiste en zinc con un contenido de plomo tan bajo como 0.01 a 0.02 % y con pequeñas cantidades agregadas de aluminio.

Las plantas deberán evitar la emisión de bióxido de azufre y partículas de material; también deberán recircular líquidos y controlar la pureza de cualquier efluente.

El efecto de estos factores en el proceso de retortas horizontales, es evidente, a través de muchos años estas plantas han sido paradas. Sus requerimientos de fuerza de trabajo son altos su alto costo de mantenimiento, poca automatización, es muy difícil lograr las especificaciones del cliente. Altos requerimientos de gas natural cuya fuente de abastecimiento esta sujeto a muchas irregularidades y riesgos; y usando coque para obtener este gas como un subproducto, esta sujeto a la demanda de productos principales de la coquización o bien altos costos de almacenaje.

De modo que en países con alto costo de mano de obra y fuertes restricciones en el control de la contaminación atmosférica, la vida de estas plantas es limitada.

Las plantas electrolíticas son bien adecuadas y todas las nuevas plantas incluyen una planta de ácido sulfúrico.

El producto primario de una planta electrolítica de zinc es un metal de alta pureza sin la necesidad de ir a una etapa posterior de refinación adicional.

También es importante considerar que esta llegando a ser práctica común alear zinc electrolítico para lograr cualquier especificación del cliente, desde "prime western" hasta alto grado especial.

CONTINUACION TABLA I.

	MEXICO		BELGICA			
COMPANIA	ASARCO MEXICANA	ZINCAMEX	OVERPELT	LOMEL	PRAYON	VFEPLLE
LOCALIZACION	NVA. ROSITA COAH.	SALTILLO COAH.	OVERPELT	LOMEL	PRAYON TROOZ	FLOME
INICIO OPE.	1925	1964	1893	1904	1947	1856
TIPO DE TOSTADOR PLANTA SINTER.	HOGARES MUL TIPLES D&L TIRO DESC.	CAMA FLUI DA SINSINT	CAMA FLUIDA		SINT. DE TIRO DESC.	
CAPACIDAD ANUAL T.M. H2SO4	25000	60000	146000		14000	
TRATAMIENTO DE RESIDUO	EMBARQUE A FUNCION	WAE LZ			SIG.	
NUMERO DE BLOQUES DE HORNOS	10	10	18	10	18	7
NUMERO DE RETORTAS	8960	2240	2592	1920	5760	2688
REFINERIA		COLUMNAS DE REFLUJO	COL. DE REFLUJO	COL. DE REFLUJO		
PRODUCCION ANUAL DE ZINC METALICO T.M.						
CAPACIDAD ANUAL	61000	30000	5000	45000	62000	38000

CONTINUACION TABLA I

	REP. FEDERAL	HOLANDA	FRANCIA		YUGOSLAVIA	JAPON
COMPANIA	PREVSSAG	ZINCS DE LA CAMPINE	VIEILLE MONTAGNE	CIE ROVALE METALURSKO	CINKARMA ASTURIENNE	MITSUIMIN ING & SMECT
LOCALIZACION	NORDENHAM	BUDEL	CREIL	DUBY	CELIE	HIROSHIMA
INICIO OPE.	1906	1892	1915	1870		1928
TIPO DE TOSTADOR PLANTA SINTER.	CAMA FLUIDA	CAMA FLUIDA	TOSTADOR FLASH			CAMA FLUID D&L
CAPACIDAD ANUAL T.M. H2SO4	45000	80000	45000			110000
TRATAMIENTO DE RESIDUO		NO TRATANDO				HUMOS
NUMERO DE BLOQUES DE HORNOS	9	13	10	12	10	9
NUMERO DE RETORTAS	1872	4000	600	2620	2040	2480
REFINERIA	VERTICAL		VERTICAL			
PRODUCCION ANUAL DE ZINC METALICO T.M.						
CAPACIDAD ANUAL	40500	52000	80000	40000	20000	31600
CAPACIDAD ACTUAL						

Plantas de retortas verticales

Compañía	Localización	Inicio	Número de Operaciones	de retortas	Producción anual
E.U.A.	New Jersey	Palmerton Pa.	1929	43	110 000
E.U.A.	New J. Zinc	De Fue 111	1929	27	70 000
E.U.A.	Mathiesen & Hegeler	Meadow Brook	1930	20	45 000
Inglaterra	Imperial Smelting Corp.	Avonmouth	1934	18	38 000
Francia	Royale Asturienne	Auby		20	55 000
Alemania	Preussag Ag Metall.	Harlingerode	1936	46	94 000
Japón	Mitsui - Mining & Smelting Co.	Omuta		32	32 000
++ Capacidad total (T.M.)					484 000

Plantas electrotérmicas

Compañía	Localización	Inició operaciones	Número de hornos	Capacidad
St. Joe Minerales	Josephtown	1936	13	205 000
Metalúrgica Austral	Comodoro Rivadavia	1951	2	12 000
Duisberger Kupterhiutte	Duisberg	1961	2	20 000
Nippon Mining	Toyama-Ken	1954		96 000
++ Capacidad total				333 000

Altos Hornos

Compañía	Imperial Smelting Swanses,	Imperial Smelting Avonmouth	Sulphide Corp. Pty.L.T.D. Cockle Creek Australia	Zambia Broken Hill Dev. Co. Kabwe, Zambia	Soc.Min.&Met. de Penarroya Noyeles-Godault	Berzelius Metallhutzen Duisburg
Localización						
Iniccion Operaciones	1960	1967	1961	1962	1962	1965
Area (m ²)	17	27	17	19	20	17
No. de Condensadores	2	2	1	1	2	1
Composición típica de sinter:						
% zinc	44	46	45	27	46	44
% Plomo	17	18	20	22	18	21
Producción (T.M.):						
Capacidad anual de zinc	60000	120000	60 000	30 000	100 000	85 000
Capacidad actual - 1969						
Zinc (000 T.M.)	45	70	55	27	69	70
Plomo impuro (000 T.M)	19	24	24	26	31	33

Altos Hornos

Compañía	Imperial Smelting Swansea,	Imperial Smelting Avonmouth	Sulphide Corp. Pty. L. T. D. Cockle Creek Australia	Zambia Broken Hill Dev. Co. Kabwe, Zambia	Soc. Min. & Met. de Penarroja Noyeles-Godault	Berzelius Metallhütten Duisburg
Localización						
Inicicion Operaciones	1960	1967	1961	1962	1962	1965
Area (m ²)	17	27	17	19	20	17
No. de Condensadores	2	2	1	1	2	1
Composición típica de sinter:						
% zinc	44	46	45	27	46	44
% Plomo	17	18	20	22	18	21
Producción (T.M.):						
Capacidad anual de zinc	60000	120000	60 000	30 000	100 000	85 000
Capacidad actual - 1969						
Zinc (000 T.M.)	45	70	55	27	69	70
Plomo impuro (000 T.M)	19	24	24	26	31	33

Altos Hornos

		<u>Japón</u>	<u>Rumania</u>	<u>Folonia</u>	<u>Japón</u>
Compañía	East Coast Smelt & Chemical LTD	Sumiko I.S.P. Co.LTD.	Uzina Chimilco Metalurgica	Huta Cynku Miasteczko	Hachinohe Smelting Co.LTD
Localización	Belledume MB Canada	Harima	Copsa Mica	Miasteczko	Hachinohe
Inicio Operaciones	1966	1966	1966	1968	1969
Area	17	15	17	17	17
No. de Condensadores	1	1	2	1	1
Composición Sinter	-o-	-o-	-o-	-o-	-o-
% Zinc	26	46	40	42	42
% Plomo	19	19	17	19	20
Producción (T.M.):					
Capacidad anual de zinc	60000	54000	54000	60000	60000 54000
Capacidad actual -1969-					
Miles T.M. Zinc	35	53	35	17	44
Miles T.M. Pb	25	23	23	7	16
Capacidad total.....	743 000				
(T.M)					

Plantas Electrolíticas de Zinc

País
Puntos

E S T A D O S U N I D O S , D E A M E R I C A

Compañía	American zinc Co.	Anaconda Co.	Anaconda Co.	Asarco	Bunker Hill Co.
Localización	East St. Co. vis	Great Falls Mont.	Anaconda Mont.	Corpus Chrity Texas	Kellog, Idaho
Inicio Operación	1941	1916	1928	1942	1928
Tipo de Tostador	Cama Fluida	Cama Fluida We age	Cama Fluida	Flash	Flash
Capacidad Anual T.M. HwSO4 100%	100000		150000	74500	215200
Tratarriente Residuo	Embarque a Fundición	Tratados	Tratados	Embarque a Fundición	Fundición Directa
Capacidad Anual T.M.	76000	159500	93000	98000	100000
Producción Anual 1969	66790	123250	34680	91510	95910

Plantas electrolíticas de zinc

Compañía	Austria Bleiberger	Belgica Vielle Montague	Francia Vielle Montague	Finlandia Outukumpu Oy	Alemania Ruhr-Zinc	Italia Pertusola	Italia Ammi	Italia AFM. &Monte Vecchio	Italia Monteponi Sardinia
Localización	Gailitz	Balen	Vivez	Kokkola	Datteln	Crotone	Bergamo	Monteponi	Sardinia
Inicio operaciones	1955	1935	1922	1969	1968	1928	1952	1967	
Tipo de tostador	Hogares múltiples	Cama Fluida	Cama Fluida	Cama Fluida	Cama Fluida	Cama Fluida	Cama Fluida	Cama Fluida	
Capacidad anual ácido sulfúrico 100% (T.M.)	30 000	32 000	75 000	170000	23000	80000	30000		
Tratamiento de residuo		Volatilización	Extracción Fusión directa	Fundición	Directa	Extracción fusión directa	Fundición	directa	
Capacidad anual (T.M.)		15 000	135 000	94 000	90 000	135 000	80 000	30 000	60 000
Producción anual (T.M.)		15 540	103 390	93 560	70 000	94 160	56 760	29 040	

-59-

Plantas Electrolíticas de Zinc

País
Unidad

C A N A D A

ARGENTINA S U D A M E R I C A
PERU

Compañía

Canadian
Electroly zinc

Comingo
Limited

Hudson Bay
Minimo & Smelt Co.

Sulfatoles
Sulfacid S.A.

Cerro de Pasco Corp.

Localización

Valle y Field
Quebec

Trail B.C.

Flin Flon
Manitoba

Borghí

La Oroya

Inicio Operac.

1963

1916

1930

1963

1940

-160-
Tipo de Tostador

Cama Fluida

Flash

Wedge Modificado
a tiro dividido

Cama Fluida

Cama Fluida

Capac. Anual
H2SO4 100%

132000

313000

66200

Trat. Residuos

No tratando

Fund. Di-
recta/Slag.
Fuming

Slag Fuming

No tratando

Horno Oxidación-
Red.

Cap. Anual T. M.

131000

263000

80800

13600

62000

Prod. Anual 1969

117340

225050

72330

12960

62350

Plantas electrolíticas de zinc

	ITALIA	NORUEGA	YUGOSLAVIA	ESPAÑA	ESPAÑA	INDIA	INDIA
Compañía	Monteponi & Montevechio	Detnorske Zink Kompani	Hemijska Industrija Zorka Sabac	Asturiana De Zinc	Española del Zinc	Cominco Biani Zinc LTD.	Hindustan Zinc LTD.
Localización	Porto Marghera	Eitrheim Odde		San Juan de Nieva	Cartagena	Kerala	Debari Udaipur
Inicio operaciones	1936	1929		1960	1960	1967	1968
Tipo de tostador	Cama Fluida	Cama Fluida		Cama Fluida	Cama Fluida	Instantanea	Cama Fluida
Capacidad anual ácido sulfúrico 100% (T.M)	60 000	75 000 y 50 000			40 000	35 000	30 000
Tratamiento de residuo	Volatilización	Extracción		Extracción	Fundición directa	No. tratado	Extracción
Capacidad anual (T.M)	40 000	75 000		75 000	30 000	20 000	18 000
Producción anual (T.M)	45 880	58 910		56 450	23 500	13 240	10 750

161

Plantas electrlíticas de zinc

	J	A	P	O	N
Compañía	Dwa Mining Co.	Mitsubishi Metal Mining	Mitsubishi Metal Mining	Mitsui Mining & Selting Co.	Mitsui Mining & Smelting Co.
Localización	Kosaka Akita Ken	Akita-Akita Ken	Hosokura Mivagi-Ken	Kamiora Gifu-Ken	Mike Fukuoka-Ken
Inicio operaciones	1953	1953	1923	1943	
Tipo de tostador	Cama Fluida	Cama Fluida	Cama Fluida	Cama Fluida	Cama Fluida ←
Capacidad anual ácido sulfúrico 100% (T.M)	49 000	SO ₂ a Planta Fertilizantes	36 000	120 000	117 000
Tratamiento de residuo	Flotación/ Fundición	Tostación sulfu o/Extracción	No tratados	Humos	Humos
Capacidad anual (T.M)	19 300	90 000	21 000	61 500	20 400
Producción anual (T.M)	19 700	90 420	20 270	60 300	20 700

Plantas electrolíticas de zinc

	J A P O N	J A P O N	AUSTRALIA	AUSTRALIA	AFRICA
Compañía	Nisso Selting Toho Zinc Co.		Electrolitic Zinc Co.	Broken Hill Assoc. Smelters	Soc. Metallurgi Que Katangaise
Localización	Aizu Ken	Enkushima Annaka Gunha Ken	Risdon Tas Mania.	Port Pirie S. Aust.	Kolwezi Congo.
Inicio operaciones		1937	1921	1967	1953
Tipo de tostador	Cama Fluida	Cama Fluida	Instantaneo Cama Fluida		Cama Fluida
Capacidad anual acido sulfúrico 100% (T.M)	23 000	154 000	278 100		
Tratamiento de residuo	Humos	Destilación	Extracción	Fundicion directa	Almacenados
Capacidad anual (T.M)	31 300	175 000	180 000	43 000	63 000
Producción anual (T.M)	29 330	155 840	160 410	17 000	63 750

Plantas electrlíticas de zinc

Compañía	Zambia Broken Hill	Zinc Corp. Of South Afric
Localización	Kabwe Zambia	Zincor
Inició operaciones	1928	1968
Tipo de tostador	Instantaneo	Cama Fluida
Capacidad anual óxido sulfúrico 100% (T.M)	21 500	72 000
Tratamiento de residuo	No tratado	No tratado
Capacidad anual (T.M)	30 500	36 000
Producción anual (T.M)	22 420	
CAPACIDAD TOTAL.....	2 745 400	

Sumario de la capacidad mundial de producción por procesos

Proceso	1960	%	1970	%
Retortas Horizontales	1 056 700	34.5	732 200	15.0
Retortas Verticales	341 000	11.0	484 000	10.0
Electrotérmico	226 000	7.5	333 000	6.5
Horno Imperial	62 000	2.0	623 000	12.5
Electrolítico	1 385 200	45.0	2 745 400	56.0
++ Total (T.M.)	3 070 900	100.0	4 917 600	100.0

MUCHAS PLANTAS NUEVAS ESTAN BAJO CONSTRUCCION, DISEÑO O ESTUDIO.

COMPANIA	LOCALIZACION	INVERSION MILL. & (M. N.)	TIPO DE PROYECTO	ARRANQUE ADICIONAL	CAPACIDAD TOTAL
<u>AMERICA</u>					
<u>E. U. A.</u>					
	STEPHENPORT KEH.		"C" REFINERIA	1976	180.000
NATIONAL ZINC	BARTLESVILLE OKLA.	225	"AB" FUND/REF.	1975 (50000)	50.000
ST. JOE MINERAS	MONACA PA.	75	"A" FUNDICION	1976	40,000 285.000
ENGELHARD MINERALS ?	BARTLESVILLE OKLA, US.	437	REF/REEMPLAZO R.M.	1976	56.000
NEW JERSEY ZINC	CLARKVILLE, TENN, U. S.	2375	MINA/REFINERIA	1979	90.000
<u>MEXICO</u>					
INDUSTRIA/MINERA MEXICO S. A.	S. L. P.	1200	REFINERIA	1976	110.000
INDUSTRIAS PEÑONES.	TORREON	875	REFINERIA	1976	60.000 180.000
<u>CANADA</u>					
COMINCO	TRAIL B. C.	250	(EXPANSION PLANTA ELECTROLITICA)	1972	300.000
TEXAS GULF SULPHUR, CO.	KIDD CRESK, ONT.	875	PLANTA ELECTRO-LITICA.	1972	109.000
CAN ELECTROLYTIC ZINC	VALLEYFIELD	100	REFINERIA (EXPANSION)	1976	80.000 225.000
<u>BOLIVIA</u>					
ENAP	POTOSI		"C" FUNDICION	1976	60.000
MACHINO EXPORT USSR	ALTIPLANO	375	"C" REFINERIA	1975	60.000

COMPANIA	LOCALIZACION	INVERSION MILL. \$(M.N..)	TIPO DE PROYECTO	ARRANQUE	ADICIONAL	CAPACIDAD TOTAL
<u>BRASIL</u>						
MINERIA DE METAIS	TRES MARIAS	250	"B" REFINERIA	1979	30,000	50,000
<u>PERU</u>						
MINERO PERU	CAJAMAQUILLA	1250	"A" REFINERIA	1977		100,000
CENTRO MIN	OROYA	225	"C" REFINERIA			70,000
	LIMA		"A" REFINERIA	1978	29,000	158,000
<u>EUROPA</u>						
<u>BELGICA</u>						
METALLURGIE HOBOKEN						
OVERPELT	OVERPELT	412	"A" PLANTA/REF.	1974	10,000	80,000
<u>ALEMANIA (OESTE)</u>						
PREUSSAG-WESERZINK	NORDENHAM		PLANTA ELECTROLITICA			100,000
				1972		
<u>NORUEGA</u>						
NORA ZINK	ODDA	1112	FUNDICION	1980	50,000	1130,000
<u>FRANCIA</u>						
ZINCS DE LA CAMPINE	BUDEL, HOLLAND		"A" REFINERIA	1974		165,000
<u>POLONIA</u>						
HUTA CYNKU	UPPER SILESIA		REFINERIA	1977		
ASTURIANA DE ZINC	SAN JUAN DE NIGUA		"AB" REFINERIA	1975	35.000	110,000
<u>REINO UNIDO</u>						
COMINCO	HARTLE POOL	750	"C" REFINERIA	1976		100,000

COMPANIA	LOCALIZACION	INVERSION MILL, \$(M.N.)	TIFO DE PROYECTO	ARRANQUE ADICIONAL	CAPACIDAD TOTAL
<u>YUGOESLAVIA</u>					
GOBIERNO	SREBRENICA BOSNIA	437	MINA/FUND/REF.	1975	18,500
GOBIERNO	TITO V VELES MACEDONIA.	500	FUND/REF.	1972	70,000
TREPCA	TREPCA	637	COMPLEJO	1975	66,000 207,000
<u>NETHERLANDS</u>					
NV KEMPENSCH	BUDEL	287	PLANTA ELECTRO- LITICA.	1973	150,000
ZINKMAATSCHA	PFN				
<u>ASIA</u>					
<u>JAPON</u>					
DORVA MIMORG CO. HIPON MIMING SUMITOMO METAL MI CO. MITSUI MI & SMECT. CO. TO HO ZINC CO.	MIIKE AKITA	20 125	REFINERIA REFINERIA	1976	16,00 22,000
AKITA ZINC	JAPON		"A" PLANTA	1974	78,000 156,000
<u>TURQUIA</u>					
CINKUR	ANATOLIA	525	PLANTA	1974	40,000
<u>THAILANDIA</u>					
THAI ZINC	TAK	562	REFINERIA	1977	50,000

COMPANIA	LOCALIZACION	INVERSION	TIPO DE PROYECTO	ARRANQUE	CAPACIDAD ADICIONAL	TOTAL
<u>INDIA</u>						
COMINCO BINANI, ZINC	ALUAYE KERALA STATS.		EXPANSION FUND.	1974	40,000	60,000
HINDUSTAN ZINC	VISHAKAPATNAM ANDHRA	550	PLANTA DE ELECT.	"A" 1976		30,000
HINDUSTAN ZINC	DEBERI	175	"BC" FUND.	1975	18,000	36,000
SOUTH KOREA	ONZANO, S.	687	"C" FUND.	1977		50,000
SUBTOTAL ASTA						
<u>AFRICA</u>						
<u>ARGELIA</u>						
GOBIERNO	GHAZAQUET	500	REFINERIA	1973		80,000
ZINC CORP. OF S. AFRICA	SOUTH AFRICA	262	REF. "C"	1978	25,000	75,000
SUB TOTAL AFRICA						
TOTAL MUNDIAL						

Nuevos proyectos de inversión

Norte y Centroamérica

Compañía	Localización	Capacidad	Unidad	Inversión	Comienzo
Brunswick Mngt Smelt	New Brunswick Canada.	110 M	tpy Zn	200 MM	1981
Jersey y Miniere	Clarkville US	90 M	tpy Zn	210 MM	1979

Sud-América y Caribe

ENAF	Potosí Bolivia	60 M	tpy Zn	225 MM	1983
Minera Cao Morro Agudo	Paracatu Brasil	35 M	tpy Zn	116 MM	1979
Paraibuna de Metais	Juiz de Fora Brasil	27 M	tpy Zn	51 MM	1979
Centromin. Minero Peru	La Oroya Peru	18 M	tpy Zn	100 MM	1979
	Cajamaquilla	1015M	tpy Zn	203 MM	1980

Europa

Gout	Bally Long Ford Ireland	100 M	tpy Pb/Zn	200 MM	1982
Norzinc AS	Odda Norway	50 M	tpy Zn	89 MM	1980
Quimigal	Nr. Lisbon Portugal	11 M	tpy Zn	20 MM	1980

Africa

Asia y Japon

Cominco Binani	Zinc Always Kerala India	20	tpy Zn	-	-
Koryo Zinc Co.	Onsan So. Korea	80	tpy Zn	100 MM	1979
Thai Zinc	Mae Sut Thailand	66	tpy Zn	100 MM	-

Australia - Oceanía

Total	909.5 M			1714 MM		
Año	Capacidad			Inversión		
1979	311.0	M	tpy Zn	677	MM	\$
1980	262.5	M	tpy Zn	312	MM	\$
1981	110.0	M	tpy Zn	200	MM	\$
1982	100.0	M	tpy Zn	200	MM	\$
1983	126.0	M	tpy Zn	325	MM	\$

BIBLIOGRAFIA

<u>No.</u>	<u>Autor</u>	<u>Nombre</u>	<u>País</u>	<u>Año</u>
1	Foster M. K.	Horizontal Retort and Acid Plant Asarco Mexicana S.A.	México	-
2	Mariachter	Volumen II Metalurgia extractiva de plomo y zinc.	N.Y.	1970
3	H.L. Montague	La metalurgia extractiva del zinc.	N.Y.	1972
4	Mathewson	Zinc. The metal its alloys & compounds	N.Y.	-
5	John W. Gabel man	Zonificación metalo tectónica regional.	México	1968
6	Donald M. Liddel	Manual de metalur gia no-ferrosa principios y procesos.	N.Y.	1945
7	S.W.K. Morgan & S.E. Woods	Application of the blast furnace to zinc smelting	U.S.	1971
8	Landa & Newton	Extractive metallurgy	U.S.	-
9	Werner W Duecker James R. West	Manufacture of sulfu ric Acid.	N.Y.	1959
10	H.J. Stelli	Sintering zinc ores Bartlesville Plant National Zinc Co. Otto Risman		
11	George R. McCormick	Mineralogy of ho rizontal retorts. A cause of failure. The refractories Journal	U.S.	1970
12	John L. Bray	Non-Ferrous Production Metallurgye.	U.S.	1947

<u>No.</u>	<u>Autor</u>	<u>Nombre</u>	<u>País</u>	<u>Año</u>
13	-	Statitche. Metalli Non Ferrosi e Ferro leghe.	Italia	1969
14	An Embassy México.	Airgram. Industrial Outlook Report	México	1974
15	E.R. Roberts	The extraccion of non-ferrous metals	Lonfres	1950
16	CRNR	Los recursos minerales de México. Metálicos.	México	1969
17	ABMS	Non-Ferrous metal data American Bureau of metal Statistics.	U.S.	1977
18	E & MJ	Survey of Mine & plant Expansion.	U.S.	1979
19	J. González Reina	Geología, paragenesis y reservas de los yacimientos de plomo y zinc en México.	México	1948
20		Registro Rolland de ductos. Directorio Industrial Nacional.	México	1969
21	SIC	Sobordo Mercantil	México	1969
22	Nacional Financiera.	La Economía Mexicana en cifras.	"	1970
23	Lic. Enrique Serna Jr.	Impacto y realidad de la economía minera. El zinc y su problemática.	México	1973
24	Secretaría de Economía. Dirección general de estadística.	Monografía del zinc	México	1955
25	CNIT-UNAM	La industria de la fundición en México. Diagnóstico técnico económico.		1971

<u>No.</u>	<u>Autor</u>	<u>Nombre</u>	<u>País</u>	<u>Año</u>
26	Albert D. Mc Mahou	Minerals Yearbook	U.S.	1970
27	Charles F. Barber H. Fasting	Minerals Yearbook	U.S.	1971
28	C.R.N.R.	Sumario estadístico de la minería mexicana.	México	1977
29	E&MJ	1978-1973 Survey of mine & plant expansion	U.S.	
30	R.Lewis Stubbs	Bright Outlook for Lead & zinc	U.S.	-
31	P.H. Tolcher	A Canadian Outlook for Lead & zinc	U.S.	1972
32	Jose Giral B. Robert P. Morgan	Appropriate Technology for Chemical Industries in developing economies.	México	1972
33	S.W.K. Morgan S.E. Woods	Application of the blast furnace to zinc Smelting	U.S.	1975