

# Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA  
MINERA Y METALURGICA



## “ Estudio Técnico - Económico, para la Fabricación de Aceros Especiales no Planos en el Perú ”

### T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO METALURGISTA**

**VICTOR ORLANDO HARO CORALES**

**LIMA • PERU • 1985**

A mis padres:

Por sus admirables sacrificios  
que hicieron posible el logro  
de mi profesión.

A mi esposa e hijos:

Que son el complemento  
ideal de mi existencia.

## AGRADECIMIENTO

A los Docentes de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, que me inculcaron los conocimientos técnicos, base que sustenta mi desarrollo profesional.

Mi reconocimiento y agradecimiento en forma muy especial al Ing. Pedro Máximo Angeles Betata, quién con su ejemplo y dedicación ha contribuido a la formación integral del Ingeniero Metalurgista.

El autor.

## INDICE

	Pág.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I: GENERALIDADES	
1.1 Clasificación de los aceros especiales	4
CAPITULO II: ESTUDIO DE LA DEMANDA	13
2.1 Evolución de la Demanda	14
2.2 Previsiones de la Demanda	20
2.3 Balance Oferta-Demanda y Conclusiones	25
CAPITULO III: INGENIERIA DEL PROCESO DE FABRICACION DE ACEROS ESPECIALES	29
3.1 Procesos de Afino de aceros especiales	29
3.1.1 Introducción	29
3.1.2 Clasificación de los procesos de afino	33
3.1.3 Características y descripción de los procesos de afino	34
3.1.4 Conclusiones	70
3.2 Instalaciones Actuales	
3.2.1 Estudio de las instalaciones de SIDERPERU	71
3.2.2 Estudio de las instalaciones de Laminadora del Pacífico S.A.	73
3.2.3 Selección de la Planta	75



	Pág.
3.3 Estudio Técnico de nuevas instalaciones a implementarse	
3.3.1 Especificaciones técnicas de los aceros a fabricarse	78
3.3.2 Descripción del Proceso de fabricación	81
3.3.3 Cálculo de instalaciones	102
3.3.4 Requerimiento de Personal	106
3.3.5 Programa de Implementación	110
3.3.6 Control de Calidad	111
CAPITULO IV: ESTUDIO ECONOMICO-FINANCIERO DE LAS INSTALACIONES REALIZADAS Y DE LAS NUEVAS A REALIZARSE	132
4.1 Inversiones en inmovilizados	132
4.2 Financiación de la Inversión	135
4.3 Programa de Producción y Ventas	142
4.4 Costos de Producción	145
4.5 Depreciación	154
4.6 Capital de Trabajo	157
4.7 Rentabilidad de la Inversión	158
4.8 Punto de Equilibrio	164
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	172
BIBLIOGRAFIA	

## INTRODUCCION

Siendo la Industria Siderúrgica, pilar del desarrollo industrial de un país, cuya evolución representa el grado de industrialización, y contando con recursos naturales importantes en los sectores: minero, agrícola, pesquero y petrolero, los cuales consumen gran cantidad de acero en sus diferentes calidades; con la consiguiente fuga de divisas por importación, debido a que la siderúrgica nacional solamente produce aceros especiales en piezas fundidas y en barras para molinos en pequeños volúmenes.

Ante esta necesidad, he visto por conveniente realizar un estudio técnico-económico de la fabricación de aceros especiales, utilizando la capacidad instalada de las plantas existentes; el cual comprenderá los siguientes puntos:

- Clasificación de los aceros especiales
- Estudio de mercado, a fin de determinar la demanda no abastecida y los tipos de aceros especiales a producirse.
- Procesos de fabricación de aceros especiales en el cual se evaluará los diferentes procesos de afino en vacío, para luego seleccionar el proceso que esté acorde a la infraestructura de la planta existente y tipos de aceros a producirse.

-' Enfoque económico-financiero, en el cual se evaluará las inversiones ya realizadas y las por realizarse, determinando el grado de rentabilidad del presente estudio.

Creo que al concluir el presente estudio, habré apartado las pautas necesarias para el inicio de la producción de aceros especiales en el país, hecho que contribuye al desarrollo siderúrgico y al consiguiente ahorro de divisas.

\*\*\*

## **CAPITULO I**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1 Clasificación de los Aceros Especiales**

##### **1.1.1 Introducción**

En este trabajo se considera como acero especial no solo los aceros aleados, sino también los aceros finos al carbono para construcción, los aceros de propiedades magnéticas, los aceros para muelles no aleados y en general todos los que la Norma UNE 36.004 define como "aceros de calidad y especiales".

Los contenidos límites en elementos para la clasificación de los aceros en aleados o no aleados, según dicha norma, se indican en el Cuadro N°1-1, adjunto.

La clasificación de aceros, según composición y según su utilización, de acuerdo con la citada norma UNE 36.004 se resumen en el Cuadro N°1-2, adjunto.

Siguiendo la orientación establecida por el Instituto del Hierro y del Acero, los aceros especiales - que consideramos, los clasificaremos en los siguientes grupos y series:

- Aceros finos de construcción

CUADRO N°1-2

UNE 36 004 - CLASIFICACION DE ACEROS

		según composición	
		NO ALEADOS (sin exceder de contenido Tabla I)	ALEADOS (sobrepasan contenido de Tabla I)
ACEROS USO GENERAL	}	Sin tratamiento térmico Sin especificación especial salvo:	
		R mín. siempre que 690 N/mm <sup>2</sup> HRB máx. " " 60 C máx. " " 0'10 P y S máx. " " 0'050 N máx " " 0'007	No hay por definición
ACEROS DE CALIDAD	}	Todos los que tengan prescripciones que los separan de los de uso general, pero no los enloban en los especiales	
		y en especial aquellos que tengan cualquiera de las prescripciones que son particulares para los casos siguientes:	Los de grano fino soldables de alto límite elástico, pero Que E 420 N/mm <sup>2</sup>
SEGUN UTILI ZACION	}	Aptitud para perfilado y pes tañeado en frío Aptitud a la soldadura, a la ruptura frágil y al envejeci miento con KV mín.	
		Barras y alambón para: Estirado con calidad super ficial Recalcado en frío Extrusión en frío Estampación en frío Trefilado fino	Chapas magnéticas, pero solo con Si y Al  Para muelles, solo con Si y Mn y P y S 0'035
ACEROS ESPE CIALES	}	Calderas y recipientes a pre sión a temperaturas muy al - tas o muy bajas	
		Resistencia a la corrosión Chapas y bandas para embuti ción en frío Conductividad eléctrica siem pre que 9 S Chapas magnéticas	Los carriles aleados
	*	Fácil mecanización sin exi - gencia de KV	
	*	Alambón para patentado con P y S máx., siempre que 0'030 y 0'050	Los al Cu Si Cu mín. 0'5 Si Cu máx. 0'7
	*	Aceros para tratamiento en ma sa, sin otras prescripciones, y siempre que P y S 0'035	
	*	Aceros para trat. en masa o sup. pero con alguna de las prescrip particulares siguientes: Resiliencia en est.de templeo ruvuido Prof. de temple o cementación Estado de superficie Inclusiones no metálicas Fácil mecanización, con espe cificaciones de resiliencia	* Los demás
	*	Aceros de herramientas Aceros especiales por: Contenido débil de inclusiones	
	*	Alambón para patentar con P y S máx. 0'030 Alambón en general 0'020 en P y S (Alambre para elec - trodo)	
	*	Alambón con C 0'62 con 0'025 de P y S y Cu 0'10 (alambre para neumáticos) Conductividad eléctrica 9 S Reactores nucleares (según análisis)	

\* Aptitud garantizada al tratamiento térmico.

CUADRO N°1-1

TABLA DE CONTENIDOS LIMITE PARA LA  
CLASIFICACION DE LOS ACEROS

<u>Elementos</u>	<u>Contenido %</u>
Aluminio	0.10
Bismuto	0.10
Boro	0.0008
Circonio (2)	0.10
Cobalto	0.10
Cobre (1)	0.40
Cromo (1)	0.30
Manganeso	1.60
Molibdeno (1)	0.08
Niobio (2)	0.05
Níquel (1)	0.30
Plomo	0.40
Selenio	0.10
Silicio	0.50
Telurio	0.10
Titanio (2)	0.05
Vanadio (2)	0.10
Volframio	0.10
Lantanidos	0.05
Otros (excepto C.P.S.N. y O)	0.05

- (1) Cuando dos, tres o los cuatro de estos elementos se encuentran en combinación en un acero deben considerarse simultáneamente.
- a) Los porcentajes límites individuales de cada uno de ellos.
  - b) Un contenido límite conjunto que será el 70% de la suma de los valores límites individuales de cada uno de los elementos considerados.
- (2) Para estos elementos se aplica la misma regla expuesta en (1)

- Aceros finos para usos especiales
- Aceros resistentes a la oxidación y a la corrosión
- Aceros para herramientas

#### 1.1.2 Aceros finos de construcción (Serie 1)

Se definen como tales aquellos cuya propiedad fundamental es la resistencia mecánica en cualquiera de sus manifestaciones. Dentro de los aceros finos de construcción se pueden establecer los siguientes grupos:

- Aceros al carbono
- Aceros aleados de gran resistencia
- Aceros de alta elasticidad
- Aceros para cementar
- Aceros para nitrurar

#### 1.1.3 Aceros finos para usos especiales (Serie 2)

Estos aceros responden a una aplicación concreta o poseen una propiedad determinada que puede ser útil en determinados casos especiales; pero siendo la propiedad básica y general de los aceros su resistencia mecánica, serán los aceros finos de construcción los de aplicación general en fabricación.

- Aceros de fácil mecanizado
- Aceros de fácil soldadura
- Aceros de propiedades magnéticas
- Aceros de alta y baja dilatación
- Aceros resistentes a la fluencia

1.1.4 Aceros resistentes a la oxidación y a la corrosión (Serie 3)

Dentro de esta categoría se incluyen diversos grupos de aceros de muy variada composición química y propiedades.

Desde el punto de vista de su empleo, es conveniente considerar, por un lado, agrupados los inoxidables y refractarios y, por otro, los tipos de acero utilizados para la fabricación de válvulas.

Las propiedades que presentan estos aceros son función de su estructura (austeníticos, martensíticos y ferríticos).

1.1.5 Aceros para herramientas (Serie 4)

Dentro de este grupo se incluyen los siguientes tipos de aceros:

- Aceros al carbono para herramientas
- Aceros aleados para herramientas
- Aceros rápidos

La elección de un acero para herramientas es función de la correlación entre las propiedades tecnológicas del acero y los requisitos de la herramienta que con él va a ser construída. Normalmente, para una herramienta determinada pueden utilizarse satisfactoriamente diversos tipos de acero de composición muy diferente y que la elección del más adecuado entre ellos depende en defi-



nitiva del costo de la herramienta por pieza producida.

En el Cuadro N°1-3 ajunto, se recogen las equivalencias de los aceros clasificados en los grupos citados con las normas UNE correspondientes.

El Cuadro N°1-4 recoge las principales aplicaciones de dichos aceros.

CUADRO N°1-3

EQUIVALENCIAS DE LOS ACEROS ESPECIALES CON LOS GRUPOS

IHA Y NORMAS UNE

<u>Serie y Grupo</u>	<u>Denominación UNE</u>	<u>Norma UNE</u>	<u>Grupo IHA</u>
<u>1. Aceros finos de construcción</u>			
Al carbono	Aceros no aleados para temple y revenido	36-011	F-110
Aleados de gran resistencia	Aceros aleados para temple y revenido	36-012	F-120 y 130
De alta elasticidad	Aceros para muelles conformados en caliente y tratados térmicamente	36-015	F-140 y 150
Para cementar	Idem	36-013	F-160
Para nitrurar	Aceros para nitruración	36-014	F-170
<u>2. Aceros finos para usos especiales</u>			
De fácil mecanizado	De fácil mecanización	36-021	F-210
De fácil soldadura	Idem	36-024	F-220
De propiedades magnéticas	Idem	36-023	F-230
De alta y baja dilatación	Aceros de dilatación térmica específica	36-018	F-240
Resistentes a la fluencia	Idem	36-025	F-250

CUADRO N°1-3 (Continuación)

3. Aceros resistentes a la oxidación y a la corrosión

Inoxidables	Aceros inoxidables, forjados o laminados de uso general	36-016	F-310
Refractarios	Aceros resistentes al calor	36-017	F-380
Para válvulas			F-320

4. Aceros para herramientas

Al carbono	Aceros para herramientas no aleadas	36-071	F-510
Aleados	Para trabajo en frío	36-071 (parte I)	F-530
	Para trabajos en caliente	36-072 (parte II)	F-540
Rápidos	Aceros para herramientas de corte rápido (aceros rápidos)	36-073	F-550

CUADRO N°1-4

APLICACIONES DE LOS ACEROS ESPECIALES

Grupo IHA	Denominación de aceros especiales	Aplicación
	<u>Aceros de construcción</u>	
F-110	Aceros al carbono	Fabricación de piezas no sometidas a condiciones muy severas
F-120	Aleados de gran resistencia	Elementos de gran resistencia mecánica (rodamientos)
F-130		
F-140	De gran elasticidad	Muelles, resortes, ballestas, etc. Piezas sometidas a fuertes rozamientos (engranajes, levas, etc.)
F-150		
F-160	Para cementar	
F-170	Para nitrurar	Cigüeñales, cilindros de motores, etc.
	<u>Aceros para usos especiales</u>	
F-210	De fácil mecanizado	Tornillos y bulones
F-220	De fácil soldadura	
F-230	De propiedades magnéticas	Chapas para inducidos o para transformadores
F-240	De alta y baja dilatación	Instrumentos de precisión, asientos de válvulas en cuartos de aluminio
F-250	Resistentes a la fluencia	Piezas sometidas a grandes esfuerzos a alta temperatura.
	<u>Resistentes a la oxidación y a la corrosión</u>	
F-310	Inoxidables	Utensilios domésticos, revestimientos
F-320	Para válvulas	
F-380	Refractarios	
	<u>Aceros para herramientas</u>	
F-510	Al carbono para herramientas	Herramientas no aleadas
F-530	Aleados	Para trabajos en frío
F-540		Para trabajos en caliente
F-550	Rápidos	Para herramientas de corte rápido

## CAPITULO II

### ESTUDIO DE LA DEMANDA

La falta de series estadísticas homogéneas ha planteado importantes problemas a la hora de determinar la demanda peruana de los aceros especiales cuya fabricación en Perú ha sido estimada como posible en el presente estudio.

Por una parte, las estadísticas de comercio exterior no son suficientemente detalladas y en numerosos casos - las posiciones arancelarias que engloban "productos no clasificados" son excesivamente amplias. Por otra, y como se obvio, el modo de presentar las estadísticas de importaciones no tienen porque coincidir, y de hecho en gran parte de los casos no coinciden, en cuanto a criterios de clasificación con aquellos criterios técnicos de clasificación de aceros susceptibles y no susceptibles, por el momento.

Esta limitación ha podido ser salvada acudiendo al método de análisis sectorial, que consiste en que el mercado se distribuye entre una serie de sectores consumidores (que son clientes agrupados en función de características comunes), adquirida en el análisis de situaciones de otros países con problemas similares, que en realidad

constituyen una gran mayoría pues la realidad es que por lo que respecta a desarrollo del aparato estadístico en relación con los aceros especiales, el problema es general y, por otro lado, justificable dada la complejidad y variedad de las clases de aceros especiales que intrínsecamente en muchas ocasiones no permiten un tratamiento estadístico adecuado.

El problema apuntado afecta mucho más a la evolución histórica de la demanda, que a las previsiones sobre su comportamiento futuro, pues dados los planes de expansión industrial del Perú, es evidente que cambiarán las normas y patrones de la demanda futura de aceros especiales y el pasado no servirá particularmente para efectuar previsiones dado ese cambio ya perceptible de normas y patrones.

Por último, el estudio de demanda que se realiza en este capítulo comprende los aceros especiales, productos no planos.

## 2.1 Evolución de la Demanda

### 2.1.1 Estadísticas de importaciones por tipo de productos

A fin de presentar series homogéneas y con datos definitivos, el período para el que se presentan estadísticas de importación es el que va de 1979 a 1984. Los datos posteriores aún no son definitivos y los anteriores presentaban discrepancias de clasificación. Am-

bos tipos de datos han sido omitidos por razones de consistencia y claridad.

El cuadro N°2-1 presenta las importaciones - globales y por tipo de productos para el período aludido, de los aceros especiales sujetos a estudio. De acuerdo con dicho cuadro las importaciones globales han evolucionado como sigue:

Año	<u>Importaciones</u> (t)
1979	21,143
1980	28,775
1981	26,768
1982	23,637
1983	21,829
1984	31,818

Para 1984 faltan los datos de algunos productos, que en conjunto pueden representar alrededor de 3,500 t., por lo que las importaciones de aceros especiales en dicho año se pueden cifrar en alrededor de 34,000 t.

El cuadro N°2-2 presenta para 1984 las importaciones de los aceros especiales, según calidades de acero, de donde se puede determinar que las calidades AISI : 1020-1049, AISI : 1050-1095, AISI : 1100-1200 y AISI : 9200, comprenden 22,111 ton. y representan el 69.5% de las importaciones totales.

CUADRO N°2-1

IMPORTACIONES DE PRODUCTOS DE ACEROS ESPECIALES (t) (1)

Productos	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Lingotes	-	-	49	-	-	-
Palanquillas	-	-	-	-	-	-
Platinas para Muelles	3,140	4,040	3,860	2,320	2,164	2,578
Barras macizas	6,012	9,233	10,032	5,495	6,984	9,674
Barras de perforación minera (huecas)	308	264	367	328	309	206
Perfiles	76	113	201	277	317	114
Flejes	233	160	154	649	903	1,328
Planchas y láminas	1,626	1,771	2,164	2,082	1,776	3,517
Alambrón de alto contenido de carbono	2,812	3,014	1,505	2,151	1,996	3,680
Alambre para resortes	1,009	3,008	2,048	2,895	1,630	2,173
Barras macizas de fácil maquinado	1,360	1,415	1,320	1,280	1,305	1,438
Cables y cuerdas	2,190	2,466	2,551	3,061	1,490	2,780
Rieles de acero standar	1,768	3,020	3,005	2,303	1,980	2,575
Bolas chancadoras	609	271	512	745	975	1,755
<b>Total</b>	<b>21,143</b>	<b>28,775</b>	<b>25,768</b>	<b>23,637</b>	<b>21,829</b>	<b>31,818</b>

Fuente: Estadísticas de Comercio y Siderperú

(1) Excluidos tubos



CUADRO N°2-2

IMPORTACIONES DE ACEROS ESPECIALES EN 1984 SEGUN CALIDADES

DE ACERO (t)

CALIDAD	Barras Macizas	Barras Huecas	Platinas	Planchas y Flejes	Alambrón	Alambres y cables	Rieles	TOTAL
AISI 1020-1049	-	-	-	-	1,600	1,100	-	2,700
AISI 1050-1095	9,462	-	-	-	2,080	3,853	-	15,395
AISI 1100-1200	1,438	-	-	-	-	-	-	1,438
AISI 300-400	212	206	-	-	-	-	2,575	2,993
AISI 410-430	-	-	-	4,834	-	215	-	5,049
AISI 9.200	-	-	2,578	-	-	-	-	2,578
Productos no identifi- ficados por normas técnicas	850	50	200	310	215	40	-	1,665
<b>TOTAL</b>	<b>11,962</b>	<b>256</b>	<b>2,778</b>	<b>5,144</b>	<b>3,895</b>	<b>5,208</b>	<b>2,575</b>	<b>31,818</b>

Fuente: Poliza de importación y factura comercial - Dirección General de Aduanas.

### 2.1.2 Determinación de la demanda

El cuadro N°2-3 presenta las producciones nacionales para 1981-84, de aceros especiales, en base a datos facilitados por Siderperú.

De acuerdo con dicho cuadro la producción peruana de aceros especiales en los años para los que había datos disponibles ha evolucionado como sigue:

<u>Año</u>	<u>Producción (t)</u>
1981	39,479
1982	34,823
1983	37,328
1984	41,173

De acuerdo con los datos precedentes y con los ofrecidos en el cuadro N°2-1, para 1984, dada la inexistencia de exportaciones de estos productos es posible cifrar el consumo aparente peruano de los aceros especiales, para lo cual se ha considerado solamente los aceros especiales fabricados en acería eléctrica (datos del cuadro 2-3), teniéndose las siguientes cantidades demandadas:

AÑO	Toneladas métricas		
	Importaciones	Producción Nacional	Consumo Aparente
1979	21,143	8,946	30,089
1980	28,775	10,974	39,749
1981	26,768	10,413	37,181
1982	23,637	9,974	33,611
1983	21,829	9,972	31,801
1984	31,818	10,798	42,616

CUADRO N°2-3

PRODUCCION PERUANA DE ACEROS ESPECIALES (t)

<u>Productos</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>	<u>1983</u>	<u>1984</u>
<u>FUNDICION</u>				
Aceros de medio y bajo contenido de carbono	2,525	920	984	2,450
Bolas de molino	22,484	20,400	23,000	24,500
Aceros de baja aleación	533	1,020	800	970
Aceros inoxidable	119	69	87	105
Aceros resistentes al desgaste	3,405	2,440	2,485	2,350
<u>Total fundidos</u>	<u>29,066</u>	<u>24,849</u>	<u>27,356</u>	<u>30,375</u>
<u>ACERIA</u>				
Bolas para molino (forjadas)	2,459	2,500	2,384	2,700
Barras para molino	7,954	7,474	7,588	8,098
<u>Total Otros</u>	<u>10,413</u>	<u>9,974</u>	<u>9,972</u>	<u>10,798</u>
<u>Total General</u>	<u>39,479</u>	<u>34,823</u>	<u>37,928</u>	<u>41,173</u>

Fuente: Siderperú.

## 2.2 Previsiones de la Demanda

### 2.2.1 Previsión en función de datos históricos

La situación futura de la demanda, será estimada mediante la proyección de su serie histórica contenida en el cuadro N°2-1 y 2-3; se han obtenido las siguientes proyecciones de demanda para 1986 y 1995 que se indican en el cuadro N°2-4; utilizando el método de los "mínimos cuadrados" con una regresión lineal de la oferta total en el tiempo. La ecuación de regresión lineal es:

$$Y = a + bx$$

$$y = 32,319 + 1,006.3x$$

y = demanda total en T.M.

x = tiempo en años

No se han ensayado otras hipótesis de crecimiento, pues este modo de previsión, sólo tiene utilidad para fijar un límite mínimo al consumo previsible de los aceros especiales considerados, que con toda seguridad será ampliamente desbordado dados los cambios cuantitativos y cualitativos de la política industrial que implementen los gobiernos de turno.

CUADRO N°2-4

PROYECCION DE LA DEMANDA DE ACEROS ESPECIALES - METODO  
DE LOS MINIMOS CUADRADOS

<u>Año</u>	<u>Demanda total</u> <u>(t)</u>
1986	41,335
1987	42,282
1988	43,388
1989	44,395
1990	45,401
1991	46,407
1992	47,414
1993	48,419
1994	49,426
1995	50,432

2.2.2 Previsión comparativa con demanda total de productos siderúrgicos

El cuadro N°2-5 se presentan las proyecciones de Siderperú respecto al comportamiento de la demanda total de productos siderúrgicos en el período 1984-95.

En 1984 esta demanda ascendió 514,200, por lo que la demanda de aceros especiales representó el 8.3%. De acuerdo con el cuadro N°2-5, caso de representar el mismo porcentaje, se llegaría en 1995 a una demanda de aceros especiales de 50,432 t. Sin embargo, la experiencia de otros países prueba que la proporción de los aceros especiales es creciente respecto al total de productos siderúrgicos. (Así, por citar un solo caso, en el cuadro N°2-6, se presenta la evolución de España en el período 1972-1982. Como puede observarse, en dicho plazo, el consumo de aceros especiales similares a los ahora considerados pasó de representar el 9.3% en 1972 al 13.9% en 1982).

Admitiendo que del 8.3% que representa en el Perú se llegue al 10% en 1995, pasando por un 9% en 1990, de acuerdo con los datos del cuadro N°2-5 anteriormente citado, las previsiones de demanda de los productos estudiados serían los siguientes:

Año	<u>Toneladas</u>
1990	66,364
1995	94,630

CUADRO N°2-5

PROYECCION MACRO ECONOMICA DE LA DEMANDA TOTAL DE PRODUCTOS SIDERURGICOS (t)

Año	1. Productos no planos (1)	2. Productos no planos (2)	3. Tubos (3)	4. Total productos de acero (1+2+3)=(4)	5. Productos de fundición (5)	6. Total productos siderúrgicos (4+5)
1984	194.840	238.290	54.440	454.990	59.210	514.200
1985	204.582	250.204	57.162	511.948	62.762	574.710
1986	214.811	262.714	60.020	537.545	66.527	604.072
1987	225.551	275.850	63.021	564.422	70.519	634.941
1988	236.829	289.642	66.172	592.643	74.750	667.393
1989	248.670	304.124	69.480	622.274	79.235	701.509
1990	261.104	319.330	72.954	653.388	83.989	737.377
1991	274.159	335.296	76.602	686.057	89.028	775.085
1992	287.866	352.061	80.432	720.359	94.370	814.729
1993	302.260	369.664	84.453	756.377	100.032	856.409
1994	317.373	388.148	88.676	794.197	106.034	900.231
1995	333.241	407.555	93.109	833.905	112.396	946.301

Fuente: Siderperú.

CUADRO N°2-6

CONSUMO DE ACEROS ESPECIALES Y PRODUCTOS SIDERURGICOS EN  
ESPAÑA (1972-1982)

Año	Consumo aparente (t)		% de A sobre B
	A) Aceros especiales	B) Todos los produc- tos siderúrgicos	
1972	555.000	5.947.000	9.3
1973	590.000	6.144.000	9.6
1974	595.000	6.060.000	9.8
1975	630.000	6.827.000	9.2
1976	858.000	8.513.000	10.1%
1977	921.000	8.544.000	10.8%
1978	805.000	7.862.000	10.2%
1979	1,065.000	9.513.000	11.2%
1980	1,259.000	10.943.000	11.5%
1981	1.552.000	11.767.000	13.2%
1982	1.392.000	10.010.000	13.9%



En definitiva, de acuerdo con lo anterior y con las previsiones antes indicadas para 1.990 y 1.995, en las calidades que se han considerado susceptibles de ser producidas por Perú que representan el 69.5% de las importaciones totales, las previsiones de demanda de aceros especiales en forma de productos no planos, ascien - den a las siguientes cifras aproximadas:

Año	<u>Toneladas métricas</u>
1986	41.983
1990	46.123
1995	65.767

## 2.3 Balance Oferta-Demanda y Conclusiones

### 2.3.1 Resumen de Previsiones de demanda

Las previsiones obtenidas mediante los métodos histórico y comparativo, arrojan resultados realmente próximos, lo que es garantía de su validez, pues siendo producto de métodos tan dispares, la similitud de sus resultados sirve de suficiente contrastación mutua y recíproca.

Haciendo abstracción de los productos no considerados en el presente estudio y de aquellos cuya fabricación no pueden aconsejarse por el momento, las previsiones comparativa y histórica llegan a las siguientes cifras (en toneladas métricas).

Año	Previsión Histórica	Previsión <u>Comparativa</u>
1986	41,335	41,983
1990	45,401	46,123
1995	50,432	65,767

De acuerdo con la línea conservadora que se ha adoptado en el presente trabajo, se retienen para cada uno de los años citados, 1986, 1990 y 1995; la menor de las cifras precedentes que redondeadas fijan una demanda de 41.335 ton., 45.401 ton. y 50.432 ton. respectivamente. La distribución de esta demanda según formas comerciales se estima que será en palanquillas (ver gráfico N°1).

### 2.3.2 Producción de las plantas existentes y balance oferta-demanda

La capacidad de producción peruana de productos concurrentes a los considerados, de acuerdo con los datos del cuadro N°2-3 no puede estimarse más allá de 10.000 t/año, en claro contraste con la fabricación de bolas para molino forjadas y de barras para molino que ya son producidas por empresas nacionales que son Fundición Callao S.A. y SIDERPERU.

De acuerdo con la hipótesis precedente y con el apartado 2.4.1, el déficit peruano de los productos estudiados y, por tanto, la demanda libre para una nueva fábrica y/o ampliación de las existentes será del orden de 31.000 t. en 1986, 35.000 en 1990 y 40.000 en 1995.

### 2.3.3 Conclusiones

Tanto por razones de precaución complementaria como por ceder un contingente de esa demanda que se ha denominado libre a las actuales fábricas siderúrgicas, parece que la solución más aconsejable es iniciar su producción en una de las plantas existentes en SIDERPERU o en Laminadora del Pacífico S.A., con una capacidad de 20.000 t/año, introduciendo una mayor complejidad y procediendo la desgasificación, en vista que se cuenta con mucha experiencia en la fabricación de aceros comunes.

La ampliación de equipos de la planta podría estar completamente construida en un período de 6 meses y llegar a la plena producción en 9 meses.

Como calidades de acero más aconsejables de fabricar se recomiendan las siguientes:

- Medio carbono (AISI 1020-1049)
- Alto carbono (AISI 1050-1095)
- Aceros de fácil maquinado (AISI 1.100-1.200)
- Aceros para muelles al Si-Mn (AISI 9.200)

En cuanto a formas se recomiendan las siguientes:

- Palanquilla de 60x60 mm y 90x90 mm



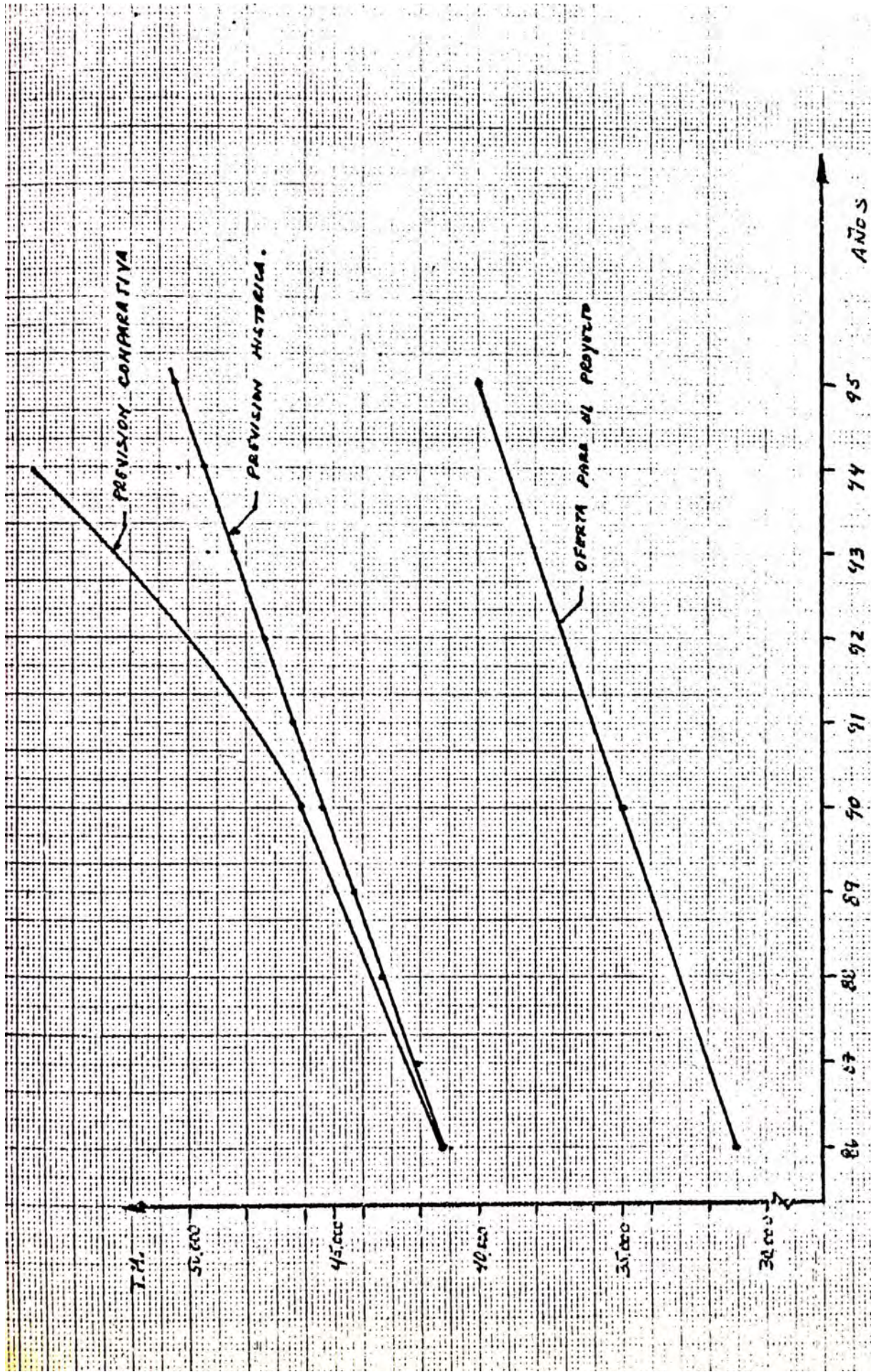


GRAFICO N=1



**CAPITULO III**  
**INGENIERIA DEL PROCESO DE FABRICACION DE**  
**ACEROS ESPECIALES**

**3.1 Procesos de Afino de Aceros Especiales**

**3.1.1 Introducción**

En los últimos veinte años, la evolución de la industria de fabricación de aceros finos especiales, ha dado lugar a multitud de procesos de afino del acero, con los que se consiguen calidades muy superiores a las obtenidas en hornos eléctricos de arco siguiendo las técnicas convencionales.

- Algunos de estos procesos han alcanzado la etapa de pleno desarrollo industrial.

En el presente capítulo, se analizan los más importantes, y se describe su fundamento científico y grado de calidad conseguidos.

Como es sabido las características de un acero están íntimamente ligadas a su contenido en inclusiones, gases y segregaciones. Conocemos la influencia de los óxidos en la resistencia a la fatiga, la del azufre en la ductibilidad y la de la segregación en la calidad de piezas coladas y forjadas, etc.

Estos procesos de afino, se hacen fuera del horno eléctrico, es decir se trata de procedimientos "secundarios", destinados a eliminar parcialmente, gases, inclusiones y la segregación. Ahora bien, lo más destacable de estos procesos de afino "secundarios" es que su desarrollo ha coincidido con el de los hornos eléctricos de alta potencia (AP) y ultra alta potencia (UAP). El incremento de la potencia de sus transformadores ha hecho llegar a la conclusión de que lo que debe hacer el horno eléctrico es lo que puede hacer en las mejores condiciones económicas o se fundir la carga, y que algunos procesos metalúrgicos de afino pueden hacerse más económicamente fuera de su cuba, ya que al emplear en afino bajas potencias eléctricas el horno eléctrico no está rindiendo lo que debe. Las figuras 3.1 y 3.2 son una comprobación de esta afirmación.

En la figura 3.1, se indica la relación entre la potencia del transformador de, por ejemplo, un horno de arco de 50 t y el tiempo de fusión. De dicha figura se deduce claramente, que es posible reducir grandemente el tiempo de fusión a medida que se aumenta la potencia específica del transformador.

Sin embargo, la figura 3.2, nos indica que la proporción del tiempo de afino en la duración total de la colada (colada a colada), aumenta con la potencia del transformador y al mismo tiempo que la potencia utilizada durante el afino disminuye al aumentar dicha potencia. Es



FIGURA 3.1

Relación entre la potencia del transformador y el tiempo de fusión

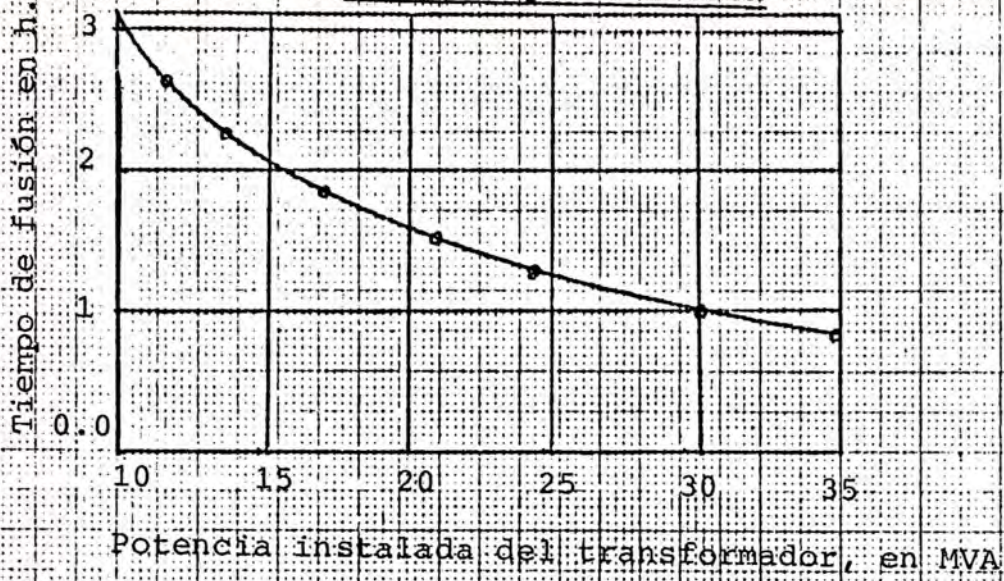
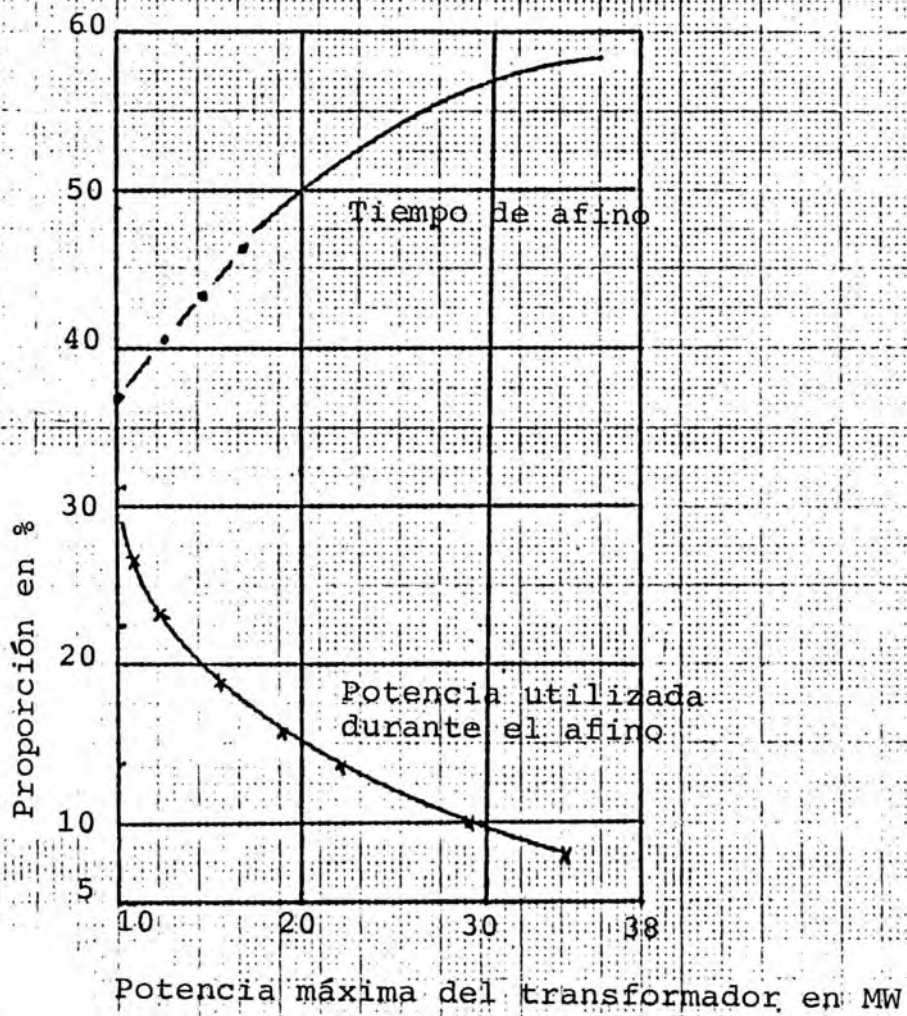


Figura 3.2





Por lo tanto, obtenemos al utilizar hornos de UAP o AP los siguientes resultados:

1. Disminución del tiempo de fusión
2. La potencia del transformador utilizada durante el afino disminuye hasta el 10% de la potencia máxima, mientras que la proporción del tiempo de afino aumenta del 35 al 60% del tiempo total.

Se aumenta de forma importante la proporción de utilización del transformador si se transfiere a otra unidad el afino. Estas consideraciones son de la máxima importancia en el rendimiento económico de algunos de los procesos que más adelante describiremos en los que el afino propiamente dicho, la desgasificación, la desulfuración, etc., se hacen en una segunda unidad, habiendo dado lugar a las técnicas de afino en "cuchara".

La metalurgia de estos procesos, se basa en el afino en vacío, en la reducción de la presión parcial de CO, o bien en la refusión y en la solidificación dirigida.

Para poder hacer comparaciones entre todos estos procesos, creemos conveniente establecer una clasificación por grupos, según que el afino metalúrgico se lleve a cabo en vacío o no, y que las materias primas objeto del tratamiento estén en estado líquido o sólido.



### 3.1.2 Clasificación de los Procesos de Afino

#### 3.1.2.1 Grupo 1°

Comprende los procesos metalúrgicos de afino que tienen lugar en vacío y partiendo de acero líquido como materia prima. A su vez dentro de este grupo hay que hacer clasificaciones según que haya o no aporte térmico durante el afino. Tenemos así:

Procesos de afino en vacío sin aportación térmica

- Idem, con aportación térmica.

Idem, con inyección de oxígeno.

#### 3.1.2.2 Grupo 2°

Comprende los procesos metalúrgicos de afino, en que éste tiene lugar, en vacío, pero a partir de materias sólidas.

Dentro de este grupo se tiene el:

- Proceso de refusión de electrodo en vacío

#### 3.1.2.3 Grupo 3°

Comprende aquéllos procesos de afino que tienen lugar sin empleo de vacío y partiendo de materias primas líquidas.

- Decarburación por argón-oxígeno o argón-nitrógeno-oxígeno.

#### 3.1.2.4 Grupo 4°

Procesos de afino sin vacío, partiendo de materias primas sólidas.

- Refusión de electrodo bajo escoria electroconductora.

### 3.1.3 Características y Descripción de los Procesos de Afino

#### 3.1.3.1 Grupo 1º

##### 3.1.3.1.1 Afino en vacío sin aportación térmica

Se trata de los procedimientos muy conocidos de desgasificación del acero en vacío. A lo largo de 25 años de desarrollo del desgasificado han sido numerosos los distintos procesos que se han patentado o sugerido para el tratamiento bajo vacío de los aceros fundidos. Pero muchos de ellos no han llegado a ser industriales y otros sólo han merecido la realización de un número muy pequeño de instalaciones.

Por ello, hoy día y dentro de este subgrupo a), se pueden considerar principalmente 3 tipos de proceso de desgasificado:

1. Desgasificado en el chorro de colada.
2. Desgasificado en cuchara
3. Desgasificado con recirculación del acero.

1. Desgasificado en el chorro de colada. Es el proceso primeramente empleado y puesto a punto por la firma alemana Bochumer Verein (desgasificación BV). Simplemente es la colada desde la cuchara a una lingotera colocada dentro de una cámara en la que pre-

viamente se ha hecho el vacío (Figura 3.3a). El chorro de acero al penetrar en esa cámara se desintegra en un conjunto de gotas por la precipitación del hidrógeno y del monóxido de carbono sobresaturados y ofrece una gran superficie a la acción del vacío. Por ello los resultados del desgasificado - en cuanto a la eliminación del  $H_2$  son excelentes.

Este método se presta, por tanto, muy bien al caso de los grandes lingotes de forja, pero para su aplicación a los lingotes de laminación se desarrolló en seguida otro método que consiste en colar la primera cuchara a la colocada en la cámara de vacío y que es la que se emplea posteriormente en la colada normal del acero a las lingoteras. Constituye lo que se llama desgasificado de cuchara a cuchara. (Fig. 3.3b).

Naturalmente, hay que sacar la segunda cuchara de la cámara de vacío y el llenado de las lingoteras - se hace al aire, por lo que los resultados de la desgasificación son inferiores en cuanto al contenido final de gases en el acero que los del primer esquema señalado, aunque siguen siendo buenos.

Como inconveniente mayor hemos de anotar en el proceso cuchara a cuchara la pérdida de temperatura que sufre el acero líquido. Se hace preciso un sobrecalentamiento previo, sobre todo en el caso de cucharas de pequeño tamaño, lo cual es costoso (con

sumo de energía y refractarios) y perjudicial.

Por esto último se ha originado un nuevo método que es la desgasificación durante la colada del acero del horno a la cuchara. La cuchara de colada está cerrada con una tapa y conectada a la instalación de vacío. Sobre la tapa está dispuesta una pequeña cuchara intermedia, que recibe el chorro del acero que llega del horno (Fig. 3.3c).

Con éllo se simplifican las operaciones de manipulación y se disminuye el espacio donde se ha de realizar el vacío oportuno. Así para una misma temperatura de colada se puede aumentar la duración del tratamiento bajo vacío.

2. Desgasificado en cuchara. Esta técnica puede ser considerada como la más simple y la más barata de todas. La cuchara con el acero se introduce en una cámara que se cierra con una tapa bien ajustada. Entonces se hace el vacío dentro de la cámara. La presión del recipiente o cámara ha de bajar rápidamente desde el momento en que se cierra la tapa. Por éllo, la instalación productora del vacío ha de estar debidamente preparada.

El primer desgasificado se hace sobre las capas superiores del baño de acero. Para que llegue su efecto de desgasificado a toda la masa del acero hay que agitarlo inyectando en el fondo de la cuchara un

FIGURA 3.3

Diversos Métodos de Desgasificado en Chorro de colada

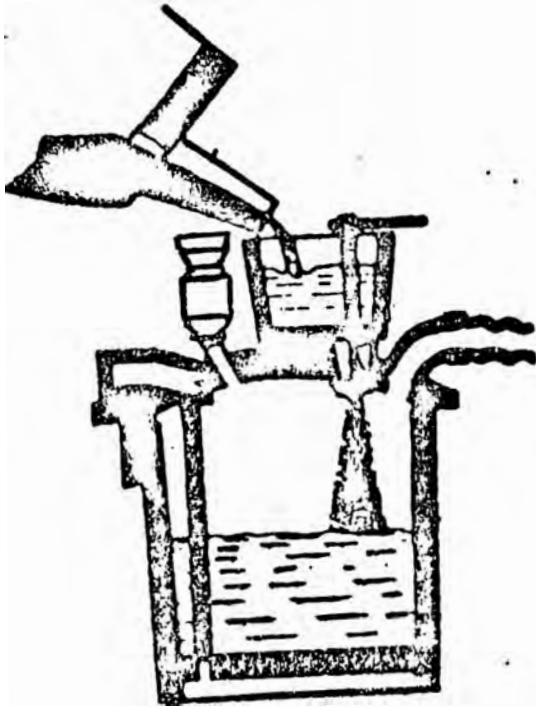


Fig. 3.3.c

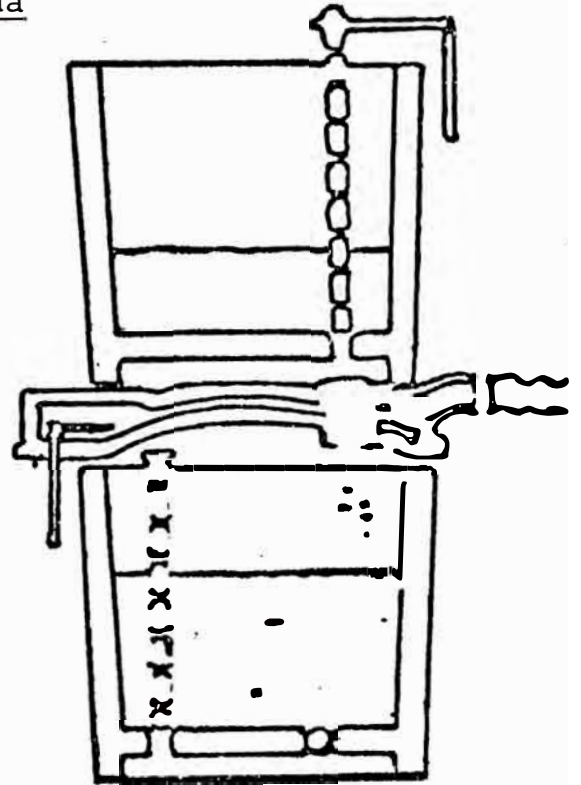


Fig. 3.3.b

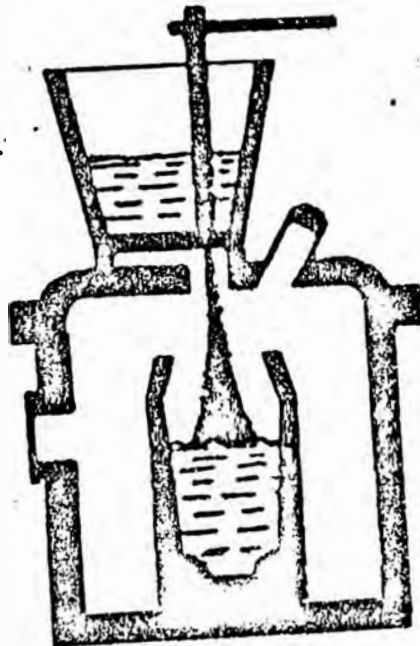


Fig. 3.3.a

gas inerte, por ejemplo argón. Otra técnica consiste en disponer alrededor de la cuchara una bobina electromagnética; pero la inyección del gas inerte es la técnica más sencilla y más adoptada.

En este proceso, la eliminación del  $H_2$  es correcta. Pero existe el problema de necesitar un fuerte sobrecalentamiento del acero, ya que el tiempo posible de desgasificado depende de su temperatura en la cuchara.

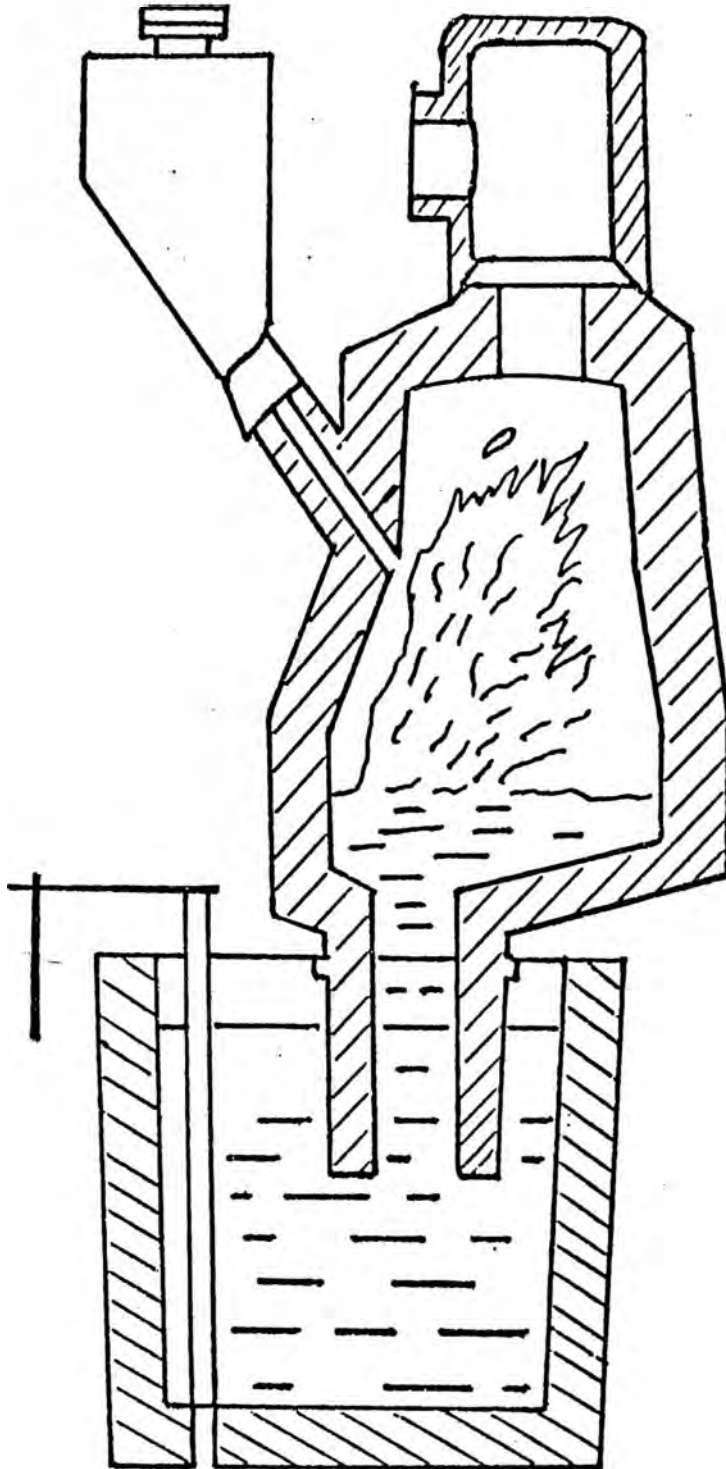
Realmente, estos dos procedimientos del chorro y en cuchara se han considerado como los de la "primera generación", para distinguirlos de los procesos llamados de la "segunda generación" representados por los procesos de recirculación (RH y DH) y los nuevos procesos de calentamiento propiamente dicho, como el-ASEA-SKF, el FINKL y el horno de inducción a canal. Pero la aparición de la buza con corredera da un nuevo valor a los procesos de la "primera generación" al permitir calentar la cuchara a muy alta temperatura y aún tratar el acero líquido con escoria antes del desgasificado. Además ha sido la solución para el posible empleo de cucharas de revestimiento básico.

3. Procesos de desgasificado con recirculación del acero. Incluimos aquí los procesos DH y RH.

Proceso DH: (Fig. 3.4)

FIGURA 3.4

PROCESO D.H.



Fué desarrollado por la firma alemana Dortmund Horder A.G., y se ha conocido también con el nombre de proceso de elevación bajo vacío. Consiste en mantener el acero fabricado en la cuchara de colada normal y pasar parte de él a un pequeño recipiente donde se ha hecho el vacío. Así el acero se desgasifica y vuelve a la cuchara. Aunque el tiempo que permanece en la cámara de desgasificado es sólo de unos segundos, los resultados son excelentes, ya que la operación se repite 20 á 30 veces; al final se ha pasado el acero 2 ó 3 veces por la cámara de vacío, ya que ésta aspira del 10 al 20% del acero cada vez.

Este proceso dispone en la cámara de vacío de sistemas de calentamiento que luchan con la pérdida de temperatura del acero. Por ejemplo, un electrodo radiante.

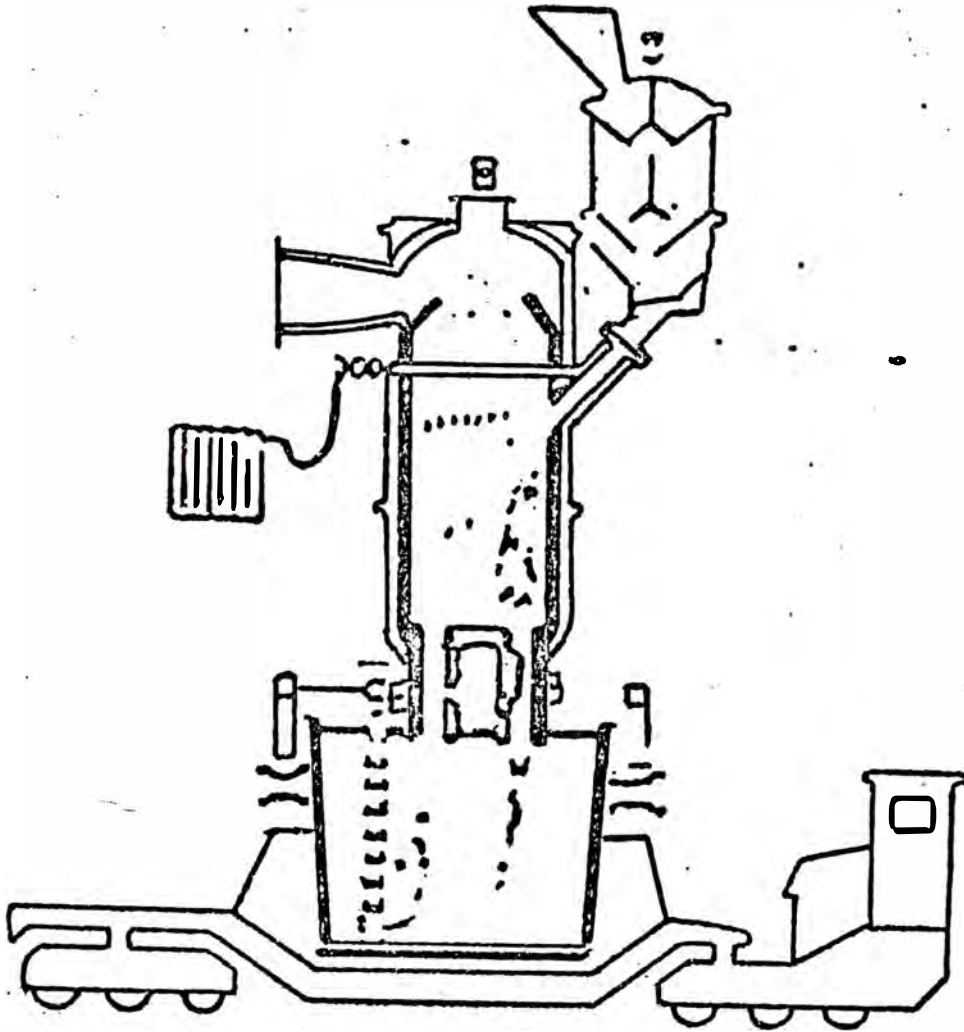
Por éllo las ventajas que esgrimen los constructores de estas instalaciones están relacionadas con la pérdida de temperatura del acero y la facilidad con que se pueden añadir los elementos de aleación. Ambas ventajas han compensado en muchos casos el hecho de que sea una instalación cara.

Proceso RH: (Fig. 3.5)

Este proceso ha sido desarrollado por las firmas alemanas Ruhrstahl A.G. y Heraeus y se basa en el tratamiento de una corriente continúa de acero cir-



FIGURA 3.5  
PROCESO R.H.



culando desde la cuchara de colada a una cámara bajo vacío y volviendo a la cuchara por medio de dos conductos. En el ascendente el acero se desplaza - gracias al flujo auxiliar de un gas neutro. Se suele emplear como gas neutro el argón y su consumo viene a ser de 10 á 30 litros por tn. de acero aproximadamente.

El acero al entrar en la cámara sufre una atomización que provoca un mejor desgasificado y al igual que el procedimiento DH la pérdida de temperatura del acero es pequeña y se puede hacer de forma sencilla la adición de desoxidante y elementos de aleación oxidables. Pero la instalación y la operación son más caras que en los procesos de la primera generación.

#### 3.1.3.1.2 Afino en vacío con aportación térmica

##### Proceso SKF-ASEA:

Fue desarrollado por SKF en la factoría de Hellefors en cooperación con ASEA. Se basa en la desgasificación del acero en cuchara, pero ésta se dispone dentro de una bobina de inducción para proporcionar un agitado al baño. Levantada la tapa hermética donde va la aspiración del vacío, se puede llevar la cuchara debajo de una verdadera bóveda de horno eléctrico de arco que dispone de un sistema de electrodos con el que se puede calentar el

acero y llevar a cabo su afino final (Fig. 3.6).

Con esta instalación se puede aumentar la productividad de un Departamento de Hornos Eléctricos al realizar en ella parte del afino del acero. También la posibilidad de calentar el baño desgasificado es un aspecto muy ventajoso.

#### Procesos Finkl y similares

Hoy día se ha logrado la formación del arco eléctrico entre los electrodos y el baño aún realizándose en un cierto vacío. El arco suele ser de mayor longitud y la regulación de los electrodos no es tan crítica. Por otra parte no suele haber problemas de carburación (Fig.3.7).

Así se ha originado un tipo de procesos en el que a la operación del tratamiento bajo vacío en cuchara con agitado por argón se une la posibilidad de un calentamiento, por lo menos en parte del tiempo del desgasificado, con las ventajas que ello ofrece.

#### Horno de inducción de canal

El Irsid en cooperación con la Brown Boveri Co.(BBC) y la Compagnie Electro Mécanique (CEM) ha desarrollado un horno especial de inducción de canal que puede mantener el acero procedente de una instalación de horno eléctrico y llevar a cabo en él diversas operaciones de afino, y asimismo, el desgasificado. El horno que es en sí muy sencillo (Figura 3.8) y está revestido con un cemen-

FIGURA 3.6

PROCESO ASEA - SKF

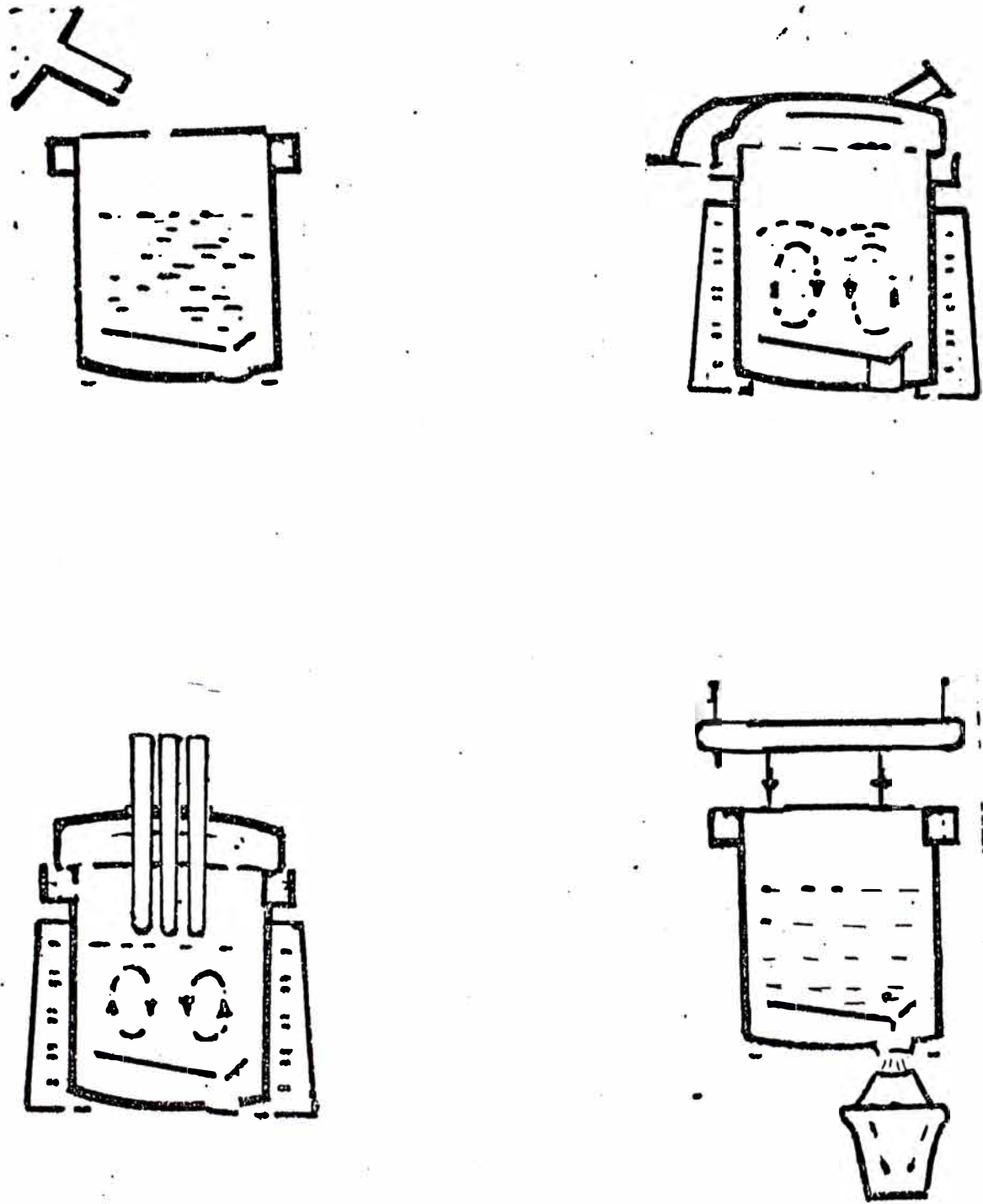


FIGURA 3.7  
PROCESO FINKL

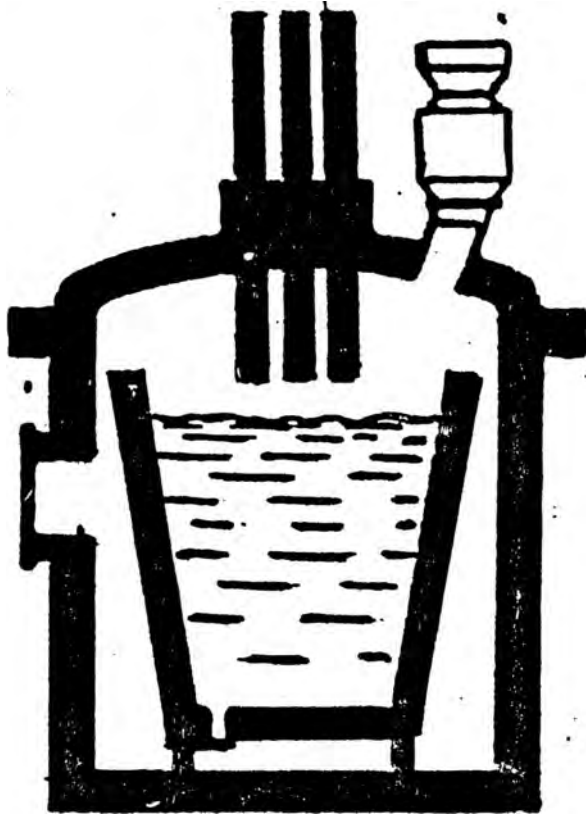
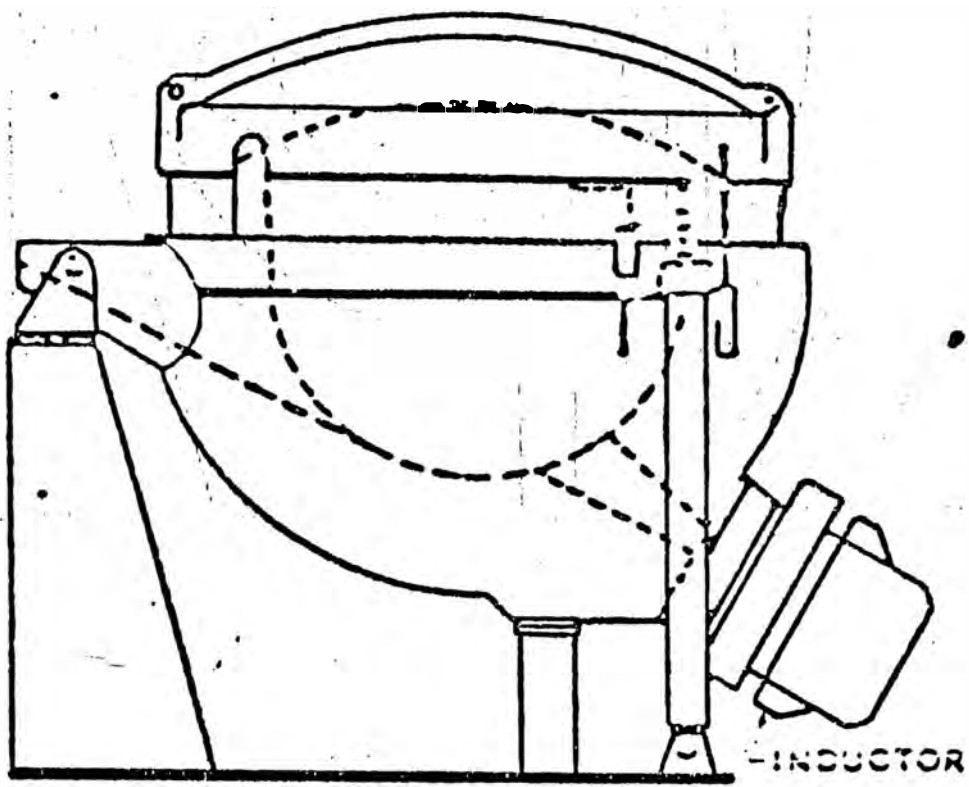


FIGURA 3.8

HORNO DE INDUCCION  
DE CANAL



to de magnesia, dispone de un inductor con un canal que rodea a la bobina de inducción de cobre refrigerada con agua. Este inductor (Figura 3.9) suministra el calor requerido para regular la temperatura del baño y fundir las adiciones de aleación requeridas. La bobina permite además un efecto de agitado o movimiento beneficioso a la calidad del acero.

### Tratamiento por argón

En esta rápida reseña de instalaciones de desgasificado no hay que olvidar las posibilidades de la inyección del argón en la cuchara del acero. Desarrollado por Unión Carbide en su modo más sofisticado, ya el simple soplado de argón por un tapón poroso en el fondo de la cuchara - ofrece ciertas ventajas si se cuidan determinados detalles como la presión del argón, el tiempo de inyección, así como la posición de los tapones porosos que ordena el esquema de agitación.

Se ha señalado alguna eliminación de  $H_2$ , así como más alta limpieza de inclusiones. Principalmente, el efecto de agitado homogeneiza y mejora la calidad del acero. Se puede regular además mejor su temperatura y en cierto modo se puede hacer la adición y más uniforme fusión de algunas pequeñas cantidades de aleaciones.

### Instalaciones de Desgasificado

Aproximadamente se han reseñado más de 70 instalaciones de los sistemas clásicos de desgasificado en cu-

chara y en el chorro del acero y más de 100 unidades de circulación. De éstas casi 75 unidades son del procedimiento DH. De ASEA-SKF anotamos más de una veintena y más de 15 del proceso FINKL.

Sin embargo, es interesante destacar aquí sobre todo las instalaciones de desgasificado que existen en Francia, Italia y España.

En Francia existen tres instalaciones de circulación de acero DH, siete el número de instalaciones de tratamiento en chorro de cuchara. Dos de éstas se instalaron para eliminar el hidrógeno, pero hoy día también trabajan en la descarburación en vacío de aceros especiales e inoxidable. Hay una instalación que trabaja con hornos de inducción de canal y dispone de equipo de vacío.

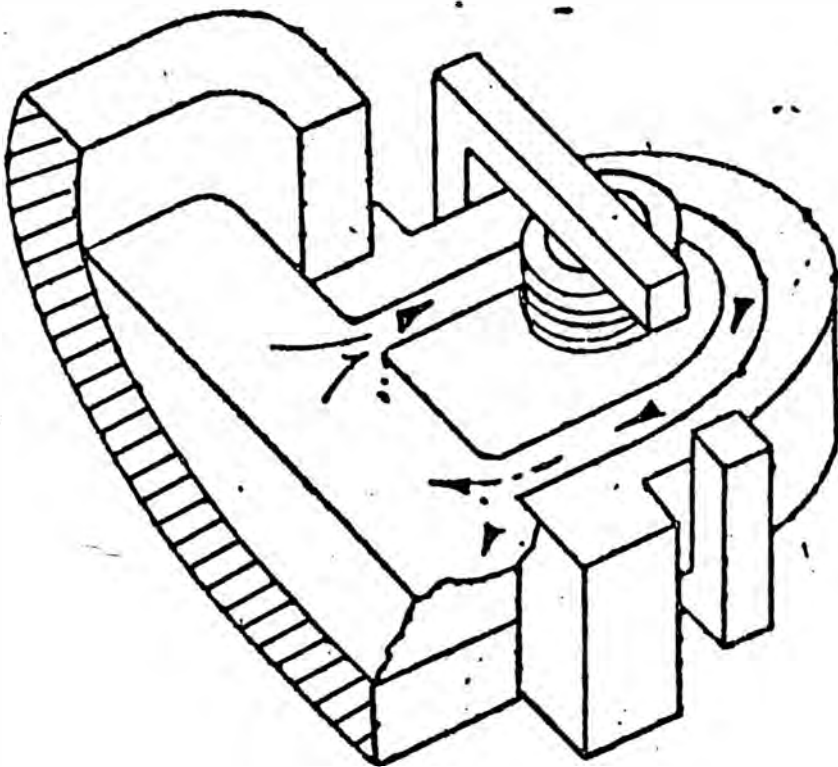
En Italia existen 5 instalaciones de desgasificado en el chorro, 4 instalaciones de desgasificado en la cuchara, 3 instalaciones RH, una instalación DH y una instalación ASEA-SKF. La capacidad de estas instalaciones es muy diversa y también su dedicación.

En España, hasta el momento presente, existen 5 instalaciones desgasificado en el chorro de tipo horno a cuchara y que pueden a su vez desgasificar de cuchara a cuchara. También existe una instalación ASEA. En principio, el objetivo de estas instalaciones fué, como en buena mayoría de los casos, evitar los problemas del hi-



FIGURA 3.9

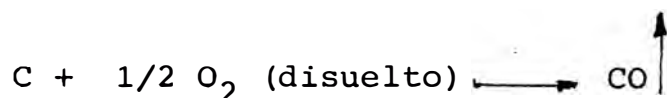
INDUCTOR



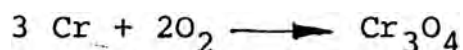
drógeno, pero también se están empleando para mejorar la limpieza del acero. La instalación ASEA-SKF dispone de lanza de oxígeno.

3.1.3.1.3 Procesos de afino en vacío con inyección de oxígeno

Los procedimientos incluidos en este subgrupo se basan en la misma reacción. Las bajas presiones favorecen el desplazamiento hacia la derecha del equilibrio.



Asimismo, la preferencia de esta reacción sobre la oxidación del cromo.



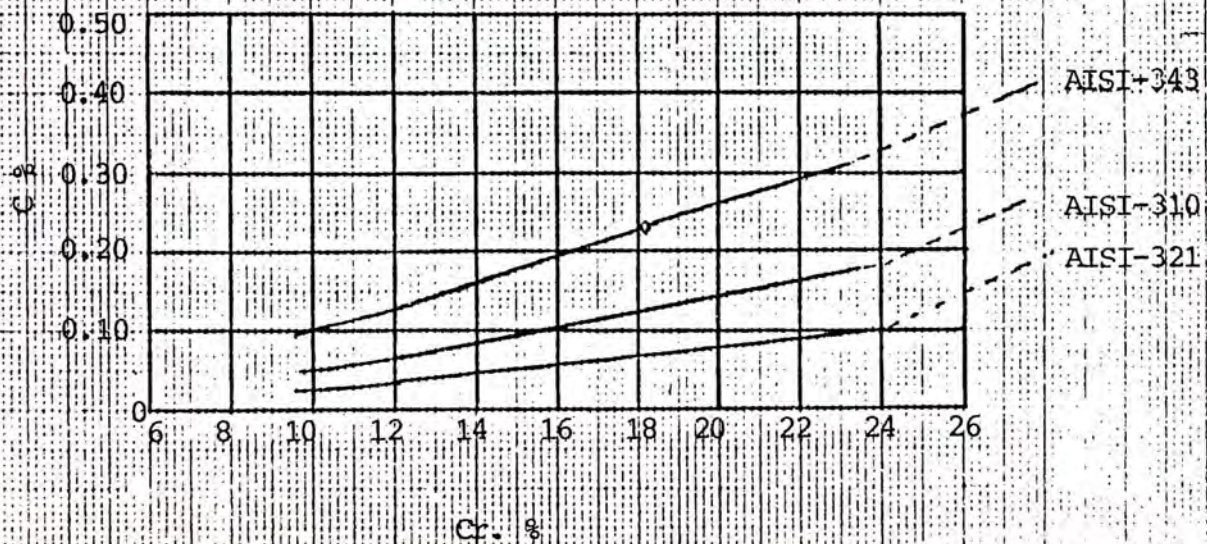
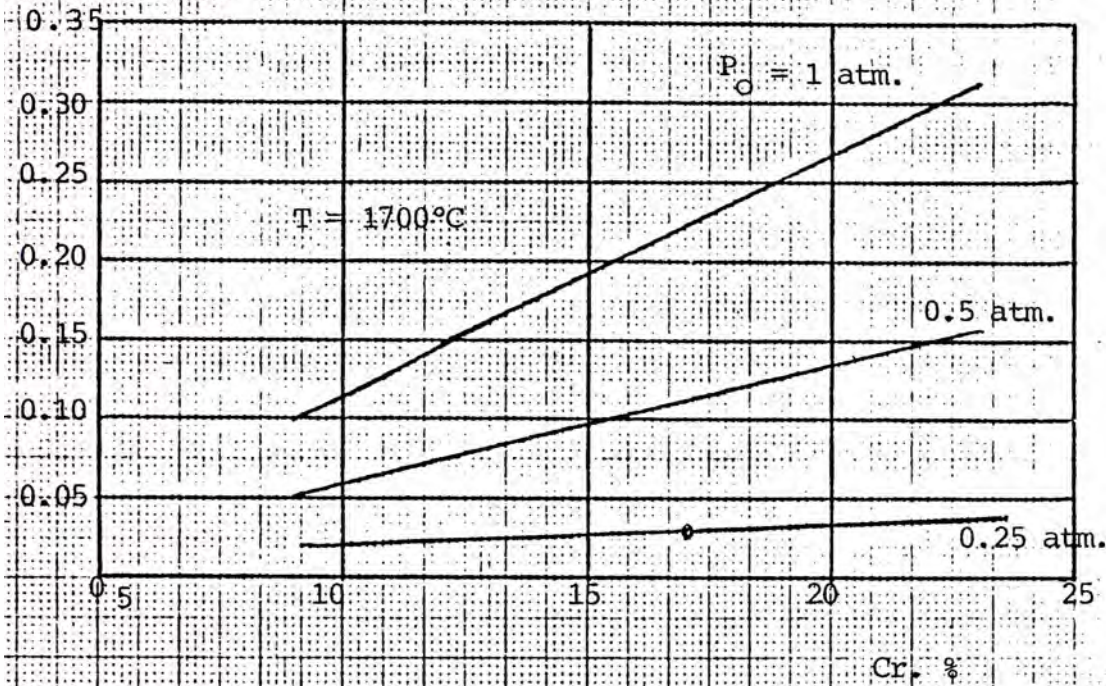
hace que sea posible la decarburación de coladas altas en cromo sin pérdidas del mismo en la escoria (Fig.3.10). La utilización, pues, de estos procesos presenta ventajas económicas al poder emplear materias primas más baratas, ferrocromos duros, obtener altos rendimientos de cromo y acortar el tiempo de trabajo en el horno eléctrico.

Los más importantes procesos que se han desarrollado dentro de este subgrupo son los siguientes:



FIGURA 3.10

PROCESO DE AFINO EN VACIO





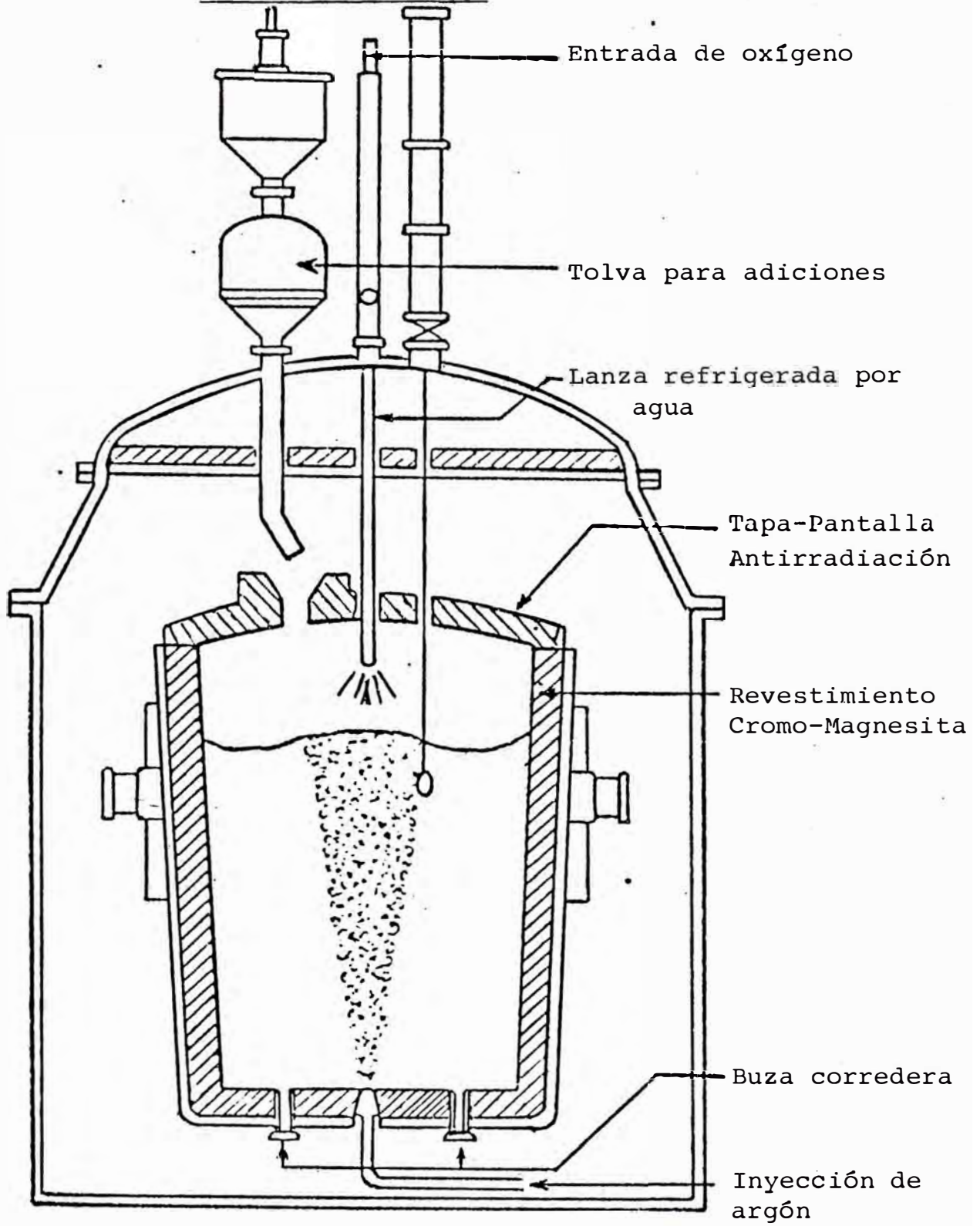
### Procedimiento VOD/LD VAC

Desarrollado por Edelmetallwerk Witten A.G. En él también ha colaborado la Republic Steel. Se sopla oxígeno por una lanza introducida por la cubierta de la cámara o cuchara de desgasificado y a una temperatura entre 1.600-1.650°. Se emplean cucharas básicas de buza corredera. Durante la operación se inyecta en el fondo de la cuchara argón que produce un agitado del baño. Después del afinado y de eliminar el vacío se añade una mezcla reductora para recuperar el cromo hasta el 98%- 99%. Se hacen las adiciones finales y se ajusta la temperatura colocándose el acero a continuación.

El control de la temperatura se hace partiendo de la temperatura del acero al iniciar la operación y de su composición. Generalmente, hay una subida de 100°C de temperatura que hay que compensar, si es preciso, con un agitado con argón o con adición de chatarra.

En realidad aquí podríamos incluir otros procedimientos similares, como el ASV y el V-R y en general todos los que utilizan sistemas de desgasificado clásico y en los que se dispone una simple inyección de oxígeno en el vacío con algún medio para agitar el baño si éste se mantiene en la cuchara (Fig. 3.11). Normalmente, el medio de agitación es el argón que se muestra aquí más efectivo que las bobinas de inducción. Distintas acerías han puesto a punto sus métodos de trabajo que se diferencian en las presiones de oxígeno y vacío utilizados,

FIGURA 3.11  
PROCESO VOD/LD VAC



que suele ser de 20 Torr., pero se puede trabajar a 10 Torr para aceros tipo L de muy bajo carbono, método de toma de muestras, refrigeración del baño, forma y momento del agitado, etc. Pero en todos ellos el caldo a afinar y descarburar ha de llegar a la instalación de desgasificado con un contenido de carbono que no ha de ser superior a 0.5-0.9% aproximadamente.

#### Proceso AVR (Allegheny Vacuum Refining)

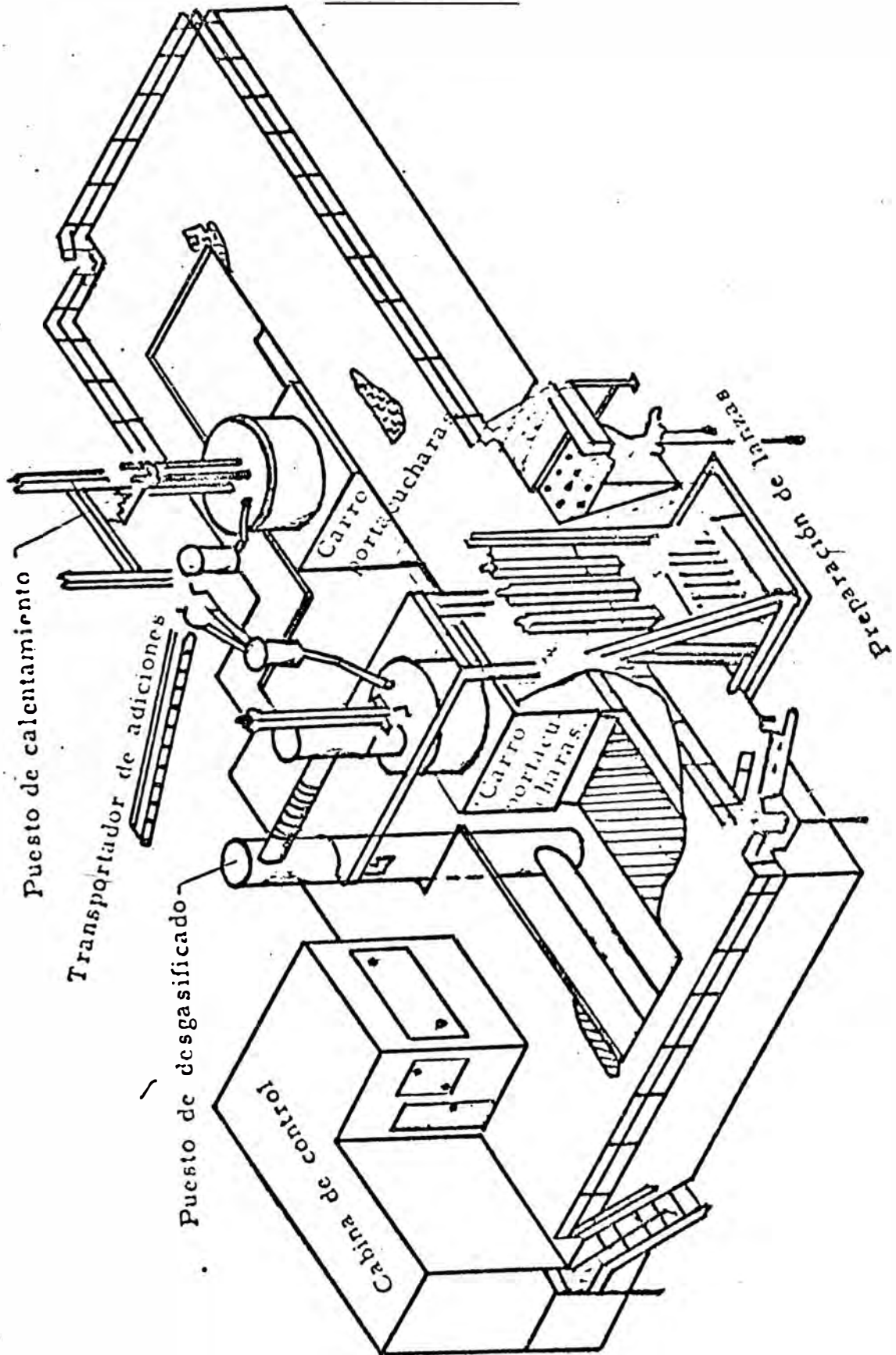
Allegheny comenzó a utilizar una instalación ASEA/SKF que posteriormente ha modificado. Su proceso consiste en inyectar oxígeno por debajo de la superficie del acero mientras se mantiene el vacío. La lanza es consumible revestida con refractario. Dispone de 5 tubos de 12.5 mm de diámetro interior, dispuestos en espiral en 45° para proporcionar una distribución de oxígeno sobre el metal y también para disminuir las salpicaduras del acero (Fig. 3.12).

#### Procesos RH/OD

Este proceso ha sido desarrollado por la Nippon Steel y se basa en que el oxígeno se sopla en un desgasificado RH. Se parte de un arrabio desulfurado a 0.005% de azufre que se carga en un convertidor básico con algo de chatarra y se sopla el oxígeno. Se obtiene un metal que se cuele primero en una cuchara para eliminar completamente la escoria y luego se vuelve a recargar en el convertidor al mismo tiempo que se hace la adición del fe-

FIGURA 3.12

PROCESO AVR



irrocromo necesario de alto contenido de carbono.

Entonces se vuelve a soplar el baño, pero con objeto de disminuir las pérdidas por oxidación de cromo se suspende el soplado de oxígeno cuando el contenido de carbono baja a 0.60-0.80%.

El acero fundido se transfiere entonces a un desgasificado RH en el cual se elimina el carbono al porcentaje deseado con inyección de oxígeno (Fig. 3.13).

Al final se desoxida el acero, se ajusta su composición química y se cuela normalmente.

#### Tipo de acero fabricados

Normalmente los tipos de acero idóneos para ser fabricados por los procesos de este subgrupo, son los inoxidables y fundamentalmente los del tipo cromo-niquel, o sea los aceros del tipo AISI, 301, 302, 304, 304 L, 309S, 310, 316, 316 L, 363, 405L, 409, 410, 430, 434, 434L y 439.

#### 3.1.3.2 Grupo 2°

Este grupo incluye los procesos metalúrgicos de afino, en vacío, partiendo de materias primas sólidas.

Todos estos procesos trabajan con vacíos de  $10^{-2}$  á  $10^{-4}$  Torr. De los procesos incluidos en este grupo, describiremos únicamente por su mayor in-



FIGURA 3.13

PROCESO RH/OD

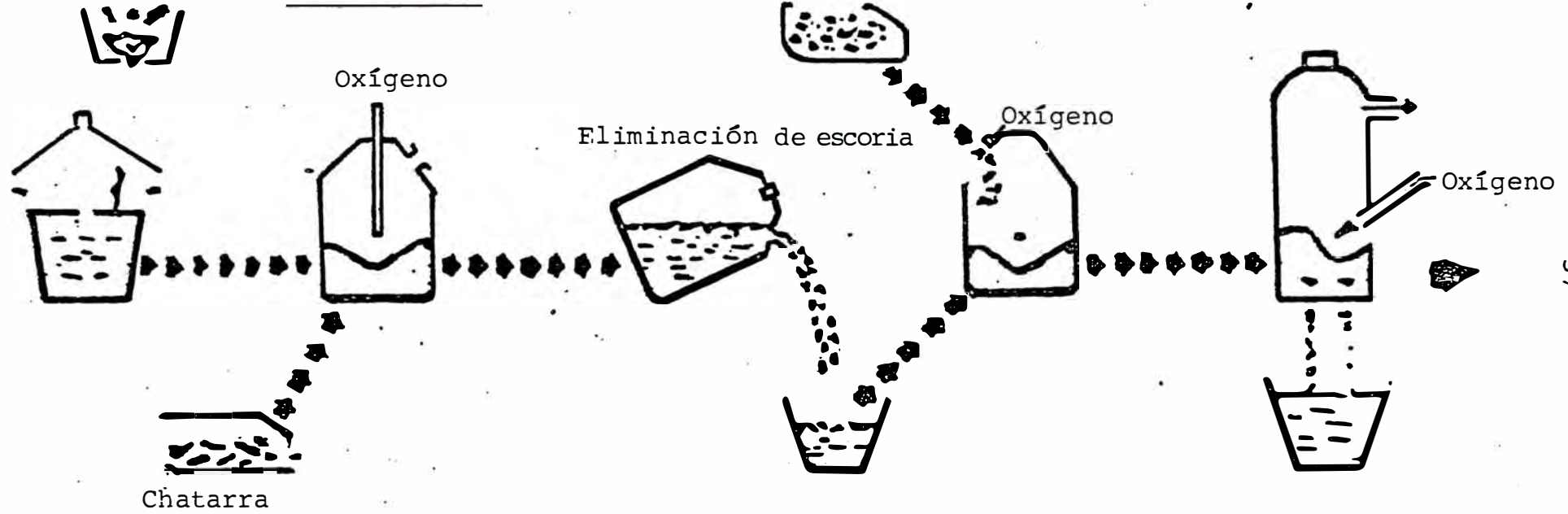
Desulfuración de arrabio

Afino en L.D.

Afino en L.D.

Ferrocromo

Proceso RH-OD



PRODUCCION DE ACERO INOXIDABLE POR EL PROCESO RH-OD

terés el de refusión de electrodo en vacío.

3.1.3.2.1 Refusión de electrodo en vacío (VAR, Vacuum Arc Remelting)

Se trata de un proceso secundario de afino para metales (Fig. 3.14).

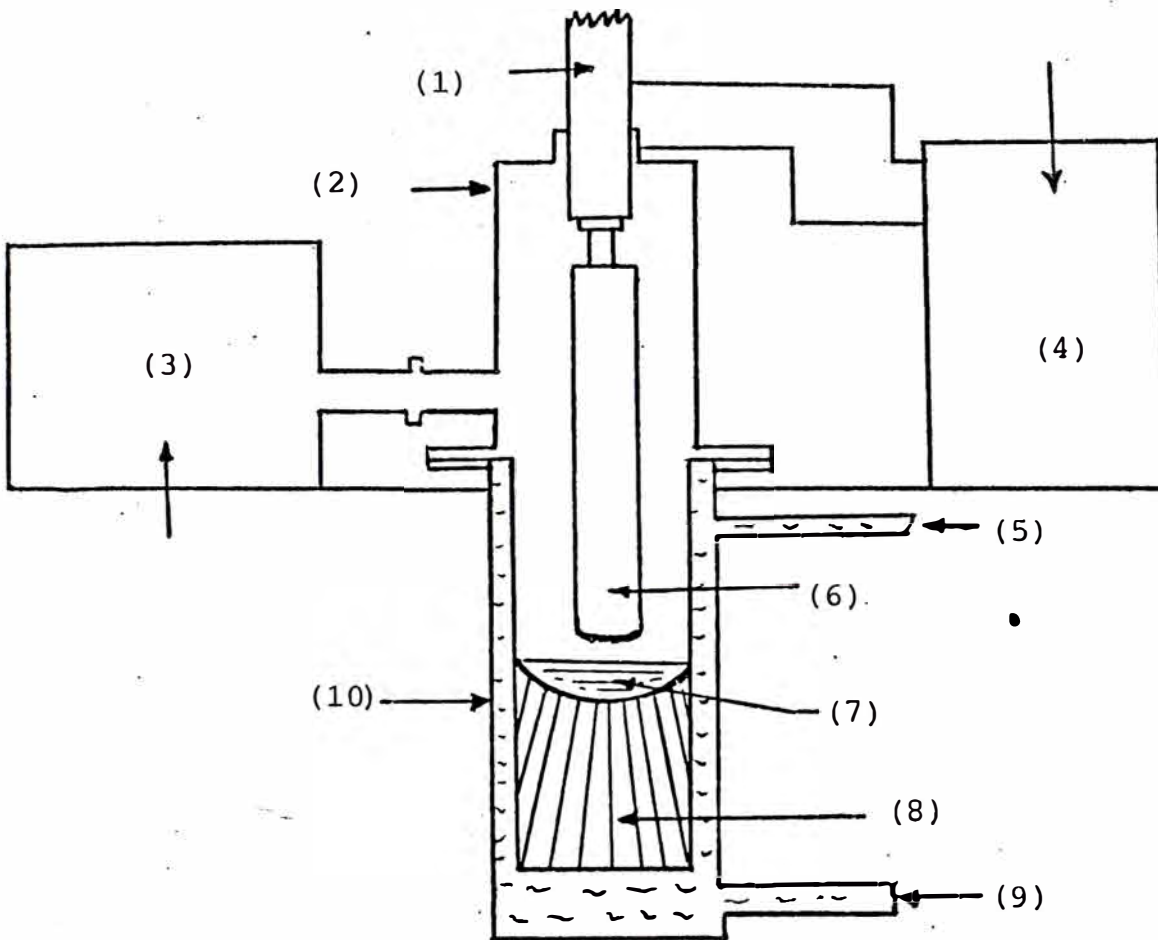
En el proceso VAR, el metal a refinar se suspende en forma de electrodo consumible en un crisol de cobre refrigerado por agua, con una corriente eléctrica entre el electrodo y una placa base, también refrigerada por agua, en la que apoya el crisol o lingotera. El electrodo consumible que puede proceder de colada o forja, se va fundiendo de forma continua obteniéndose un nuevo lingote de características metalúrgicas mejoradas por la solidificación vertical.

En el proceso VAR, la punta del electrodo es fundida por el arco. La presión en la cámara durante la refusión puede llegar a valores de 1 á 20 u (0.001 á 0.20 Torr). El metal se refina durante su exposición al vacío y por flotación de las inclusiones no metálicas en el baño de metal fundido. Sin embargo, el procedimiento no desulfura prácticamente.

Este proceso permite una desoxidación intensa y un control preciso de la solidificación, pero plantea algunos problemas de rendimiento me

FIGURA 3.14

PROCESO VAR (Vacuum Arc Remelting)



- (1) Portaelectrodos
- (2) Horno
- (3) Sistema de vacío
- (4) Cuadro de control
- (5) Salida de agua refrigeración
- (6) Electrodo consumible
- (7) Metal líquido
- (8) Lingote solidificado
- (9) Entrada agua refrigeración
- (10) Lingotera refrigerada

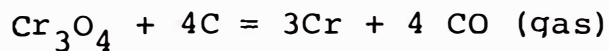
éntico debidos a la pérdida de elementos volátiles como Mn y Ti.

Estos motivos y otros de orden práctico y económico hacen que, en la actualidad, el proceso VAR se vea fuertemente amenazado por las técnicas de refusión bajo escoria electroconductora.

### 3.1.3.3 Grupo 3°

Se incluyen en este grupo, los procedimientos en los que el afino metalúrgico se hacen sin vacío partiendo de fase líquida.

Todos ellos se basan en la reacción



cuya constante de equilibrio es:

$$K_1 = \frac{A^3 \text{Cr} \times p^{-4} \text{CO}}{A^4 \text{C} \times A\text{Cr}_3\text{O}_4}$$

En esta última ecuación, A significa actividades y P presión parcial.

Tomando la actividad de  $\text{Cr}_3\text{O}_4$  como la unidad y expresando las otras actividades en términos de concentraciones en porcentaje de peso, la fórmula de equilibrio puede escribirse de la siguiente forma:

$$K_2 = \frac{(\text{o/o Cr})^3 \times \text{PCO}^4}{(\text{o/oC})^4}$$

$$\text{o/o C} = \frac{1}{K_3} (\% \text{ Cr})^{3/4} \text{ PCO}$$

donde  $K_1$ ,  $K_2$  y  $K_3$  son funciones de la temperatura.

Por lo tanto, se ve que a una temperatura dada el contenido de carbono en equilibrio será proporcional a la potencia 3/4 del contenido de cromo y a la presión parcial del monóxido de carbono.

Por consiguiente, si reducimos la presión parcial de CO, no trabajando en vacío como los procesos del Grupo 1, subgrupo 3 sino diluyendo el  $O_2$  inyectado en mezcla con un gas inerte obtenemos los procesos de este grupo, que se diferencian entre sí por el tipo de gas inerte utilizado. Si inyectamos como gas inerte argón o argón + nitrógeno, tenemos el proceso AOD - (Argon Oxigen Decarburatation). Si utilizamos vapor de agua, tenemos el proceso CLU (Creusor-Loire-Udderholm).

#### 3.1.3.3.1 Proceso AOD

Este proceso se basa en la inyección simultánea de argón y oxígeno y permite la descarburación de un baño con contenido alto en cromo, hasta niveles bajos de carbono, con pérdida muy poco importante del cromo y manteniendo el baño a temperatura de 1.600-1.700°.

No significa ninguna modificación al fundamento de la descarburación bajo vacío.

En realidad en aquella la disminución de la presión parcial del monóxido de carbono se hace bajando la presión total y en el AOD a base de diluirlo

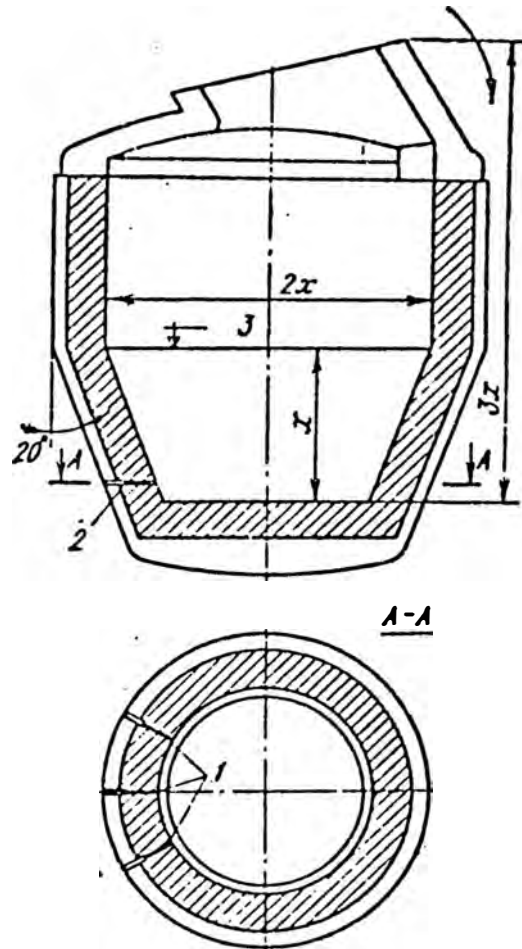
El AOD trabaja en duplex horno eléctrico-convertidor y ofrece ventajas significativas que han sido ya puestas de manifiesto por distintos autores. Por ejemplo, además de utilizar materias primas de menor precio, ferrocromo duro, los baños utilizados pueden presentar contenidos de carbono más elevados que en los procesos al vacío. La inversión del convertidor no es muy cara y desde luego más barata que un segundo horno eléctrico. Se obtiene una rápida y fácil desulfuración y la calidad del acero producido es mejor y más uniforme que en el proceso convencional (Fig.3.15).

Este procedimiento ha experimentado un desarrollo espectacular desde su desarrollo inicial por la división Linde de Union Carbide, en los ensayos en la acería de Joslyn (USA) en 1968, con un convertidor de 15 t.

En la actualidad, existen en funcionamiento 44 convertidores, con capacidades comprendidas entre 4 t. (Cabot Crop) y 100 t. En los próximos dos años, se instalarán 8 convertidores más, alcanzando hasta 150 t (Armco Steel).

FIGURA N° 3.15

PROCFSO AOD





El porcentaje de la producción mundial de acero inoxidable fabricada hoy por el proceso AOD, alcanza el 58%.

### Tipos de acero fabricados

En el proceso AOD, se han producido con éxito los siguientes tipos de aceros y aleaciones especiales:

1. Todos los aceros inoxidables de tipos austeníticos, ferríticos y martensíticos, incluyendo los AISI 200, 300 y 400 además de los 304L-Hi Pruf, 25-20 y Ferralium 42-V.  
(C. 0.05%; Cr, 25.2%; Ni, 5.2% y N, 0.17%)
2. Aleaciones especiales tales como Incaloy 800 e Inconel 600, Hasteloy-C, etc.
3. Otros metales y aleaciones obtenidos en plan experimental han sido: Ferrocromo afinado, hierro puro, 26 Cr, 1 Mo, aleaciones especiales para forja análogas a los tipos AISI 4320 y 4340 y un acero de herramientas designado por 81-V (0,35/0,40%C con Si, Cr, V y Mo).

Se consideran asimismo excelentes las posibilidades de obtener aceros al silicio, muy bajos en C ( 0.01) y en S ( 0.01). Se está investigando esta gama de producción de acero por diversas compañías que esperan su producción serreada

en plazo breve. Se investiga también las posibilidades económicas y prácticas de producir aceros de baja aleación, de muy alto grado de limpieza, muy bajo azufre y contenido mínimo de gases.

#### 3.1.3.4 Grupo 4°

Este grupo se reduce a un único proceso, el de refusión bajo escoria electroconductora (E.S.R) de un electrodo consumible con objeto de conferir al metal o acero tratado las mejoras siguientes:

- Notable desoxidación y fuerte desulfuración
- Aumento de la pureza del metal al disminuir las inclusiones no metálicas.
- Mejora sensible del contenido en pequeñas segregaciones
- Obtención de una estructura longitudinal de solidificación.

Estas ventajas llevan consigo, con respecto a propiedades mecánicas de los lingotes obtenidos, una mejora importante de la calidad de los productos, en especial en lo referente a estricción, resistencia a la torsión en caliente, resistencia a la tracción, resiliencia y relación entre propiedades transversales y longitudinales.

### Fundamentos del procedimiento

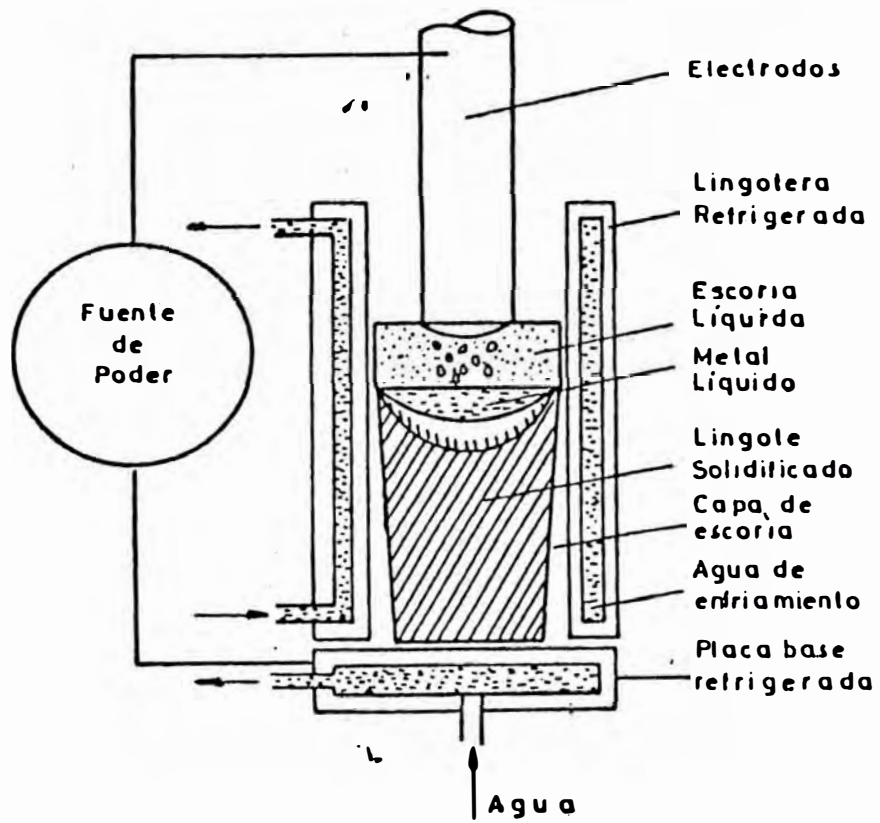
El proceso consiste en fundir un electrodo consumible, de la misma composición del acero que se quiere fabricar y refinar el mismo a través de una escoria de composición especial. La escoria es calentada por el efecto de Joule y cuando la misma alcanza la temperatura de fusión del acero, caen desde la punta, fundida del electrodo gotas de metal líquido que, al atravesar la escoria, se va purificando pues esta le extrae los óxidos, silicatos y sulfuros. Como puede observarse en el esquema (Figura 3.16), entre el lingote solidificado y la escoria refrigerada queda una envuelta de escoria que favorece la cristalización unidireccional del metal, a la vez que produce un lingote de muy buena superficie.

Debido a que la solidificación transcurre desde la base hacia arriba, y como consecuencia de que el baño del metal líquido es de relativamente pequeño volumen, no hay, en el lingote así producido, macrosegregaciones del grado que es normal encontrar en los fabricados por el método convencional. Además, los lingotes refundidos presentan una muy buena homogeneidad de composición química.

Todo ello permite obtener una distribución uniforme de carburos, con lo que se consigue disminuir las diferencias en el ancho de las bandas presentes en la periferia y el centro del lingote, luego que éste ha sido deforma-

FIGURA N° 3.16

PROCESO DE REFUSION BAJO ESCORIA ELECTROCONDUCTORA



do, variación que es muy notable en los productos provenientes de lingotes colados convencionalmente. Como es lógico, los beneficios de la refusión son más evidentes, si se toman en consideración barras de medidas grandes.

El tamaño del grano, la medida de la red de carburos y la estructura dendrítica de los lingotes refundidos, no difiere grandemente de las que se obtienen en la parte exterior de los lingotes de medida similar, colados por el método habitual, y es necesario, por lo tanto, aplicarles a los mismos una fuerte reducción de sección ( 80%) por trabajo en caliente, para destruir la red de carburos.

La base de la lingotera permanece fija durante la operación, de manera que la propia lingotera asciende progresivamente.

El lingote formado es de esta manera extraído de una manera continua por la parte inferior de la lingotera.

El circuito eléctrico dispone de un transformador de alimentación de tomas múltiples, en general en monofásico, conectado a la pinza soporte de electrodo.

El retorno de corriente se hace por el lingote y la base de la lingotera.

Tipos principales de aceros tratados por el proceso ESR

- Aceros rápidos en grandes lingotes (M2 o T1)
- Aceros para trabajo en caliente (p. ej. H11 o A13)
- Desbastes para tubos en acero inoxidable (Z6 CNT 18-10, p.ej)
- Aceros inoxidables para matrizado (Z6 CND 19 13 03)
- Aceros para cilindros (100 C6)
- Barras y palanquillas para forja, con grandes propiedades de limpieza y ductilidad (40 CD4).
- Aceros para herramientas de sondeos (15 C3).
- Aceros de herramientas de fuerte aleación (2230 CVD12)
- Aceros para álabes de turbinas o de compresores (ARMCO 177PH)
- Aleaciones refractarias (p.ej. Hastelloy X)

En el campo más concreto de lingotes de forja, en los que se consigue aplicando la refusión mejoras sensibles de calidad y menores rechazos, los principales tipos tratados por ESR son los siguientes:

- Lingotes de forja para rotores y discos de turbina de alta o baja aleación (Cr Mo V e inox. X12 C12)
- Aceros para cascos de submarinos (HY 80)
- Aceros refractarios para discos, rotores o ruedas de turbinas de gas (aleación Fe, Ni, Co).
- Grandes cilindros de laminación en caliente y en frío.



#### 3.1.4 Conclusiones

De todos los procesos de afino descritos en el presente capítulo, proporcionan a los metalurgistas, un instrumento eficaz para mejorar la calidad del acero y bajar los costos de producción.

En síntesis, el proceso de afino al vacío, - presentan las siguientes ventajas:

- a) Reducción del tiempo en horno por simplificación de la práctica de operación metalúrgica
- b) Posibilidad de adición controlada de grandes e ínfimas cantidades de elementos de aleación al vacío
- c) Aumento de rendimiento de los elementos de aleación, especialmente de aquellos que poseen afinidad con el oxígeno
- d) Calidad uniforme del acero
- e) Aumento de productividad de productos semiterminados gracias a un mejoramiento del grado de pureza
- f) Economía de los costos de recocido en las calidades sensibles al hidrógeno
- g) Gran flexibilidad en la fabricación de programas de calidad de amplia gama.

### 3.2 Instalaciones Actuales

#### 3.2.1 Estudio de las Instalaciones de SIDERPERU

##### 3.2.1.1 Capacidad instalada

Actualmente el Centro operativo de Chimbote cuenta con dos hornos eléctricos de arco con una capacidad de producción de 150,000 t/año, en los cuales y durante el período de 1981 á 1984, se fabricaron - barras para molinos en una cuantía de 7,000 á 8,000 t/año y palanquillas de 60 x 60 mm en el tres Desbastador 650.

Así pues, es perfectamente lógica - la hipótesis de destinar parte de la producción de los hornos eléctricos y el Desbastador 650 a la fabricación de palanquilla en dimensiones de 60 x 60 mm á 90 x 90 mm.

Los dos hornos eléctricos tienen las siguientes características:

Capacidad	30 t
Diámetro de cuba	4.47 m
Diámetro de electrodos	450 mm
Potencia del transformador	15 MVA

Las producciones en los dos últimos años han sido de:

1983	156,000 t
1984	145,000 t

Lo cual da para dichos años, respec  
tivamente 2,600 y 2,416 coladas/año.

En la actualidad dichos hornos cue-  
lan en dos máquinas de colada continua de las siguientes  
características:

	<u>N°1</u>	<u>N°3</u>
- Número de líneas	4	3
- Tipo de máquina	Curva con lingotera recta	Curva con lin- gotera curva
- Secciones de palanquilla:		
. máxima	150x150 mm	200x200 mm
. mínima	100x100 mm	100x100 mm
- Longitud de palanquilla:		
. máxima	6,000 mm	
. mínima	2,000 mm	
- Radio de curvatura	6.20	7.50
- Tiempo de colada mínimo	50 min.	40 min.
- Capacidad de cuchara	30 t	30 t

Normalmente cuelan los siguientes  
tipos de acero:

- 37 C = SAE 1037
- 20 A = SAE 1020

El tren desbastador 650 abastecido  
en la actualidad por lingotes de 680 kg tochos de 250 x  
200 mm y palanquillas de colada continua de 150 x 150 mm,

consta de:

- Horno de calentamiento de 15 t/h
- 2 cajas  $\phi$  650 con motor de 1,800 CV
- Sierra circular
- Mesa de enfriamiento
- Enderezadoras

### 3.2.2 Estudio de las instalaciones de Laminadora del Pacífico S.A.

#### 3.2.2.1 Capacidad Instalada

Actualmente la planta de Laminadora del Pacífico S.A., cuenta con dos hornos eléctricos de arco, con una capacidad de producción 144,000 t/año, durante los años 1983 y 1984, se fabricaron palanquillas de 150 x 150 mm y 120 x 120 mm en máquina de colada continua y palanquillas de 60 x 60 mm, 80 x 80 mm y 100 x 100 mm, en Tren Desbastador 520.

De donde se desprende que parte de la capacidad instalada, puede utilizarse en la fabricación de los aceros especiales en cuestión.

Las instalaciones de Laminadora del Pacífico S.A., tiene las siguientes características:

#### 1. Sección Hornos Eléctricos

Datos generales:

- Capacidad nominal : 40 ton
- Diámetro de la cuba : 4.3 m
- Tipo de cuba : partida  
parte superior con pane  
les refrigerados por  
agua.
- Tipo de tapa : revestida
- Dirección de basculado : L = izquierda (horno 1)  
R = derecha (horno 2)
- Dirección de giro : S = pico de colada (am-  
bos hornos)
- Angulo de basculado : 40° en dirección de co-  
lada  
15° en descorificado
- Angulo de giro : 60°
- Diámetro de electrodo : 450 mm
- Potencia del transformador: 20 MVA

## 2. Sección Colada continua

<u>Descripción</u>	<u>Máquina N°1</u>
- Número de líneas	3 instaladas (1 por insta lar)
- Tipo de máquina	Curva, con lingotera cur- va
- Longitud de lingotera (conicidad 9 y 6%)	800 mm

- Secciones de palanquilla
  - . máxima 150 x 150 mm
  - . mínima 120 x 120 mm
- Longitud de palanquilla
  - . máxima 4,000 mm
  - . mínima 3,100 mm
- Radio de curvatura 5.00
- Tiempo de colado mínima 55 minutos
- Capacidad de cuchara 50 Ton.
- Sistema de corte Cizalla Hidráulica

Los aceros que normalmente se cue -  
lan son:

SAE 1008	SAE 1020
SAE 1012	SAE 1022
SAE 1016	SAE 1017

El tren desbastador duo-cuarto con-  
tínuo es abastecido por palanquillas de colado contínuo  
de 150 x 150 y 120 x 120 mm; siendo las características  
del desbastador:

- 4 cajas reductores de  $\phi = 520$  mm
- Sierra circular
- Mesa de enfriamiento de 8.2 x 7.2 m

### 3.2.3 Selección de la Planta

Para seleccionar cual de las dos plantas in-  
dustriales: SIDERPERU y LAMINADORA DEL PACIFICO S.A., se



acondiciona mejor a los requerimientos técnicos de la fabricación de los aceros especiales, se realiza un análisis de las variables más importantes:

#### 3.2.3.1 Equipos

Dada las características de los equipos de ambas empresas, Laminadora del Pacífico S.A. cuenta con mayores ventajas:

- Los Hornos eléctricos con paneles refrigerados por agua le permiten una mayor productividad.
- La máquina de colada continua, es más versátil y automatizada, que permitirá un acople de ciertos equipos - para producir aceros especiales sin ocasionar grandes bajas de la producción tradicional.

#### 3.2.3.2 Disposición de Planta

El Loy-out, de Laminadora del Pacífico S.A., evita los tiempos y movimientos innecesarios de traslación de materias primas, productos intermedios, en el proceso de fabricación.

#### 3.2.3.3 Variedad de productos

Dada la diversidad de productos que fabrica SIDERPERU para abastecer el mercado nacional, - no le permitiría distraer parte de su capacidad de producción para incursionar en aceros especiales, por cuanto distraería el abastecimiento de su mercado actual.

En cambio Laminadora del Pacífico S.A., tiene una línea de producción menos diversificada de productos y calidades de acero.

#### 3.2.3.4 Costos de producción

Los costos de producción de SIDERPERU son elevados debido principalmente al exceso de personal, ratios de producción bajo por poseer maquinaria antigua, lo que ocasiona un alto costo de reposición y mantenimiento. En contraste Laminadora del Pacífico S.A., cuenta con ratios de producción superiores por contar con instalaciones modernas y tecnología ordenada.

#### 3.2.3.4 Influencia del mercado

El mercado potencial de los aceros especiales se encuentra ubicada en Lima, Chincha, Pisco y Arequipa, lo cual le otorga a la empresa Laminadora del Pacífico S.A., la ventaja de poder brindar a sus clientes sus productos con menor costo de flete y un abastecimiento más oportuno por la cercanía.

Del análisis realizado, se concluye que la mejor alternativa para la producción de aceros especiales es la empresa Laminadora del Pacífico S.A.

### 3.3 Estudio Técnico de Nuevas Instalaciones a Implementarse

#### 3.3.1 Especificaciones Técnicas de los Aceros a Fabricar

El proyecto se ha realizado en base a las siguientes consideraciones, deducidas del Estudio de la Demanda y de las posibilidades de fabricación de aceros especiales analizados anteriormente.

##### a) Tipos de aceros a fabricar

- Medio carbono (AISI 1020-1049)
- Alto carbono (AISI 1050-1095)
- Aceros de fácil maquinado (AISI - 1100 - 1200)
- Aceros para muelles al Si - Mn (AISI 9200)

En el cuadro 3.1 adjunto se recogen las características de dichos aceros.

##### b) Capacidad de producción

Se ha determinado utilizar parte de la capacidad instalada (Horno eléctrico - colada continua - tren desbastador) de la empresa Laminadora del Pacífico S.A., con una producción inicial de 30,000 t/año, - la que se irá incrementando de acuerdo a las necesidades del mercado.

##### c) Gama de producción

Se prevee la fabricación de la siguiente gama de productos:

CUADRO N°3-1

CARACTERISTICAS DE LOS DISTINTOS ACEROS A FABRICAR  
COMPOSICION QUIMICA

Grupos de aceros	Designación I.H.A.	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	V	Mo
Carbono	F 111	0.10/0.20	0.30/0.50	0.15/0.30	0.040	0.040				
	F 112	0.20/0.30	0.40/0.70	0.15/0.30	0.040	0.040				
	F 113	0.30/0.40	0.40/0.70	0.15/0.30	0.040	0.040				
	F 114	0.40/0.50	0.40/0.70	0.15/0.30	0.040	0.040				
	F 115	0.50/0.60	0.40/0.70	0.15/0.30	0.040	0.040				
	F 116	0.60/0.70	0.4/0.70	0.15/0.30	0.040	0.040		-		
	F 117	0.70/0.80	0.6/0.90	0.25/0.35	0.040	0.040		0.20		0.06
Muelles	F 143	0.45/0.55	0.50/0.60	0.10/0.35	0.040	0.040		0.80/1.10	0.15/0.25	
	F 144	0.50/0.60	0.70/1.00	1.50/2.00	0.040	0.040				
	F 144A	0.52/0.58	0.60/0.90	1.50/2.00	0.035	0.035				
	F 145	0.45/0.55	0.60/0.90	1.50/2.00	0.040	0.040				
	F 145A	0.42/0.48	0.50/0.80	1.50/2.00	0.015	0.035				
	F 145B	0.47/0.53	0.50/0.80	1.50/2.00	0.035	0.035				
Fácil mecanización	F 210A	0.07/0.13	0.90/1.20	0.10	0.05/0.09	0.25/0.35				

CUADRO N°3-1 (Continuación)

EQUIVALENCIAS OFICIALES APROXIMADAS

Grupos de aceros	Designación I.H.A.	Alemania		EE.UU.		Francia	Inglaterra	Italia	Suecia
		DIN		ASTM	AISI-SAE	AFNOR	BS	UNI	SIS
Carbono	F 111	CK-15	1.0401		C 1,015	XC-12	En 2	C 16	1,350
	F 112	CK-22			C 1,025	XC-25	En 4	C 25	
	F 113	CK-35	1.0501		C 1,035	XC-32	En 6	C 35	1,550
	F 114	CK-45	1.0503		C 1,045	XC-42	En 8	C 45	1,650
	F 115	CK-60	1.0601		C 1,055	XC-55	En 9	C 60	1,665
Muelles	F 143	50 Cr V 4	1.8159		6,150	50 CV 4	En 47	50 Cr V 4	
	F 144	55 Si 7	1.0904		9,255	55 S 7	En 45	55 Si 8	2,090
	F 144A	55 Si 7			9,255	55 S 7	En 45	55 Si 8	
	F 145	51 Si 7	1.0903			50 S 7		50 Si 8	
	F 145A	45 Si 7				45 S 7		45 Si 8	
	F 145B	51 Si 7				50 S 7		50 Si 8	
Fácil mecanización	F 210A	10 S 20			C 1,113		En 1 A		

- Palanquillas de 60 x 60 mm á 90 x 90 mm

### 3.3.2 Descripción del Proceso de Fabricación

Para la fabricación de los aceros especiales se realizan una serie de operaciones en la planta, las cuales se describen a continuación. Se presenta un esquema de Flujo del Proceso Productivo.

#### 3.3.2.1 Carga del Horno

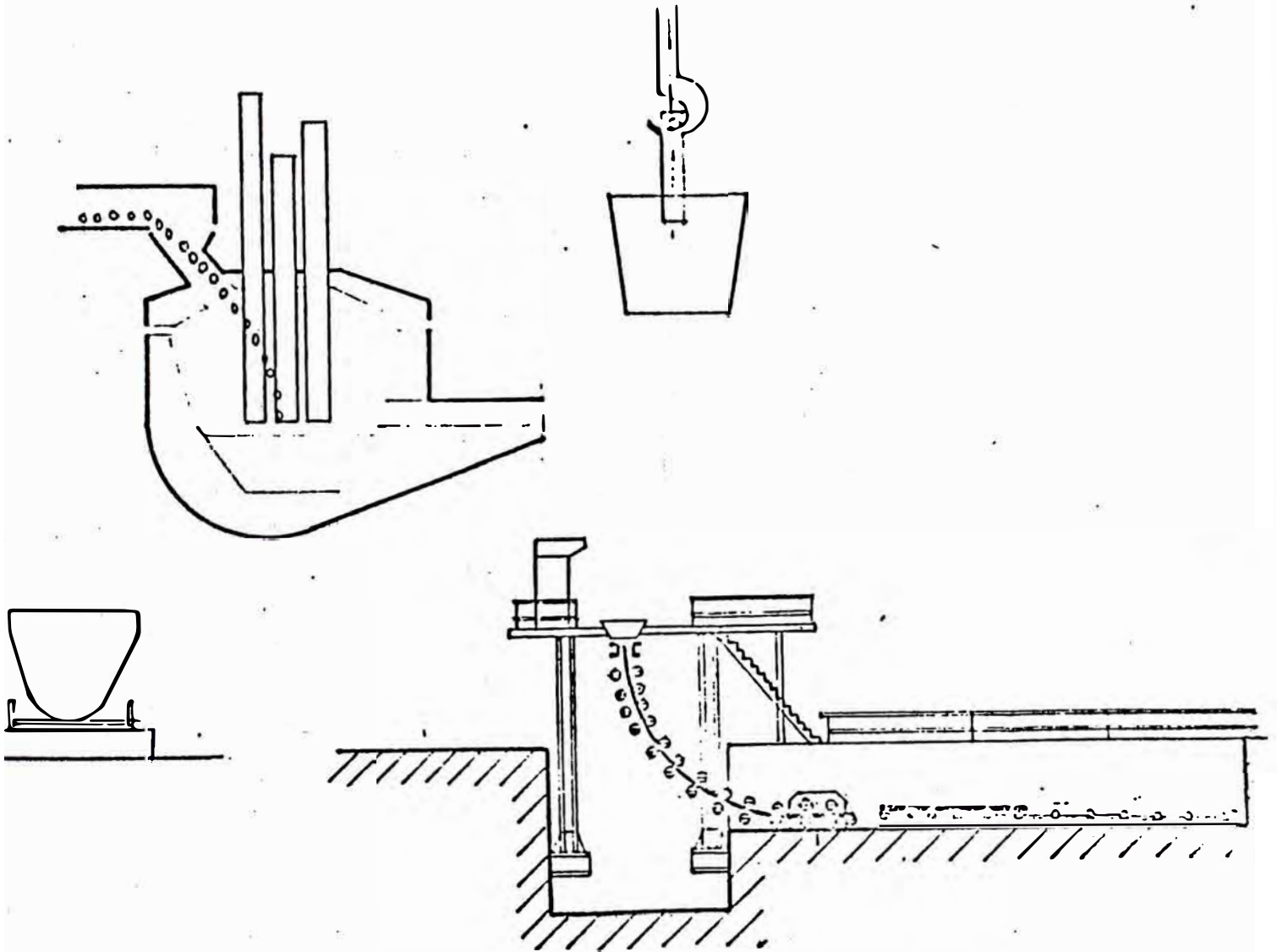
La carga inicial de chatarra y algo de cal, se realizan mediante cestas por la parte superior, rotando de la bóveda desplazable del horno. El contenido de carbono no debe exceder del rango de 25% á 50% del porcentaje que se desea obtener al final de la fase oxidante. Se persiguen estas concentraciones al objeto de lograr el borboteo o hervido del baño que favorezca la eliminación de gases y ciertas impurezas.

### Conexión de la Carga Eléctrica

#### 3.3.2.2 Fusión de la Carga

Debido a la irregularidad del salto del arco, y a las contínuas variaciones de longitud de arco que se producen entre electrodos y chatarra, por efectos de los espacios libres dejados por la fundición de ésta al descender por sus poros, se producen fuertes repercusiones sobre la tensión del sistema (Flicker). En esta fase se producen contínuos movimientos de los electrodos a fin de compensar estos sucesos. Se suele conec

ESQUEMA DEL FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO





tar el mayor voltaje en forma paulatina, para que se efectúe la fusión en el menor tiempo posible.

#### 3.3.2.3 Período Oxidante o de Afino

El baño comienza a ser oxidado por la acción del oxígeno del aire, y del óxido de hierro que contiene la chatarra y el hierro esponja. El baño comienza a "trabajar" por desprendimiento gaseoso de monóxido de carbono. Se forma una escoria negra, y se realiza la oxidación de los diferentes elementos (Si, P, Mn, C, etc.). Los óxidos sólidos por tener menor densidad que el acero se mezclan y reaccionan con la cal de la escoria formando compuestos más o menos estables y fáciles de eliminar.

#### 3.3.2.4 Desescoriado

Con la evacuación de la escoria oxidante, se elimina gran parte del fósforo, silicio, manganeso y otros elementos oxidables que tenía la carga.

#### 3.3.2.5 Desoxidación

Se cubre el baño con una escoria preparada fundamentalmente por cal y espato de flúor, a la que se añade como elemento desoxidante coque o grafito, a veces también carburo de calcio o silicocalcio, o en pequeñas cantidades ferrosilicio. Se consigue formar una escoria blanca que desulfura el baño metálico.

El contenido de óxidos de fierropue de disminuir en 30 minutos de un máximo de 25 á 0.5%. La acción desoxidante de la escoria es lenta, por producirse sólo en la capa superficial que está en la interfase baño-escoria. La turbulencia, casi inexistente en esta fase favorece las reacciones. El principal agente desoxidante es el carburo, que se forma por la reacción de la cal con el carbono. La desulfuración se efectúa por la actividad de la cal y del carburo de calcio.

Cuando se ha formado la segunda escoria reductora (blanca), y obtenido los resultados de los análisis químicos de laboratorio, se efectúan las últimas operaciones antes de colar a cuchara. Si proceden, se hacen las últimas adiciones, y se ajusta la temperatura a la ideal de colada.

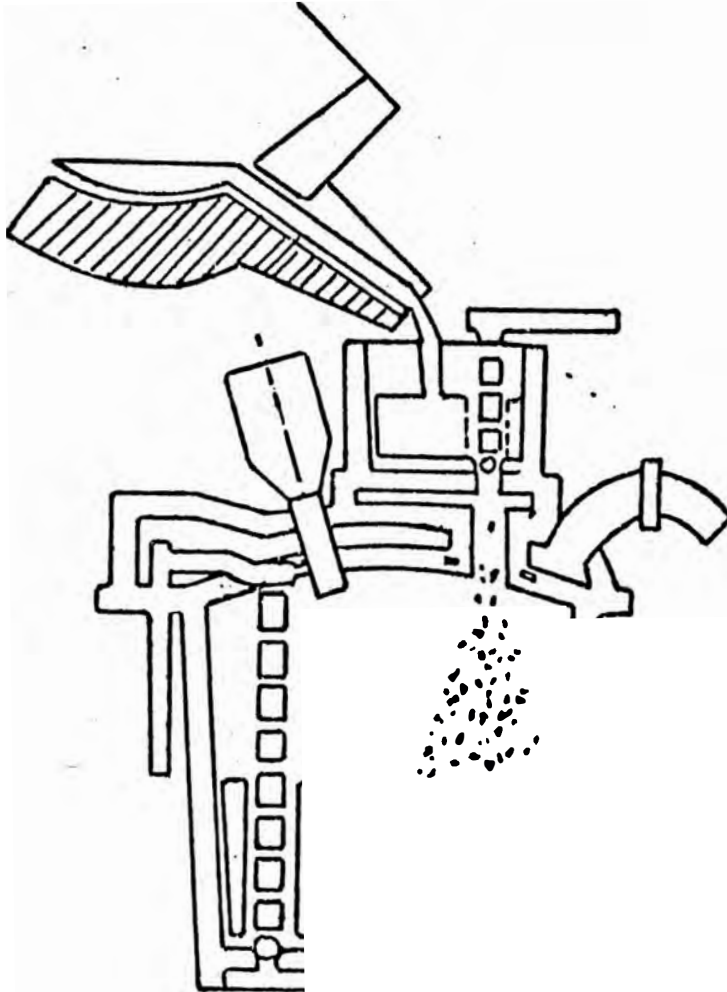
#### 3.3.2.6 Colada del Acero a la Cuchara de Desgasificado

Con el baño a la temperatura adecuada, se bascula el horno para lograr el trasvasado total de baño metálico (acero) a la cuchara de colada, que está cerrada con una tapa y conectada a la instalación de vacío.

Sobre la tapa está dispuesta una pequeña cuchara intermedia, que recibe el chorro del acero que llega al horno (Figura 3.17).

FIGURA 3.17

COLADA DEL ACERO A LA CUCHARA DE DESGASIFICADO



Para la desgasificación horno-cuchara, se utilizará una cuchara especial con una capacidad de 40 t. Al bascular el horno, el acero caerá sobre una pequeña cuchara intermedia situada sobre la cuchara de colada, cuyo tapón podrá abrirse a distancia por un dispositivo eléctrico. La cuchara de colada estará conectada al sistema de vacío por medio de una manguera flexible, con objeto de permitir los movimientos necesarios durante la basculación del horno.

El sistema de vacío tendrá una capacidad de 30,000 m<sup>3</sup>/h, permitiendo una reducción de presión de  $6.6 \times 10^{-4}$  atm. en un tiempo aproximado de 20 minutos en la cámara de vacío y 8 minutos en la cuchara cerrada. El equipo de vacío constará de dos bombas rotativas tipo Ruvac para la etapa de vacío final.

### 3.3.2.7 Resultados del desgasificado bajo vacío

Generalidades:

Efecto del vacío en los gases disueltos en el acero. La ley de acción de masas se aplica a los equilibrios:



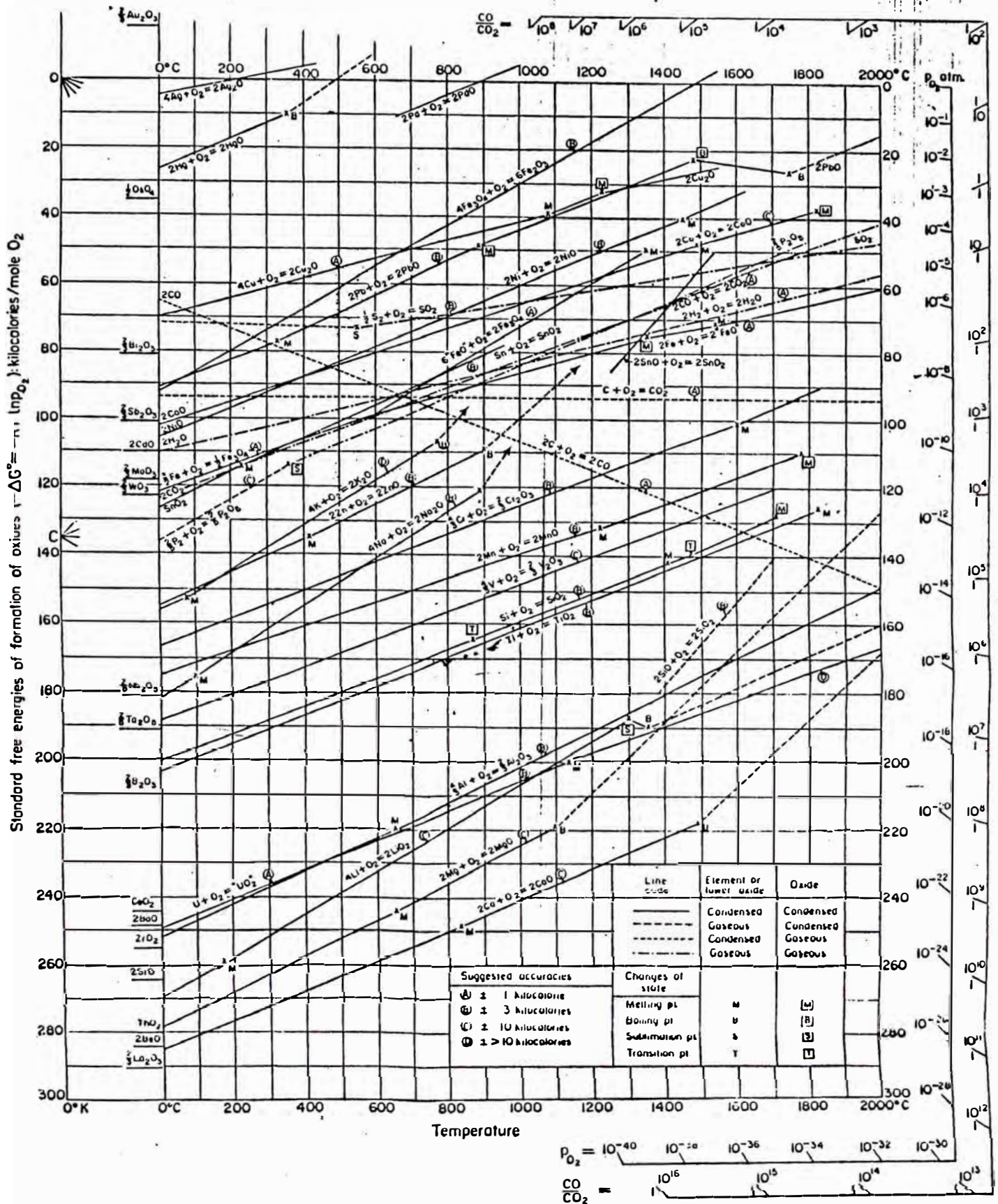
La eliminación del H<sub>2</sub> es fácil, pues no forma compuestos estables en el acero, mientras que la del N<sub>2</sub> es más difícil, ya que forma nitruros estables.

El equilibrio CO es conocido por todos, lo interesante es el efecto del vacío sobre los óxidos metálicos. La afinidad de los elementos desoxidantes corrientes, como el Si, Ti, Al, etc. no depende de la presión. El carbono es el único elemento de utilización industrial que origina una fase de desoxidación gaseosa y constituye un enérgico desoxidante, igual que el Al o el Ti, pero al ser sensible a las variaciones de presión, resulta más versátil que éstos.

El examen de las energías libres de las reacciones de formación de los óxidos evidencia la posibilidad de la reducción de los óxidos metálicos por el C (Fig. 3.18). Este es el fundamento del afino por vacío en muchos nuevos procesos, consiguiéndose con ellos aceros mucho más limpios, al hacerse la desoxidación vía CO. A 1,600°C el  $\text{Al}_2\text{O}_3$  es reducido por el C (a  $3.027 \times 10^{-3}$  atm. de presión). Los óxidos de Si y Mg son igualmente reducidos por el C en vacío, y mientras que el Al y el Si pasan al acero, el Mg se volatiliza.

La metalurgia del vacío se introdujo hacia el año 1955. Las roturas catastróficas que se produjeron en varias centrales eléctricas de los Estados Unidos de América aceleraron la puesta en marcha de los procesos alemanes de desgasificación por vacío (eliminación del  $\text{H}_2$ ). La ley de Siebert rige el fenómeno y basta un vacío  $1.316 \times 10^{-2}$  atm. para bajar el  $\text{O}_2$  a niveles ino

FIGURA 3.18





cuos. El vacío elimina parcialmente el H<sub>2</sub>, el O<sub>2</sub> y el N<sub>2</sub>.

El acero fabricado en horno eléctrico convencional con escoria básica y reductora (calmado - en horno) contiene:

H <sub>2</sub>	4 á 8 ppm	0.0004-0.0008%
N <sub>2</sub>	80 á 100 ppm	0.0080-0.0100%
O <sub>2</sub>	50 á 80 ppm	0.0050-0.0080%

El acero fabricado en horno eléctrico convencional y desgasificado en vacío contiene:

H <sub>2</sub>	1 á 2 ppm	0.0001-0.0002%
N <sub>2</sub>	40 á 80 ppm	0.0040-0.0080%
O <sub>2</sub>	20 á 50 ppm	0.0020-0.0050%

El acero desgasificado en alto vacío (10<sup>-2</sup> á 10<sup>-4</sup> Torr) contiene:

H <sub>2</sub>	1 ppm
N <sub>2</sub>	20 ppm
O <sub>2</sub>	10 ppm

### 3.3.2.8 Eliminación de diversos elementos

Eliminación del hidrógeno:

Desde luego el desgasificado bajo vacío es el mejor método para eliminar los problemas que implica la presencia del hidrógeno en el acero. Su contenido final depende del vacío alcanzado en el desgasificado, pero sin muchas dificultades se consiguen en las plan



tas industriales los valores deseados inferiores a 2 ppm (Fig. 3.19). Este contenido es el que se considera crítico para evitar la formación de copos.

Generalmente los contenidos de hidrógeno alcanzados después del desgasificado son menores si se parte de un baño sin desoxidar. Se ha señalado que el desprendimiento de monóxido de carbono en el baño líquido facilita la eliminación del hidrógeno.

Por otra parte, hay que advertir que para obtener los mejores resultados en la deshidrogenación es importante evitar la absorción de hidrógeno que puede proceder de la descomposición de la humedad encontrada en el gas neutro de agitado o en los revestimientos de las cucharas.

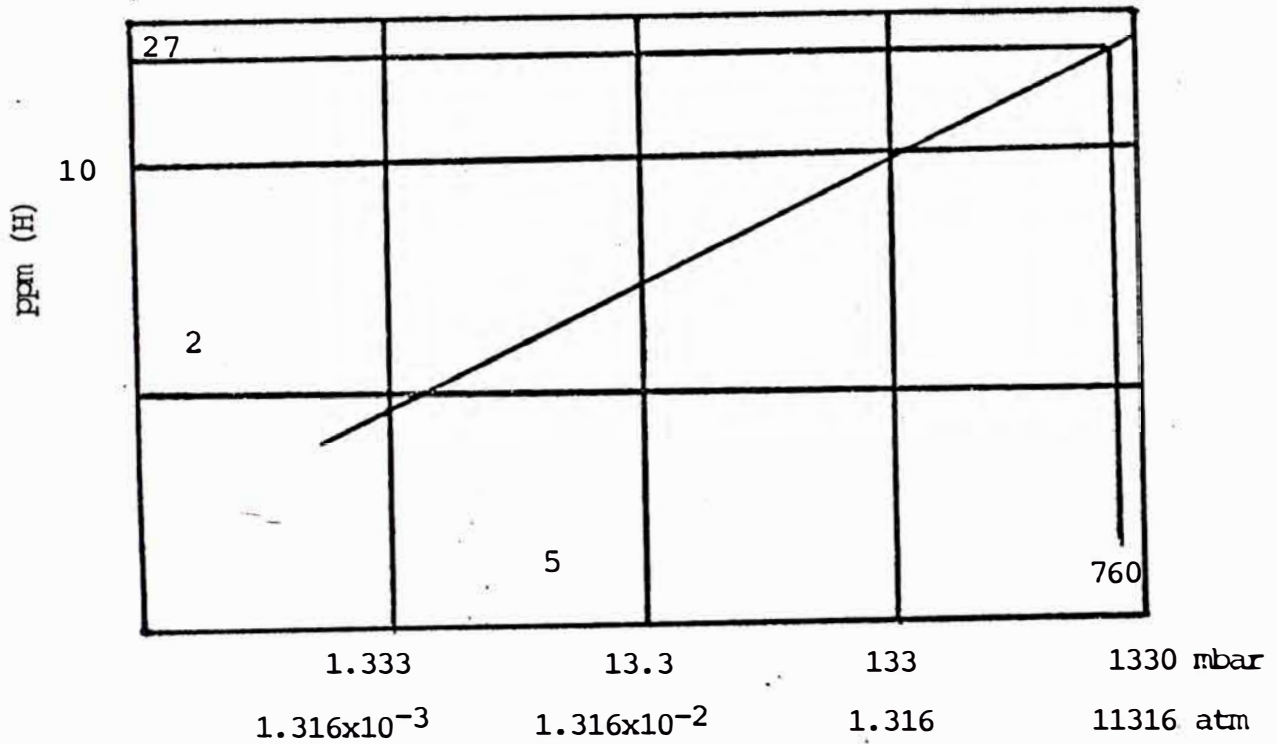
Si esta aportación de hidrógeno es importante, habría que bajar las presiones parciales a límites muy bajos para lograr su eliminación por debajo de la referida cifra de 2 ppm.

#### Eliminación del Nitrógeno:

Aunque en los aceros aleados el nitrógeno está combinado y su eliminación no es muy notable, en los aceros al carbono y sin desoxidar se puede eliminar hasta el 40% de dicho contenido en el baño. Esto es importante en algunos casos, ahora que se conoce cada vez mejor la influencia de la presencia del nitrógeno (elementos intersticiales).

FIGURA 3.19

RELACION ENTRE CONTENIDO DE HIDROGENO EN EL BAÑO Y  
PRESION PARCIAL DE HIDROGENO SOBRE EL  
BAÑO



#### Limpieza del acero:

Diversos trabajos han señalado que el acero desgasificado presenta una mayor limpieza de inclusiones. Por una parte hay la acción directa del desgasificado al reducir el contenido de oxígeno disuelto en el acero líquido a base de una desoxidación con carbono que origina monóxido de carbono gaseoso que no deja ningún residuo en el acero, al contrario de lo que ocurre con los desoxidantes normales.

Pero partiendo de aceros calmados se ha comprobado en varias acerías que el movimiento forzado del baño igualmente que la agitación con argón ocurre durante el desgasificado, mejora la precipitación de los productos de desoxidación y el grado de limpieza de estos aceros.

#### Adición de elementos:

La adición de los desoxidantes y de los elementos de aleación al baño desoxidado bajo vacío - tiene aspectos muy interesantes, tanto económicos como técnicos.

Se evitan pérdidas de los elementos de adición oxidables al obtenerse un más alto y más homogéneo rendimiento de las adiciones. Esto origina un ahorro que debe tenerse en cuenta. Pero además, al mejorarse el análisis final y hacerlo más regular y preciso, se alcanza un mejor encaje de las coladas, aspecto que está

teniendo cada vez más importancia, puesto que la regularidad de composición adquiere de día en día una evaluación más alta en la calidad del acero. La industria del automóvil y todas aquéllas que tienden al tratamiento térmico continuo exigen una respuesta cada vez más uniforme, no sólo dentro del mismo lote de piezas, sino también entre los distintos y sucesivos lotes. Es decir, se exige una banda de templabilidad cada vez más estrecha que ya sólo es posible alcanzar con algún proceso especial de encaje fuera del clásico horno de afino.

En las acerías que fabrican estos aceros se cuela la colada en la cuchara y se toma una muestra para hacer el análisis químico de una forma rápida en un espectrómetro de emisión. Luego se lleva la cuchara a la instalación de desgasificado, donde después de conocer la composición química se pueden hacer las adiciones precisas para encajar perfectamente la colada. En algunos casos se hace que la respuesta del aparato de espectrometría de emisión llegue directamente a un computador que calcula las adiciones necesarias para en la forma más económica, encajar la composición dentro de la banda de templabilidad exigida.

En todos los procesos de desgasificado se pueden hacer adiciones al baño desoxidado. En el proceso de desgasificado en chorro de cuchara o en cuchara, por ejemplo, hay una compuerta especial en la cubier-

ta de la cuchara, y para el correcto mezclado y homogenei zación se dispone de dispositivos especiales de agitación, generalmente a base de una inyección de gas inerte.

Pero los procesos cuya mezcla y homo geneización son más perfectos son los de circulación del acero, aunque donde la adición puede ser más importante - es en los procedimientos con calentamiento, ya que en rea lidad los problemas de mezcla y adición son en último lu- gar un problema de pérdida de temperatura.

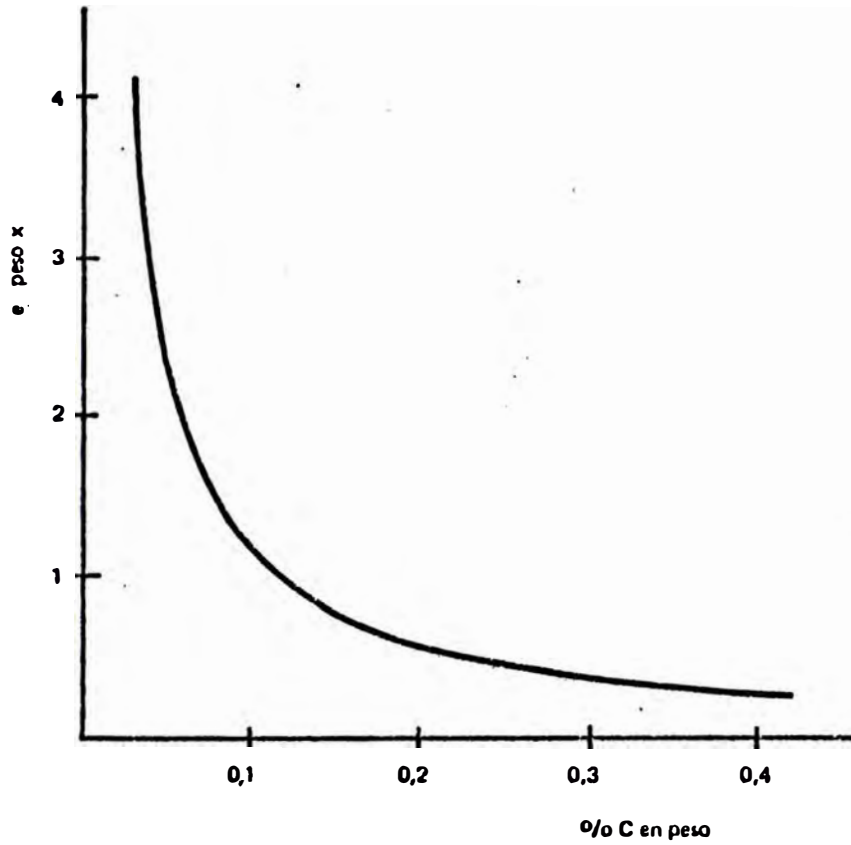
#### Desulfuración:

Aunque por una parte la presencia de azufre en muchos aceros ha aumentado para mejorar la ma- quinabilidad, en otros se ha planteado la conveniencia de obtener muy bajos contenidos de azufre. Por ejemplo, las especificaciones son cada vez más severas en el contenido de azufre en aquellas aplicaciones en el campo de la rotu ra frágil, de la soldabilidad, de la deformación en frío, etc. Algunos procesos de desgasificado, al combinar una acción de agitado y la presencia de una escoria reductora, han logrado excelentes resultados en el campo de la desu furación por la acción más íntima entre ambas fases. Con productos especiales en las escorias sintéticas se han al canzado contenidos de azufre hasta por debajo de 0.005%.

#### Descarburación por desoxidación: (Fig. 3.20)

La reacción de descarburación entre el carbono y el oxígeno se ve facilitada a las bajas pre-

FIGURA 3.20



Relación entre los porcentajes de carbono y de oxígeno en el hierro para 1600°C y  $P_{CO} = 0,5$  atmósferas.

siones. De esta forma, en vacío se puede descarburar a valores muy bajos de carbono. El oxígeno puede añadirse durante el tratamiento al vacío o puede estar presente en el baño. La adición de oxígeno durante el desgasificado ya es una técnica especial que merece ser reseñada aparte. En otro caso, se procura que el baño lleve el correspondiente oxígeno desde el horno. Por ejemplo, para lograr un carbono inferior a 0.030% el oxígeno debe ser superior a 0.100%. Así se cuelan los aceros sin adición de desoxidantes en la instalación de desgasificado y se pueden obtener contenidos de carbono inferiores a 0.010 bajando el oxígeno residual después del tratamiento a 0.040/0.080%.

#### 3.3.2.9 Colada Continua

La grúa transporta el acero líquido en cuchara a la nave de colada continua, y la colocará - con la boca de vaciado alineada sobre el distribuidor o tundish.

Hechas las comprobaciones de que el equipo se encuentra en perfecto estado de funcionamiento. Por ejemplo, sistema de enfriamiento, buzas, limpieza del distribuidor, limpieza de la lingotera, preparación de canales de emergencia, verificación del sistema de lubricación, ajustes de la presión del extractor, colocación de la barra falsa, etc., el jefe de turno ordena al operador de cucharas el inicio del ciclo de colada. El operador de cucharas controlará el flujo del metal fundido al distribuidor. Este último ha estado sometido a un proceso



de calentamiento antes de iniciada la colada.

El equipo de enfriamiento, ha sido - puesto en funcionamiento antes de iniciarse el vaciado de la cuchara.

La velocidad de colada está dada por una serie de factores entre los que destaca la altura de acero líquido en el fundido, éste ejerce una presión produciendo el flujo de la masa a través de las buzas. El material es recibido por la lingotera.

La lingotera es generalmente de estructura de cobre aleado, se encuentra refrigerada exteriormente por agua. El flujo de enfriamiento se realiza en sentido opuesto al ingreso del material fundido. En ella se forma la barra.

El enfriamiento primario se produce en la lingotera, trae consigo la solidificación de la superficie de la barra formándose "la cáscara". Al disminuir su temperatura contrae su sección, y por ende, se despegas de la pared de la lingotera. Esta última tiene además un movimiento oscilatorio (vibratorio) vertical, y un sistema de lubricación a base generalmente de aceites vegetales, que evitan la adherencia de la barra.

La barra penetra a la sección de enfriamiento secundario y doblado, donde es sometida por intermedio de una serie de rodillos a una deformación de

varios radios, hasta alcanzar la forma de arco ovalado. Estos rodillos son de presión. Su regulación y accionamiento es individual. El post-enfriamiento de la barra debe realizarse de tal modo que la superficie sea enfriada en forma continua. El enfriamiento no debe ser demasiado profundo ni excesivamente veloz, ya que una ligera fluctuación en la gradiente de temperatura ocasiona agrietamientos.

Esto significa que después del post-enfriamiento se debe conseguir una uniformización en la temperatura de la barra. La temperatura de salida de lingoteras es de 1300°C aproximadamente y la temperatura de solidificación de núcleos se alcanza alrededor de los 800°C.

El requerimiento de agua puede estimarse en aproximadamente 10 m<sup>3</sup>/t. La Planta cuenta con suministro de agua de emergencia.

La barra todavía con la punta del cráter líquido ingresa a la sección de enderezamiento y finalmente a la de extracción de donde sale enteramente solidificada. Esta unidad de enderezamiento y extracción puede afectar la velocidad de la colada. Se utilizan líneas de mayor cantidad de rodillos para barras de espesores mayores, las cuales requieren períodos de enfriamiento más prolongados para su solidificación total, y para no sufrir alteraciones estructurales.

La barra luego de salir de la endereadora ingresa al equipo corta barras, que es accionado por cizallas situadas sobre las líneas de salida. El uso de cizallas permite una menor pérdida de material, y mayor rapidez operativa. Existe sí un defecto: el de deformación de extremos, que puede mitigarse mediante el empleo de cizallas diagonales.

La evacuación de barras cortadas se efectúa por un camino de rodillos, siendo después trasladadas por un transportador transversal a un lecho de enfriamiento o a un dispositivo de apilado.

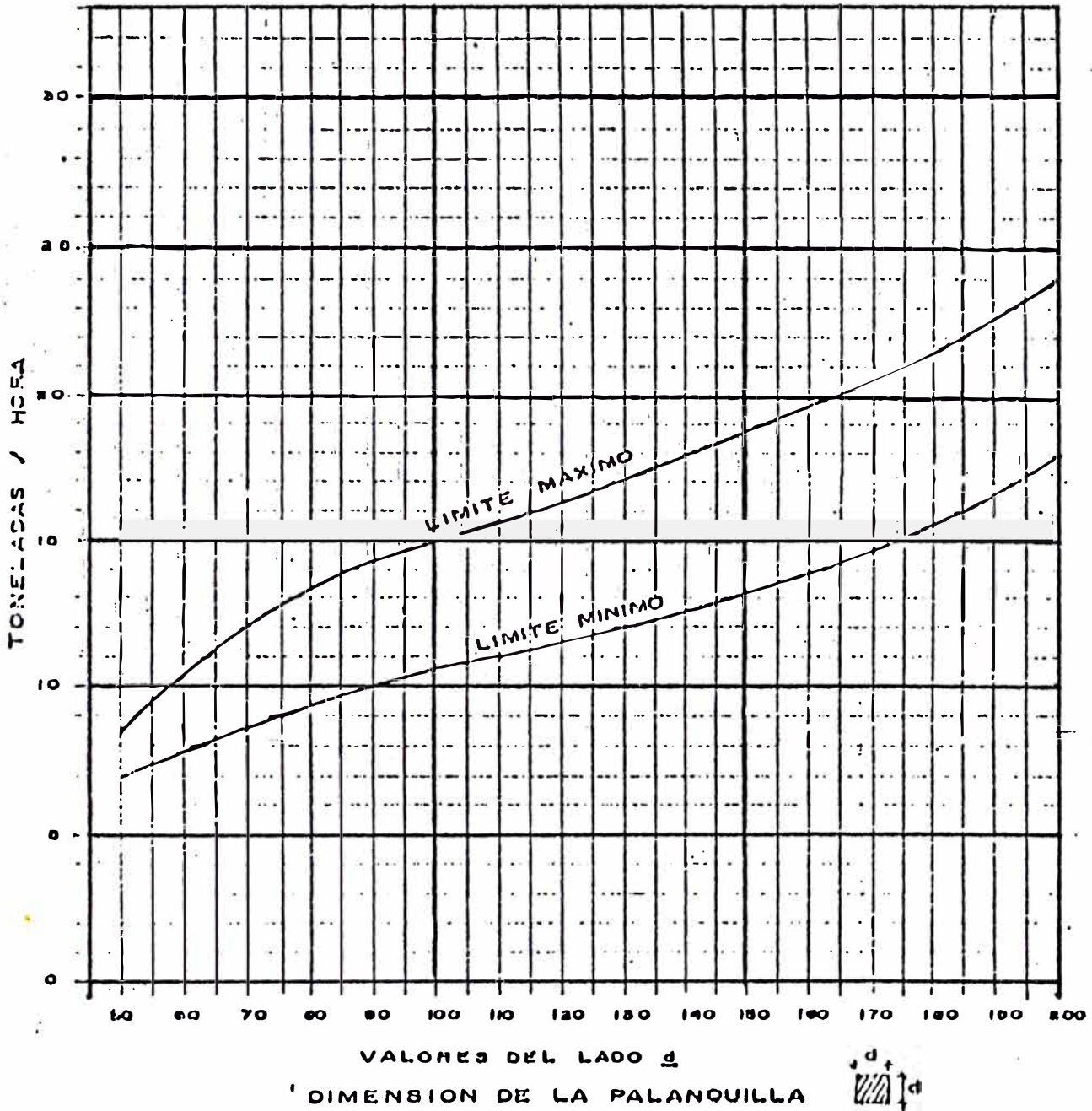
Este proceso continúa hasta el vaciado de todo el metal fundido de la cuchara al distribuidor, y el subsecuente pasado por las líneas.

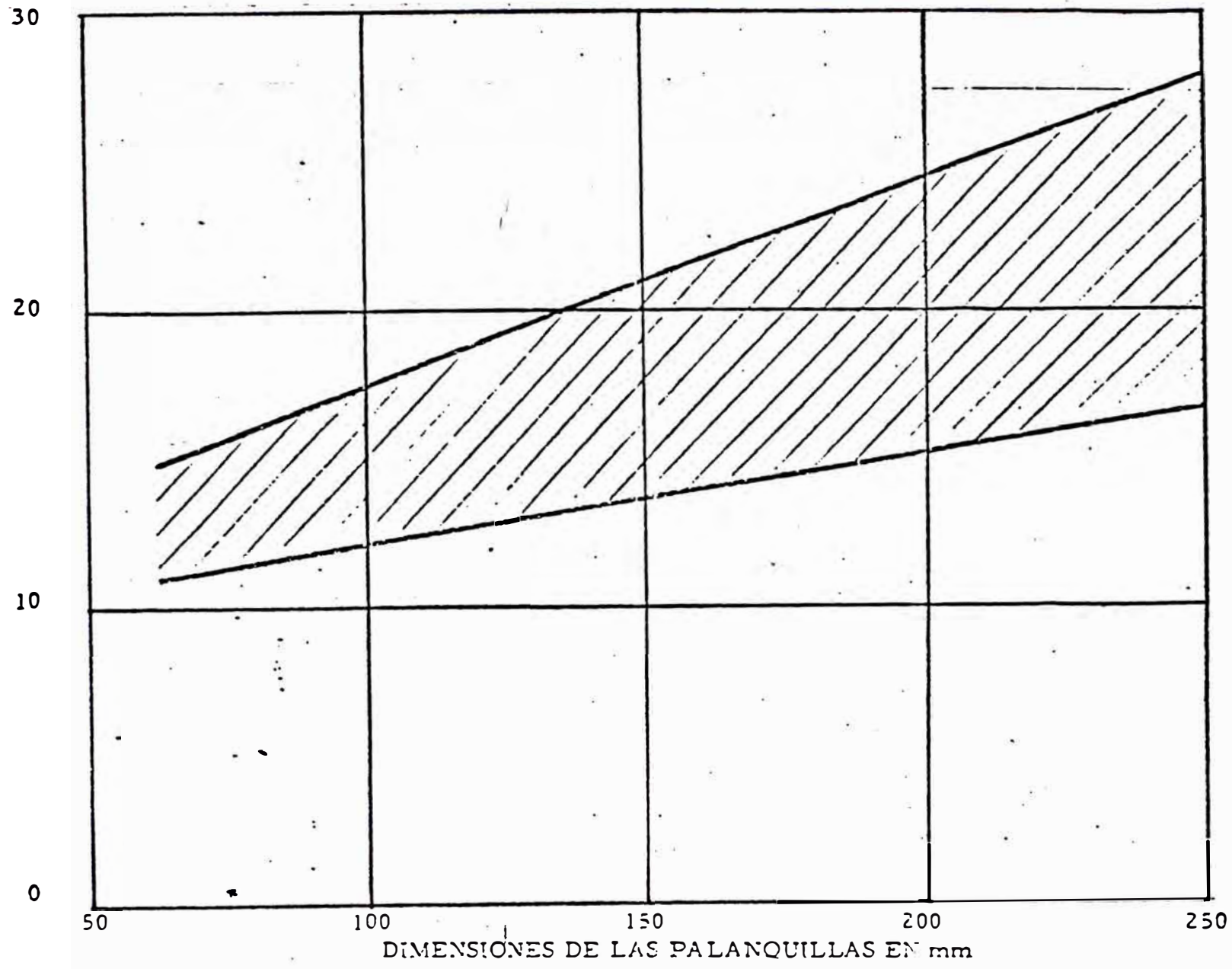
El tundish es inmediatamente limpiado y la cuchara retorna al área de inspección. En términos generales el ciclo de colada no debe exceder de una hora.

La capacidad de colada puede apreciarse en las figuras 3.21 y 3.22.

FIGURA 3.21

PRODUCCION DE UNA LINEA EN LA COLADA CONTINUA





CAPACIDAD DE COLADA EN T.M. POR HORA

FIGURA 3.22

CAPACIDAD DE COLADA POR LINEA EN FUNCION DE LAS PALANQUILLAS EN LA COLADA DE ACEFOS AL CARBONO

### 3.3.3 Cálculo de instalaciones

Se prevee que inicialmente se utilizará en la fabricación de aceros especiales parte de la capacidad instalada de la empresa Laminadora del Pacífico S.A.:

3.3.3.1 La planta cuenta actualmente con las siguientes instalaciones:

- 2 Hornos eléctricos de arco, con paneles refrigerados con agua, con una capacidad de 40 ton. cada uno, de los cuales se utilizará 1 Horno.
- 1 máquina de colada continua de 3 líneas
- 1 Tren Desbastador duo-cuarto, continuo.

3.3.3.2 Para la fabricación de aceros especiales se tiene que adicionar las siguientes instalaciones:

- 2 cucharas con su tapa de desgasificación
- 1 equipo de vacío, de 30,000 m<sup>2</sup>/hora

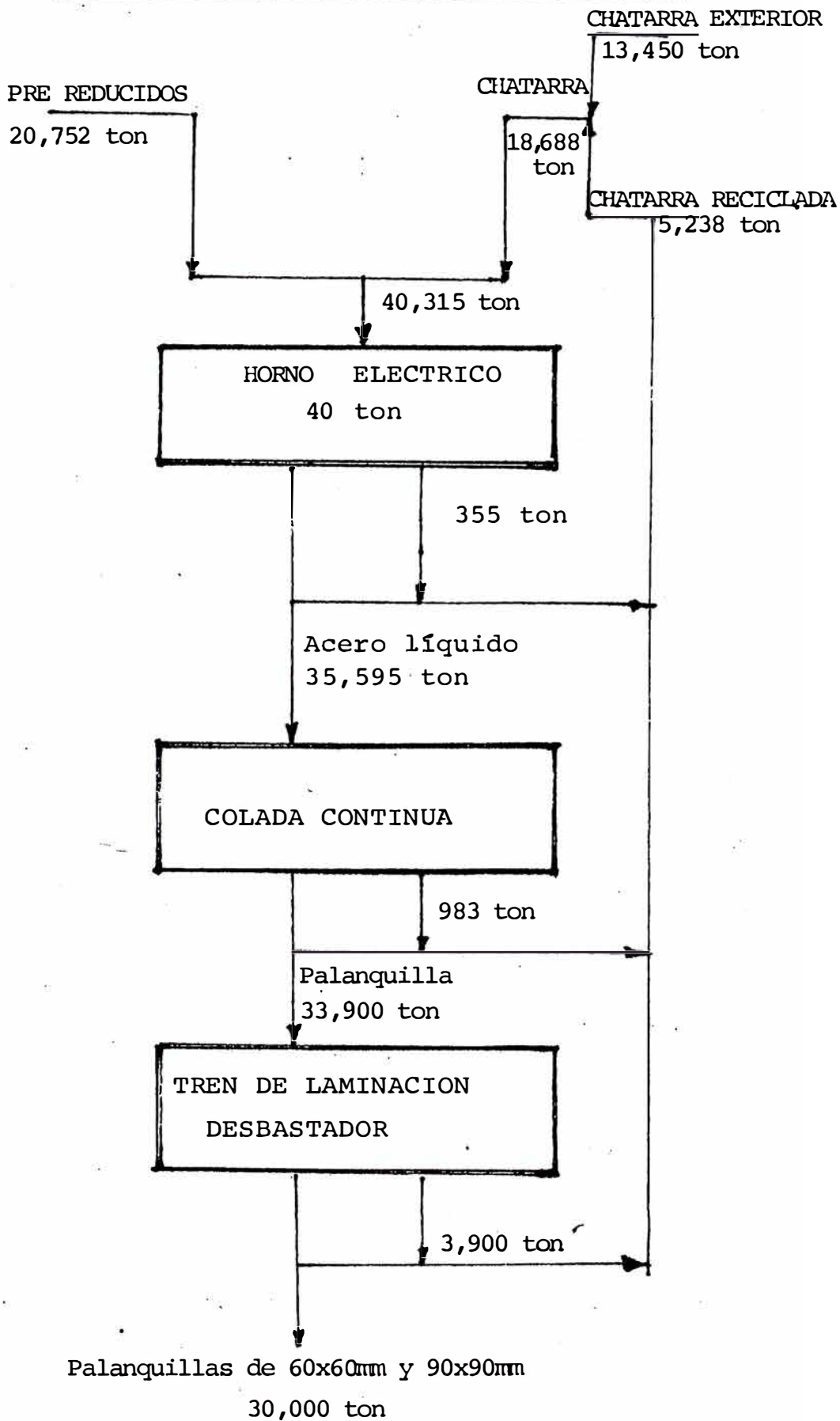
3.3.3.3 Los rendimientos se suponen del 87 - 88% en laminación, y del 95% en la colada continua; de esta manera se calculará los flujos de materiales en cada etapa del proceso de fabricación (ver Diagrama de Flujo de Materiales, Fig. N°3.23), se estima productos acabados de 30,000 t/año en laminación.

$$\text{Palanquillas} = \frac{30,000}{0.88} = 33,900 \text{ t/año}$$

$$\text{Acero líquido} = \frac{33,900}{0.95} = 35,595 \text{ t/año}$$

FIGURA 3.23

DIAGRAMA DE FLUJO DE MATERIALES





$$\text{colados/año} = \frac{\text{acero líquido}}{40 \text{ ton/colada}} = \frac{35,595}{40} = 890$$

Tiempo de fusión en el Horno eléctrico

- Preparación y reglaje de electrodos	10 min
- Carga (2 cestas)	6 min
- Fusión de chatarra	34 min
- Adición de Prereducidos	40 min
- Afino	40 min
- Preparación y colada	<u>15 min</u>
Total:	145 min = 2.42 h

Tiempo útil necesario

$$\text{coladas/año} \times \text{tiempo de fusión} = 890 \times 2.42 \text{ h}$$

Tiempo útil necesario es = 2,153.8 h/año

Coeficiente de utilización del Horno : 80%

$$\text{Tiempo necesario de Horno} : 2,153.8/0.8 = 2,692.25 \text{ h/año}$$

Días de operación al año : 285

Tiempo total en horas (3 turnos): 6,800 horas/año

Tiempo necesario de un Horno : 113 días

Carga metálica

Se ha calculado para una carga integrada por 50% de chatarra y 50% de prereducidos, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Fe en el acero	98%
Rendimiento en Fe del horno	96%
Contenido en Fe de la chatarra	97%
Contenido en Fe del pre-reducido	87.5%

$$\text{chatarra} = \frac{35,595 \times 0.98 \times 0.5}{0.96 \times 0.97} = 18,688 \text{ ton/año}$$

$$\text{Pre-reducidos} = \frac{35,595 \times 0.98 \times 0.5}{0.96 \times 0.875} = 20,752 \text{ ton/año}$$

Así pues la carga metálica estará integrada por:

- chatarra : 18,688 ton
- pre-reducidos : 20,752 ton

### Escoria

La utilización de pre-reducidos lleva consigo la producción de importantes cantidades de escoria.

La producción de escoria 40 kg/ton de chatarra y 125 kg/ton de pre-reducidos, la escoria máxima por colada será:

$$\frac{18,688}{890} \times 40 + \frac{20,752}{890} \times 125 = 3,754 \text{ kg/colada con}$$

una densidad de 2.5 ton/m<sup>3</sup>, se producen 1.5 m<sup>3</sup> de colada.

Descoriado sobre un cono, el cual puede volcarse sobre un "slag pit" situado en el interior de la acería, con la ayuda de las grúas de colada, evacuándose después con camiones.

Dimensiones de los conos

El cono se dimensiona para contener, como mínimo la escoria correspondiente a dos coladas, teniendo en el caso más desfavorable (utilización de 50% de pre-reducidos), una capacidad mínima de  $1.5 \times 2 = 3.0 \text{ m}^3$ ; además la distancia entre muñones debe ser tal que pueda cogerse con la grúa de colada.

Tiempo en colada continua

Producción horaria de palanquillas 120x120 mm

mínimo: 11.5 ton/hora

máximo: 16.5 ton/hora

Tiempo necesario de colada continua:  $\frac{33,900 \text{ t/año}}{11.5 \text{ ton/hora}}$

= 2,948 h/año

Tiempo necesario de colada continua con una línea: 123 días

Tiempo necesario de colada continua de tres líneas: 41 días

### 3.3.4 Requerimiento de Personal

#### 3.3.4.1 Personal Actual

La empresa Laminadora del Pacífico S.A., cuenta actualmente con un total de 287 personas, distribuidas en las siguientes áreas para 3 turnos de producción.

Empleados Administrativos

- 1 Gerente General
- 1 Gerente de Ventas
- 1 Gerente Financiero
- 1 Gerente Administrativo
- 1 Contador General
- 1 Contador de Costos
- 1 Relacionador Industrial
- 1 Jefe de Cómputo
- 2 Asistentes Sociales
- 1 Jefe de Logística
- 1 Jefe de Almacén
- 8 Secretarias
- 10 Oficinistas

Empleados de Producción

- 1 Superintendente de Planta
- 1 Gerente de Operaciones
- 1 Gerente de Mantenimiento
- 1 Jefe de Hornos
- 1 Jefe de Colada Continua
- 1 Jefe de Laminación
- 1 Jefe de Parque de Chatarra
- 1 Jefe de Control de Calidad
- 1 Jefe de Planta de Agua y Oxígeno
- 1 Jefe de Refractarios
- 1 Jefe de Mantenimiento Mecánico
- 1 Jefe de Mantenimiento eléctrico

Personal de Horno Eléctrico: Operación - Producción

- 4 Jefes de Turno
- 3 Programadores (Sala de Control)
- 12 gruístas
- 6 preparadores de chatarra
- 3 fundidores
- 15 trabajadores de apoyo

Personal de Colada Contínua: Operación - Producción

- 1 Ingeniero asistente
- 3 Jefes de grupo
- 3 operadores de grúa
- 27 trabajadores de apoyo

Personal de refractarios

- 1 Ingeniero asistente
- 3 Jefes de grupo
- 12 operadores de apoyo

Personal del Tren Desbastador

- 3 Jefes de Turno
- 12 Operadores de apoyo
- 3 operarios de montacarga

Personal de control de calidad

- 2 Ingenieros asistentes
- 3 laboratoristas
- 3 inspectores
- 12 operarios de apoyo

Personal de Planta de Agua y Oxígeno

- 1 Ingeniero asistente
- 6 Jefes de grupo
- 18 operarios de apoyo

Personal de Mantenimiento

- 1 Ingeniero mecánico
- 1 Ingeniero electricista
- 1 Ingeniero electrónico
- 1 Jefe de mantenimiento preventivo
- 1 Jefe de maestranza
- 6 soldadores
- 6 torneros
- 3 fresadores
- 1 almacenero de herramientas
- 18 operarios de apoyo

Personal de Transporte

- 6 choferes
- 3 mecánicos
- 6 operarios

Personal de almacén

- 3 Jefes de turno
- 9 operarios

Personal de Servicios varios

- 3 Jefes de turno
- 15 operarios

### 3.3.4.2 Personal a Incrementarse

Dada la tecnología especializada que se requiere para la fabricación de aceros especiales y no contando la empresa con personal con experiencia necesaria, se requiere incrementar el siguiente personal:

- 1 Ingeniero metalurgista, con experiencia en procesos de fabricación de aceros especiales
- 1 Ingeniero metalurgista con experiencia en control de calidad de aceros especiales
- 1 Ingeniero metalurgista con experiencia en asesoramiento técnico y comercialización
- 3 mecánicos, operadores del Equipo de Vacío.

### 3.3.5 Programa de Implementación

La implementación de los equipos e instalaciones necesarias para la fabricación de aceros especiales, en la planta de Laminadora del Pacífico S.A., necesitará de aproximadamente de 6 a 8 meses, desde su aprobación hasta las pruebas finales que conducirán a la puesta en marcha.

El cronograma tentativo sería:

- |  |         |
|--|---------|
| - Petición de ofertas, negociación y pedido de equipos | 1 mes   |
| - Entrega de equipo e instalaciones                    | 3 meses |
| - Montaje de equipo e instalaciones                    | 1 mes   |
| - Pruebas finales y puesta en marcha                   | 1 mes   |
| TOTAL:   | 6 meses |



Como se puede observar se tiene un margen de 2 meses, para cubrir los posibles retrasos en la entrega de equipo, montaje y/o puesta en marcha.

### 3.3.6 Control de Calidad

En este trabajo se trata de desarrollar en forma conceptual el papel que desempeña el control de calidad en la fabricación de aceros especiales.

Los temas que se consideran se dividen en:

- A. Conceptos esenciales sobre la calidad y su control
- B. Organización y funciones del control de calidad
- C. Controles a efectuar y su importancia desde el punto de vista técnico.

#### 3.3.6.1 Conceptos esenciales sobre la calidad y su control

Los aceros especiales, dentro de los productos siderúrgicos, ocupa un lugar preponderante. Deben cumplir requisitos físicos especiales, composiciones químicas complejas y exactas, alto grado de pureza y gran homogeneidad en la estructura. Las precauciones que se deben tomar durante los procesos de transformación y tratamientos térmicos, requieren modernos equipos de fabricación, aparatos de controles precisos, personal técnico capacitado y con experiencia.

En la fabricación de aceros especiales mantener una calidad adecuada es fundamental y es aquí

donde control de calidad cumple una función preponderante. El mantenimiento de esta calidad es de sumo interés para la empresa, tanto desde el punto de vista comercial como técnico y económico. Una excesiva exigencia de calidad es tan o más perjudicial que aceptar un nivel demasiado bajo.

Controles minuciosos, planificados y sistemáticos durante todos los procesos de elaboración, desde el control de recepción de materias primas hasta el producto terminado, permiten detectar en forma inmediata desviaciones nocivas durante los procesos y efectuar la separación correcta de todo el material defectuoso, asegurando de esta manera una calidad aceptable y uniforme en vista a las numerosas propiedades que requiere cada acero en particular.

Si bien el control de los procesos de fabricación debe ser amplio y sistemático, el tipo de producto fabricado requiere una consideración especial en el control final, siendo éste mas intenso cuando más aleados son los aceros. El control final debe ser riguroso, se efectúa en general por unidad y se escalonan los distintos ensayos según el tipo de acero, aplicación y cliente.

En gran parte el prestigio técnico de la empresa depende de la política que se siga en este aspecto, dado que los productos son de elevado valor y los procesos posteriores (mecanizado, tratamiento térmico,

etc.) en muchos casos forman la mayor parte del costo total del producto terminado.

El rápido avance tecnológico, la mayor complejidad de los productos terminados que se fabrican, los procesos automáticos, la posibilidad de obtener mejores rendimientos de las mismas, hacen necesario un control de calidad amplio y a conciencia.

La búsqueda del nivel de calidad y el mantenimiento de éste en el tiempo, son los factores que condicionan las ventas y la seguridad misma del funcionamiento de la empresa, especialmente ante la existencia de una fuerte competencia.

#### 3.3.6.2 Organización y funciones del Control de Calidad

No podemos dar normas rígidas con respecto a la organización y funciones del Control de Calidad, debido a que éste depende de muchas variables y el sistema se debe adecuar a cada empresa en particular. El tipo de proceso de elaboración y el producto final son factores importantes a tener en cuenta.

Toda empresa que se dedique a la fabricación de aceros especiales debe contar con un Control de Calidad con capacidad suficiente para proporcionar una amplia variedad de servicios técnicos a la Planta, a la Gerencia de Ventas y a los Clientes.

e) Por medio de la evaluación del producto, estudiar la eficiencia de fabricación, con el objeto de mejorarla.

1) Funciones del Area Metalúrgica

Es un área esencialmente técnica, donde se toman decisiones importantes en base a la información recibida de los otros sectores. Su personal debe tener amplia experiencia en procesos metalúrgicos y estar permanentemente actualizado de la bibliografía técnica.

Cumple la función legislativa de Control de Calidad, prepara las especificaciones de los procesos y normas de control con la participación de los otros grupos técnicos de la empresa. Efectúa lo que algunos suelen llamar Ingeniería de Procesos.

Entre sus funciones más importantes podemos citar:

- a) Prepara y mantiene actualizadas las normas de procesos y de control
- b) Analiza la información disponible, las causas y efectos de un determinado problema, establece objetivos de corrección y registra su avance. Planifica programas de investigación.
- c) Analiza los pedidos de los clientes, sus requerimientos y fija especificaciones en los casos especiales. En este tema trabaja en estrecha relación con el área Asistencia Técnica a Clientes.
- d) Presta servicios de asesoramiento en temas técnicos metalúrgicos.

- e) No existiendo un área específica de Investigación, efectúa, conjuntamente con el resto de los sectores de Control de Calidad, la investigación tecnológica necesaria para el buen logro de los objetivos fijados por la empresa.
- f) Son también trabajos de su competencia el desarrollo de nuevos productos y procesos.
- g) Examina y evalúa la literatura técnica, prepara resúmenes, traducciones, etc., los cuales son difundidos a los otros sectores. Organiza y prepara charlas de capacitación técnica.
- h) Dispone de una biblioteca técnica específica, completa y actualizada, que permita dar información rápida sobre un tema determinado.

Debe conocer los nuevos avances con referencia a la elaboración, controles, aplicaciones, etc. de aceros. Debe visitar otras empresas, participar en Congresos, etc.

## 2. Funciones del Area Control de Procesos

Para mantener una calidad adecuada del producto que sale al mercado, una solución es desechar todo el material defectuoso en el control final, una vez terminada toda su etapa de elaboración. Esta solución, en nuestro caso, no es la más adecuada ni la más económica.

Se pueden obtener mejores resultados estableciendo los mecanismos necesarios para detectar los defectos en el momento que se producen y buscar los medios de corre -

Las áreas correspondientes a las funciones de Control de Calidad son las siguientes:

Area Metalúrgica

Area Control de Procesos

Area Laboratorios

Area Asistencia Técnica a Clientes

### Funciones de Control de Calidad

En todos los departamentos de la empresa se realizan control de calidad y mantienen el nivel de calidad de los productos que salen al mercado.

La función principal es cumplir con lo anteriormente expresado y mantener informado en forma dinámica e imparcial al Director Técnico y por su intermedio al Directorio, que es en definitiva quién decide el nivel de calidad que quiere para su empresa.

Entre otras funciones se pueden destacar:

- a) Planificar la gestión de calidad y organizar las áreas de su dependencia
- b) Presentar información analizada a los otros departamentos sobre todo lo inherente a la calidad y estimular las acciones correctivas.
- c) Comunicar por medio de informes periódicos, sobre el estado de la calidad del producto que sale al mercado, exigencias del mismo y de los clientes.
- d) Proponer nuevos procedimientos o especificaciones.

girlos inmediatamente a fin de evitar que productos defectuosos sean fabricados. Esto se puede conseguir plenamente cuando se trabaja en estrecha colaboración entre el personal de producción y el que controla los procesos de elaboración.

Entre las funciones más importantes del Area de Control de Procesos podemos citar:

- a) Control de recepción de materias primas, en base a especificaciones perfectamente definidas.
- b) Control de los procesos de fabricación en las distintas plantas (Acería, Colada Continua y Laminación). Efectúa la función ejecutiva de Control de Calidad.

Observa que tipo de defectos aparecen durante los procesos, analiza el comportamiento de cada colada, anota e informa las irregularidades al personal de producción y del control final, para que éstos actúen de acuerdo a los antecedentes.

- c) Mantiene relación permanente con los Departamentos de Producción, evaluando los problemas y las posibles soluciones.
- d) Verifica que los procesos y controles considerados standard se cumplan correctamente y vigila especialmente la puesta en marcha de procesos y controles aceptados como buenos en anteriores investigaciones. Evalúa los materiales con problemas e investiga los antecedentes.



- c) Efectúa seguimientos y controles intensivos para descubrir el efecto de determinadas variables. Verifica e informa el cumplimiento de los programas de investigación.

La información obtenida es analizada y se sacan conclusiones. Con estos datos el Area Metalúrgica fija medidas correctivas.

Hay que tener en cuenta que a menudo es mucho más conveniente el control de los factores del proceso que detectar los defectos en el producto mismo.

### 3. Funciones del Area Laboratorios

El control final cumple la función judicial del Control de Calidad, es decir, el juzgamiento de los productos ya terminados. El nivel de calidad es una característica inherente al producto que se va consiguiendo durante la fabricación del mismo, en el control final solamente se eliminan las partes del producto que no cumplen con la calidad adecuada.

Gran parte del control final se efectúa en los Laboratorios:

Laboratorio Químico-Espectrométrico

Laboratorio de Ensayos Tecnológicos

Laboratorio Metalográfico

En el primero se realiza el análisis de las materias primas, de los procesos en los hornos y las muestras generales de planta.

Los dos últimos, conjuntamente con los controles en las líneas de producción, constituyen el control final de los productos.

Los profesionales que se desempeñan en los laboratorios deben poseer conocimientos amplios de los procesos metalúrgicos, métodos de control, normalización, técnicas de ensayos, aplicación de aceros, metalurgia teórica y aplicada, estado del mercado, etc.

Se trabaja de acuerdo a normas internas bien definidas y a especificaciones particulares de clientes. Cada partida es liberada cuando se comprueba que se han efectuado todos los ensayos correspondientes y los resultados son satisfactorios.

Entre sus funciones más importantes podemos citar:

- a) Ensayos rutinarios, según normas internas o especificaciones especiales de clientes
- b) Evaluación de reclamos de clientes
- c) Ensayos solicitados por Asistencia Técnica para el asesoramiento a los clientes.
- d) Estudios especiales - Análisis de defectos, causas, etc.
- e) Trabajos de investigación aplicada. Para obtener mayor información sobre los factores que influyen en la fabricación de un producto de calidad, para mejorarla u obtener menores costos con un mismo nivel de cali-

dad. Los trabajos se efectúan en estrecha relación con el área Metalúrgica.

- f) Desarrollo y perfeccionamiento de los métodos de ensayos.
- g) Recopilación de información. Determinación de rendimiento, mermas y rechazos.

#### Laboratorio Químico-Espectrométrico

Debido a la gran variedad de elementos de aleación utilizados en la fabricación de aceros especiales es necesario para poder prestar un servicio rápido y completo, - que se disponga de equipos y técnicas analíticas modernas. Entre los equipos necesarios podemos citar:

Espectrómetro de emisión o de Rayos X

Equipo de absorción Atómica

Espectrofotocolorímetro

Aparatos para determinar gases en aceros ( $H_2$ ,  $O_2$  y  $N_2$ )

Dispositivos completos para análisis por vía húmeda, combustión, etc.

#### Laboratorio de Ensayos Tecnológicos

Debe disponer de todos los elementos y equipos que permitan preparar las muestras para su posterior evaluación. Entre los equipos necesarios podemos citar:

Hornos de tratamientos térmicos

Aparatos para ensayos mecánicos (tracción, resiliencia, dureza, etc.)

Máquinas herramientas, etc.

#### Laboratorio Metalográfico

Debe disponer de microscopios ópticos, equipos para fotografía y los elementos necesarios para la preparación de las muestras.

#### Sección Estadística

La recopilación de datos, su análisis y su transformación en porcentajes, tablas y gráficos, es una herramienta poderosa de Control de Calidad. Esta información, con los comentarios correspondientes sobre procesos, rendimientos y rechazos por tipo de defectos, etc.; se informa mensualmente a todos los Departamentos Técnicos, ayudando a tomar las medidas correctivas correspondientes.

La Sección Estadística puede depender de cualquier área de Control de Calidad, esto es función de la organización particular de cada empresa.

#### 4. Funciones del Área Asistencia Técnica a Clientes

Debido a la naturaleza y diversos campos de aplicación de los aceros de especiales, es necesario mantener un contacto muy estrecho con los clientes.

Esta área requiere profesionales con varios años de experiencia en los procesos de fabricación y controles, que hayan actuado especialmente en otros sectores de Con-

trol de Calidad. Un amplio conocimiento técnico y habilidad para mantener buenas relaciones con los clientes, son condiciones indispensables.

Entre sus funciones más importantes podemos citar:

- a) Asesoramiento técnico a clientes
- b) Atención de reclamos a clientes
- c) Promoción técnica a clientes
- d) Asesoramiento a los Departamentos Comerciales
- e) Tareas de normalización en entes exteriores o de fábrica. Asistir a jornadas, conferencias, etc.
- f) Conocimiento del estado del mercado y de la competencia.
- g) Seguimientos de productos especiales fuera de fábrica. Recopilación de datos y experiencias sobre la utilización de éstos. Organización de ensayos y pruebas con los clientes para beneficio mutuo.
- h) Conocimiento y análisis, conjuntamente con el área Metalúrgica, de especificaciones particulares de clientes.
- i) Recopilación de información técnica. Colaboración en la preparación de folletos técnicos, catálogos, etc.
- j) Conocimiento de los precios de los aceros, aspectos comerciales, etc.

Como indica lo anteriormente expresado, visitar a los clientes y establecer contactos precisos, permite llegar a conocer en profundidad sus necesidades y exigencias

siendo ésta una de sus tareas más importantes.

3.3.6.3 Controles a efectuar y su importancia desde el punto de vista técnico

Toda empresa que en el mercado competitivo pretenda mantener el nivel de calidad conseguido para sus aceros, deberá hacer respetar la calidad de las materias primas utilizados como así también la de sus procesos de elaboración. (Acería, Colada Continua y Laminación).

Teniendo como objetivo lo expresado anteriormente, cada producto irá acompañado de una hoja de ruta o ficha de proceso durante todas las etapas de su elaboración, donde figure la materia prima a utilizar, procesos a realizar y controles que se deben efectuar.

Es función del control final antes de la liberación del material, verificar que se hayan efectuado todos los controles rutinarios y especiales solicitados.

Los controles de acuerdo a la etapa de elaboración o estado del producto se ordenan en:

1. Control de recepción de materias primas
2. Control de procesos de fabricación
  - 2.1 Planta Acería
  - 2.2 Colada Continua
  - 2.3 Laminación

### 3. Control final

3.1 Control físico sobre el producto en Planta y acondicionamiento del mismo

3.2 Control Tecnológico

3.3 Control Metalográfico

### 1. Control de recepción de materia prima

No pueden fabricarse aceros especiales de calidad si no se parte de materias primas de calidad. Estas deben ser compradas de acuerdo a especificaciones perfectamente definidas.

Las muestras y controles de recepción los deben realizar personal especializado de acuerdo a normas.

El control de recepción de la chatarra y la clasificación adecuada de la misma por análisis químico permite tener stocks perfectamente definidos, además de evitar la posibilidad de contaminación con residuales perniciosos. Generalmente se utiliza chatarra aleada clasificada (comprada o de retorno) con el agregado parcial de chatarra común seleccionada.

En control dimensional, físico y químico de ferro aleaciones, refractarios, buzas, etc., otorgan una mayor seguridad a las operaciones que se realizan en máquina de colada y en el horno, permitiendo en este último caso hacer los ajustes de las aleaciones en base a sus valores químicos reales y correctos.



Para cumplir con lo expresado en párrafos anteriores, en el Laboratorio Químico se efectúan los análisis completos para cada materia prima. Para ello dispone de personal especializado y equipos adecuados tales como los espectrómetros de Absorción Atómica, que permiten detectar no sólo pequeñas concentraciones de elementos nocivos, tales como As, Sn, Pb, Sb, sino realizar un amplio espectro analítico.

Disponer de materias primas de un nivel de calidad adecuada, como consecuencia del cumplimiento de las especificaciones pactadas con los proveedores, aseguran en gran parte el éxito de los procesos de elaboración y la calidad del producto final.

## 2. Control de procesos de fabricación

### 2.1 Control de procesos en Acería

Los procesos que se realizan en Planta Acería - tienen especial importancia en las etapas posteriores de la elaboración, dado que la mayoría de los defectos que motivan inconvenientes en las mismas y en el control final tienen su origen en el horno y/o la máquina de colada.

El control del proceso de elaboración en el horno, seguido paso a paso en el Laboratorio Químico mediante la utilización de equipos de respuesta amplia, rápida y precisa, como los espectrómetros (Rayos X/emisión), permite obtener un acero con las características especificadas. Estos equipos cuantifican los elementos deseados (Cr,

Ni, Mo, W, V, Co, C, Si, Mn, Al) y también los considerados indeseables (P, S, Pb, Sb, Cu, Sn).

El control de los procesos que a continuación se detallan, permiten disminuir y/o evitar defectos perjudiciales, tales como composición química errónea, inclusiones, grietas longitudinales y/o transversales, segregaciones, rechupes, etc.

Tipo de chatarra utilizada

Proceso de elaboración en el horno:

- i. Técnica de fusión
- ii. Técnica de desoxidación
- iii. Técnica de afinado
- iv. Temperaturas, ferroaleaciones, aditivos
- v. Preparación de las cucharas.

Preparación de la colada continua:

- i. Tipo de lingoteras, etc.
- ii. Armado y temperatura de lingoteras y uso de elementos auxiliares

Temperatura y velocidad de colada:

- i. Anomalías durante el proceso de colada, corte y evaluación de la palanquilla

## 2.2 Control de procesos de laminación

La mayor parte de los defectos que se observan en el producto final tienen su origen en Planta Acería, el resto es debido a fallas en los procesos térmicos y de deformación plástica en caliente, las cuales a su vez

pueden magnificar los defectos ya existentes.

Dentro de los controles principales podemos citar:

- i. Aplicación de palanquillas perfectamente recuperados
- ii. Precalentamiento
- iii. Tiempo de calentamiento y mantenimiento a temperatura de laminación
- iv. Temperatura máxima y mínima de laminación
- v. Proceso de laminación
- vi. Enfriamiento
- vii. Cantidad de deformaciones, dimensiones, etc.

El control de calentamiento suave y profundo de los lingotes a temperatura de laminado el tiempo de permanencia, las temperaturas máximas y mínimas de laminado, los procesos de laminado y el enfriamiento posterior, permiten disminuir la aparición de defectos característicos de los procesos térmicos y de deformación plástica en caliente.

Los defectos encontrados son:

- i. Grietas debido al calentamiento (calentamiento brusco o no homogéneo)
- ii. Crecimiento de grano (sobrecalentamiento)
- iii. Oxidación intergranular (acero quemado)
- iv. Roturas debido a altos tenores de residuales

- v. Grietas longitudinales por inclusiones o heterogeneidades superficiales.
- vi. Defectos internos debido a Hidrógeno ocluido (copos)
- vii. Roturas por proceso incorrecto (externas o internas)
- viii. Grietas debido al enfriamiento

Condiciones incorrectas en los ciclos térmicos y en los procesos de deformación plástica en caliente dan por resultado estructuras con defectos, algunos recuperables, tales como red de carburos, sobrecalentamiento, etc. y otros que queden definitivamente en el material. La presencia de copos (Hidrógeno ocluido) también puede ser consecuencia de las condiciones mencionadas anteriormente.

### 3. Control final

Luego de los procesos mecánicos de deformación (laminado) efectuados sobre las palanquillas y el posterior tratamiento térmico de las barras se realiza el acondicionamiento y control final.

La severidad con que este control final se hace, el número y tipo de determinaciones a efectuar, depende fundamentalmente de la clase de acero procesado.

Aunque en todos los casos el objetivo es alcanzar una correcta calidad en el producto terminado, se comprende - que no es lo mismo el control de un acero rápido (por las

muchas variantes estructurales y debidas al proceso que puede presentar) que el de un acero de alto carbono.

Por otra parte, tampoco son iguales en complejidad y costo, los productos que pueden fabricarse con uno u otro acero, con la lógica influencia de este factor en cuanto a asegurar, por los medios necesarios, la calidad buscada.

Las diferencias apuntadas implican diferentes criterios de control, realizándolos en un caso sobre la totalidad del material y en otros en forma estadística.

Como se verá luego, son muchas las propiedades que deben ser controladas, siendo las siguientes las más importantes dentro de ese conjunto:

- a) Composición química
- b) Dureza
- c) Estructura

Los ensayos que se realizan pueden dividirse en tres grandes grupos. Ellos son:

### 3.1 Control físico sobre el producto en planta

Se refiere a las verificaciones dimensionales y ensayos no destructivos para detectar la presencia de fallas superficiales o internas en el material. Estos controles son:

#### 3.1.1 Dimensional

3.1.2 De superficie

3.1.3 Ultrasonido

3.2 Control tecnológico

Son ensayos, en su mayor parte destructivos (generalmente sobre muestra) que permiten comprobar el cumplimiento de determinadas propiedades del acero (por ejemplo: dureza en estado de tratamiento térmico, deformabilidad, templabilidad, etc.); la existencia y magnitud de fallas propias del acero, tales como inclusiones no metálicas, segregaciones, etc. y otros defectos debido al procesos (roturas internas).

Este grupo de determinaciones, detalladas a continuación, se efectúa en el Laboratorio de Ensayos Tecnológicos:

3.2.1 Dureza en estado de entrega

3.2.2 Ensayos espectrográfico y de "chispa"

3.2.3 Macroataque

3.2.4 Ensayo de fracturas (en azul-templado)

3.2.5 Templabilidad

3.2.6 Dureza de temple

3.2.7 Aumento de dureza por revenido

3.2.8 Microdureza

3.2.9 Deformación de temple

3.2.10 Ensayo de tracción

3.2.11 Ensayo de resiliencia

3.2.12 Análisis químico de comprobación

### 3.3 Control metalográfico

Comprende los ensayos metalográficos (en todos los casos destructivos, sobre muestras) necesarios para controlar que el acero posea la estructura correspondiente al estado de entrega y que sus características estructurales intrínsecas, tales como el tamaño de grano austenítico, forma y distribución de las diferentes fases, etc; correspondan a los parámetros establecidos. Estos ensayos se realizan en el laboratorio metalográfico y su detalle es el siguiente:

3.3.1 Descarburización

3.3.2 Estructura de : recocido - Temple y revenido

3.3.3 Tamaño de grano austenítico

3.3.4 Limpieza microscópica

3.3.5 Red de carburos

3.3.6 Tamaño de carburos

3.3.7 Alineación de carburos

3.3.8 Segregación de palanquilla

3.3.9 Segregación cristalina

## CAPITULO IV

### ESTUDIO ECONOMICO-FINANCIERO DE LAS INSTALACIONES REALIZADAS Y DE LAS NUEVAS A REALIZARSE

Esta parte del estudio, es una consecuencia del Capítulo de Ingeniería, de las previsiones de la demanda insatisfecha efectuadas en el estudio de mercado. Aquí, se cuantifica el monto total de la inversión ya realizada por la empresa Laminadora del Pacífico S.A. y las nuevas inversiones a realizarse con la finalidad de abastecer el mercado nacional de aceros especiales.

#### 4.1 Inversiones en inmovilizado

##### 4.1.1 Inversiones realizadas en Laminadora del Pacífico S.A.

	<u>Miles de US \$</u>
a) <u>Terreno y nivelación de 100 Ha</u>	263.52
- Examen del suelo, sondeos, pruebas y trabajos topográficos	
- Movimiento de tierras	
- Drenajes	



	<u>Miles de US \$</u>
b) <u>Edificios y naves</u>	8,166.68
- Parque de chatarra	
- Nave de acería	
- Nave de colada	
- Nave de laminación y almacén de palanquillas	
- Oficinas, comedor, vestuario y laboratorio	
- Talleres y garajes	
c) <u>Energía eléctrica y servicios auxiliares</u>	2,471.72
- Alimentación de energía eléctrica	
- Sub Estación eléctrica	
- Circuitos de fuerza	
- Circuitos de alumbrado	
- Tratamiento y distribución de agua	
Red de aire comprimido	
- Planta de Oxígeno	
Red de Fuel-oil	
- Equipo Laboratorio	
- Equipos talleres	
d) <u>Maquinaria y Equipo</u>	
<u>Acería y Colada Continúa</u>	32'988.8
- Dos hornos eléctricos de 40 t.	
- Obra civil hornos eléctricos	
- Depuración de humos	
- Equipos auxiliares acería	

- Dos puentes grúa, parque de chatarra
- Puente grúa carga de hornos  
Puente grúa nave de colada
- Colada continua de 4 líneas  
Obra civil colada continua
- Elementos auxiliares de colada
- Unidad de Pre calentamiento de cucharas

#### Laminación

- Tren de laminación (Desbastador)
- Horno de recalentar
- Obra civil tren de laminación y horno  
de recalentar
- Puente grúa

#### 4.1.2 Inversiones en nuevos equipos

Las inversiones adicionales en equipos, que se realizarán en la empresa Laminadora del Pacífico S.A., asciende a 1.4 millones de dólares, equivalente a 19,572 millones de soles, las cuales nos permitirá fabricar aceros especiales, los equipos previstos se describen a continuación:

- 2 cucharas de colada
- 1 equipo de desgasificación al vacío.

#### 4.1.3 Resumen de las Inversiones en Inmovilizado

La inversión total en bienes inmovilizados es de 45'291,720 de dólares, que equivale en moneda nacional

a, 633,164 millones de soles al tipo de cambio de 13,980 soles por dólar.

DESCRIPCION	10 <sup>3</sup> US \$	10 <sup>6</sup> soles
<u>Inversiones realizadas</u>		
- Terreno y nivelación	263.52	3,684
- Edificios y naves	8,167.68	114,170
- Energía eléctrica y servicios auxiliares	2,471.72	34,555
- Maquinaria y equipo	32,988.89	461,183
<u>Inversiones por realizarse</u>		
- Equipo completo de desgasificación al vacío	1,400.00	19,572
	45,291.72	633,164

#### 4.2 Financiación de la Inversión

##### 4.2.1 Financiación de la Inversión en Laminadora del Pacífico S.A.

La financiación de la implementación de la miniacera no integrada de la empresa Laminadora del Pacífico S.A. fué realizada por dos fuentes de participación; la empresa con una representación del 20% y el 80% restante, un crédito por 37.1 millones de dólares del Banco Exterior de España S.A., otorgado con el aval de la Corporación Financiera de Desarrollo "COFIDE".

El Plan de inversiones de dicho crédito contempla fundamentalmente la financiación de los siguientes rubros de inversión: maquinaria importada, fletes, seguros, derechos y despachos de aduana, instalación y montaje, obra civil, vehículos, muelles y enseres, así como el 47% de las necesidades de capital de trabajo inicial.

Las condiciones de los créditos del Banco Exterior de España S.A., planteados fueron:

- 10 años de plazo a partir de la puesta en marcha de la planta
- 8.15% de interés anual a rebatir a partir del inicio de producción.

#### 4.2.2 Financiación de los nuevos equipos

La inversión de los nuevos equipos, que asciende al monto de 1.4 millones de dólares serán financiados en las mismas condiciones que fueron planteadas por el Banco Exterior de España S.A.

En el cuadro N°4.1, se presentan los intereses generados por los créditos otorgados durante la etapa de la construcción de la planta.

En los cuadros N°4.2 y N°4.3, se presentan los pagos de amortizaciones y gastos financieros generados por los créditos, durante el horizonte de vida del proyecto.

En el cuadro N°4.4 se presenta el resumen de las inversiones, amortizaciones, saldos, intereses y gastos financieros, desde 1980 á 1995.

CUADRO N° 4.1

CALCULO DE LOS INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION

(millones de soles)

INVERSION	38,864.40	68,467.05	18,480.44	TOTAL
1980	1,943.22	-	-	1,943.22
1981	1,943.22	3,423.35	-	5,366.57
1982	1,943.22	3,423.35	924.02	6,290.59
		T O T A L		13,600.38

CUADRO N° 4.2  
CALCULO DE AMORTIZACION DE LA INVERSION  
(millones de soles)

INVERSIONES	38,864.40	68,467.05	18,480.44	26,596.95	461,183.42	19,572.00	TOTAL
1980	-	-	-	-	-	-	-
1981	-	-	-	-	-	-	-
1982	-	-	-	-	-	-	-
1983	7,772.88	-	-	-	46,118.34	-	53,891.22
1984	7,772.88	13,693.41	-	-	46,118.34	-	67,584.63
1985	7,772.88	13,693.41	3,696.09	-	46,118.34	-	71,280.72
1986	7,772.88	13,693.41	3,696.09	5,319.39	46,118.34	1,957.20	78,557.31
1987	7,772.88	13,693.41	3,696.09	5,319.39	46,118.34	1,957.20	78,557.31
1988	-	13,693.41	3,696.09	5,319.39	46,118.34	1,957.20	70,784.43
1989	-	-	3,696.09	5,319.39	46,118.34	1,957.20	57,091.02
1990	-	-	-	5,319.39	46,118.34	1,957.20	53,394.93
1991	-	-	-	-	46,118.34	1,957.20	48,075.54
1992	-	-	-	-	46,118.34	1,957.20	48,075.54
1993	-	-	-	-	-	1,957.20	1,957.20
1994	-	-	-	-	-	1,957.20	1,957.20
1995	-	-	-	-	-	1,957.20	1,957.20

CUADRO N°4.3  
 CALCULO DE LOS GASTOS FINANCIEROS  
 (millones de soles)

INVERSIONES	38,864.40	68,467.05	18,480.44	26,596.95	461,183.42	19,572.00	TOTAL
1980	-	-	-	-	-	-	-
1981	-	-	-	-	-	-	-
1982	-	-	-	-	-	-	-
1983	1,554.57	3,423.35	924.02	1,329.84	33,827.80	-	41,059.58
1984	1,165.93	2,738.68	924.02	1,329.84	31,699.16	-	37,857.63
1985	777.29	2,054.01	739.22	1,329.84	26,310.51	-	31,210.87
1986	388.64	1,369.34	554.41	1,063.88	22,551.87	1,435.60	27,363.74
1987	-	684.67	369.61	797.91	18,793.22	1,276.11	21,921.52
1988	-	-	184.80	531.94	15,034.58	1,116.58	16,867.90
1989	-	-	-	265.96	11,275.94	957.07	12,498.97
1990	-	-	-	-	7,517.29	797.56	8,314.85
1991	-	-	-	-	3,758.65	638.05	4,396.70
1992	-	-	-	-	-	478.53	478.53
1993	-	-	-	-	-	318.10	318.10
1994	-	-	-	-	-	151.36	151.36
1995	-	-	-	-	-	-	-



CUADRO N° 4.4

RESUMEN DE INVERSION, AMORTIZACION, SALDO, INTERESES Y GASTOS FINANCIEROS

(millones de soles)

AÑO	INVERSION	AMORTIZACION	SALDO	INTERESES DURANTE LA CONSTRUCC.	GASTOS FINANCIEROS
1980	38,864.40	-	38,864.40	1,943.22	-
1981	68,467.05	-	107,331.45	5,366.57	-
1982	18,480.44	-	125,811.89	6,290.59	-
1983	487,780.37	53,891.22	559,701.02	-	41,059.58
1984	-	67,584.63	492,116.39	-	37,857.63
1985	-	71,280.72	420,835.67	-	31,210.87
1986	19,572.00	78,557.31	361,850.36	-	27,363.74
1987	-	78,557.31	283,293.05	-	21,921.52
1988	-	70,784.43	212,508.62	-	16,867.90
1989	-	57,091.02	155,417.60	-	12,498.97
1990	-	53,394.93	102,022.67	-	8,314.85
1991	-	48,075.54	53,947.13	-	4,396.70
1992	-	48,075.54	5,871.59	-	478.53
1993	-	1,957.20	3,914.39	-	318.10
1994	-	1,957.20	1,957.20	-	151.36
1995	-	1,957.20	-	-	-

#### 4.3 Programa de Producción y Ventas

##### 4.3.1 Producción

##### 4.3.1.1 Producción de Laminadora del Pacífico S.A.

La empresa Laminadora del Pacífico S.A. inició su producción en el año 1983, con una capacidad de producción de diseño de 144,000 ton/año, para palanquillas de colada continua de 120x120 mm y 150x150 mm, y palanquillas desbastadas de 60x60 mm á 100x100 mm en aceros comunes.

La producción de Laminadora del Pacífico S.A. en los 2 últimos años y la prevista para el presente año es la siguiente:

<u>Año</u>	<u>Toneladas</u>
1983	70,000
1984	107,000
1985(previsto)	90,000

En el año 1985 se ha previsto una producción de 90,000 ton, debido a la transferencia del gobierno, la cual originó una paralización de la actividad productiva momentáneamente hasta que se defina la política industrial. A partir de año 1986 se ha previsto que la producción de aceros comunes se recuperará al nivel de producción del año 1984 o sea aprox. 110,000 t., y la cual se mantendrá por cuanto se tiene un mercado ya ganado.

#### 4.3.1.2 Producción Prevista de Aceros Especiales

Se ha previsto iniciar la producción de aceros especiales a partir del año 1986, para una programación de 20,000 ton, la que se irá incrementando a razón de 10% anual.

#### 4.3.2 Ventas

Como hipótesis de trabajo se ha asumido, que toda la producción será vendida.

Para las palanquillas de aceros comunes, se ha previsto el precio de venta ex-fábrica de US \$370/ton. y las palanquillas de aceros especiales se ha previsto - el precio de venta ex-fábrica de US \$500/ ton.

Ambos precios, están de acuerdo con los precios del mercado interno y competitivos con los precios del mercado internacional.

En el cuadro N°4.5, se presentan las producciones previstas y los ingresos por ventas correspondientes anuales.

CUADRO N°4.5

INGRESOS POR VENTAS

AÑO	PALANQUILLAS DE ACEROS COMUNES			PALANQUILLAS DE ACEROS ESPEC.			VENTAS
	PRODUCCION (ton)	PRECIO (10 <sup>3</sup> soles/ton)	VENTAS (10 <sup>6</sup> soles)	PRODUCCION (ton)	PRECIO (10 <sup>3</sup> soles/ton)	VENTAS (10 <sup>6</sup> soles)	TOTALES (10 <sup>6</sup> soles)
1983	70,000	5,172.6	362,082	-	-	-	362,082
1984	107,000	5,172.6	553,404	-	-	-	553,404
1985	90,000	5,172.6	465,534	-	-	-	465,534
1986	110,000	5,172.6	568,986	20,000	6,990	139,800	708,786
1987	110,000	5,172.6	568,986	22,000	6,990	153,780	722,766
1988	110,000	5,172.6	568,986	24,000	6,990	167,760	736,746
1989	110,000	5,172.6	568,986	26,000	6,990	181,740	750,726
1990	110,000	5,172.6	568,986	29,000	6,990	202,710	771,696
1991	110,000	5,172.6	568,986	32,000	6,990	223,680	792,666
1992	110,000	5,172.6	568,986	34,000	6,990	237,660	806,646
1993	110,000	5,172.6	568,986	34,000	6,990	237,660	806,646
1994	110,000	5,172.6	568,986	34,000	6,990	237,660	806,646
1995	110,000	5,172.6	568,986	34,000	6,990	237,660	806,646

NOTA: Tipo de cambio 1 US \$ = 13,980 soles

Valor de venta de palanquillas de acero común 370.0 US \$ /ton

Valor de venta de palanquillas de acero especial 500.00 US \$/ton

#### 4.4 Costos de Producción

Se ha elaborado presupuestos pormenorizados para los principales costos, en algunos casos se han utilizado ratios internacionales provenientes de los estados financieros de algunas empresas siderúrgicas.

Los cuadros N°4.6, N°4.7 y N°4.8 muestran los costos unitarios de producción de aceros comunes por ton.

Los cuadros N°4.9, 4.10 y 4.11 presentan los costos unitarios de producción de aceros especiales por ton.

En dichos cuadros no se incluyen depreciación, gastos generales y financieros.

En el cuadro N°4.12 se presenta el resumen de los costos totales durante los años 1983 á 1992.

Los costos totales indicados incluyen los costos de fabricación de aceros comunes y aceros especiales; costos de puesta en marcha 1983 y 1984, que se producirán aceros comunes y 1986 para los aceros especiales; estos gastos serán generados por los especialistas extranjeros en Siderurgia; después de estos años el personal extranjero, será reemplazado por profesionales peruanos, ahorrándose divisas.

En el rubro de gastos generales se engloban: personal directivo y administrativo, comunicaciones, gastos de oficina, gastos de representación, etc.

De acuerdo con las producciones previstas, los costos totales (excepto depreciación y gastos financieros) evolucionarán como sigue:

Año	<u>Costos totales</u> (millones de soles)
1983	273,507
1984	417,753
1985	351,118
1986	507,411
1987	515,085
1988	522,898
1989	530,711
1990	542,431
1991	554,151
1992	561,964

CUADRO N°4.6

ESTRUCTURA DE COSTOS DE PRODUCCION DE ACERO LIQUIDO EN ACEROS COMUNES

(sin depreciación, gastos generales y financieros)

	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO soles/unid.	CONSUMO POR TM/acero	COSTO EN SOLES TM/acero x 10 <sup>3</sup>
1	Chatarra	kg	1,550.00	4.050	1,627.50
2	Fe-Mn 75%	kg	25,385.00	7.30	39.31
3	Fe-Si 75%	kg	21,346.30	5.75	7.74
4	Al	Kg	16,776.00	1.00	16.77
5	Cal	kg	445,30	48.00	21.37
6	Espato flúor	kg	2,071.20	12.00	24,85
7	Electrodos	kg	23,818.80	6.00	142.91
8	Energía eléctrica	KWh	600.00	615.00	369.00
9	Oxígeno	Nm <sup>3</sup>	620,00	14.00	8.68
10.	Petróleo	GLN	11,184.00	2.00	22.37
11	Coque fino	kg	207.00	2.50	0.52
12	Refractario horno y cuchara	kg	4,142.40	35.00	144.98
13	Agua	m <sup>3</sup>	1,000.00	0.50	0.50
14	Mano de obra	h/hombre	25,890.00	2.50	64.72
15	Diversos de fabricación	-	-	-	33.14
16	Recuperación de chatarra	kg	1,550.00	-10.00	-15.00
	<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>2,509.36</b>

NOTA: Tipo de cambio 1 US \$ = 13,980 soles.

CUADRO N° 4.7

ESTRUCTURA DE COSTOS DE PRODUCCION DE PALANQUILLAS DE ACEROS COMUNES EN COLACA CONTINUA

(Sin depreciación, gastos generales y financieros)

	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO soles/unid x 10 <sup>3</sup>	CONSUMO POR TM/PALANQUILLA	COSTO EN SOLES x 10 <sup>3</sup> T.M/pal.
1	Acero líquido	TM	2,509.36	1,087.00	2,727.67
2	Refractarios	kg	4.14	12.00	49.68
3	Lingoteras de c.c.	-	-	-	2.41
4	Energía eléctrica	KWH	0.60	10.00	6.00
5	Oxígeno	Nm <sup>3</sup>	0.62	0.30	0.186
6	Agua	m <sup>3</sup>	1.00	1.50	1.50
7	Petróleo	GLN	11.184	7.50	83.88
8	Mano de obra	h/hombre	25.89	1.50	38.84
9	Diversos de fabricación	-	-	-	7.225
10	Mantenimiento	-	-	-	31.07
11	Recuperación de chatarra	-	-	- 15.00	-23.25
	<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>2,971.711</b>



CUADRO N°4.8

ESTRUCTURA DE COSTOS DE PRODUCCION DE PALANQUILLA DESBASTADAS DE ACEROS COMUNES

(Sin depreciación, gastos generales y financieros)

CODIGO EN SOLES de palanquilla desbast. x 10 <sup>3</sup>	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO 10 <sup>3</sup> soles/unid.	CONSUMO POR TM/palanquilla desbastada	COSTO EN SOLES TM/palanquilla desbast. x 10 <sup>3</sup>
1.00	Palanquilla de c.c.	TM	2,971.711	1,140	3,387.75
2.00	Energía eléctrica	KWh	0.60	130.00	78.00
3.00	Petróleo	GLN	11.184	25.00	279.60
4.00	Cilindros	-	-	-	8.28
5.00	Agua	m <sup>3</sup>	1.00	1.50	1.50
6.00	Mantenimiento	-	-	-	33.14
7.00	Mano de obra	h/hombre	25.89	1.50	38.84
8.00	Diversos de fabricación	-	-	-	12.43
9.00	Recuperación de chatarra	kg	1.55	-80.00	-124.00
	<b>TOTAL</b>				<b>3,715.54</b>

**CUADRO N° 4.9**  
**ESTRUCTURA DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE ACERO LIQUIDO EN ACEROS ESPECIALES**  
(Sin depreciación, gastos generales y financieros)

	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO Soles/unidad	CONSUMO POR TM/acero	COSTOS EN SOLES TM/acero x 10 <sup>3</sup>
1	Hierro esponja	kg	1,677.60	583.00	978.00
2	Chatarra	kg	1,550.00	525.00	813.75
3	Fe-Mn 75%	kg	25,385.00	7.30	39.31
4	Fe-Si 75%	kg	21,346.30	5.75	7.74
5	Al	kg	16,776.00	1.40	23.49
6	Cal	kg	445.30	48.00	21.37
7	Espato fluor	kg	2,071.20	12.00	24.85
8	Electrodos	kg	23,818.80	6.00	142.91
9	Energía eléctrica	KWh	600.00	630.00	378.00
10	Oxígeno	Nm <sup>3</sup>	620.00	14.00	8.68
11	Petróleo	GLN	11,184.00	2.00	22.37
12	Coque fino	kg	207.00	2.50	0.52
13	Refractario Horno y cuchara	kg	4,142.00	36.00	149.13
14	Agua	m <sup>3</sup>	1,000.00	0.50	0.50
15	Desgasificación al vacío	-	-	-	80.78
16	Mano de obra	h/hombre	25,890.00	2.50	64.72
17	Diversos de fabricación	-	-	-	33.14
18	Recuperación de chatarra	kg	1,550.00	-10.00	-15.00
	<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>2,774.30</b>

CUADRO N°4.10

ESTRUCTURA DE COSTOS DE PRODUCCION DE PALANQUILLAS DE ACEROS ESPECIALES EN COLADA

CONTINUA

(Sin depreciación, gastos generales y financieros)

	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO Soles/unid.x 10 <sup>3</sup>	CONSUMO POR TM de palan quilla	COSTO EN SOLES TM/palanguilla x 10 <sup>3</sup>
1	Acero líquido	TM	2,774.30	1.050	2,913.02
2	Energía eléctrica	KWh	0.60	10.00	6.00
3	Oxígeno	Nm <sup>3</sup>	0.62	0.30	0.186
4	Petróleo	GLN	11.184	7.50	83.88
5	Refractarios	kg	4.14	12.00	41.68
6	Lingoteras c.c.	-	-	-	2.41
7	Agua	m <sup>3</sup>	1.000	1.50	1.50
8	Mantenimiento	-	-	-	31.07
9	Diversos de fabricación	-	-	-	7.25
10	Mano de obra	h/hombre	25.89	1.50	38.84
11	Recuperación de chatarra	kg	1.55	-15.00	-23.25
	TOTAL	-	-	-	3,110.586

CUADRO N°4.11

ESTRUCTURA DE COSTOS DE LA PRODUCCION DE PALANQUILLAS DESBASTADAS DE ACEROS ESPECIALES

(Sin depreciación, gastos generales y financieros)

	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO Soles/unid.x10 <sup>3</sup>	CONSUMO POR TM/desbastada	COSTO EN SOLES TM/desbastado x 10 <sup>3</sup>
1	Palanquilla	TM	3,110.586	1.150	3,577.18
2	Energía eléctrica	KWh	0.600	130.00	78.00
3	Petróleo	GLN	11.184	25.00	279.60
4	Cilindros	-	-	-	9.94
5	Agua	m <sup>3</sup>	1.000	1.50	1.50
6	Mantenimiento	-	-	-	33.14
7	Mano de obra	h/hombre	25.890	1.50	38.84
8	Diversos de fabricación	-	-	-	12.43
9	Recuperación de chatarra	kg	1.55	-80.00	-124.00
	<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>3,906.63</b>

CUADRO N° 4.12

COSTOS TOTALES (EXCEPTO DEPRECIACION Y GASTOS FINANCIEROS

(Millones de soles)

CONCEPTO	AÑOS									
	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<u>1. Aceros Comunes</u>										
-Costos de fabricación de aceros comunes	260,088	397,563	334,398	408,709	408,709	408,709	408,709	408,709	408,709	408,709
-Costos de puesta en marcha	419	380	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>260,507</b>	<b>397,843</b>	<b>334,398</b>	<b>408,709</b>	<b>408,709</b>	<b>408,709</b>	<b>408,709</b>	<b>408,709</b>	<b>408,709</b>	<b>408,709</b>
<u>2. Aceros Especiales</u>										
-Costos de fabricación de aceros especiales	-	-	-	78,132	85,946	93,759	101,572	113,292	125,012	132,825
-Costos de puesta en marcha	-	-	-	140	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>78,272</b>	<b>85,946</b>	<b>93,759</b>	<b>101,572</b>	<b>113,292</b>	<b>125,012</b>	<b>132,825</b>
<b>GASTOS GENERALES</b>	<b>13,000</b>	<b>19,890</b>	<b>16,720</b>	<b>20,430</b>	<b>20,430</b>	<b>20,430</b>	<b>20,430</b>	<b>20,430</b>	<b>20,430</b>	<b>20,430</b>
<b>T O T A L</b>	<b>273,507</b>	<b>417,733</b>	<b>351,118</b>	<b>507,411</b>	<b>515,085</b>	<b>522,898</b>	<b>530,711</b>	<b>542,431</b>	<b>554,151</b>	<b>561,964</b>

#### 4.5 Depreciación

Para las inversiones de terreno, obras civiles y servicios se ha considerado un período de depreciación de 20 años, con cuotas anuales equivalentes al 5% de la inversión; este monto en total asciende a 152,409 millones de soles.

Para los equipos instalados en la empresa Laminadora del Pacífico S.A., como para los nuevos equipos para aceros especiales se ha considerado un período de depreciación de 10 años, con cuotas anuales equivalentes al 10% de la inversión total, la cual asciende a 480,755 millones de soles.

La depreciación será aplicada a partir del año 1983, fecha en que se inició la producción.

De acuerdo con los supuestos anteriores se ha elaborado el cuadro N°4.13, que resume la depreciación de los años 1983 á 1995.

En el cuadro N°4.14, se presenta el valor residual de la planta para fines del año 1995, la cual equivale a 53,343.14 millones de soles, cantidad que resulta de restar a la inversión las cuotas de depreciación antes indicadas.

Indudablemente este es un supuesto pesimista, pues los equipos aún completamente amortizados conservarán un valor importante.

CUADRO N° 4.13

DEPRECIACION

(millones de soles)

AÑO	DEPRECIACION					
	1 OBRAS CIVILES Y SERVICIOS	2 MAQUINARIA Y EQUIPOS PA EQUIPO DE LAM. RA ACEROS DEL PACIFICO	3 RA ACEROS ESPECIALES	4 TOTAL INVERSION (1+2+3)	5 INTERESES DU RANTE LA CONS TRUCCION	6 TOTAL GENERAL
1983	7,620.44	46,118.34	-	53,738.78	1,046.18	54,784.96
1984	7,620.44	46,118.34	-	53,738.78	1,046.18	54,784.96
1985	7,620.44	46,118.34	-	53,738.78	1,046.18	54,784.96
1986	7,620.44	46,118.34	1,957.20	55,695.98	1,046.18	56,742.16
1987	7,620.44	46,118.34	1,957.20	55,695.98	1,046.18	56,742.16
1988	7,620.44	46,118.34	1,957.20	55,695.98	1,046.18	56,742.16
1989	7,620.44	46,118.34	1,957.20	55,695.98	1,046.18	56,742.16
1990	7,620.44	46,118.34	1,957.20	55,695.98	1,046.18	56,742.16
1991	7,620.44	46,118.34	1,957.20	55,695.98	1,046.18	56,742.16
1992	7,620.44	46,118.34	1,957.20	55,695.98	1,046.18	56,742.16
1993	7,620.44	-	1,957.20	9,577.64	1,046.18	10,623.82
1994	7,620.44	-	1,957.20	9,577.64	1,046.18	10,623.82
1995	7,620.44	-	1,957.20	9,577.64	1,046.18	10,623.82
	99,065.72	461,113.40	19,572.0	579,821.12	13,600.38	593,421.50

CUADRO N° 4.14

VALOR RESIDUAL

(millones de soles)

CONCEPTO	Sin intereses durante la construcción	Con intereses duran- te la construcción
1. Total inversión	633.164.26	646,764.64
2. Depreciación hasta el año 1995	579,821.12	593,421.50
3. Valor residual (1-2)	53,343.14	53,343.14



#### 4.6 Capital de Trabajo

Las necesidades de capital de trabajo, en empresas siderúrgicas Latinoamericanas, no superan como media el 8% de las ventas. De acuerdo con este supuesto, la inversión en capital de trabajo evolucionará como sigue:

AÑO	Millones de soles		
	Ventas	Inversiones en capital de trabajo	
		Importe	Incremento sobre año anterior
1983	362,082	28,967	28,967
1984	553,404	44,272	15,305
1985	465,534	37,243	-
1986	686,418	54,913	17,670
1987	698,161	55,853	940
1988	709,904	56,792	939
1989	721,648	57,732	940
1990	739,262	59,141	2,000
1991	756,877	60,550	1,409
1992	768,620	61,489	939

Para financiar el capital de trabajo de los años 1983 y 1984, debido a que en estos años se producen pérdidas según el flujo de caja; es necesario que la administración cuente con un superávit, con el cual se podrá hacer frente a posibles contingencias, si ha previsto utilizar créditos a corto plazo.

#### 4.7 Rentabilidad de la Inversión

##### 4.7.1 Tasa Interna de Retorno

Para medir la rentabilidad de la inversión, se ha calculado la tasa interna de retorno (TIR), mediante el método de los flujos de caja descontados.

Como es sabido, para calcular el TIR de la inversión total se procede, como si todas las inversiones, sea como inmovilizado como en capital de trabajo, se financiarán mediante fondos propios.

En esta hipótesis, por tanto, no hay créditos, intereses durante la construcción, gastos financieros, etc.

En el cuadro N°4.15, presenta los flujos de caja anuales en este supuesto. Todos los conceptos de dicho cuadro han sido explicados en los capítulos precedentes, a excepción de los siguientes:

- Comunidad industrial, investigación tecnológica y participación de los trabajadores; se ha estimado por este concepto el 27% de la renta neta.

Programa de Reinversión, se estima por este concepto el 73% de la utilidad antes de impuesto, el cual será empleado en futuras mejoras y ampliaciones de la planta.

En el cuadro N°4.16, se presentan los cálculos del V.A.N. para 10% y 40% de tasa de descuento, con

los cuales se ha calculado el T.I.R. que asciende a 31.93%, lo cual nos indica que es una tasa elevada para una industria básica. Particularmente, debe tenerse en cuenta que tal tasa se consigue aún mejorando de forma sensible los precios que hoy se practican en el mercado peruano.

#### 4.7.2 Período de Recuperación de Capital

La inversión total asciende a 633,164 millones de soles, el cual se recuperará a los 9 años, 3 meses y 29 días de iniciada la producción; como se puede apreciar en los cálculos que se indican a continuación:

AÑO	INVERSION BRUTA	FLUJOS NETOS
1980	633,164	-38,864
1981		-68,467
1982		-18,480
1983		-439,638
1984		93,400
1985		94,445
1986		116,186
1987		156,718
1988		160,856
1989		164,993
1990		170,138
1991		176,935
1992		181,543
1993		167,302
1994		167,302
1995		289,754

$$\text{Inversión bruta} = \sum X_1 + X_2$$

$$633,164 = 572,830 + 181,543X$$

P.R.C. = 9 años, 3 meses y 29 días

Nota: Los 3 primeros años son de implementación de la planta.

CUADRO N° 15  
FLUJO DE CAJA SIN FINANCIACION

CONCEPTO	AÑOS																
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
<u>SALIDAS</u>																	
1. Inversiones en inmovil.	38,864	68,467	18,480	487,780	-	-	19,572	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2. Inversión en cap.de trab.	-	-	-	28,967	15,305	-	17,670	940	930	940	2,000	1,409	939	-	-	-	
3. Total Salidas (1+2)	38,864	68,467	18,480	516,747	15,305	-	37,242	940	939	940	2,000	1,409	939	-	-	-	
<u>ENTRADAS</u>																	
4. Ventas	-	-	-	362,082	553,404	465,534	708,786	722,766	736,746	750,726	771,696	792,666	806,646	806,646	606,646	606,646	
5. Costo	-	-	-	273,507	417,733	351,118	507,411	515,085	522,898	530,711	542,431	554,151	561,964	561,964	561,964	561,964	
6. Depreciación	-	-	-	53,739	53,739	53,739	55,696	55,696	55,696	55,696	55,696	55,696	55,696	9,578	9,578	9,578	
7. Renta Neta (4-5-6)	-	-	-	34,836	81,932	60,677	145,679	151,985	158,152	164,319	173,569	182,819	188,986	235,104	235,104	235,104	
8. Comunidad industrial ITINTEC (27%)	-	-	-	9,406	22,121	16,383	39,333	41,036	42,701	44,366	46,864	49,361	51,026	63,478	63,478	63,478	
9. Utilidad antes de imp.	-	-	-	25,430	58,811	44,291	106,346	110,949	115,451	119,953	126,705	133,458	137,960	171,626	171,626	171,626	
10. Reinversión de Util. (73%)	-	-	-	18,563	43,662	32,334	77,632	80,993	84,279	87,566	92,494	97,424	100,711	125,287	125,287	125,287	
11. Utilidad sujeta a imp.	-	-	-	6,867	16,149	11,960	28,714	29,956	31,172	32,387	34,211	36,034	37,249	46,339	46,339	46,339	
12. Impuestos (30%)	-	-	-	2,060	4,845	3,586	8,614	8,987	9,352	9,263	10,263	10,810	11,174	13,902	13,902	13,902	
13. Utilidad después de imp. (9-12)	-	-	-	23,370	54,966	40,706	97,732	101,962	106,099	110,237	116,442	122,648	126,786	157,724	157,724	157,724	
14. Valor residual de la planta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53,343	
15. Recuperación capital de trabajo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69,109	
16. Total entradas (6+3+14+15)	-	-	-	77,109	108,705	94,445	153,428	157,658	161,795	165,933	172,138	178,344	182,482	167,302	167,302	289,754	
C. FLUJO NETO (16-B)	-38,864	-68,467	-18,480	-439,638	93,400	94,445	116,186	156,718	160,856	164,993	170,138	176,935	181,543	167,302	167,302	289,754	

CUADRO N°4.16

CALCULO DEL V.A.N. PARA 10% Y 40%

AÑO	FLUJO NETO	TASA DE DESCUENTO 10%		TASA DE DESCUENTO 40%	
		FACTOR 10%	V.A.N.	FACTOR 40%	V.A.N.
1980	-38,864	0.9991	-35,331	.7143	-27,759
1981	-68,467	0.8264	-56,581	.5102	-34,932
1982	-18,480	0.7513	-13,884	.3644	- 6,734
1983	-439,638	0.6830	-300,272	.2603	-114,437
1984	93,400	0.6209	57,992	.1859	17,366
1985	94,445	0.5645	53,314	.1328	12,543
1986	116,186	0.5131	59,262	.0948	11,462
1987	156,718	0.4665	73,110	.0678	10,619
1988	160,856	0.4241	68,219	.0484	7,785
1989	164,993	0.3855	63,604	.0346	5,704
1990	170,138	0.3505	59,632	.0247	4,200
1991	176,935	0.3186	56,377	.0176	3,120
1992	181,543	0.2897	52,586	.0126	2,287
1993	167,302	0.2633	44,056	.0090	1,505
1994	167,302	0.2394	40,035	.0064	1,074
1995	289,754	0.2176	63,050	.0046	1,330
			285,169		
				-104,867	

CUADRO N°4.17

COSTOS FIJOS, VARIABLES, VENTAS Y PUNTO DE EQUILIBRIO

(millones de soles)

CONCEPTO	AÑOS													
	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
<b>A. COSTOS FIJOS</b>														
. Mano de obra Directa	9,968	15,237	12,816	18,465	18,797	19,082	19,366	19,793	20,221	20,506	20,506	20,506	20,506	20,506
2. Depreciación	53,739	53,739	53,739	55,696	55,656	55,696	55,696	55,696	55,696	55,696	55,696	9,578	9,578	9,578
β. Puesta en marcha	419	200	-	140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Gastos generales	13,000	19,890	16,720	20,430	20,430	20,430	20,430	20,430	20,430	20,430	20,430	20,430	20,430	20,430
p. Gastos financieros	41,060	37,858	31,210	27,364	21,922	16,868	12,499	8,314	4,397	478	318	151	-	-
β. Amortización	53,891	67,584	71,280	78,557	78,557	70,784	57,091	53,394	48,075	48,075	1,957	1,957	1,957	1,957
<b>TOTAL</b>	<b>172,077</b>	<b>194,538</b>	<b>185,765</b>	<b>200,652</b>	<b>195,402</b>	<b>182,860</b>	<b>165,082</b>	<b>157,627</b>	<b>148,819</b>	<b>145,185</b>	<b>52,789</b>	<b>52,622</b>	<b>52,461</b>	<b>52,461</b>
<b>B. COSTOS VARIABLES</b>														
7. Materias Primas y otros	246,424	376,677	316,831	459,851	467,112	474,373	481,635	492,527	503,419	510,680	510,680	510,680	510,680	510,680
. Gastos de Fabricación	3,696	5,650	4,752	8,480	8,734	9,014	9,282	9,282	10,083	10,350	10,350	10,350	10,350	10,350
<b>TOTAL</b>	<b>250,120</b>	<b>382,327</b>	<b>321,583</b>	<b>468,331</b>	<b>475,846</b>	<b>483,387</b>	<b>490,917</b>	<b>502,209</b>	<b>513,502</b>	<b>521,030</b>	<b>521,030</b>	<b>521,030</b>	<b>521,030</b>	<b>521,030</b>
<b>C. VENTAS</b>														
β. Ventas totales	362,082	553,404	465,534	708,786	722,766	736,716	750,726	771,696	792,666	806,646	806,646	806,646	806,646	806,646
<b>PRODUCCION (T.M)</b>	<b>70,000</b>	<b>107,000</b>	<b>90,000</b>	<b>130,000</b>	<b>132,000</b>	<b>134,000</b>	<b>136,000</b>	<b>139,000</b>	<b>142,000</b>	<b>144,000</b>	<b>144,000</b>	<b>144,000</b>	<b>144,000</b>	<b>144,000</b>
<b>PUNTO DE EQUILIBRIO (T.M.)</b>	<b>107,580</b>	<b>121,670</b>	<b>116,142</b>	<b>108,400</b>	<b>95,270</b>	<b>96,713</b>	<b>86,914</b>	<b>81,303</b>	<b>75,698</b>	<b>73,198</b>	<b>25,875</b>	<b>26,530</b>	<b>26,530</b>	<b>26,530</b>

Cálculo del T.I.R.

$$T.I.R. = t_{d_i} + (t_{d_s} - t_{d_i}) \frac{V.A.N_i}{V.A.N_i - V.A.N_s}$$

Donde:

$$t_{d_i} = \text{tasa de descuento inferior} = 10\%$$

$$t_{d_s} = \text{tasa de descuento superior} = 40\%$$

$$VAN_i = \text{V.A.N. de la tasa inferior} = 285,169$$

$$VAN_s = \text{V.A.N. de la tasa superior} = -104,867$$

Aplicando en la fórmula:

$$T.I.R. = 10 + (40-10) \frac{285,169}{285,169 - (-104,867)} = \underline{31.93\%}$$

$$\underline{T.I.R. = 31.93\%}$$

#### 4,8 Punto de equilibrio

El punto de equilibrio de la planta para el año 1986 y con las producciones previstas, se encuentra al 82.4% - de la capacidad instalada para aceros comunes y 75.0% de la capacidad instalada produciendo aceros comunes y especiales.

En el cuadro 4.17, se presentan los datos que han servido de base para la confección de los gráficos, previos cálculos de las magnitudes correspondientes. En este cuadro se expresan costos fijos, variables y ventas; es una readaptación de todos los datos de los capítulos - precedentes.

En el cuadro N°4.18 y gráfico N°4.1, elaborado para una producción de 110,000 ton de aceros comunes, se obtiene que el punto de equilibrio se encuentra a 118,600 ton, equivalente a una utilización del 82.4% de la capacidad - instalada.

En el cuadro N°4.19 y gráfico N°4.2, elaborado para una producción de 130,000 ton, tanto en aceros comunes como aceros especiales, se obtiene que el punto de equilibrio se encuentra a 108,400 ton, equivalente a una utilización del 75% de la capacidad instalada.

En el gráfico N°4.3, confeccionado para observar la evolución del punto de equilibrio con respecto a la producción prevista para el período considerado. Como se



CUADRO N° 4.18  
COSTOS FIJOS, VARIABLES Y VENTAS PARA  
ACEROS COMUNES EN 1986  
(millones de soles)

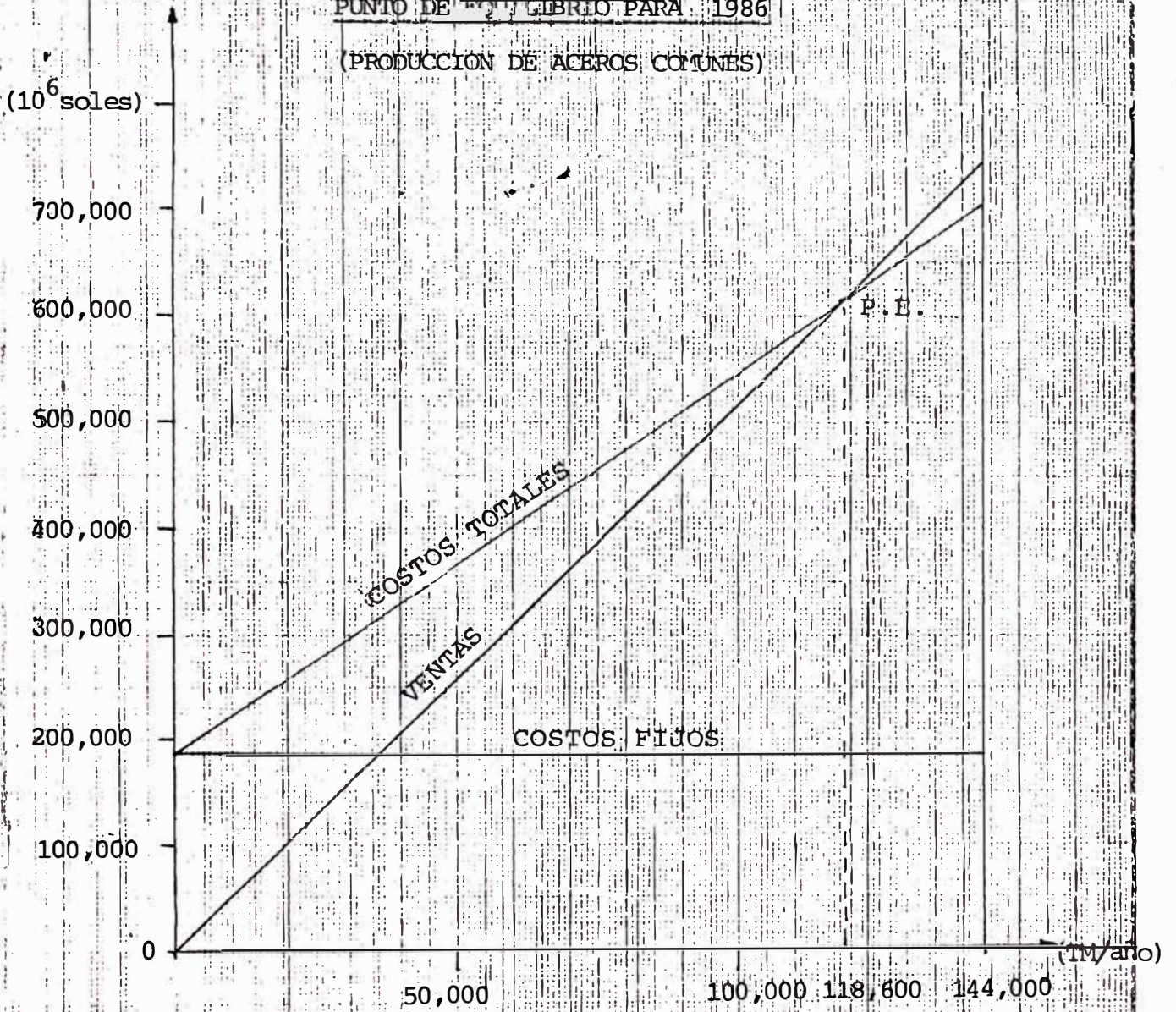
CONCEPTO	AÑO 1986
<b>A. <u>COSTOS FIJOS</u></b>	
1. Mano de obra directa	15,664
2. Depreciación	53,739
3. Puesta en marcha	140
4. Gastos generales	17,010
5. Gastos financieros	25,928
6. Amortización	76,600
TOTAL	189,071
<b>B. <u>COSTOS VARIABLES</u></b>	
7. Materias Primas y otros	387,238
8. Gastos de fabricación	6,414
TOTAL	393,652
<b>C. <u>VENTAS</u></b>	
9. Ventas totales	568,986

NOTA: Producción = 110,000 ton de acero comunes.

GRAFICO N°4:1

PUNTO DE EQUILIBRIO PARA 1986

(PRODUCCION DE ACEROS COMUNES)



CUADRO N° 4.19

COSTOS FIJOS, VARIABLES, VENTAS PARA ACEROS COMUNES  
Y ACEROS ESPECIALES EN 1986

(Millones de soles)

CONCEPTO	AÑO 1986
<b>A. <u>COSTOS FIJOS</u></b>	
1. Mano de obra directa	18,465
2. Depreciación	55,696
3. Puesta en marcha	168
4. Gastos generales	20,430
5. Gastos Financieros	27,364
6. Amortización	78,557
TOTAL	200,680
<b>B. <u>COSTOS VARIABLES</u></b>	
7. Materias Primas y otros	459,851
8. Gastos de Fabricación	8,480
TOTAL	468,331
<b>C. <u>VENTAS</u></b>	
9. Ventas totales	708,786

NOTA: Producción = 110,000 ton de aceros comunes

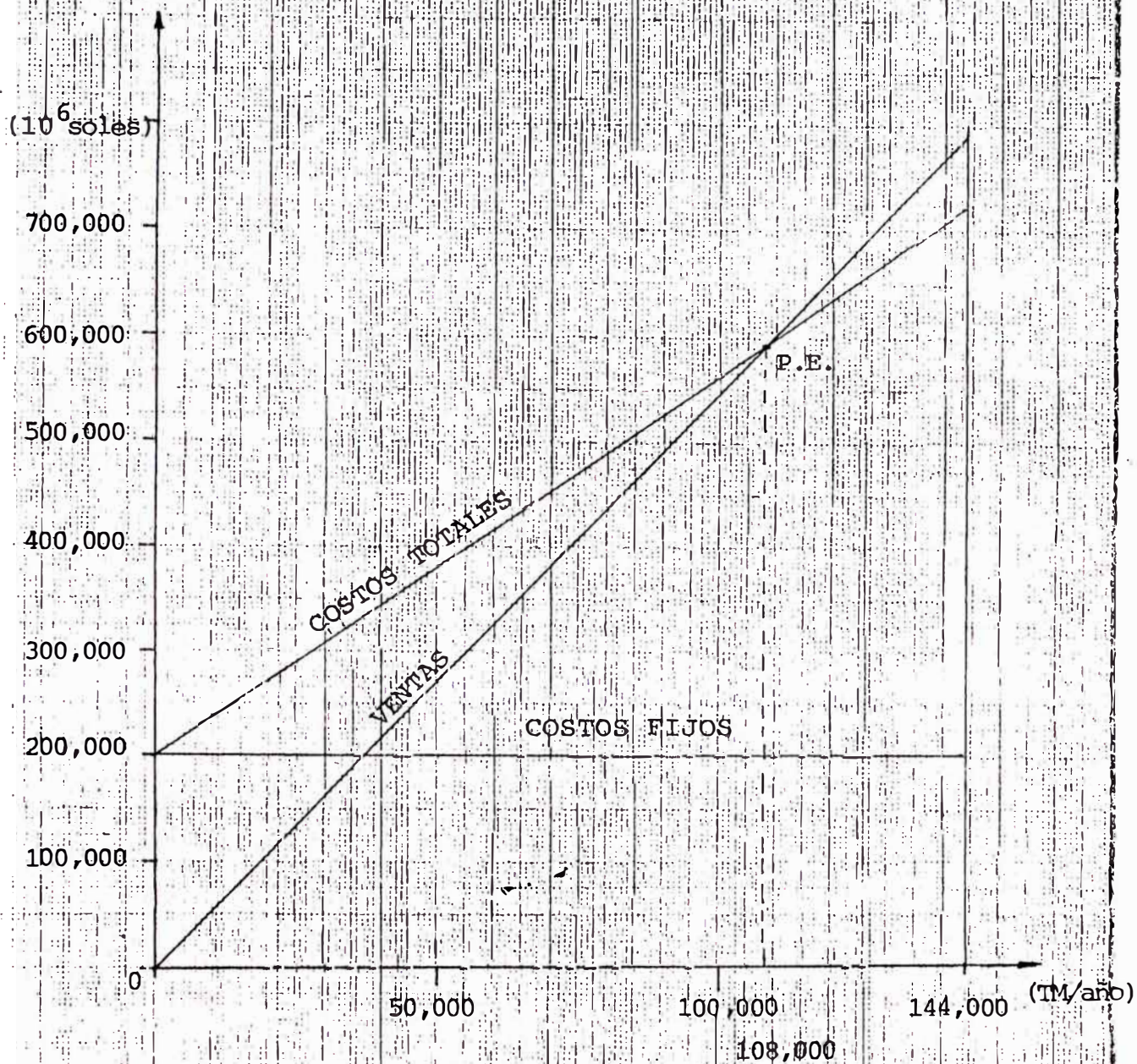
20,000 ton de aceros especiales.



GRAFICO N° 4.2

PUNTO DE EQUILIBRIO PARA 1986

(PRODUCCION DE ACEROS COMUNES Y ACEROS ESPECIALES)



puede observar en este gráfico el punto de equilibrio del estudio se encuentra en la producción de 112,000 ton/año.

A partir del año 1986 el punto de equilibrio desciende para los próximos años debido al incremento de la producción; a partir del año 1993 el punto de equilibrio se hace constante debido a que los costos fijos bajan considerablemente porque los gastos financieros, amortización y depreciación tienen una menor participación.

#### Cálculos para punto de equilibrio

$$Q = \frac{C.F.}{P - CV}$$

Q = toneladas métricas de productos finales

C.F = costo fijo por T.M.

CV = costo variable por T.M.

P = precio venta por T.M.

#### Punto de equilibrio produciendo aceros comunes para 1986

Realizando los cálculos del cuadro N°4.18, se obtiene lo siguiente:

$$CF = 1.7188 \times 10^6 \text{ soles/T.M.}$$

$$CV = 3.5786 \times 10^6 \text{ soles/T.M.}$$

$$P = 5.1726 \times 10^6 \text{ soles/T.M.}$$

Aplicando la fórmula:

$$Q = \frac{1.7188}{5.1726 - 3.5786} = 1.08$$

$$Q = 1.08 \times 110,000 \text{ ton} = 118,600 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Utilización de capacidad instalada} &= \frac{118,600}{144,000} \times 100 \\ &= \underline{82.4\%} \end{aligned}$$

Punto de equilibrio produciendo aceros comunes y aceros especiales para 1986

Realizando los cálculos del cuadro N°4.19, se obtiene lo siguiente:

$$CF = 1.5436 \times 10^6 \text{ soles/T.M.}$$

$$CV = 3.6025 \times 10^6 \text{ soles/T.M.}$$

$$P = 5.4522 \times 10^6 \text{ soles/T.M.}$$

Aplicando la fórmula:

$$Q = \frac{1.5436}{5.4522 - 3.6025} = 0.83$$

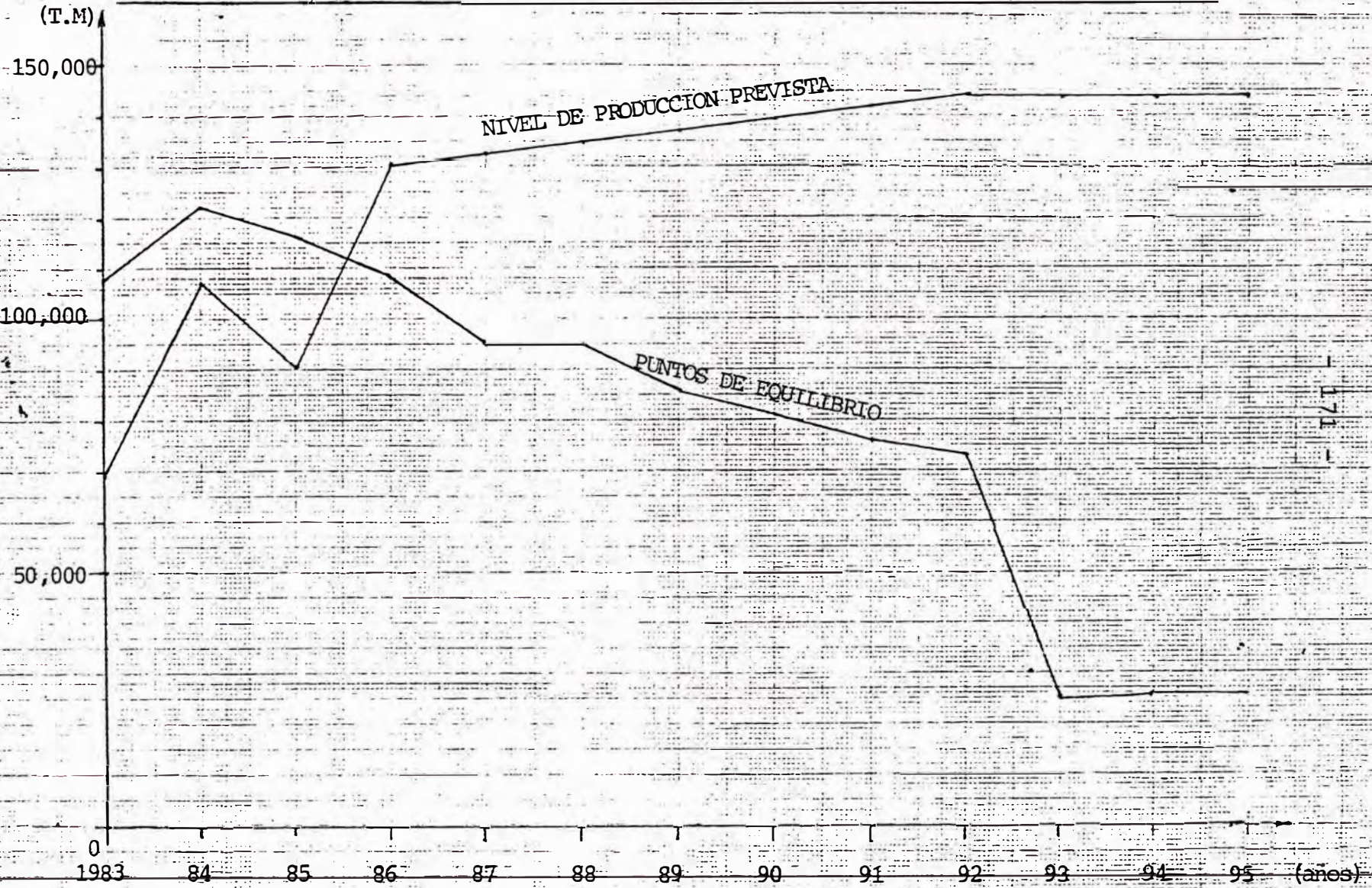
$$Q = 0.83 \times 130,000 \text{ ton} = 108,400 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Utilización de capacidad instalada} &= \frac{108,400}{144,000} \times 100 \\ &= \underline{75.0\%} \end{aligned}$$



GRAFICO N°4.3

EVOLUCION DEL NIVEL DE PRODUCCION PREVISTA Y DEL PUNTO DE EQUILIBRIO



171

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### A. Conclusiones

El presente estudio, trata sobre la fabricación de aceros especiales a ser producidos por la industria siderúrgica en forma de palanquillas desbastadas y luego laminadas en forma de barras, platinas, alambón y otras formas, para orientarla a la minería y la industria metal mecánica. Del estudio obtenemos las siguientes conclusiones:

1. En el país hasta la fecha la producción de aceros especiales es en pequeño volúmen, fabricándose principalmente piezas fundidas y barras para molienda de minerales. Sin embargo, nuestro estudio de mercado refleja un incremento cada vez mayor del uso de los aceros especiales por la industria y la minería. Si además se tiene en cuenta la política actual del gobierno, que es de protección a la industria y restricción a las importaciones, se justifica la ampliación en las industrias siderúrgicas actuales para la fabricación de aceros especiales; por tal motivo, se ha decidido fabricarlos en la empresa Laminadora del Pacífico S.A., iniciando una producción de 20,000 T.M./año para 1986, en los siguientes tipos de aceros:



Medio carbono (AISI 1020-1049)

- Alto carbono (AISI 1050-1095)

- Aceros de fácil maquinado (AISI 1100-1200)

- Aceros para muelles al Si-Mn (AISI 9200)

2. Dentro de los procesos de afino, para obtener aceros especiales hemos llegado a la conclusión de que se utilizará el proceso de afino en vacío sin aportación térmica, empleando el método de desgasificación durante la colada del Horno a la cuchara, utilizando una cuchara intermedia de menor dimensión. Este proceso permite obtener un acero de alta calidad, porque contiene pequeñas cantidades de gases e inclusiones, los cuales tienen influencia negativa en los ensayos de resistencia mecánica. Asimismo, controlar mejor la temperatura de colada y a costos menores.

Inicialmente se fundirá el acero en un horno eléctrico de arco con paneles refrigerados por agua, con una capacidad de 40 Ton, y una potencia del transformador de 24 MW; y el afino se realizará en una cuchara de 40 Ton. de capacidad, con una bomba de vacío de 30,000 m<sup>3</sup>/hora, con una reducción de presión de  $6.6 \times 10^{-4}$  atm.; el acero contendrá:

H<sub>2</sub> : 1 á 2 p.p.m.

N<sub>2</sub> : 40 á 60 p.p.m.

O<sub>2</sub> : 20 á 50 p.p.m.

Este acero líquido será llevado posteriormente a la Planta de Colada continua, en donde se obtendrá palanquillas de 120 x 120 mm y 150 x 150 mm, y luego desbastado en un tren laminador de 520 mm de banda, del cual se obtendrán palanquillas de 60x60 mm y 100x100 mm.

3. El personal adicional requerido para la ampliación será de 3 Ingenieros metalurgistas y 3 técnicos especializados en los procesos de fabricación de aceros especiales; los cuales formaron parte de la estructura orgánica ya definida por la empresa.
4. El tiempo necesario para la implementación de los nuevos equipos se estima en 6 meses, sin interrumpir el proceso de fabricación de aceros comunes.
5. El control de calidad se realizará con la infraestructura del Laboratorio ya existente en la planta.
6. Las inversiones adicionales a las instalaciones actuales de la empresa Laminadora del Pacífico S.A., en nuevos equipos asciende a 1.4 millones de dólares, lo cual nos permitirá iniciar la fabricación de aceros especiales.
7. La financiación de la inversión de los nuevos equipos será en las mismas condiciones en que fueron otorgados a la empresa Laminadora del

Pacífico S.A., para la ejecución del proyecto inicial, por el Banco Exterior de España; siendo las condiciones:

- 10 años de plazo, a partir de la puesta en marcha de la planta.

8.15% de interés anual a rebatir, a partir del inicio de producción.

8. La fabricación de aceros especiales se iniciará en 1986, con una producción de 20,000 Ton/año, - la cual se irá incrementando anualmente a razón de 10% hasta 1992 en que llegará a 34,000 Ton.
9. El precio de venta promedio de los diversos tipos de aceros especiales, se ha estimado en US \$500.- por tonelada, equivalente a 6.99 millones de soles.
10. Los costos de producción de aceros especiales promedio (sin incluir gastos generales, financiación y amortización) se ha llegado a los siguientes valores:
  - En acero líquido llega a 2.774 millones de soles tonelada.  
En palanquilla de colada continua llega a 3.11 millones de soles tonelada.
  - En palanquilla desbastada por laminación llega a 3.91 millones de soles tonelada.

11. La Tasa Interna de Retorno (T.I.R.) para la planta en su totalidad, iniciando su producción en el año 1983 con aceros comunes y a partir del año 1986 fabricando aceros comunes y aceros especiales, es de 31.93%; lo cual indica que una tasa alta para una industria básica; siendo mayor que la tasa de oportunidad de capital que siguen las entidades bancarias.
12. La inversión total, será recuperada en 9 años, 3 meses y 29 días de iniciada la producción en el año 1983, y de cumplirse con los niveles de producción previstas.
13. El punto de equilibrio para 1986, fabricando solamente aceros comunes cuya producción es de 110,000 ton, se encuentra en 118,600 ton; lo cual es equivalente al 82.4% de la capacidad instalada.
14. El punto de equilibrio para 1986, fabricando aceros comunes y aceros especiales, cuya producción será de 110,000 ton. y 20,000 ton. respectivamente, se encuentra en 108,400 ton, lo cual es equivalente al 75.0% de la capacidad instalada.

B: Recomendaciones

Después de haber realizado el presente estudio, se recomienda lo siguiente:

1. Siendo la industria siderúrgica, estratégica y básica para el desarrollo de un país, es necesario decretar una ley exclusiva de la industria siderúrgica que contempla su desarrollo a corto, mediano y largo plazo.
2. Se recomienda, trabajar con el más alto vacío a fin de obtener un acero con menores cantidades de gases e inclusiones.
3. Para disminuir el tiempo de fusión en el Horno eléctrico se recomienda trabajar con su mayor potencia, arcos largos y con escoria espumosa para evitar las pérdidas por radiación y de esta manera proteger a los refractarios del Horno y de la bóveda.
4. Dado que en el país no se cuenta con profesionales altamente especializados en aceros especiales, se recomienda implementar programas de entrenamiento en empresas extranjeras que cuenten con la infraestructura necesaria.
5. A fin de disminuir el punto de equilibrio en los primeros años de operación, la empresa deberá buscar mercado externo a fin de incrementar la producción de aceros especiales.

## BIBLIOGRAFIA

1. ILAFA Colada contínua y Metalurgia en Cuchara - 1981.
2. ILAFA : Colada contínua, tecnología, equipos, operación y selección - 1977.
3. ILAFA Tecnología de los aceros especiales - 1975
4. DIN (Deutsche Industrie Normen): Manual 4 - Acero y Hierro. Normas de calidad. Editorial Balzola, Bilbao, España.
5. JIS (Japanese Industrial Standard): Handbook 1982: Ferrous Materials and Metallurgy, by Japanese Standard Association.
6. COSIMET Aceros Productos y Derivados, compilado por el Dpto. Técnico. Publicado por Comercial Sidero Metalúrgica Velasco S.A., Bilbao España.
7. Dr. Ing  J. Th. Wasmith: Instrucciones Teóricas y Prácticas del Proceso de Fabricación del Acero en Hornos Eléctricos - SIDERPERU - Chimbote.
8. Ing. Luis Kuon M.: Ingeniería de Control de Calidad SIDERPERU - Chimbote - 1976.
9. Maynard H.B. Manual de Ingeniería de Producción
10. Grenee J.H. : Planeamiento y Control de la Producción.
11. Koontz Harold Principios de Dirección de Empresas, Análisis de Funciones Directivas. México - 1973.
12. N.N.U.U. : Manual de Proyectos de Desarrollo Económico - México, D.F. Diciembre, 1968.
13. Diaz Mosto J. : Contabilidad de Costos. Edi. Universo, Lima.

14. Little/Mirrless      Estudio Social de Costo-Beneficio  
en la Industria de Países en Vías  
de Desarrollo, Ed. Cemla - 1973.
15. J.A.C.                      Propuesta de la Junta del Acuerdo  
de Cartagena sobre el desarrollo  
de la Industria Siderúrgica. 1976.
16. José Calzada Benza: Métodos Estadísticos para la In-  
vestigación, Editorial Jurídica,  
Lima - Perú.
17. Eugene L. Grant      Control de Calidad Estadístico.  
Ed. CECSA, México.

\*\*\*