

29  
80



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**Facultad de Economía**

**"Estudio de Prefactibilidad para la Instalación de  
una Planta Productora de Tubos de Acero sin Costura"**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**LICENCIADO EN ECONOMIA**

**P r e s e n t a n :**

**María del Carmen Granados Sánchez**

**Mauricio Fernando Rojas Gamboa**

**México, D. F.**

**1984**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



# I N D I C E

INTRODUCCION

RESUMEN

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I. ESTUDIO DE MERCADO	8
1. Descripción y usos del producto	9
1.1 Usos de los tubos sin costura	9
1.2 Bienes sustitutos y complementarios	11
2. Análisis de la oferta	12
2.1 Comportamiento histórico	12
2.2 Oferta actual	14
2.3 Comportamiento futuro	17
3. Análisis de la demanda	17
3.1 Comportamiento histórico	17
3.2 Situación actual	20
3.3 Exportaciones	22
3.4 Proyección de la demanda	22
4. Balance oferta/demanda	27
5. Comercialización	30
6. Precios	30
II. MATERIAS PRIMAS	32
1. Mineral de hierro	33
1.1 Características generales	33
1.2 Reservas y ubicación de las zonas productoras	33
2. Gas natural	40
2.1 Generalidades	40

2.2	Reservas y ubicación	41
2.3	Producción	41
2.4	Disponibilidad	46
3.	Energía Eléctrica	46
3.1	Generalidades	46
3.2	Disponibilidad	48
4.	Chatarra	49
4.1	Características generales	49
4.2	Fuentes	50
4.3	Consumo	50
4.4	Importaciones	51
4.5	Precios	52
III.	TAMAÑO DE LA PLANTA	54
1.	Dimensión del mercado de consumo	55
2.	Dimensión del mercado de materias primas	55
3.	Disponibilidad de recursos financieros	57
4.	Tecnología de producción	57
IV.	LOCALIZACION DE LA PLANTA	59
1.	Macrolocalización	60
1.1	Análisis de alternativas	60
1.2	Localización de las materias primas	60
1.3	Localización del mercado de consumo	63
1.4	Infraestructura	64
1.5	Disponibilidad de mano de obra	72
1.6	Políticas de fomento industrial	76
1.7	Descripción de las zonas	77
1.8	Selección final	78
2.	Microlocalización	79

V. INGENIERIA DEL PROYECTO	82
1. Tecnología	83
1.1 Fabricación del hierro en el alto horno	83
1.2 Producción de acero en el convertidor básico al oxígeno	85
1.3 Producción de hierro esponja en el proceso HYL - III	87
1.4 Aceración en hornos eléctricos	92
1.5 Solidificación del acero	93
1.6 Fabricación de tubería de acero sin costura	96
2. Selección del proceso	99
3. Diagramas de flujo	103
4. Balance de materiales	105
5. Balance de energía	110
6. Equipo necesario	113
6.1 Planta de reducción directa	113
6.2 Acería y colada continua	114
6.3 Fábrica de tubos	114
6.4 Servicios generales	115
7. Programa de construcción y puesta en marcha	116
8. Programa de producción	118
8.1 Curvas de aprendizaje	118
8.2 Programa de producción	124
VI. ORGANIZACION DE LA EMPRESA	126
1. Formación jurídica	127
2. Organigrama	129
VII. INVERSION FIJA, CAPITAL DE TRABAJO Y FINANCIAMIENTOS	134
1. Inversión fija	135
1.1 Maquinaria y equipo	135
1.2 Terrenos, edificios y servicios auxiliares	136

1.3	Inicio de operaciones	136
1.4	Otros	137
2.	Capital de trabajo	138
2.1	Caja y bancos	138
2.2	Inventarios	138
2.3	Cuentas por cobrar	139
3.	Financiamientos	139
VIII.	ESTADOS FINANCIEROS PROFORMA	143
1.	Balance general	143
2.	Estado de resultados	146
3.	Punto de equilibrio	146
IX.	EVALUACION	150
1.	Valor actual neto	151
2.	Tasa interna de rendimiento	153

#### BIBLIOGRAFIA

## I N T R O D U C C I O N

La industria siderúrgica es considerada como estratégica tanto en países desarrollados como en aquellos económicamente dependientes, y no sólo en países de Occidente sino incluso en los de economía centralmente planificada. La importancia estratégica de la siderurgia radica en que es productora de materias primas necesarias para el desenvolvimiento de industrias de igual e incluso mayor importancia que ella, generando a su vez enormes porcentajes de valor agregado, empleo, inversión, etc.

Nuestro país requiere no sólo de la consolidación de la industria existente sino de su constante expansión. Característico es que en países en desarrollo la demanda agregada crece en mayor proporción que en aquellos cuya estructura industrial les permite satisfacer en mayor escala su mercado interno. Este panorama exige respuestas inmediatas al problema de crecimiento, respuestas bien dirigidas y sustentadas en evaluaciones severas.

Si bien es cierto que el estado actual de recesión con inflación que sufre la mayoría de los países no prevé necesidades inmediatas de expansión industrial, a mediano plazo éstas se harán urgentes en virtud de la apertura y crecimiento de los mercados internos y externos. Por eso, si bien la formulación de proyectos industriales reviste de tiempo atrás gran importancia en el éxito de las empresas emanadas de éstos, esa importancia es ahora vital para enfrentar los aumentos de demanda propios de una economía que empezará a equilibrarse.

El presente estudio tiene como finalidad analizar las posibilidades de éxito que tendría instalar una nueva planta siderúrgica integrada, productora de tubería de acero sin costura mediante la aplicación de la metodología de proyectos de inversión, con los siguientes objetivos:

- Cubrir la posible demanda futura insatisfecha a fin de apoyar a sectores económicos como el siderúrgico, petrolero y de la construcción, entre otros.
- Sustituir las importaciones que necesariamente se tendrían que realizar de no llevarse a cabo la instalación de la planta.
- Ahorrar divisas y contribuir a la nivelación de la balanza comercial al realizar exportaciones.
- Participar mediante la generación de empleo y la producción de bienes de capital en el desarrollo del país.
- Descentralizar la actividad industrial del país, aprovechando los estímulos que otorga el Gobierno.

Para la materialización del proyecto se requiere de la conjugación de factores como la inversión, fuentes de financiamiento, tecnología, abastecimiento de materias primas, etc. Por ello, se parte de estas consideraciones para determinar las bases económicas, técnicas y financieras sobre las que se levantaría la planta.

## R E S U M E N

El presente estudio reúne los aspectos económicos, técnicos y financieros de un proyecto industrial para la producción de tubos de acero sin costura. El análisis está compuesto por nueve capítulos, los que se resumen como sigue:

En el primero se detectan las posibilidades de participar en el mercado interno de tubería de acero cubriendo una posible demanda futura insatisfecha. Para ello se llevó a cabo el cálculo de un modelo de regresión adecuado a fin de proyectar los déficits de demanda esperados. También se analiza la capacidad de respuesta de la oferta actual y futura, considerando para ello las ampliaciones a la capacidad instalada o la instalación de nuevas plantas. Con los pronósticos obtenidos de ambas variables se elaboró el balance oferta/demanda donde se muestran los déficits esperados de estos productos. Se incluyen también análisis sobre su comercialización y precio.

Una vez detectados los volúmenes de demanda insatisfecha se estimaron los montos disponibles de las materias primas e insumos necesarios para la operación de la planta. Se incluyen su localización, producción, sistemas de adquisición y precios, entre otros.

En el tercer capítulo se determina el tamaño óptimo para la planta. Los criterios de partida se basan en la magnitud del mercado potencial y la disponibilidad de materias primas, ambos puntos determinados en los apartados precedentes. Además, con el tamaño de la planta se hace una aproximación orientada a la selección de la ruta tecnológica adecuada para la producción siderúrgica.

Posteriormente, se evalúan dos alternativas para la óptima localización de la fábrica de tubos: Altamira, Tamps. y Lázaro Cárdenas, Mich. Los factores decisivos considerados para la ubica

ción final son la situación de los mercados de consumo y de --  
abastecimiento de materias primas. Otros aspectos analizados --  
son también la infraestructura regional, la disponibilidad de --  
mano de obra y energéticos, los estímulos fiscales, etc. Se fi  
ja de esta manera la localización ideal para la planta.

Con los resultados del tercer capítulo como premisas, la evalua  
ción realizada en el capítulo V de las rutas propuestas para la  
producción siderúrgica señala que la vía Reducción Directa/Hor  
no Eléctrico es la más viable para producir a los niveles esti  
mados. Se describen también el flujo del proceso y los balan  
ces de materia y energía, se determinan el equipo necesario pa  
ra la operación de la planta, se propone un programa de produc  
ción, etc.

En el capítulo VI se define la personalidad jurídica de la em  
presa, además de señalarse en un organigrama los puestos ejecu  
tivos y operacionales más altos incluyéndose los manuales de -  
procedimientos de éstos.

Por otra parte, conocido ya el proceso a utilizar y las carac  
terísticas de la planta, se obtuvo la cotización del equipo, -  
terreno, edificios y servicios auxiliares. Se fijaron también  
los requerimientos de capital de trabajo u operación. Ambos -  
rubros se calendarizaron de acuerdo al programa de construcción,  
de producción y a las curvas de aprendizaje, estimándose así -  
los financiamientos requeridos.

Una vez calendarizados la inversión fija, el capital de trabajo  
y los financiamientos, se obtuvieron los balances, estados de  
resultados y flujos de efectivo profoma para los ocho primeros  
años de operación, incluyéndose además el punto de equilibrio.

Finalmente, en el capítulo IX la evaluación del proyecto se efec  
tuó utilizando los métodos del Valor Actual Neto y Tasa Interna  
de Rendimiento, ambos seleccionados de acuerdo a las caracterís  
ticas del proyecto y la situación económica actual.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en el estudio del proyecto arrojaron elementos importantes en la toma de decisiones respecto a su viabilidad.

Los niveles de capacidad instalada que se tendrán después de 1987 serán insuficientes para cubrir la creciente demanda de tubería de acero sin costura, por lo que ésta justificará la instalación del proyecto. Si a esto se agrega que no existen planes para levantar nuevas plantas que fabriquen estos productos, el proyecto se ve doblemente favorecido.

Por otro lado, es recomendable que la comercialización del producto final se haga Libre a Bordo planta productora con el propósito de no incurrir en elevados costos de distribución, aprovechando a su vez las economías de escala externas al hacer uso de la red de distribuidores existente.

La disponibilidad de pelets y gas natural está asegurada durante la vida del proyecto. Los primeros provendrían de la planta "Alta mira", en tanto que el segundo de la red troncal que desemboca en el puerto del mismo nombre. La energía eléctrica tampoco representa problemas de suministro.

Por otra parte, la escasez de chatarra y sus altos precios internacionales hacen prohibitiva su compra en el extranjero, por lo que la solución que se propone es cargar los hornos con aproximadamente 78% de prerreducidos y el resto con la chatarra generada internamente.

El tamaño de la planta se fijó en 200 mil toneladas de producción anual de tubería, atendiendo a dos factores básicos: el volumen del mercado potencial y la disponibilidad de materias primas. Se seleccionó entonces la tecnología más adecuada suponiendo que se contaría con recursos financieros suficientes. De esta manera, el equipo seleccionado cumple ampliamente con las exigencias para la fabricación de productos de alta calidad, los que bien podrían competir en los mercados internacionales. Asimismo, se logra la minimización de costos de producción y un aumento considerable de productividad.

En lo que corresponde a la localización de la planta, el puerto de Altamira resultó comparativamente mejor que el de Lázaro Cárdenas de acuerdo a los elementos que se evaluaron. Levantar la fábrica de tubos en Altamira significa aprovechar un buen número de ventajas, entre las que sobresalen la proximidad de los mercados de consumo y abastecimiento, la infraestructura regional, los estímulos fiscales y la disponibilidad de mano de obra y servicios.

Aunque cada empresa en particular tiene sus propias necesidades de organización, se recomienda tomar como punto de partida el organigrama propuesto ya que señala los puestos en línea más importantes de acuerdo a experiencias de plantas similares, permitiendo la óptima operación de la planta en todos los sentidos.

De acuerdo a las cotizaciones obtenidas, la inversión fija asciende a 57 465 millones de pesos, cifra que representa una inversión considerable. Sin embargo, dadas las características del proyecto y su situación en la economía del país, resulta de gran interés para la inversión pública.

Los resultados obtenidos de los estados financieros proforma y en los métodos de rentabilidad empleados señalan la factibilidad de realización del proyecto, arrojando resultados muy atractivos para los inversionistas, los que podrían sensibilizarlo - de acuerdo a sus objetivos particulares.

## ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado para cualquier proyecto permite conocer elementos de importancia vital para la toma de decisiones en cuanto a la continuación, suspensión o replanteamiento del mismo. Es el punto de partida debido a que en él se detecta la existencia de demanda insatisfecha - del producto que se tiene planeado producir.

Para determinar si esa condición básica de mercado se presenta, se han seguido, de acuerdo a metodologías tradicionales de proyectos, análisis de la oferta actual y futura, incluyendo capacidad instalada, producción, tipos de proceso y equipo, planes de expansión, sistemas de distribución, entre otros.

Se ha hecho, en contrapartida, la evaluación de la demanda, centrándose en este caso en el sector de hidrocarburos, su comportamiento presente y planes de expansión tomando como base la inversión que PEMEX tiene estimado -- realizar.

También se ha incluido el análisis de precios del producto en el mercado y la política oficial al respecto.

El resultado del balance proyectado entre oferta y demanda (objetivo principal de este capítulo) da la pauta no sólo para continuar con el estudio del proyecto sino para determinar el tamaño de la planta en función del tamaño del mercado.

## 1. DESCRIPCIÓN Y USOS DEL PRODUCTO

Los tubos sin costura pueden definirse como piezas cilíndricas huecas de acero que se obtienen mediante procesos metalúrgicos de forja y/o laminación en caliente. Por tanto, son piezas que presentan continuidad en sus propiedades y que no han sido sometidas a ningún proceso de soldadura.

Por sus características particulares, de entre las que destacan la resistencia a la torsión, a altas presiones y temperaturas, al desgaste, a cargas severas internas y - externas, etc. existe una amplia variedad de funciones que pueden desarrollar estos productos.

### 1.1 Usos de los Tubos sin Costura

En la tabla siguiente se relacionan los principales tipos de tubería con sus características de trabajo y las funciones que pueden desempeñar:

Tipo de Tubería	Características de Trabajo	Funciones
Revestimiento (Casing)	Resistencia a cargas severas internas o externas, a esfuerzos de tracción y de flexión.	Sostener paredes inestables de pozos petroleros, de gas u otros fluidos, para evitar la entrada de materiales extraños.
Producción (Tubing)	Resistencia a esfuerzos de tracción y flexión y al desgaste.	Conducción a la superficie del líquido que se capta en los pozos.
Perforación (Drill Pipe)	Resistencia a cargas severas, a esfuerzos de tracción, torsión, flexión y a fricciones frecuentes.	Formar una columna que transmita el movimiento circular a la barrena rotativa y conducir los lodos de la perforación.

Conducción (Line Pipe)	Resistencia a los esfuerzos durante su <u>transportación</u> , colocación y uso.	Transportar líquidos o gases a temperaturas y <u>presiones</u> requeridas (principalmente crudo y gas natural) de los pozos a las refinerías y puertos de embarque, así como refinado a tanques de almacenamiento, centros de carga y de consumo.
Para pozos de agua profundos	Las mismas del Casing para petróleo, pero este tubo <u>va ranurado</u> .	Sostener las paredes de los pozos de agua.
Para pozos de azufre	Además de las especificaciones del Casing para petróleo, debe recubrirse con resinas epoxifenólicas para que resistan la <u>corrosión</u> .	Sostener las paredes de los pozos azufreros y conducir el azufre a la superficie.
Para conducción de líquidos y gases <u>no corrosivos</u> .	Resistencia a presiones <u>normales</u> de los fluidos.	Formación de redes de <u>distribución</u> de vapor, aire, agua, gas y otros fluidos <u>no corrosivos</u> en instalaciones <u>civiles e industriales</u> .
Conducción de gases y líquidos <u>semicorrosivos</u> en refinerías y plantas desulfadoras.	Presentar flexibilidad para ser doblados, estañados y operaciones similares de formado. Resistencia a la <u>corrosión</u> , por lo que se fabrican con aceros <u>especiales</u> .	Conducción de fluidos a <u>presión</u> y a altas temperaturas.
Tubos para calderas	Resistencia a presiones de agua y vapor a altas <u>temperaturas</u> .	Para equipos <u>termodinámicos</u> . Por la variedad en que se fabrican, pueden ser <u>estirados</u> en frío o en caliente.
Para <u>intercambiadores</u> de calor	Resistencia en condiciones severas de <u>presión</u> y <u>temperatura</u> . Estructura <u>uniforme</u> y compacta y superficies <u>pulidas</u> . Por ser de dimensiones reducidas <u>deben</u> ser <u>estirados</u> en frío.	Para <u>condensadores</u> e <u>intercambiadores</u> de calor.
Para usos <u>mecánicos</u>	Pueden ser <u>estirados</u> en <u>caliente</u> o en frío.	Para <u>piezas mecánicas</u> <u>circulares</u> y de grueso <u>espesor</u> .
Estructurales	Resistencia a las <u>cargas</u> de <u>pandeo</u> .	Como <u>elemento mecánico</u> o <u>estructural</u> en la <u>construcción</u> de estructuras.

Para codos, "tes" y otros usos	De acuerdo a su uso.	Para subproductos tubulares.
Tubos comerciales para usos generales.	Tolerancias de fabricación poco estrictas.	Cuando las condiciones de uso no sean muy severas.

## 1.2 Bienes Sustitutos y Complementarios

Además de los tubos sin costura existe otro tipo de tubería de acero soldada llamada con costura. Sin embargo, es un producto que presenta mucho menor tolerancia a las condiciones de trabajo a que es sometido el tubo sin costura, por lo que no se considera un bien sustituto. En tanto la tubería sin costura es propia para usos bajo condiciones severas de trabajo, los tubos con costura se usan principalmente para la conducción de fluidos a no muy alta presión, no corrosivos, y por su menor costo son propios para ductos de gran diámetro y longitud.

En la tabla siguiente se incluyen los distintos diámetros en que se fabrican estas dos clases de tubos:

Tubos con Costura	Tubos sin Costura	
	En caliente	En frío
406.40 - 1 219.20 mm (16 - 48 plg)	42.16-457.20 mm (1.66-18 plg)	5.08-50.8mm (0.2-2 plg)

Esto demuestra que los tubos de gran diámetro se fabrican con costura porque producirlos sin costura resultaría sumamente costoso y cumplirían con la misma función (conducción).

Es muy frecuente en algunos usos (conducción a alta presión, revestimiento y otros) que los tubos sin costura deban formar largos conductos, por lo que deben unirse uno con otro mediante coples roscados. Estos coples pueden considerarse como los -

principales bienes complementarios y pueden presentarse como codos, "tes", lineales, etc., cuya fabricación puede hacerse en la misma planta.

## 2. ANALISIS DE LA OFERTA

Existe en la actualidad una sola empresa en el país que produce estos productos. - Su producción se destina casi totalmente a la industria del petróleo y petroquímica. Tubos de Acero de México, S.A., ubicada en el municipio de Tejería, en el estado de Veracruz, es una planta siderúrgica de tipo integrada que utiliza la ruta tecnológica RD/HEA\* para la producción de acero.

La producción de esta empresa abarca todo tipo de tubería sin costura de acuerdo a las normas nacionales e internacionales o a las necesidades del cliente, tanto en aceros comerciales como en especiales de alta calidad. Asimismo, parte de su producción siderúrgica la destina a la fabricación de barras de aceros especiales.

### 2.1 Comportamiento Histórico

#### 2.1.1 Producción Nacional

La producción doméstica de tubería de acero sin costura creció a un ritmo promedio anual del 3.0% durante el periodo 1970-1982, en el cual pasó de 184 821 a 264 531 toneladas (cuadro 1).

En lo que se refiere a la tecnología del proceso, durante este lapso TAMSA realizó modificaciones y labores de reajuste, con lo que su capacidad instalada de aceración se incrementó de 320 000 a 435 000 toneladas anuales. Sin embargo, la capacidad de producción de la fábrica de tubos fue incrementada en menor escala.

#### 2.1.2 Importaciones

El gran impulso a la actividad petrolera y el contar con una sola empresa productora

---

\* Reducción Directa/Horno Eléctrico de Arco



A Ñ O	PRODUCCION	CAPACIDAD INSTALADA	APROVECHAMIENTO (%)
1970	184 821	185 000	100.0
1971	180 079	185 000	97.3
1972	195 285	200 000	97.5
1973	186 087	200 000	93.0
1974	196 388	200 000	98.0
1975	215 075	220 000	97.7
1976	225 339	240 000	93.8
1977	220 166	240 000	91.7
1978	252 426	260 000	96.9
1979	255 038	260 000	98.1
1980	241 822	260 000	93.1
1981	251 105	260 000	96.6
1982	264 531	333 000	79.4

FUENTE: Comisión Coordinadora de la Industria Siderúrgica.

Cuadro 1 CAPACIDAD INSTALADA Y PRODUCCION  
DE TUBOS SIN COSTURA (toneladas)

ra de tubos sin costura en el país, ha provocado el incremento constante en las importaciones de tubería de acero sin costura durante los últimos años.

La inflexibilidad a la que ha llegado la oferta actual al no poder cumplir con el total de los requerimientos del mercado interno ha propiciado que las importaciones hayan crecido a ritmos desmesurados a partir de 1979, año que marca el punto de partida del auge petrolero en el país, al pasar de 13 mil toneladas en 1970 a 447 mil en 1982, como se observa en el cuadro 2.

Como se muestra en el cuadro 3, el origen de las importaciones es en su gran mayoría de Estados Unidos, con embarques menores de Japón, Alemania Federal y otros países.

A Ñ O	TONELADAS	A Ñ O	TONELADAS
1970	13 319	1977	35 300
1971	9 438	1978	40 000
1972	10 785	1979	182 123
1973	35 647	1980	369 664
1974	29 050	1981	176 920
1975	43 459	1982	446 723
1976	34 300	TMCZ	34.0

FUENTE: CANACERO 1970-1978, IMCE Dirección General de Servicios al Comercio Exterior. Informática. 1979-1982.

Cuadro 2 IMPORTACION NACIONAL DE TUBOS DE ACERO SIN COSTURA (toneladas)

## 2.2 Oferta Actual

### 2.2.1 Capacidad Instalada

La capacidad instalada en laminación de tubos sin costura se resume en el cuadro 1, en el que se observa que los incrementos detectados hasta 1981 fueron paulatinos y de poca envergadura, producto de la inclusión de un nuevo laminador en 1972 así como de equipos auxiliares en diversas etapas del periodo y no a ampliaciones importantes o a la instalación de nuevas plantas.

A partir de 1982 y de acuerdo al programa de expansión de TAMS<sup>(1)</sup> entra en operación la primera etapa de la nueva planta de acabado en frío con una producción de 73 000 toneladas para ese año, con lo que la capacidad instalada llegó a 333 mil toneladas anuales en 1982. Dicha producción de tubos acabados en frío se generó a partir de esbozos (tubos semiterminados) importados laminados en caliente, ya que el nuevo laminador de tubos no estará listo hasta 1984.

(1) Referencia bibliográfica

ORIGEN	1979	1980	1981	1982
Estados Unidos	89 447	298 117	165 203	
Japón	19 296	29 029	2 931	
Alemania Federal	22 164	9 695	1 927	
Francia	2 773	2 473	1 053	
Italia	14 225	3 332	386	
Canadá	82	21	-	
Brasil	8 359	1 131	292	
España	16 550	10 269	3 475	
Bel/Lux	2 240	2 067	575	
Reino Unido	1 431	1 346	161	
Suecia	362	414	261	
Argentina	3 012	3 683	-	
Panamá	4	1 891	-	
Holanda	48	1	-	
Australia	-	-	43	
Rumania	1 536	-	-	
Austria	4	-	191	
Corea del Sur	-	-	6	
Israel	408	24	236	
Venezuela	164	237	156	
Suiza	12	17	-	
Egipto	-	5 897	-	
Bahamas	7	-	-	
Isla Dominicana	-	20	-	
Guatemala	-	-	24	
<b>T O T A L</b>	<b>182 124</b>	<b>169 664</b>	<b>176 920</b>	<b>172 739*</b>

FUENTE: Instituto Mexicano de Comercio Exterior.

\* Datos no disponibles por país.

Cuadro 3 IMPORTACION DE TUBOS DE ACERO SIN  
COSTURA POR PAIS DE ORIGEN (tons)

## 2.2 Niveles de Aprovechamiento

Notobstante los incrementos de la capacidad instalada que ha desarrollado la empresa en el transcurso de los años, el ritmo constante de los aumentos de producción han mantenido a TAMSA en niveles de operación muy elevados. En el cuadro 1 se observa que los niveles de aprovechamiento nunca fueron menores del 90%.

En 1982, y con la entrada del nuevo laminador estirador (acabado en frío), la utilización bajó a 79.4% de acuerdo al inicio del periodo de aprendizaje del mismo.

### 2.2.3 Tipo de Proceso y Equipo

Como ya se indicó, la ruta tecnológica utilizada por TAMSA para producir su acero es la de RD/HEA, en tanto que para la fabricación de la tubería sin costura cuenta con un laminador de lingotes a paso de peregrino.

Por tratarse de una empresa integrada, el mineral es reducido mediante el proceso HYL de reducción, que incluye básicamente cuatro módulos de reducción, una estación desulfuradora, un reformador de gas natural, una caldera y otros equipos auxiliares menores. El producto obtenido se llama hierro esponja o DRI\*, el cual se envía a la nave de aceración.

Esta nave incluye cuatro hornos eléctricos de arco y sistema de colado en fuente. Mediante el proceso de fusión y refinación en estos hornos se procesan mezclas de chatarra y hierro esponja hasta la obtención del acero líquido, que posteriormente se solidifica en lingoteras mediante el sistema arriba mencionado.

En la nave de laminación (fábrica de tubos) el lingote se recalienta hasta la temperatura de operación ( $\sim 1300^{\circ}\text{C}$ ) para posteriormente ser perforado y alargado (por forja y laminación) utilizando para ello el proceso de laminador a paso de peregrino. Esta nave incluye cuatro hornos de recalentamiento de lingotes, cuatro hornos para tratamientos térmicos, una prensa perforadora, dos laminadores alargadores, cinco laminadores forjadores rotativos, seis máquinas enderezadoras, dos baterías de cortadoras automáticas y cuatro semiautomáticas, tres equipos de inspección no -

---

\* Direct Reduced Iron

destruictiva y tres de pruebas hidráulicas. Existe además una nave de estirado en frío para la fabricación de tubos de diámetros pequeños, provenientes de esbozos laminados en caliente.

### 2.3 Comportamiento Futuro

Como respuesta a la insuficiente oferta actual de tubos sin costura, TAMSА ha programado la expansión de sus instalaciones en dos etapas. De acuerdo al proyecto de Expansión Industrial AT-2<sup>(1)</sup>, la ampliación de esta empresa, por ser de tipo integrada incluye:

- Nueva planta de reducción directa e instalaciones auxiliares
- Nueva acería y equipo para colada continua
- Nuevo laminador de tubos
- Nuevas líneas de tratamiento térmico y acabado en frío
- Nuevas instalaciones de servicios generales
- Infraestructura

Como resultado de este programa de expansión, la capacidad instalada de tubos sin costura se habrá incrementado en 320 mil toneladas adicionales a partir de 1987, con una flexibilidad de proceso que permita alcanzar 369 mil toneladas. Con esto, la capacidad total de la planta al término del proyecto alcanzará 580 mil toneladas anuales con un máximo de 629 mil si se considera la flexibilidad de referencia.

En la gráfica 1 se detalla la calendarización del nuevo proyecto, mientras que en el cuadro 4 se observan los niveles de producción previstos durante el periodo de aprendizaje del nuevo laminador, que se espera alcance el 100% de utilización en 1989, considerando el 83.2% del primero.

## 3. ANALISIS DE LA DEMANDA

### 3.1 Comportamiento Histórico

La demanda de tubos de acero sin costura, durante el periodo 1970-1982, presentó una tasa media de crecimiento del 12.2% anual, destacando los incrementos suscitados a partir de 1979 (cuadro 5).

TAMSA - AT2			PROGRAMA DE REALIZACION DE LA EXPANSION INDUSTRIAL																	
AÑOS			1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
SEMESTRES			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
-MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE PELETS																				
-PLANTA DE REDUCCION DIRECTA																				
-MANEJO, ALMACENAMIENTO Y CARGA DE FIERRO ESPONJA																				
A C E R I A	ACERIA	1 ETAPA																		
		2 ETAPA																		
	COLADA CONTINUA	1 ETAPA																		
		2 ETAPA																		
FABRICA DE TUBOS	LAMINADOR																			
	ACABADO EN FRIO	1 ETAPA																		
		2 ETAPA																		
SERVICIOS GENERALES	1 ETAPA																			
	2 ETAPA																			
	3 ETAPA																			

Gráfica 1 CALENDARIZACION DEL PROYECTO DE AMPLIACION DE TAMSA

AÑO	DE ESBOZOS TAMSA	DE ESBOZOS IMPORTADOS	PRODUCCION	PERFO- RACION	CONDUCCION	VIARIOS Y COMERCIALES	TOTAL	PRODUCCION AMBOS LAMINADORES	CAPACIDAD INSTALADA TOTAL
1982	-	73	-	-	-	-	73	331	333
1983	-	99	-	-	-	-	99	357	359
1984 <sup>(1)</sup>	90	60	-	-	-	-	150	408	410
1985	136.2	20	-	-	29.8	-	186	446	446
1986	173.8	-	3.6	8.4	60.6	3.4	249.8	500	509.8
1987 <sup>(2)</sup>	193.2	-	3.8	8.7	90.3	6.2	302.2	525	562.2
1988	202.4	-	3.9	9.2	122.7	8.0	346.2	549	606.2
1989 <sup>(3)</sup>	213.3	-	4.1	9.6	129.4	12.4	368.8	578	628.8
1990	213.3	-	4.1	9.6	129.4	12.4	368.8	578	628.8

FUENTE: Proyecto Industrial AT-2. TAMSA

(1) Entra en operación el nuevo laminador

(2) Se termina de instalar el nuevo laminador

(3) Utilización total del nuevo laminador hasta alcanzar 369 000 toneladas.

Cuadro 4 PERIODO DE APRENDIZAJE DEL NUEVO LAMINADOR  
DE TAMSA (miles de toneladas)

A Ñ O	TONELADAS	A Ñ O	TONELADAS
1970	173 603	1977	246 264
1971	160 322	1978	285 917
1972	183 168	1979	433 671
1973	206 835	1980	608 971
1974	203 397	1981	424 302
1975	237 615	1982	692 323
1976	241 260	TMCZ	12.2

FUENTE: Comisión Coordinadora de la  
Industria Siderúrgica.

Cuadro 5 DEMANDA NACIONAL DE TUBOS DE  
ACERO SIN COSTURA (toneladas)

### 3.2 Situación Actual

En 1980 el crecimiento observado en el mercado mundial de energéticos favoreció el considerable aumento en la explotación del petróleo nacional. Esto propició una demanda interna de tubería de acero sin costura sin precedentes, llegando a 608 971 toneladas en ese año, siendo la producción doméstica incapaz de cubrirla, por lo que se recurrió a las importaciones.

A partir de 1981, las severas contracciones que sufre el mercado internacional de energéticos hacen suponer una baja considerable en la actividad petrolera del país. Sin embargo, al considerar este sector como una de las bases de la economía, el Gobierno Federal se ha esforzado por mantener vigentes sus mercados. Esto propició que la inversión de PEMEX se incrementara en 6.9% en 1981 y en 7.5% en el año siguiente. Con este panorama, el consumo de tubería sin costura, si bien decayó en 1981, para 1982 alcanzó la cifra récord de 692 323 toneladas (cuadro 5).

#### 3.2.1 Sectores Consumidores

Del total de la demanda de tubos sin costura, el 78.6% es absorbido por la indus-



tria petrolera, como se observa en la matriz del cuadro 6, representada por PEMEX y sus contratistas. Este sector consume casi el total de la producción de tubos de revestimiento (Casing), producción (Tubing) y perforación (Drill Pipe)..

Otros sectores consumidores importantes son la industria de la construcción y los -fabricantes de maquinaria y equipos mecánicos, cuya participación en la demanda es del 12.4 v 5.6%, respectivamente.

SECTOR CONSUMIDOR	DISTRIBUCION ( % )
Maquinaria y equipos mecánicos	5.6
Máquinas mecánicas (equipos de proceso)	-
Calderas y equipo termodinámico	3.4
Movimiento de materiales	1.2
Piezas y partes para equipos mecánicos	1.0
Industria de la construcción	12.4
Estructuras metálicas y pailería	4.1
Torres y líneas de transmisión	-
Construcción en general	6.4
Herrería y perfiles tubulares	0.1
Elevadores	-
Postes y semáforos	1.8
Industria extractiva	78.6
Petróleo	78.6
Otras industrias	3.4
T O T A L	100.0

FUENTE: Comisión Coordinadora de la Industria Siderúrgica,  
Proyecciones de demanda de productos siderúrgicos 1975-1985.

Cuadro 6 MATRIZ DE CONSUMO SECTORIAL DE TUBOS SIN COSTURA

### 3.3 Exportaciones

La producción nacional de tubería sin costura se ha canalizado básicamente a satisfacer la demanda interna; sin embargo, se han realizado algunas exportaciones desde 1975, las cuales hasta 1980 mostraron una tendencia decreciente. En el cuadro 7 se observa el comportamiento descrito, así como el repunte mostrado a partir de 1981.

A Ñ O	TONELADAS	A Ñ O	TONELADAS
1975	20 919	1979	3 490
1976	18 379	1980	2 515
1977	9 202	1981	3 723
1978	6 509	1982	13 931

FUENTE: CANACERO 1970 - 1978  
IMCE 1979 - 1982.

Cuadro 7 EXPORTACION DE TUBOS SIN  
COSTURA ( Toneladas )

Estados Unidos ha sido tradicionalmente el país que ha absorbido la gran mayoría de las exportaciones mexicanas de estos productos, con Brasil como el segundo en orden de importancia. (Cuadro 8)

### 3.4 Proyección de la Demanda

Para la proyección de la demanda se utilizó un modelo de regresión cuyo cálculo se describe a continuación:

#### 3.4.1 Características Teóricas

Con el objeto de obtener una regresión con el mayor grado de ajuste a la curva de demanda, se realizaron pruebas con diversas variables y diferentes ecuaciones. De este conjunto de escenarios, el ajuste obtenido al utilizar la inversión bruta fija de PEMEX a precios constantes como variable explicativa y la ecuación exponencial  $y = a e^{bx}$  como función de demanda resultó de gran bondad.

DESTINO	1981	1982	1983
Estados Unidos	75.1	58.2	68.0
Brasil	23.7	17.9	6.6
Cuba	-	16.3	0.5
Japón	-	2.8	-
Otros	1.2	4.8	24.9
TOTAL	100.0	100.0	100.0

FUENTE: Instituto Mexicano de Comercio Exterior.

Cuadro 8 EXPORTACION NACIONAL DE TUBOS SIN COSTURA POR PAIS DE DESTINO (%)

### 3.4.2 Selección de Variables

Se seleccionó la inversión bruta fija de PEMEX a precios de 1970 como la variable independiente en la función demanda de tubos sin costura. Sin embargo, esta inversión se presentaba bajo tres escenarios distintos de acuerdo con la fuente consultada<sup>(2)</sup>.

De las tres alternativas propuestas se seleccionó la Alternativa 1, cuyos supuestos son los siguientes:

#### Corto Plazo

- Contracción del gasto público real en 11.3%.
- Mayor ingreso público en todo el periodo proyectado, resultante de las medidas de Reforma Fiscal de diciembre de 1982.
- Financiamiento convenido en el acuerdo con el FMI (en 1983 especialmente).
- Condiciones sociopolíticas manejables.
- Tasas de interés más bajas y estables.
- Recuperación moderada en los Estados Unidos.

- Generación sólo del 50% de los empleos anunciados en el bienio 1983-1984 (350 mil en lugar de 700 mil).

#### Mediano Plazo

- Para 1983 se pronostica la contracción más notable de la postguerra, combinada con tasas de inflación extraordinarias aunque decrecientes. El empleo se contrae y la brecha externa se mantiene por abajo del nivel de 1982.
- Anticipa el inicio de la recuperación a partir de 1984, con crecimiento positivo modesto.
- Prevé un trienio 1986-1988, posterior al de reordenación económica, con ritmos de crecimiento superiores al 6%, sin embargo insuficiente para generar una tasa de empleo del 4 al 4.5% que el mercado laboral requiere.
- Contiene una declinación del ritmo inflacionario aunque no la desaceleración anunciada oficialmente.
- Mantiene una brecha externa financiable.

Todos los supuestos son válidos para las tres alternativas, lo que las diferencia son indicadores no cualitativos sino de magnitud, basados en dos planteamientos básicos:

- El grado de cumplimiento del convenio suscrito por México con el FMI.
- El grado en que se materialicen las premisas internacionales subyacentes en el convenio, particularmente las relativas al apoyo financiero externo y al precio internacional del petróleo.

La selección del escenario I (Alternativa 1) se basó en evaluar la magnitud en que consideraba ambos planteamientos:

- Caída de US \$5.50 por barril del precio del petróleo en 1983-1990 y un ajuste en la política fiscal y de gasto más severo por parte de México para compensar la baja de ingresos públicos.
- Cumplimiento razonable del convenio suscrito con el FMI.

#### 3.4.3 Pruebas Econométricas al Modelo

El análisis de las pruebas econométricas presentadas por el modelo y que se mues-

tran en el cuadro 9, es el siguiente:

- Coeficiente de correlación ( $r$ ). Este índice mide el grado de dependencia que la variable dependiente (demanda de tubos de acero sin costura) tiene respecto a la variable explicativa (inversión bruta fija de PEMEX). Entre más cercano a 1 (100%) se encuentre, mayor es el grado de asociación lineal entre las dos variables.
- Coeficiente de determinación ( $r^2$ ). Este coeficiente indica en qué medida la línea de regresión muestral se ajusta a los datos. Al igual que el  $r$ , entre más cercano a 1 sea, mayor nivel de ajuste existirá entre la línea de regresión y los datos, y menor la tendencia a que se presenten residuos (ei) tanto positivos como negativos.
- Durbin-Watson. Esta prueba permite descubrir la presencia de un término autocorrelacionado. La hipótesis nula de la prueba es que no existe autocorrelación entre los términos de error en la condición de primer orden, es decir,  $P = 0$ , donde  $P$  es llamado coeficiente de autocorrelación<sup>(3)</sup>.
- Error estándar ( $S$ ). Este concepto se conoce como la raíz cuadrada de la varianza. Si esta última mide el grado de dispersión de la distribución de los datos de la muestra y es la suma de las desviaciones al cuadrado de las variables aleatorias respecto a sus valores esperados, el error estándar mide esta dispersión eliminando el efecto cuadrático pero manteniendo la característica de ser siempre positivo. Desde luego, entre menor sea su valor, la dispersión de los datos respecto a la media también será menor.
- Error estándar de los estimadores  $\alpha$  y  $\beta$  ( $S_{\alpha}$  y  $S_{\beta}$ ). Al igual que el error estándar en la muestra, para los estimadores en la ecuación, éste mide la dispersión del estimador en relación al verdadero parámetro de la distribución. Entre menor sea de 1, es más significativo.
- Covarianza ( $cv$ ). Es la medida del grado de correlación de dos variables. "El valor positivo de la covarianza de  $X$  e  $Y$  implica que a mayores valores de  $X$  se asocian mayores valores de  $Y$ "<sup>(4)</sup>. Por tanto, entre mayor sea su valor POSITIVO, menor asociación existirá entre las dos variables.

Año	Y	X	$Y = \alpha + \beta x$	$Y = \alpha e^{\beta x}$	$Y = \alpha + \beta \ln x$	$Y = \alpha x^{\beta}$
1970	173 603	2 750	124 115	159 982	73 849	134 119
1971	160 322	4 684	157 122	176 280	167 540	178 606
1972	183 168	4 284	150 295	172 778	151 836	170 233
1973	206 835	5 658	173 744	185 106	200 776	197 710
1974	203 397	6 014	179 820	188 441	211 511	204 307
1975	237 615	11 963	281 347	253 964	332 502	295 759
1976	241 260	12 616	292 491	262 420	341 852	304 337
1977	246 264	13 812	312 902	278 645	357 786	319 530
1978	285 917	19 312	406 767	367 170	416 755	382 661
1979	433 671	21 155	438 220	402 731	432 791	401 889
1980	608 971	24 665	498 122	480 263	459 797	436 482
1981	424 302	26 352	526 913	522 672	471 437	452 295
1982	692 323	28 337	560 790	577 393	484 213	470 313
COEF. REG. a			77183.2	139 368	$-1.3194 \times 10^{+6}$	1894.52
COEF. REG. b			17.0663	$5.01606 \times 10^{-5}$	175928	0.537893
ERROR STD. a			41706.7	0.0813033	370198	0.806808
ERROR STD. b			2.52907	$4.9302 \times 10^{-6}$	39702.4	0.0865272
ERROR STD.			79915.4	0.155788	108563	0.236602
COEF. DET.			0.805435	0.90376	0.64094	0.778234
COVAR.			$1.42002 \times 10^{-9}$	4173.69	109619	0.335154
COEF. CORR.			0.89746	0.950663	0.800587	0.882176

Y = Demanda (toneladas)

X = Inversión de PEMEX (Millones de pesos, 1970 = 100)

Cuadro 9 CALCULO DE LA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

Los resultados obtenidos de las pruebas econométricas efectuadas al modelo de regresión  $Y = \alpha e^{\beta x}$  son los siguientes:

$r = 0.9507$	(excelente)
$r^2 = 0.9038$	(excelente)
$S_x = 0.0813$	(muy bueno)
$S_y = 4.9302 \times 10^{-6}$	(excelente)
$S = 0.1558$	(muy bueno)
$cv = 4173.7$	(excelente)
$dw = 1.38$	(se acepta la hipótesis nula $P = 0$ en todos los casos)

#### 3.4.4 Resultados

De acuerdo al modelo de regresión utilizado, la demanda para los años 1983 - 1990 es la que se muestra en el cuadro 10.

AÑO	TONELADAS	AÑO	TONELADAS
1983	339 375	1987	561 360
1984	380 075	1988	617 554
1985	420 477	1989	679 067
1986	471 470	1990	795 463

Cuadro 10 PROYECCION DE LA DEMANDA DE TUBOS DE ACERO SIN COSTURA (toneladas)

#### 4. BALANCE OFERTA/DEMANDA

En el establecimiento del balance oferta/demanda se tomaron dos alternativas: una basada en la producción esperada de TAMSА para cada año y otra teórica suponiendo una utilización del 100 por ciento de la capacidad instalada.

En el primer caso, que se considera el más viable, se esperan importantes déficits de oferta a partir de 1987, hasta llegar a 217 mil toneladas en 1990 (cuadro 11).

A Ñ O	TONELADAS	A Ñ O	TONELADAS
1983	17 625	1987	(36 360)
1984	27 925	1988	(68 554)
1985	25 523	1989	(101 067)
1986	28 530	1990	(217 463)

( ) Déficit.

Cuadro 11 BALANCE OFERTA / DEMANDA DE LA  
ALTERNATIVA 1 (toneladas)

En la segunda alternativa, los déficits se presentan a partir de 1988 con magnitudes menores (cuadro 12).

A Ñ O	TONELADAS	A Ñ O	TONELADAS
1983	19 625	1987	840
1984	29 925	1988	(11 354)
1985	25 523	1989	(50 267)
1986	38 330	1990	(166 663)

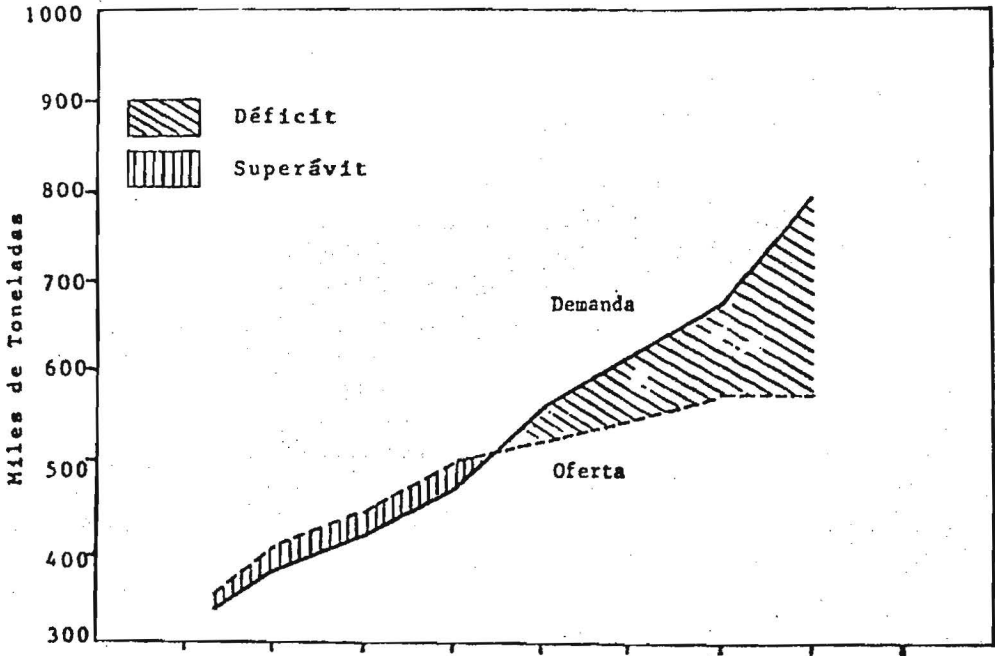
( ) Déficit.

Cuadro 12 BALANCE OFERTA / DEMANDA DE LA  
ALTERNATIVA 2 (toneladas)



Con base en lo anterior, el balance mostrado en el cuadro 11 indica más verazmente - la futura demanda insatisfecha.

En la gráfica 2 se muestran más objetivamente los déficits esperados para el periodo 1987-1990.



Gráfica 2 COMPORTAMIENTO ESPERADO DE LA OFERTA Y LA DEMANDA (1983-1990)

## 5. COMERCIALIZACION

La práctica comercial para la distribución de tubería de acero se realiza por lo general Libre a Bordo (LAB) puerta de entrada planta productora, debido a que el principal demandante, que es PEMEX, cuenta con la infraestructura necesaria para recoger el producto.

Tomando como base esta experiencia, y considerando que el grueso de la producción de la planta proyectada tendrá el mismo destino, es recomendable adoptar un sistema de comercialización análogo, con el correspondiente ahorro de inversión en equipo de transporte. El resto de la producción puede canalizarse a través de diferentes centros de distribución ya establecidos.

## 6. PRECIOS

A fin de evitar las alzas injustificadas y la especulación de la que fueron objeto diversos productos siderúrgicos, el 27 de septiembre de 1976 el Ejecutivo Federal, por conducto de la entonces SIC, dispuso el ejercicio de un control de precios. Dicho ordenamiento establece que el control debe permitir la inversión productiva y proteger la capacidad real de consumo de la población. Se recalca además que esta Secretaría queda facultada para fijar tanto los precios de fábrica como los de venta al mayoreo y menudeo, es decir, el control es ejercido desde la planta hasta el consumidor.

Un año después, el 21 de octubre de 1977 surge otro decreto que reforma y adiciona al anterior, estableciendo criterios más amplios sobre el control de precios. Este decreto define que la Secretaría de Comercio establecerá los precios máximos con base en un criterio esencial, que es el de determinar un equilibrio entre costos y utilidades razonables. Para ello la Secretaría evaluará el monto y la justificación de los costos de producción y distribución así como los de la inversión del solicitante, el nivel de dichos montos en las empresas más eficientes y otros factores que la propia Secretaría considere en vías de establecer dicho equilibrio.

No procederá una solicitud de aumento de precios, si los costos totales se llegan a incrementar solamente el 5% o menos.

Con base en la política descrita y a que existe sólo una empresa productora, se tomará a priori el precio de venta fijado a ésta como el que rijan a las demás empresas que se establezcan. El precio promedio de tubería a agosto de 1983 era de - - \$125 000/ton.

## I I

### M A T E R I A S     P R I M A S

En el proceso integrado para la producción de acero - la materia prima básica es el mineral de hierro, independientemente de la ruta tecnológica empleada.

De acuerdo con las conclusiones del capítulo anterior, se puede adelantar a este nivel que será la Reducción Directa-Horno Eléctrico de Arco la ruta que deberá ser utilizada para el proyecto, lo que se estudia con mayor detalle en el capítulo V.

Bajo estas consideraciones, además del mineral de hierro se evalúan el gas natural, la energía eléctrica y la chatarra a fin de detectar su localización, reservas, destino, disponibilidad para la planta y precio.

Los resultados obtenidos de esta evaluación darán una idea más clara sobre la posible localización de la -- fábrica de referencia, a un tiempo que reforzarán la -- idea original sobre su tamaño.

## 1. MINERAL DE HIERRO

### 1.1 Características Generales

El mineral de hierro se presenta básicamente en los siguientes compuestos:

$\text{Fe}_2\text{O}_3$	hematita
$\text{Fe}_3\text{O}_4$	magnetita
$2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	limonita
$\text{FeCO}_3$	siderita
$\text{FeS}_2$	pirita

En la etapa de reducción del mineral es deseable que el contenido de hierro sea lo más alto posible a fin de reducir los costos de producción. Sin embargo, las reservas nacionales contienen aproximadamente el 55% de hierro, haciéndose necesaria la concentración para aumentar las unidades metálicas. El ciclo completo de concentración comprende operaciones como trituración del mineral, molienda y la concentración misma. El concentrado obtenido se procesa en una planta peletizadora donde se obtienen pelets (bolitas de 10-16 mm de diámetro) de mineral con alto contenido metálico (65-70%) cuyas propiedades físicas y químicas lo hacen un buen material para el proceso siderúrgico.

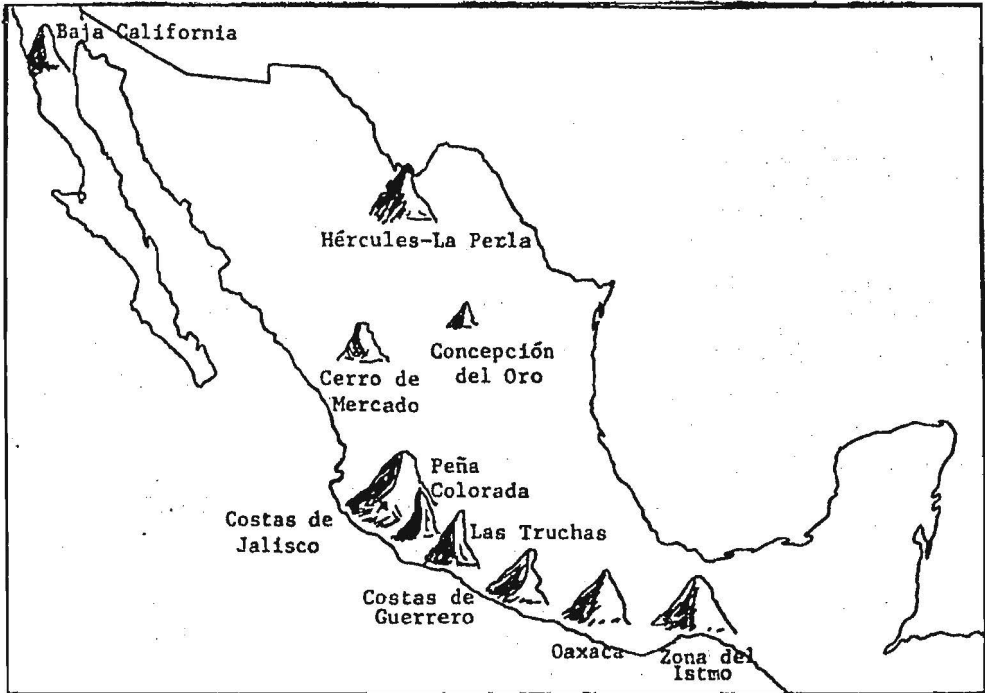
Por lo anterior, son los pelets y no el mineral en trozo lo que constituye la materia prima número uno en la producción de hierro esponja. No obstante, es necesario conocer algunos de los aspectos sobre el mineral ya que existe una influencia directa sobre la disponibilidad futura de pelet.

### 1.2 Reservas y Ubicación de las Zonas Productoras

Como en el caso del carbón mineral, la magnitud real de las reservas totales de mineral de hierro presenta un cierto grado de incertidumbre en virtud de que la mayor parte del territorio nacional no ha sido explorado geológicamente en detalle. Ello ha dado origen a diversas estimaciones de varias instituciones como son la Comisión Coordinadora de la Industria Siderúrgica, SIDERMEX, el Consejo de Recursos Minerales y la Secretaría de Programación y Presupuesto. De ellas, es el CRM el que pue-

de proporcionar la cifra más confiable, y por tanto las consideraciones que se toman para el estudio están basadas en sus estimaciones.

Las reservas probadas se concentran en dos regiones principales: 1) Zona Pacífico Central, que abarca los estados de Colima, Jalisco, Michoacán y Oaxaca, y 2) Zona Centro Norte, que incluye los estados de Coahuila, Chihuahua y Durango (véase el mapa 1). No obstante, existen reservas potenciales en otras regiones, las que de comprobarse tomarían singular importancia. Entre los casos más sobresalientes se encuentran las zonas de Chilpancingo y La Unión, en el estado de Guerrero; Lázaro Cárdenas, Coahuayana y Coalcomán, en Michoacán, y Coquimatlán en Colima.



Mapa 1 PRINCIPALES ZONAS FERRIFERAS DE LA REPUBLICA MEXICANA

En el cuadro 13 se resumen las reservas minerales, las cuales ascienden a 452.9 millones de toneladas de las clasificadas como probadas, 156.6 como probables y 171.0 como posibles. Esto da la cifra de 780.5 millones de toneladas de reservas totales, estimadas en febrero de 1978.

ESTADO	R E S E R V A S			TOTAL
	POSITIVAS	PROBABLES	POSIBLES	
Baja California	738	5 452	4 622	10 812
Coahuila	63 540	-	1 500	65 040
Colima	113 757	22 844	14 372	150 973
Chiapas	1	-	1	2
Chihuahua	68 740	600	2 100	71 440
Durango	50 000	550	-	50 550
Guerrero	591	46 049	15 828	62 468
Hidalgo	-	170	-	170
Jalisco	21 897	5 590	4 507	31 994
México	20	90	-	110
Michoacán	98 689	49 503	98 471	246 663
Morelos	-	-	70	70
Nuevo León	1 500	-	-	1 500
Oaxaca	21 137	4 280	25 146	50 563
Puebla	2	-	100	102
Sinaloa	-	800	-	800
Sonora	3 658	5 241	3 306	12 205
Tamaulipas	300	200	1 000	1 500
Veracruz	8 300	5 228	-	13 528
Zacatecas	-	10 000	-	10 000
T O T A L	452 870	156 597	171 023	780 490

FUENTE: Consejo de Recursos Minerales, Reservas y Ubicación de los yacimientos de Mineral de Hierro en México. 1977.

Cuadro 13 RESERVAS NACIONALES DE MINERAL DE HIERRO  
(miles de toneladas)

Para 1982 se obtuvieron las reservas indicadas en el cuadro 14. Gran parte de los yacimientos minerales conocidos ya se encuentran concesionados a diferentes empresas siderúrgicas como se puede ver en el cuadro 15. De esto se desprende que las posibilidades de abastecimiento de mineral para el proyecto podrían provenir de los yacimientos de segundo orden no concesionados que se enumeran en el cuadro 16.

T I P O	RESERVAS 1977	PRODUCCION 1978-1982	NUEVAS RESERVAS
Positivas	452 870	46 121	406 749
Probables	156 597		156 597
Posibles	171 023		171 023
T O T A L	780 490	46 121	734 369

FUENTE: CCIS. Boletín Informativo. No. 1. 1982

Cuadro 14 RESERVAS NACIONALES DE MINERAL DE  
HIERRO EN 1982 (miles de toneladas)

En el caso de la ruta RD/HEA es posible cargar el reactor con un 10% de mineral en trozo, de tal manera que los volúmenes requeridos por este concepto son mínimos si se comparan con estas reservas, que ascienden a 127.5 millones de toneladas. El total se distribuye en 26.6 millones como probadas, 44.3 como probables y 56.5 como posibles.

Tomando como referencia los volúmenes positivos de mineral, los estados que presentan las mayores cifras son, en orden de importancia, Oaxaca con 9.7 millones de toneladas, Veracruz con 8.3, Michoacán con 4.9, Sonora con 3.7 y Jalisco con 1.8 millones de toneladas.

Como se señaló, es de gran importancia conocer algunos aspectos sobre la producción de pelets, como son la localización de los productores, el volumen de producción, la capacidad instalada y la disponibilidad que podrían ofrecer para una nueva planta. Es por ello que en el cuadro 17 se enlistan las peletizadoras que existen en -



CONTRALADORA	NOMBRE DEL YACIMIENTO	UBICACION (Municipio)	CONCESIONARIA (Beneficiaria)	RESERVAS (MILES DE TONELADAS)			TOTAL
				Positivas	Probables	Posibles	
A H N S A	La Perla	Cosamargo, Chih.	La Perla	62 040	-	-	62 040
	Chorreras	Aidema, Chih.	La Perla	3 500	600	-	4 100
	El Ansojo	Juimés, Chih.	La Perla	3 200	-	-	3 200
	Sol y Luna	Del Oro, Zac.	Maccocozac, S.A.	-	10 000	-	10 000
	Peña Colorada	Minatitlán, Col.	Peña Colorada	52 500	-	-	52 500
	La Huerta y Purificación*	La Huerta, Jal.	-	5 757	3 007	8 764	
<b>TOTAL</b>				126 997	10 600	3 007	140 604
SICARSA	Las Truchas	Las Truchas, Mich.	SICARSA	82 040	11 500	-	93 540
	La Guayabera	Villa Victoria, Mich.	SICARSA	-	15 500	12 900	28 400
	La Aparcida*	Las Truchas, Mich.	SICARSA	-	-	5 000	5 000
	El Zibor*	La Unión, Gro.	SICARSA	-	12 730	10 000	22 730
<b>TOTAL</b>				82 040	39 730	27 900	149 670
P H S A	Cerro de Mercado	Durango, Dgo.	FMSA	50 000	-	-	50 000
	Agülla	Coalicón, Mich.	FMSA	10 000	-	20 000	30 000
	Zentiz	Sta. María Enlize, Oax.	FMSA	11 469	75	19 706	31 250
	La Chula y Astillero El Peón	Minatitlán, Col.	FMSA	5 760	12 149	13 740	31 649
	Colondrinas	Lempzoos, N.L.	FMSA	1 500	-	-	1 500
	Hércules	Sierra Hojasa, Coch.	Minera del Norte, S.A.	63 540	-	-	63 540
	Peña Colorada	Minatitlán, Col.	Peña Colorada	5 250	-	-	5 250
<b>TOTAL</b>				147 519	12 224	53 446	213 189
H Y L S A	El Encino	Pihuero, Jal.	Las Encinas, S.A.	14 300	500	-	14 800
	El Jovero	Aguillita, Mich.	Las Encinas, S.A.	1 724	3 657	-	5 381
	Peña Colorada	Minatitlán, Col.	Peña Colorada	30 000	-	-	30 000
	El Violín*	Chilpancingo, Gro.	-	-	33 000	-	33 000
	La Colomana*	Coahuayana, Mich.	-	-	-	25 600	25 600
	Cerro Mhuatl (El Huero)*	Coahuatlán, Col.	-	2 982	10 695	632	14 309
	Las Papas*	Chilpancingo, Gro.	-	-	-	4 000	4 000
<b>TOTAL</b>				49 006	47 852	30 232	127 090
T A N S A	Peña Colorada	Minatitlán, Col.	Peña Colorada	17 250	-	-	17 250
<b>TOTAL</b>				17 250	-	-	17 250
<b>TOTAL RESERVAS CONCESIONADAS</b>				<b>422 812</b>	<b>110 406</b>	<b>114 585</b>	<b>647 803</b>

FUENTE: Consejo de Recursos Minerales. Reservas y Ubicación de los Yacimientos de Mineral de Hierro en México, 1979.

1/ El yacimiento de Peña Colorada está controlado por cuatro empresas, las que poseen los siguientes porcentajes: ANSA 47.62%, FMSA 4.76%, HYLSA 27.14%, TANSA 15.72% y el Gob. Fed. 4.76%.

\* Areas nuevas.

Cuadro 15 YACIMIENTOS DE MINERAL DE HIERRO CONCESSIONADOS

ESTADO	R E S E R V A S			TOTAL
	POSITIVAS	PROBABLES	POSIBLES	
Baja California	738	5 452	4 622	10 812
Coahuila	-	-	1 500	1 500
Colima	15	-	-	15
Chiapas	1	1	-	2
Chihuahua	-	-	2 100	2 100
Durango	-	550	-	550
Guerrero	591	319	1 828	2 738
Hidalgo	-	170	-	170
Jalisco	1 840	5 090	1 500	8 430
México	20	90	-	110
Michoacán	4 925	18 846	34 971	58 742
Obregón	1 607	-	4 012	5 619
El Naranjo	1 600	-	-	1 600
Otros	1 718	18 846	30 959	51 523
Morelos	-	-	70	70
Oaxaca	9 668	4 205	5 440	19 313
La ventosa	5 137	2 000	-	7 137
Esperanzas	3 291	1 646	-	4 937
Otros	1 240	559	5 440	7 239
Puebla	2	-	100	102
Sinaloa	-	800	-	800
Sonora	3 658	5 241	3 306	12 205
El Volcán	3 533	3 933	3 306	10 772
Otros	125	1 308	-	1 433
Tamaulipas	300	200	1 000	1 500
Veracruz	8 300	5 228	-	13 528
Almagres	8 300	-	-	8 300
Tetatila y	-	-	-	-
Las Minas	-	4 728	-	4 728
Otros	-	500	-	500
<b>T O T A L</b>	<b>26 644</b>	<b>44 348</b>	<b>56 545</b>	<b>127 537</b>

FUENTE: Consejo de Recursos Minerales. Reservas y Ubicación de los Yacimientos de Mineral de Hierro en México. 1977.

Cuadro 16 YACIMIENTOS DE SEGUNDO ORDEN NO  
CONCESIONADOS (miles de toneladas)

NOMBRE Y UBICACION	CAPACIDAD INSTALADA		DESTINO DE LA PRODUCCION (%)	
Consortio Minero Benito Juárez- Peña Colorada, S.A. Manzanillo, Col.	Planta No. 1	1 500 000	A H M S A	47.62
	Planta No. 2	1 500 000	F M S A	4.76
			H Y L S A	27.14
			T A M S A	15.72
		Gov. Federal	4.76	
Las Encinas-Alzada Colima	Planta No. 1	1 600 000	H Y L S A	100.00
La Perla Constitución Chihuahua	Planta No. 1	600 000	A H M S A	100.00
Fundidora Monterrey, S.A. Monterrey, N.L.	Planta No. 1	1 500 000	F M S A	100.00
Las Truchas Lázaro Cárdenas, Mich.	Planta No. 1	1 850 000	SICARTSA	100.00
	Planta No. 2 <sup>1/</sup>	3 000 000		
Altamira <sup>2/</sup> Altamira, Tamps.	Planta No. 1	3 000 000	PREMEXSA	50.00
			T A M S A	17.00
			Disponible	33.00*
A H M S A <sup>1/</sup> Monclova, Coah.	Planta No. 1	3 000 000	A H M S A	100.00
T O T A L		17 550 000		

FUENTE: Datos proporcionados por las empresas

\* Lurgi Chemie Und Huttentechnik Gmbh. Feasibility Study-Pelletizing  
Plant-Altamira. 1981

<sup>1/</sup> Para proyectos de ampliación. <sup>2/</sup> Para entrar en operación en 1986.

Cuadro 17 CAPACIDAD Y UBICACION DE LAS PLANTAS PELETIZADORAS DE MEXICO  
(Toneladas)

el país, así como su ubicación y capacidad.

Con la rápida expansión que se prevé en la industria siderúrgica nacional y la posibilidad de una no lejana escasez en el abastecimiento de mineral de hierro, se ha considerado la importación como una alternativa de peso. Como resultado de ello, existe un proyecto para instalar una planta peletizadora en la región de Altamira, Tamps., clasificada como zona I.A de desarrollo portuario en el Plan Nacional de Desarrollo Industrial <sup>(5)</sup>. Participan en el proyecto los gobiernos de México y Brasil, cuya producción alimentaría a empresas siderúrgicas nacionales con pelet de mineral brasileño.

En el mismo cuadro 17 se establece una capacidad de 17.6 millones de toneladas de pelets a partir de 1986. Sin embargo, salvo la nueva planta que sería levantada en ese puerto, el resto tiene comprometida su producción con las empresas ya establecidas.

La peletizadora "Altamira", con una capacidad de diseño de 3.0 millones de toneladas anuales, tiene proyectado destinar 1.5 millones de toneladas de pelet para Pre-reducidos Mexicanos, S.A. (PREMEXSA) y 0.5 millones para TAMSA. Esta relación arroja un excedente de 1 millón de toneladas anuales de capacidad disponible para otras plantas. Considerando este excedente, el presente proyecto podría ser abastecido por la planta de Altamira ya que los requerimientos de la siderúrgica en estudio no rebasarán las 350 mil toneladas anuales de pelets.

## 2. GAS NATURAL

### 2.1 Generalidades

En el reactor HYL-III la reducción de los pelets oxidados se lleva a cabo por la acción de una mezcla de gas reductor caliente (principalmente hidrógeno y monóxido de carbono), resultado de la reformación catalítica del gas natural. De esto se concluye que después del mineral de hierro es el gas natural el elemento más importante para la producción de hierro esponja, que al igual que la chatarra constituye un insumo básico para la fabricación del acero en hornos eléctricos. De aquí la importancia del análisis de disponibilidad para la planta.

## 2.2 Reservas y Ubicación

México cuenta con importantes reservas de gas natural. En 1982 ascendían a 2.1 billones de metros cúbicos, como se observa en el cuadro 18. Con base en estas cifras, el país se ubica entre los siete más importantes tanto por las reservas probadas como por su explotación.

La extracción de estas reservas garantiza que en 1990 la relación entre reservas y producción será de aproximadamente 19 veces<sup>(6)</sup>, lo que presupone la disponibilidad de este insumo para la planta.

Gran parte de los yacimientos se localizan en el SE del país en los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche, así como en la zona fronteriza de los estados de Tamaulipas, Nuevo León y parte de Coahuila. La zona Sur se considera la más importante ya que concentra el 44.6% de las reservas totales (ver mapa 2).

En cuanto a la distribución de este energético, existe una red de gasoductos que conecta los yacimientos con los principales centros de consumo. En el mapa 3 se identifican los gasoductos en operación, ejecución y en proyecto hasta diciembre de 1982.

## 2.3 Producción

A fin de hacer una estimación de la disponibilidad futura de gas natural para la planta, en el cuadro 19 se dan los volúmenes explotados de este energético por zona productora durante el periodo 1970-1982.

Durante el lapso considerado ha sido la Zona Sur la que ha producido los mayores volúmenes de gas natural; en 1982 produjo 36 532 millones de metros cúbicos, lo que representa un incremento de 351.7% si se compara con la producción alcanzada en 1970. Le sigue en orden de importancia la Región Norte con niveles de producción de 7 144 y 4 943 millones de metros cúbicos para 1970 y 1982 respectivamente, lo que significa una variación de -30.81% (esta tendencia a la baja se observa más claramente en las cifras del cuadro citado). Finalmente, la zona productora del Centro también sufrió una disminución del 32.8% considerando las cifras de producción correspondientes. Sin embargo, en términos generales puede asentarse que la producción total cre

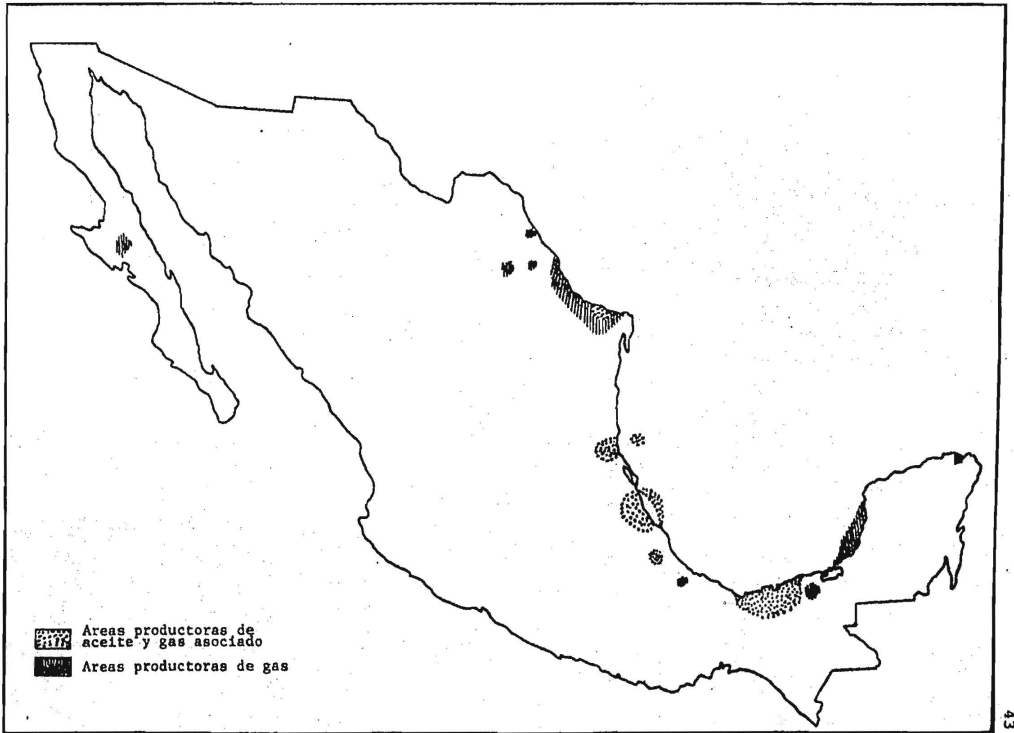
Z O N A	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Norte	97.6	99.8	99.4	101.7	106.9	110.1	224.4
Centro	87.1	85.5	83.6	81.9	80.7	89.5	102.5
Sur	137.9	125.3	121.6	122.5	129.2	137.4	222.8
Chicontepec	-	-	-	-	-	-	-
T O T A L	322.6	310.6	304.6	306.1	316.8	337.0	549.7

Z O N A	1977	1978	1979	1980	1981	1982*
Norte	318.9	382.9	352.9	287.7	318.5	318.5
Centro	103.3	105.9	106.4	113.6	107.1	107.1
Sur	367.0	422.0	517.2	668.5	951.5	951.5
Chicontepec	-	758.3	757.2	757.0	756.8	756.8
T O T A L	789.2	1 669.1	1 733.7	1 826.8	2 133.9	2 133.9

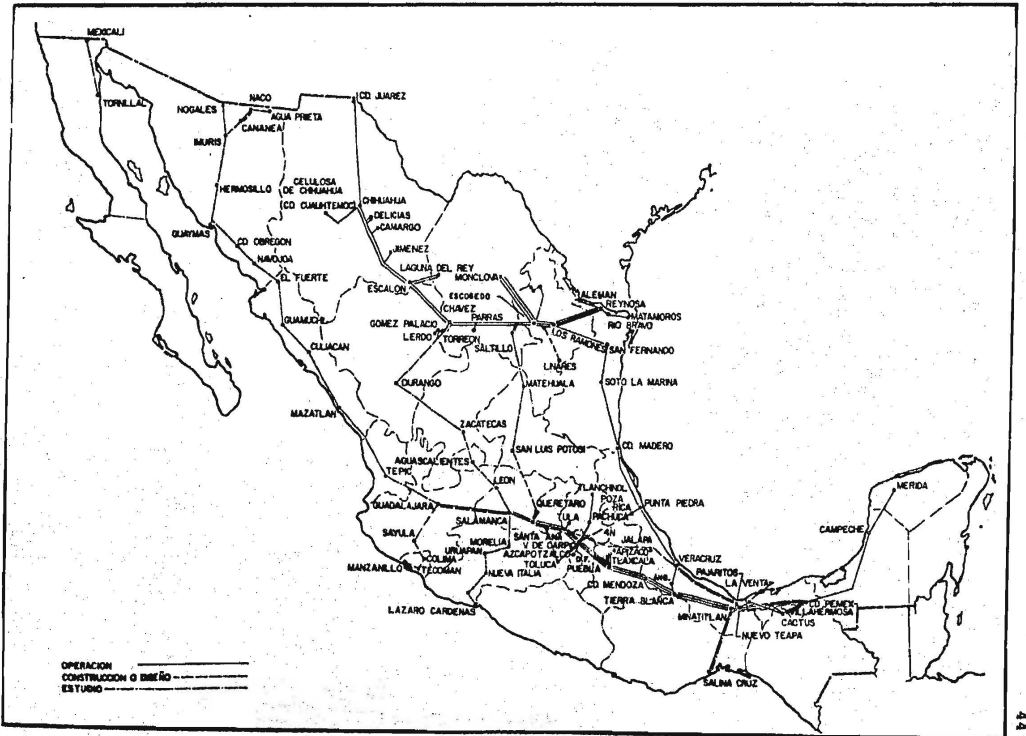
FUENTE: SECOM. Informe Técnico Económico sobre Energía Eléctrica y Gas en México. México, 1982  
PEMEX. Anuarios Estadísticos  
SEPAFIN. Boletín Informativo del Sector Energético. Año 6 No. 4.

\* Las cifras de reservas se mantuvieron iguales en el período 1981-1982 por encontrarse en revisión la mayoría de los campos del sistema.

Cuadro 18 RESERVAS DE GAS NATURAL EN MEXICO ( $m^3 \times 10^9$ )



Mapa 2 AREAS PETROLERAS DEL PAIS



Mapa 3 RED NACIONAL DE GASODUCTOS



R E G I O N	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Zona Norte	7 144	6 603	6 357	6 380	6 002	5 125	4 772
Zona Centro	3 600	3 154	2 707	2 423	2 253	1 909	1 799
Zona Sur	8 088	8 463	9 632	10 360	12 832	15 236	15 284
T O T A L	18 832	18 220	18 696	19 163	21 087	22 270	21 855

R E G I O N	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Zona Norte	4 903	6 529	6 864	6 213	5 601	4 943
Zona Centro	1 605	1 879	2 126	2 166	2 235	2 419
Zona Sur	14 641	18 066	21 156	28 393	34 139	36 532
T O T A L	21 149	26 474	30 146	36 772	41 975	43 894

FUENTE: PEMEX. Memoria de Labores. México.

Cuadro 19 PRODUCCION NACIONAL DE GAS NATURAL  
1970 - 1982 (millones de m<sup>3</sup>)

ció en promedio 7.3% anual durante el periodo 1970-1982, lo que significa que la producción de gas natural se incrementó de 18 832 a 43 894 millones de metros cúbicos. El aumento considerable en la producción de la Zona Sur se explica porque es en esta región en donde se han hecho la mayor parte de los descubrimientos durante los últimos años, a diferencia de las zonas Norte y Centro donde la producción ha mostrado tendencia a la baja.

## 2.4 Disponibilidad

De acuerdo con estimaciones hechas por las entidades energéticas del país, en el cuadro 20 se detallan los volúmenes de producción y destino del gas natural para cada zona hasta 1990, así como la disponibilidad de gas no procesado para incrementos en la demanda. La Zona Norte dispondrá de crecientes volúmenes excedentes de gas no procesado, los cuales alcanzarán 8 514 millones de metros cúbicos en 1986 y 39 158 para 1990.

Estas estimaciones colocan al proyecto en condiciones favorables en cuanto al abastecimiento oportuno del gas requerido. Asimismo, la oportunidad de la entrega estaría garantizado toda vez que existe la mencionada red de gasoductos que conecta los yacimientos con las zonas de desarrollo del país.

## 3. ENERGIA ELECTRICA

### 3.1 Generalidades

Después del mineral de hierro y el gas natural, la energía eléctrica se identifica como el siguiente insumo de mayor importancia para el proyecto. Esta consideración parte del hecho de que la fusión del hierro esponja y la chatarra se lleva a cabo en hornos eléctricos. Es por ello que el abastecimiento oportuno y continuo es de vital importancia para la marcha de la planta. Consideraciones como éstas hacen necesario el conocimiento de la situación actual y las perspectivas en lo que corresponde a este energético cuyo análisis se resume a continuación.

REGION	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
<b>ZONA NORTE</b>	4 893	5 395	6 442	12 179	15 331	24 331	24 239	34 873
Producción	4 893	5 395	6 442	12 179	15 331	24 239	34 129	42 873
Quema técnica y por recolección	177	177	32	42	47	64	83	99
Gas recolectado	4 716	5 218	6 410	12 137	15 284	24 175	43 046	42 774
Gas a proceso	3 636	3 631	3 626	3 623	3 621	3 619	3 616	3 616
Disponible no procesado	1 080	1 587	2 784	8 514	11 663	20 556	30 430	39 158
<b>ZONA CENTRO</b>								
Producción	2 479	2 420	2 314	2 210	2 112	2 018	1 933	1 848
Quema técnica y por recolección	205	198	70	67	64	60	58	55
Gas recolectado	2 274	2 222	2 244	2 143	2 048	1 958	1 875	1 793
Gas a proceso	2 105	1 901	1 882	1 786	1 696	1 611	1 533	1 455
Disponible no procesado	169	321	362	357	352	347	342	338
<b>ZONA SUR</b>								
Producción	35 525	38 518	41 223	42 823	45 978	47 572	49 157	52 295
Quema técnica y por recolección	1 473	1 212	813	851	911	944	980	1 033
Gas recolectado	34 052	37 306	40 410	41 972	45 067	46 628	48 177	51 262
Gas a proceso	31 873	35 127	38 231	39 792	42 888	44 446	45 998	49 082
Disponible no procesado	2 179	2 179	2 179	2 180	2 179	2 182	2 179	2 180
<b>TOTAL DISPONIBLE</b>	3 428	4 087	5 325	11 051	14 194	23 085	32 951	41 676

FUENTE: SEPAFIN. Programa de Energía, México, 1981.

Cuadro 20 DISPONIBILIDAD DE GAS NATURAL EN MEXICO 1983-1990  
(millones de m<sup>3</sup>)

### 3.2 Disponibilidad

La industria eléctrica nacional registró para 1982 una capacidad instalada de más de 18 000 MW con una generación bruta de alrededor de 73 000 gigawatt/hora y un factor de planta de 45% en promedio, el cual resulta adecuado en función de la estructura interna de generación. De la capacidad instalada, un 65% correspondió a termoeléctricas, predominantemente a base de combustóleo, y el 35% restante a hidroeléctricas. Además, se iniciaron durante la década de los setentas algunos proyectos a base de carboeléctricas, geotérmicas y nucleoeeléctricas, tendiendo a diversificar las fuentes primarias de energía.

El Plan Nacional de Desarrollo Industrial estima que durante el periodo 1980-1985 la demanda de energía eléctrica crecerá a un ritmo del 12% en promedio y del 11.3% para 1985-1990. Para enfrentar este aumento de la demanda, la Comisión Federal de Electricidad tiene planeada la expansión de su capacidad de generación de más de 18 000 MW en 1982 a alrededor de 39 500 en 1989. La generación total de esta energía estará dada principalmente por plantas a base de aceite combustible, carbón y gas natural, además de otras a base de energía nuclear y geotérmica.

Se puede adelantar que la localización de la planta se contempla en cualquiera de los dos puertos industriales, Altamira o Lázaro Cárdenas. Sin embargo, en el capítulo IV se hace un análisis más detallado. Por ello, la mayor significancia para el proyecto está representada por los planes que tiene la Comisión Federal de Electricidad para instalar plantas de generación eléctrica en ambos puertos. En Lázaro Cárdenas se contempla la instalación de cuatro unidades de 350 000 MW con inicio de operaciones como sigue : (7)

- 1a. Unidad - enero de 1987
- 2a. Unidad - junio de 1987
- 3a. Unidad - febrero de 1989
- 4a. Unidad - octubre de 1989

De igual forma, en Altamira se levantarán cuatro unidades de 550 000 MW cada una, cuyo arranque está programado para las siguientes fechas :

1a. Unidad	-	abril de 1988
2a. Unidad	-	octubre de 1988
3a. Unidad	-	enero de 1990
4a. Unidad	-	junio de 1990

De estas consideraciones puede concluirse entonces que ambas regiones contarán con suficiente energía eléctrica para alimentar las industrias que se establezcan en cualquiera de ellas.

#### 4. CHATARRA

##### 4.1 Características Generales

En la producción de acero en horno eléctrico la chatarra representa una fuente metálica de alta eficiencia cuya fusión consume menos energía eléctrica que el hierro esponja. Sin embargo, su escasez, calidad y precio limitan su uso, siendo parcialmente reemplazada por materiales prerreducidos.

El éxito que ha llegado a alcanzar el hierro esponja como materia prima en los hornos eléctricos se debe básicamente a que:

- Frente a la chatarra constituye una buena alternativa como fuente metálica.
- Se conoce exactamente su composición química.
- Contiene niveles muy bajos de impurezas metálicas indeseables.
- Su uso permite la mezcla con chatarra.
- Es más fácil de transportar y manejar.
- Permite la carga continua.
- Incrementa la productividad del horno.
- El acero producido es de mejor calidad, etc.

En cambio, muestra también algunas desventajas cuando se le compara con la chatarra, sobresaliendo su mayor consumo energético y de electrodos (cuya elaboración implica también consumo de energía eléctrica). Es por ello que es una práctica común el uso de mezclas de ambos materiales en proporciones variables de acuerdo a su disponibilidad, precio, calidad del acero a producir, etc.

#### 4.2 Fuentes

La chatarra de acero puede tener distintos orígenes: 1) recirculación, 2) retorno y 3) obsolescencia. La proporción en que cada fuente participa en la producción total no es constante. Las estadísticas muestran que las dos primeras tienden a disminuir progresivamente por la creciente eficiencia en todas las etapas del proceso, por mejoras tecnológicas en la producción y por una mejor aplicación del acero.

Por otra parte, no se cuenta en México ni se conocen proyectos para procesadores - tecnificados de chatarra de obsolescencia que suministren a las acerías elementos - tipificados de acuerdo a especificaciones precisas basadas en tamaño, composición química, grado de impurezas, etc., lo que simplificaría su aplicación en la fabricación del acero.

#### 4.3 Consumo

Durante los últimos seis años el consumo de chatarra de las empresas siderúrgicas - mexicanas ha ido en ligero aumento. Se registró una tasa media de crecimiento (TMC) del 2% en el periodo 1977-1982 según las cifras publicadas por la CANACERO\* (cuadro 21).

AÑO	TONELADAS	AÑO	TONELADAS
1977	2 741 000	1980	3 107 000
1978	2 810 000	1981	3 282 000
1979	3 187 000	1982	3 023 000

FUENTE: CANACERO

Cuadro 21 CONSUMO DE CHATARRA

\* Cámara Nacional de la Industria del Hierro y el Acero.

Esto significa que aun cuando se disponga de chatarra en el mercado internacional, el consumo será cada vez mayor si se considera que los nuevos proyectos involucran el uso de hornos eléctricos, que son fuertes consumidores de estos materiales. Es por ello que se presenta aquí el resultado de las investigaciones hechas con respecto a las importaciones de chatarra y sus perspectivas, de tal forma que se conozca de manera confiable la disponibilidad que tendría la nueva planta durante su operación.

#### 4.4 Importaciones

En el cuadro 22 se dan los volúmenes importados de chatarra durante el periodo 1979-1982, según las cifras reportadas por CANACERO.

A Ñ O	TONELADAS
1979	491 000
1980	605 000
1981	599 000
1982	342 000

FUENTE: CANACERO

Cuadro 22 IMPORTACIONES  
DE CHATARRA

La ruta seguida muestra una clara tendencia al aumento en los años 1980 y 1981 con respecto a 1979. En 1982, sin embargo, existe una sensible baja estimada tomando en cuenta el impacto devaluatorio de la moneda, la muy escasa disponibilidad de divisas y la contracción de la demanda de productos siderúrgicos.

Aunado a las consideraciones anteriores, existe actualmente un panorama que hace que se vea al DRI como un sustituto de la chatarra digno de considerarse. Como es precisamente Estados Unidos la fuente principal de abastecimiento, es su capacidad

futura de exportación lo que determinaría la disponibilidad y, más importante aún, el precio de la chatarra. En un artículo publicado en enero de 1980<sup>(8)</sup>, el Instituto Americano del Hierro y el Acero, AISI, declara:

"Un alto nivel de demanda exterior por la chatarra americana, superpuesto a una gran demanda doméstica, causa una significativa alza de precios en la chatarra y tiene efecto inflacionario en los costos de la industria del acero".

La opinión del propio AISI al respecto se resume como sigue:

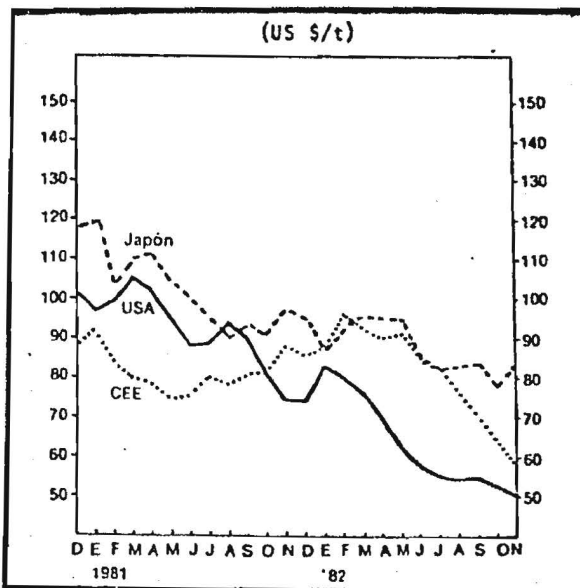
"El crecimiento en el consumo de chatarra se espera que continúe tanto en los Estados Unidos como en el extranjero en la década de los 80's. La demanda doméstica aumentará significativamente más rápido en la década del 80 que lo que aumentaba en los 60's y 70's debido principalmente al crecimiento más rápido del ritmo de producción de acero con hornos eléctricos. Para el final de la década del 80, cuando la producción de acero en estos hornos alcance el 30% de la producción total norteamericana (contra el 22-24% en 1978), los Estados Unidos no podrán más estar en condiciones de satisfacer el total de sus propias necesidades durante los periodos de pico de la producción de acero".

#### 4.5 Precios

Además de Estados Unidos, son Japón y la Comunidad Económica Europea otras dos fuentes considerables de chatarra internacional. En lo que respecta a sus precios de venta, en la gráfica 3 se muestra la tendencia seguida durante los dos últimos años.

La baja registrada en el precio internacional de la chatarra se debe fundamentalmente a dos factores: la contracción del mercado siderúrgico a nivel mundial y el mayor consumo del hierro esponja. Es por ello que esta tendencia no se toma como un indicativo dado que se trata de un comportamiento cíclico, esto significa que al recuperarse el mercado del acero y elevarse la demanda de chatarra su precio tenderá nuevamente a la alza.





FUENTE: ILAFA, Informativo Estadístico.  
No. 107, marzo, 1983

Gráfica 3 PRECIOS INTERNACIONALES  
DE CHATARRA

### I I I

#### TAMAÑO DE LA PLANTA

La determinación del tamaño de la planta propuesta se hace de acuerdo a la metodología de elaboración de estudios de proyectos, en donde se indica que: " En plantas industriales que cuentan con equipos de diferentes capacidades, el tamaño de la planta se da en función del equipo de menor capacidad " <sup>(9)</sup>. En este sentido, es la fábrica de tubos la indicativa del tamaño de la planta, siendo los principales factores de influencia en su fijación la dimensión del mercado de consumo, la dimensión del mercado de abastecimiento, la disponibilidad de recursos financieros y la tecnología disponible, entre otros.

Debe aclararse que en lo referente a los recursos financieros como elemento decisivo en el tamaño de la planta, se ha dado por supuesto que estos existirán en el caso de que el proyecto resulte económica y técnicamente viable.

## 1. DIMENSION DEL MERCADO DE CONSUMO

En el análisis del estudio de mercado se encontró una tendencia alcista en el consumo aparente de tubos de acero sin costura, aún con la deflexión de 1981 (cuadro 5) con una tasa media anual de crecimiento del 12.2%.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la proyección de la demanda, en el cuadro 11 del mismo capítulo se detectó una posible demanda insatisfecha a partir de 1987, faltante que para 1990 se espera supere las 200 000 toneladas.

Con base en los resultados del balance mencionado (correspondiente al supuesto 1), - la planta siderúrgica propuesta deberá tener un tamaño no menor de 200 mil toneladas de capacidad de producción. Esta conclusión es acorde no sólo con las dimensiones del mercado potencial sino también con respecto a los tamaños mínimos rentables que una planta siderúrgica con proceso RD/HEA debe tener.

Una conclusión paralela es que de acuerdo al tamaño sugerido de la planta se puede adelantar que la ruta tecnológica apropiada es la de Reducción Directa/Horno Eléctrico.

## 2. DIMENSION DEL MERCADO DE MATERIAS PRIMAS

Se consideran en el presente proyecto el mineral de hierro concentrado (pelets), - gas natural, chatarra y energía eléctrica como los principales insumos que influyen directamente en la determinación del tamaño de la planta.

### Mineral de Hierro

En el capítulo de materias primas se confirmó la importancia del mineral de hierro para la siderurgia: es precisamente el que se transforma en acero, independientemente del proceso utilizado.

En el cuadro 17 se detalla el destino de la producción de pélets. Las estimaciones obtenidas prevén un disponible suficiente para abastecer al proyecto durante su vida

útil, pelet proveniente de la planta peletizadora "Altamira". Desde luego, el total disponible rebasa el volumen requerido para una planta de magnitud como la estimada, quedando aún remanentes importantes para otros proyectos.

#### Gas Natural

La disponibilidad de gas natural en el país es abundante en reservas y producción, - lo que aunado a la política gubernamental de abastecer en primera instancia a la industria nacional garantiza el gas suficiente para la planta actual y para futuros de sarrollos. Acorde con esa política, existe una red de gasoductos en constante expansión a fin de asegurar el abastecimiento.

En el mismo capítulo II (cuadro 18) son evidentes las abundantes reservas de gas natural disponibles hasta 1990. De acuerdo con la producción planeada, no habrá en definitiva ningún problema de suministro de este insumo.

#### Chatarra

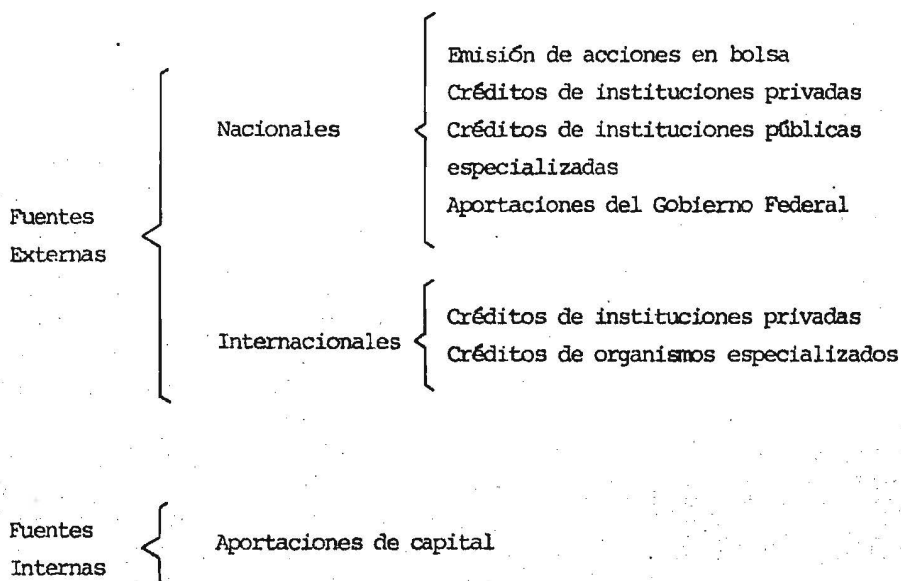
Esta materia prima fundamental en la fabricación de acero presenta un mercado muy fluctuante en cantidad, calidad y precio, por lo que salvo esporádicas adquisiciones la mayor parte del consumo se originará de chatarra de retorno, siendo el contenido metálico de la carga en su mayoría de hierro esponja.

#### Energía Eléctrica

En lo que respecta a este energético, en el mismo capítulo II se dejó asentado que las dos alternativas de localización contarán con suficiente potencia para generar la energía eléctrica en cantidades suficientes para alimentar a las industrias que allí se establezcan. Por tanto, no se considera el abastecimiento de este energético como un obstáculo para la determinación del tamaño de la planta propuesta.

### 3. DISPONIBILIDAD DE RECURSOS FINANCIEROS

Desde el punto de vista del inversionista, el proyecto representa un costo. Sin embargo, se da por supuesta la existencia de recursos financieros suficientes para llevar a cabo el proyecto independientemente de su origen. Esto no quiere decir que se abandone el análisis de financiamiento, lo que implica una evaluación esmerada de los diferentes orígenes de los recursos (capítulo VII), los cuales pueden provenir de las fuentes siguientes:



En conclusión, si se considera el supuesto de una aportación asegurada para una planta como ésta, la disponibilidad de recursos financieros no es un factor que limite el tamaño propuesto.

### 4. TECNOLOGIA DE PRODUCCION

Análisis sobre la tecnología siderúrgica y el equipo correspondiente para una planta integrada como la propuesta establece que para aquellas con una capacidad no mayor a los 2 millones de toneladas de producción de acero la ruta más económica y adecuada es la RD/HEA. Si se considera a priori que la planta no producirá más de 200 mil to

neladas anuales, se refuerza la tesis de que el proceso citado es el más viable en este caso.

Con base en lo anterior, queda sólo la determinación del tipo de proceso para la solidificación del acero y del laminador de tubos. En el primer caso se considera la colada en lingotes o la colada continua, este último el método más moderno con el que se producen básicamente palanquillas, tochos y planchones.

En el segundo caso existe un mayor número de procesos ya probados, pero se propone adoptar un laminador continuo a mandril retenido ya que presenta una gran flexibilidad en la capacidad de producción y en los rangos dimensionales de fabricación (estos análisis se hacen con mayor detalle en el capítulo V).

#### IV

### LOCALIZACION DE LA PLANTA

La ubicación final de la planta en estudio incluye dos conceptos básicos: macro y microlocalización. En la primera fase o de acercamiento se selecciona la zona geográfica tomando en cuenta sus ventajas económicas, sociales y de infraestructura, como son la disponibilidad de mano de obra, agua, energéticos, vías de comunicación, servicios en general y otros.

Los criterios de selección serán determinados principalmente por la ubicación de los mercados de consumo y de abastecimiento, siendo un factor decisivo la política económica de descentralización industrial a través del otorgamiento de paquetes de estímulos fiscales.

Por otro lado, en la microlocalización se selecciona el terreno más apropiado para el asentamiento de la planta considerando sus dimensiones, ubicación y ventajas.

## 1. MACROLOCALIZACION

### 1.1 Análisis de Alternativas

Para la macrolocalización de la planta se evalúan dos alternativas:

- 1) Altamira, Tamps., situada sobre el margen izquierdo de la desembocadura del río Pánuco, al NE del litoral del Golfo de México.
- 2) Iázaró Cárdenas, Mich., en torno a la desembocadura del río Balsas, al Sur en el litoral del Pacífico (Ver mapas 4 y 5).

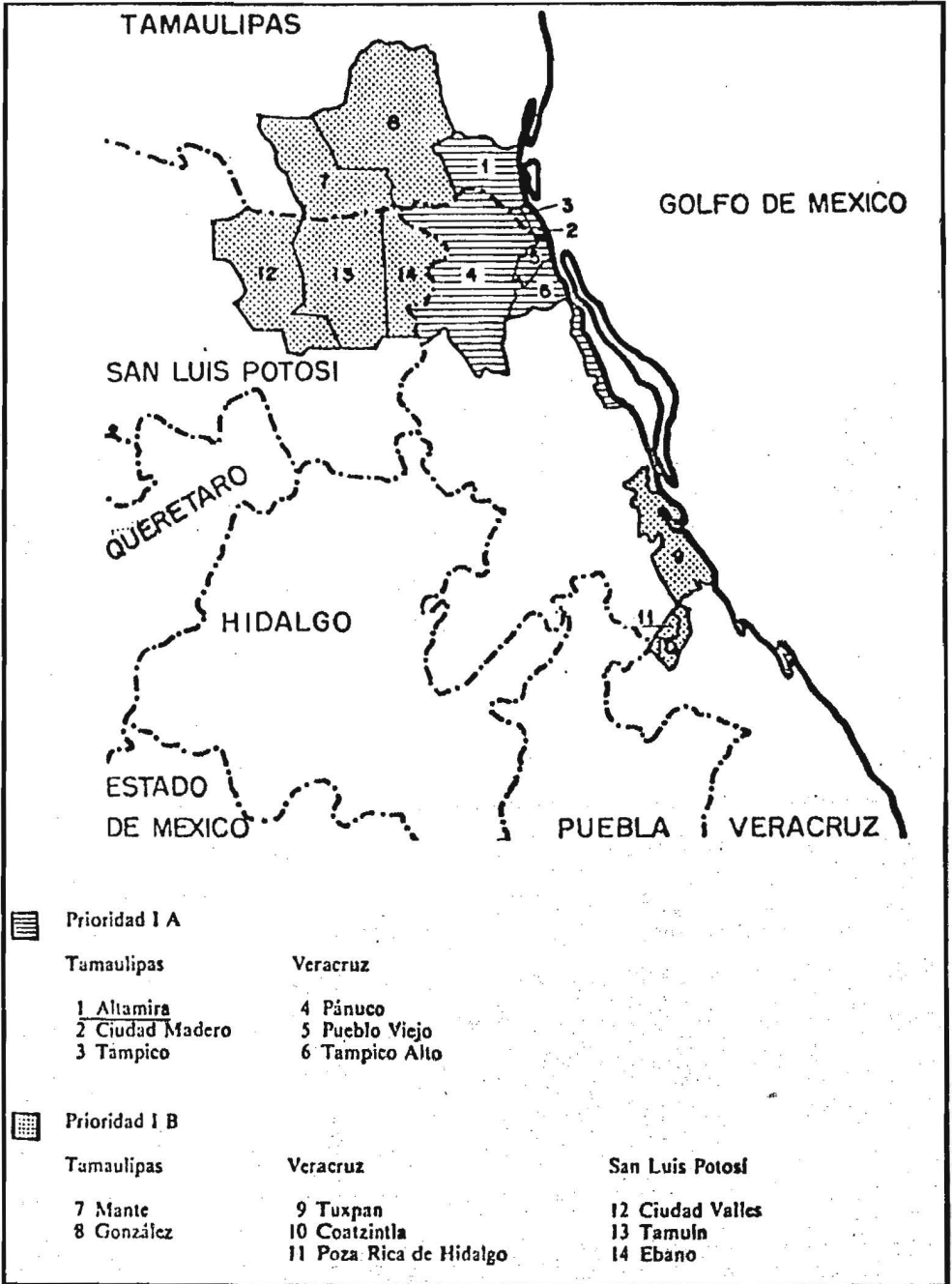
Las razones en que se basa la selección de estas dos alternativas se resumen en lo siguiente:

- Proximidad con el mercado de consumo.
- Fácil acceso a las zonas de abastecimiento de materias primas.
- Disponibilidad de infraestructura y servicios.
- Las ventajas de competitividad y economía que se obtendrían al instalar la planta en un puerto industrial.
- El aprovechamiento de un gran paquete de estímulos fiscales a las empresas siderúrgicas que se instalen en estos puertos ya que se trata de zonas prioritarias de desarrollo.
- Colaborar con el desarrollo de la zona.
- Fácil acceso a la importación de materias primas, así como a la exportación de productos terminados.
- Descentralización de la actividad industrial.

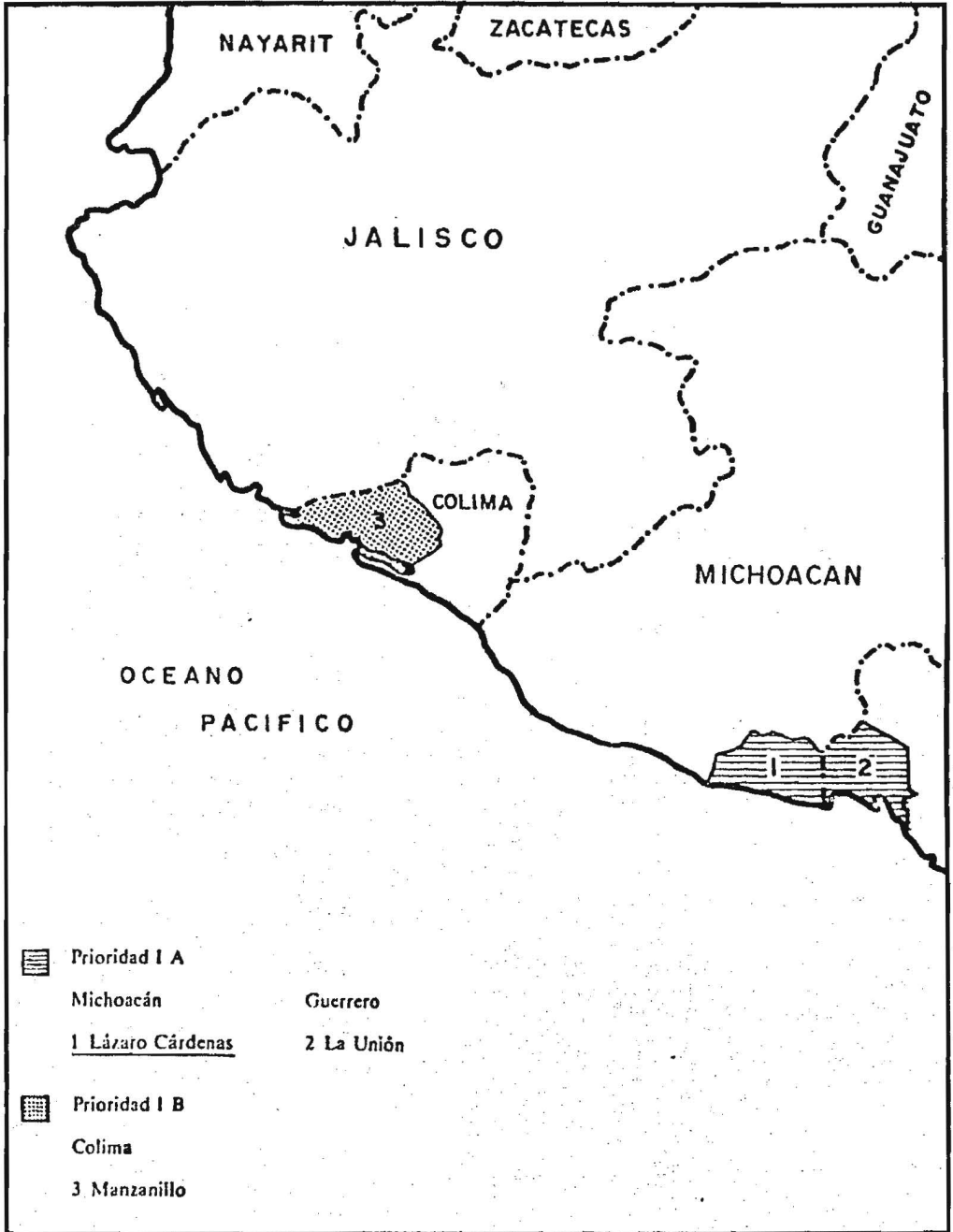
### 1.2 Localización de las Materias Primas

Para definir la macrolocalización de la planta, además de las consideraciones anteriores se hace necesaria una comparación económica que permita, desde este punto de vista, evaluar la conveniencia de la instalación en cualquiera de las dos alternativas consideradas. Se trata, por lo tanto, de detectar las ventajas y desventajas de situar la planta ya sea en la vecindad de las fuentes de materias primas, o cercana al mercado de consumo de sus productos.





Mapa 4 MUNICIPIOS PRIORITARIOS DE LA REGION NORTE DEL GOLFO DE MEXICO



Mapa 5 MUNICIPIOS PRIORITARIOS DE LA REGION PACIFICO CENTRO

Como ya se apuntó en el capítulo II, la planta será alimentada con mineral de hierro concentrado (pelets) y eventualmente con 10% de mineral en trozo. Como conclusión, la mayor fuente potencial de pelets sería la peletizadora "Altamira", situada a 15 km al norte del puerto del mismo nombre, cuyo proyecto contempla la importación de mineral brasileño.

En lo que se refiere al gas natural, las principales zonas productoras se encuentran dispersas a lo largo del litoral del Golfo de México y la zona fronteriza del NE de la República (ver mapa 2). Sin embargo, el abastecimiento del hidrocarburo hacia la planta no constituye una limitante dado que, como ya se indicó, existe la red nacional de distribución a través de gasoductos mostrada en el mapa 3. En el caso de Altamira, la región es alimentada por el Sistema Troncal de Ductos del Golfo por un gasoducto de 406.4 mm (16") de diámetro y 17 kilómetros de longitud en el tramo "km 874SIDG - Altamira" (10).

Evaluando la localización de las principales fuentes de materias primas, y considerando además la necesidad de importar algunas de ellas que pueden llegar a agotarse en un futuro cercano, como es el caso del mineral de hierro, Altamira se coloca en una situación más ventajosa que Lázaro Cárdenas. En este caso, la planta quedaría ubicada dentro de la misma zona industrial que la peletizadora. Por el contrario, considerar su instalación en el puerto de Lázaro Cárdenas implicaría el transporte de pelets a una distancia aproximada de 1 320 km ferroviarios, cruzando el territorio desde el Golfo de México hasta el Océano Pacífico.

### 1.3 Localización del Mercado de Consumo

Como se asentó en el capítulo I, el sector energético y de hidrocarburos es el que concentra aproximadamente el 80% de la demanda de tubería sin costura. Ello implica que las zonas de producción y refinación de PEMEX son los centros de consumo potencial a considerar para el proyecto.

#### Zonas Productoras de Hidrocarburos

El mapa petrolero del país (mapa 2) está dividido en cuatro zonas principales que se ubican a lo largo del Golfo de México y son, por regiones:

- Zona Norte: Reynosa, Monclova.
- Zona Centro: Tampico.
- Zona Sur: Poza Rica, Papaloapan, Terciario, Cretácico Terrestre, Cd. PEMEX.
- Chicontepec: Campeche (Cantarell, No Cantarell).

Considerando ambas alternativas, es Altamira la que presenta la mejor ubicación des de el punto de vista de la localización del mercado de consumo ya que se concentra justo en el litoral del Golfo de México, centro de la actividad petrolera. Ello im plica considerables ahorros de transporte de la tubería a los centros de consumo si se hace la comparación con Lázaro Cárdenas.

#### Centros Petroquímicos y Refinerías

Tanto los centros en operación como en proyecto se encuentran dispersos en casi todo el país, pero con marcada concentración en la franja del Golfo de México (ver ma pas 6 y 7). Esta situación reafirma la ventaja de localización que presenta Altami ra frente a la otra alternativa.

#### Transporte

Al evaluar este concepto, la gran diferencia que presentan las distancias entre Lázaro Cárdenas y Altamira a los mayores centros de consumo no justifica un análisis elaborado de los costos de transporte, ya que es evidente que la distancia que med ia entre Lázaro Cárdenas y el mercado de tubos es siempre mayor que la que separa a Altamira de estas zonas. Esta situación se traduce en una fuerte desventaja para Lázaro Cárdenas, que exhibe los mayores costos por concepto de transporte.

#### 1.4 Infraestructura

Integradas dentro de un desarrollo moderno, las obras de infraestructura resultan de gran alcance, pues abarcan aspectos de vialidad, portuarios, industriales y urbanos, además de los servicios auxiliares.

Las dos alternativas seleccionadas ofrecen la infraestructura y servicios neces arios, además de los estímulos que se otorgan a las industrias que allí se ubiquen.



Mapa 6 CENTROS PRODUCTORES Y TERMINALES DE PRODUCTOS QUIMICOS



Mapa 7 DISTRIBUCION DE LOS CENTROS DE REFINACION

Todo ello facilita el contacto con el mercado y significa un apoyo para la planta, pues de lo contrario la propia empresa tendría que invertir en estas obras.

#### a) Infraestructura Vial

Este tipo de infraestructura comprende los accesos carreteros y ferroviarios, principalmente. Cada uno de los puertos en cuestión los tiene, de manera que el manejo de carga entre éstos y el resto de el territorio puede realizarse con la debida eficiencia.

Además, para el manejo adecuado de fletes se realizan obras complementarias: corrección y ampliación de los caminos y vías existentes, patios de ferrocarril, entronques, puentes, etc.

#### Altamira

Sus carreteras comunican a Tampico con Matamoros y Reynosa hacia el Norte, con Poza Rica y Coahuila de Zaragoza al Sur; una más a la región con San Luis Potosí, la Cd. de México y Nuevo Laredo, y existe otra directa a la Cd. de México vía Pachuca. Tampico dista 468 km de la Cd. de México, 492 de la ciudad fronteriza Matamoros y 530 de Monterrey, lo que significa una amplia gama de vías de comunicación con las principales zonas de la república.

#### Carreteras y Obras Complementarias

- Acceso Petrocel-Puerto Industrial de 5 km
- Acceso Altamira-Puerto Industrial de 6 km
- Libramiento poniente de Tampico de 15 km
- Ampliación del tramo Canoas-Libramiento Poniente de Tampico de 34 km
- Ampliación a 4 carriles del tramo Altamira-Corpus Christi de 12 km
- Ampliación a 4 carriles de la carretera Aeropuerto-Altamira
- Libramiento Altamira
- Puente sobre el río Pánuco
- Carretera Monte Alto-Puerto Industrial

## Ferrocarriles

- Enlace hacia el norte del país con Monterrey, y con el centro por la ruta de San Luis Potosí
- Construcción de un ramal de la línea actual del puerto industrial
- Construcción de la vía corta Tampico-Ciudad de México

En cuanto al sistema de transporte, se pretende articular debidamente las instalaciones portuarias. Por otra parte, se están construyendo accesos y vías férreas México-Tampico (vía corta) y Veracruz-Tampico (línea costera), esta última conectada con la primera y con un ramal al puerto de Tuxpan dado el gran potencial de desarrollo que representan las ramas pecuarias y petroleras de la zona y, como ya se estudió anteriormente, la industria petrolera significa el principal cliente.

El total de kilómetros a construir en estas obras, incluyendo las ampliaciones de caminos y vías existentes, asciende aproximadamente a 84 km de accesos carreteros y 21 de accesos férreos.

Hasta 1982 se estaban construyendo 35 km de vialidades primarias (con una línea de servicios que comprende red de agua, drenaje sanitario y pluvial, red eléctrica y alumbrado) y 15 km de vialidades secundarias.

## Lázaro Cárdenas

El puerto está provisto de eficaces obras de infraestructura y cuenta con un enlace carretero y una red nacional ferroviaria.

### Carreteras y Obras Complementarias

- Acceso La Orilla-Puerto Industrial, que incluye 5 km de camino
- Libramiento Guacamayas-La Orilla de 5 km
- Construcción del puente de acceso a la isla del Cayacal
- Ampliación a 4 carriles de la carretera de La Orilla al Puerto Industrial



## Ferrocarriles

- Puente sobre el río Balsas
- Patio industrial
- Terminal regional
- Acceso al puerto industrial
- Acceso que une la red nacional con la isla La Palma

El enlace carretero con la red nacional se lleva a cabo vía Lázaro Cárdenas-Manzanillo, que completa el circuito del Pacífico. El tramo ferroviario Nueva Italia-Lázaro Cárdenas incorpora al puerto con la red nacional con distancias de 803 km a la ciudad de México, 698 a Guadalajara y 1 278 a Monterrey.

### b) Infraestructura Portuaria

Se pretende desarrollar en Altamira y Lázaro Cárdenas facilidades portuarias modernas debidamente articuladas con los sistemas de transporte terrestre. En el diseño de cada puerto se incluyen como principales obras de infraestructura portuaria las siguientes:

- 1) Terminales especializadas para cada una de las industrias que requieran contar con frentes de agua exclusivos. Entre estas terminales cabe mencionar las siderúrgicas, con bandas transportadoras.
- 2) Terminales de usos múltiples, con el fin de constituir una terminal pública y servir a las industrias que dentro del puerto no dispongan de frente de agua. Cada terminal contará con el equipo requerido para el tipo de carga que maneje: grúas móviles, montacargas, tractores, - remolcadores, portacontenedores, etc., además de bodegas, patios de almacenamiento, talleres, casetas y oficinas, todo ello con el fin de que el manejo de carga se efectúe eficientemente, dar cabida a distintas industrias y facilitar el crecimiento ordenado.
- 3) Obras portuarias que incluyen la construcción de diques, rompeolas, - dársenas, muelles y canales de acceso.

Además, tanto Altamira como Lázaro Cárdenas ofrecen las siguientes ventajas:

- 1) Estructuras portuarias con moderna tecnología, adecuando la infraestructura e instalaciones a las necesidades de la industria pesada y mediana.
- 2) Vinculación adecuada de las áreas industriales, particularmente las de tipo pesado, con las instalaciones y la infraestructura portuaria, lo que facilita la transportación marítima de los productos.
- 3) Se cuenta directa o indirectamente con frentes de agua, permitiendo la entrada de embarcaciones de gran calado hasta sus instalaciones. De esta manera se realiza con facilidad la entrega de volúmenes de materias primas y se reciben productos terminados.
- 4) Un conjunto de instalaciones y de infraestructura portuaria para el manejo de grandes volúmenes de carga, tanto a granel como por el moderno sistema de "empaquetado" en contenedores.
- 5) Acceso directo a los sistemas de transporte, tanto de materias primas como de producto terminado, lo que hace posible una mayor participación en el mercado internacional y reduce los costos.
- 6) Correspondencia eficaz entre el tráfico marítimo y el transporte terrestre, de manera que operen sin costosa intermediación.
- 7) Desarrollo de modernos núcleos urbanos que favorecen el desenvolvimiento de una adecuada vida social.

Altamira constituye uno de los puertos industriales más importantes en lo que se refiere a infraestructura: cuenta con dársenas, escolleras y muelles que facilitan la recepción y reexpedición de carga que llega al NE del país.

En detalle, las características portuarias de Altamira son las siguientes:

- Zona profunda, con capacidad para recibir barcos hasta de 100 000 TPM.
- Zona no profunda, para la entrada de barcos hasta de 50 000 TPM.
- Área de uso múltiple, para el servicio a industrias que no requieren frente de agua.

La terminal de Altamira contará con 250 m de muelle habilitado para el manejo de -- carga, además de una posición de atraque para el servicio de la industria siderúrgica principalmente. Las estimaciones hechas por el Programa de Puertos Industriales indican que podrán moverse 1.4 millones de toneladas en 1985, y este será el único puerto poseedor de muelles para el manejo de carga convencional. Las estimaciones correspondientes a 1988 arrojan un aumento a 2.5 millones de toneladas.

### c) Otros Servicios

Como parte del desarrollo de los puertos en cuestión se llevan a cabo distintos -- trabajos de planeación y desarrollo urbano, integrados con las obras de dotación de servicios básicos a fin de asegurar la constitución de áreas residenciales y la disponibilidad de lotes adecuadamente organizados.

Operan eficientemente los servicios de correos, telégrafos, telex y teléfonos. Se cuenta con alumbrado público y saneamiento. Funcionan clínicas, hospitales y centros de salud. Existen planteles educativos eficientes a niveles primaria, secunda ria, además de los centros de educación técnica media superior.

En la planeación del uso del agua, destino y disponibilidad, los dos puertos pre-- sentan una gran alternativa. En Altamira están en marcha los estudios para la cons-- trucción de la presa de almacenamiento del Tamesi y para la captación y conducción de agua en bloques con un caudal de  $25 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

La obra en la presa Tamesi en la cuenca del río Pánuco garantiza el agua a Altamira, y se proyecta una planta potabilizadora que proporcionará de 100 a 150 l/seg y una planta de tratamiento de aguas residuales. Esta presa también representa un poten-- cial generador de energía eléctrica.

En Lázaro Cárdenas ya se han concluido algunas obras de dotación de agua potable con tomas y sistemas de conducción para usos urbanos e industriales a fin de atender -- las necesidades más inmediatas. Se realizan además las obras de encauzamiento del -- brazo izquierdo del río Balsas y la entrega de agua en bloques para la zona indus-- trial con un caudal de  $6 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Asimismo, próximas al puerto se encuentran dos -- presas: la presa y planta hidroeléctrica José María Morelos (La Villita), a 13 km --

de la desembocadura del río Balsas, con una capacidad de generación de 304 000 kW, y El Infiernillo, presa con una capacidad para almacenar 10 500 millones de metros cúbicos. Con estas plantas el puerto está dotado de la energía eléctrica que requiere.

### 1.5 Disponibilidad de Mano de Obra

Un aspecto fundamental es la vinculación con la población trabajadora, orientándola hacia oportunidades de empleo. En Altamira y Lázaro Cárdenas la afluencia de población a estas áreas desbordó desde un principio la capacidad de las instalaciones urbanas y de los servicios sociales para dar cabida a nuevos requerimientos. En el cuadro 23 se asientan las cifras preliminares sobre el crecimiento de la población que se han utilizado en los cálculos sobre la demanda de servicios urbanos en ambas zonas hasta 1990.

El crecimiento demográfico en Altamira ha sido notable: una tasa promedio anual de 2.6% en 1950-1960 y una aproximada de 5.9% en 1970-1980. Estas cifras reflejan la importancia que ha adquirido la actividad económica de la zona.

Por su ubicación geográfica y disponibilidad de recursos industriales y humanos, Tampico-Altamira constituye el eje económico de los municipios integrados en la zona conurbada y su influencia se extiende a los estados de Nuevo León, Coahuila, Durango y San Luis Potosí.

El área metropolitana de Lázaro Cárdenas, debido fundamentalmente a las necesidades del puerto y de la construcción de la segunda etapa de SICARTSA, pasará de una población actual de 60 mil habitantes a 630 mil a fines de este siglo.

Las resultantes del crecimiento de población previsible para 1990, que se estima de 70 a 100% en Altamira y cercano al 150% en Lázaro Cárdenas, representa una gran disponibilidad de mano de obra en cualquiera de los dos puertos.

Por otra parte, y con objeto de fomentar un cuadro de personal capacitado, se han desarrollado diversos cursos que se adapten a las necesidades, problemas y características de los puertos. Además, existe un programa educativo en coordinación con

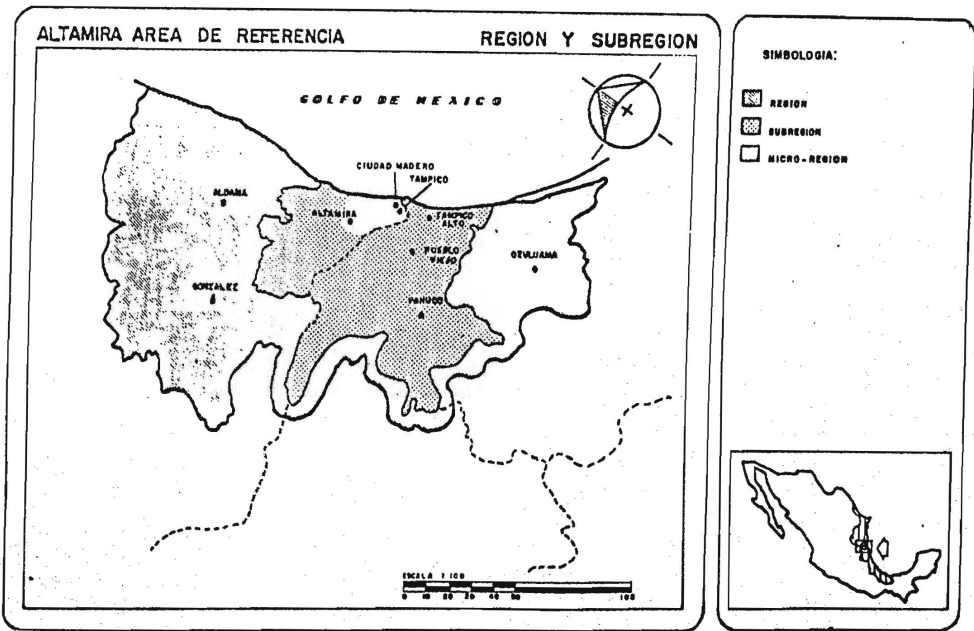
AÑO Y NIVEL	(miles de habitantes)	
	ALTAMIRA	LAZARO CARDENAS
1985		
Región	837.2	274.9
Subregión	704.7	189.0
Microrregión	502.9	155.7
1990		
Región	1 007.1	356.2
Subregión	847.5	265.3
Microrregión	606.9	234.6
2000		
Región	1 457.2	518.4
Subregión	1 231.9	417.1
Microrregión	888.1	387.9

FUENTE: SCT. Memoria del Programa de Puertos Industriales.  
México. 1979 - 1982

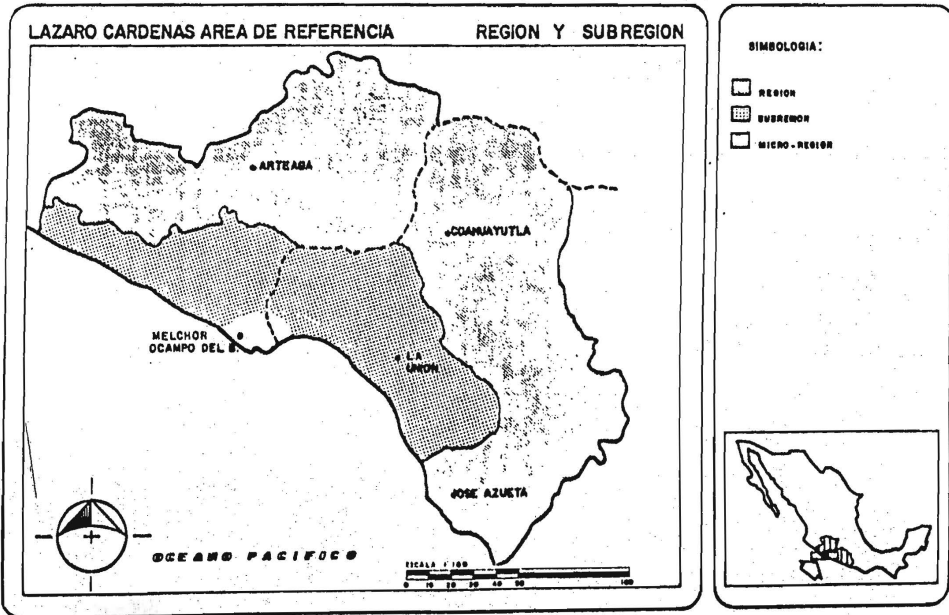
Cuadro 23 ESTIMACIONES DE POBLACION EN ALTAMIRA Y LAZARO  
CARDENAS (miles de habitantes)

la SEP, SSA, STPS y otras instituciones del sector educativo, para dar un especial apoyo a las zonas de desarrollo prioritario.

De acuerdo a las características señaladas y a los movimientos migratorios, en el cuadro 23 se observan los asentamientos esperados en cada uno de los puertos sin considerar la población flotante (véanse también los mapas 8 y 9).



Mapa 8 AREA DE INFLUENCIA DEL PUERTO INDUSTRIAL DE ALTAMIRA



Mapa 9 AREA DE INFLUENCIA DEL PUERTO INDUSTRIAL DE LAZARO CARDENAS

## 1.6 Políticas de Fomento Industrial

Con el propósito de alentar las inversiones, el Gobierno Federal ha puesto en marcha un programa que favorece el desarrollo industrial, la descentralización de la actividad económica del centro del país y la generación de empleos. Para ello, el 6 de marzo de 1979 se publicó en el Diario Oficial el "Decreto que establece los estímulos fiscales para el fomento del empleo y la inversión en las actividades industriales", que contempla lo siguiente:

- Se consideran zonas preferentes de desarrollo los puertos industriales de - Tampico-Altamira, Tamps., Lázaro Cárdenas, Mich., Laguna de Ostión, Ver. y - Salina Cruz, Oax.
- Se otorgará un subsidio del 30% sobre la facturación a precios nacionales -- del consumo de energéticos (petróleo, gas natural, combustóleo, etc.).
- Se otorgarán CEPROFIS (Certificados de Promoción Fiscal) contra impuestos federales a:
  - ° 20% sobre la inversión total en caso de empresas que amplíen o inicien actividades ubicadas en cualquier puerto industrial.
  - ° 20% de los salarios de empleo generados.
  - ° 5% de reembolso en el pago de impuestos federales sobre el valor de adquisición de maquinaria y equipos nuevos de producción nacional que formen parte de los activos fijos de la empresa.

Particularmente, para promover la inversión en la industria siderúrgica, que tiene un valor estratégico en toda la economía, en el Diario Oficial de la Federación del 21 de enero de 1982 se publicó lo siguiente:

"Con el objeto de fomentar el crecimiento de la industria siderúrgica nacional, se desprende la urgencia de apoyar a aquellas empresas que a partir del mineral de hierro, chatarra y/o hierro esponja y de materiales relaminables que bajo -- procesos integrados o semintegrados produzcan uno o varios de los productos siguientes: planos, no planos y tubos sin costura".



Por lo anterior, ubicar la planta en un puerto industrial representaría el disfrutar de todo un paquete de estímulos fiscales otorgados a este tipo de industria, pues se trata de una rama estratégica localizada en una zona prioritaria.

## 1.7 Descripción de las Zonas

### Altamira

Este puerto industrial se localiza al sur de la Laguna de San Andrés, a 20 km al norte de Tampico. Predomina el terreno plano, con lomeríos de poca elevación, paralelos a la costa. El río Pánuco cruza la zona de oeste a este; región de lagunas, entre ellas: San Andrés, Chairel y Carpintero.

El clima es cálido, subhúmedo, con lluvias en verano. La precipitación pluvial media es de 1 000 mm con máximas en el mes de septiembre y mínimas en mayo.

El sitio presenta ventajas naturales en cuanto a ubicación geográfica y disponibilidad de tierra y agua, así como el abastecimiento de energía eléctrica y su proximidad a un importante distrito de riego. Además, cuenta con facilidades de infraestructura y servicios, tales como puerto de altura, conexión ferroviaria y carretera hacia el centro del país, principalmente. La población urbana hasta 1982 era de 520 mil habitantes, por lo que se han previsto 9 258 has para el puerto a fin de destinar 2 200 para uso urbano, 5 185 para uso industrial y 1 833 para la creación de un parque nacional.

La zona de influencia directa del puerto industrial de Tampico-Altamira es llamada zona conurbada de Tampico, que incluye los municipios de Altamira, Cd. Madero y Tampico en Tamaulipas y los de Pánuco, Pueblo Viejo y Tampico Alto en Veracruz.

### Lázaro Cárdenas

Este puerto industrial está ubicado en la desembocadura del río Balsas, en el estado de Michoacán, colindando con Guerrero, al SO del territorio nacional, sobre el litoral del Océano Pacífico. Ocupa las islas del Cayacal y La Palma.

En la zona correspondiente al delta del río Balsas se observan lomeríos con elevaciones máximas de 50 m sobre el nivel del mar. El clima es cálido, semiseco, sin una estación invernal definida. La precipitación pluvial media es de alrededor de 1 300 mm. Junio y octubre corresponden a los meses de mayor humedad.

Se ha previsto una oferta de tierra de 4 166 hectáreas, de las cuales 979 se destinarán a uso urbano, 2 729 a uso industrial y 458 a la creación de un parque para recreación.

La zona de influencia del puerto está conformada por los municipios de Lázaro Cárdenas, Mich., La Unión, Gro., y ejerce una importante influencia económica sobre varios estados, como son Colima, Jalisco y Oaxaca.


### 1.8 Selección Final

Como resultado de la evaluación de las dos alternativas, se considera a Altamira como la mejor opción para ubicar la planta. Tal afirmación se basa en la cercanía con los mercados de consumo y abastecimiento, lo que se traduce en menores costos de transporte y en una distribución eficiente tanto de materias primas como de producto terminado.

Instalar la planta en Altamira permite un fácil acceso a los mercados internacionales tanto para la exportación del producto como para la importación de algunas materias primas. Al mismo tiempo, ofrece infraestructura moderna que facilita las actividades propias de la planta y significa un ahorro de inversión por este concepto. Además la región de Altamira cuenta con el apoyo del Gobierno Federal mediante estímulos fiscales que abaten costos de producción.

Para su operación, se cuenta con mano de obra, energéticos, agua y otros servicios disponibles suficientes para la planta. Asimismo, existen terrenos con la ubicación y características idóneas para la planta en ese importante polo de desarrollo industrial.

## 2. MICROLOCALIZACION

Una vez seleccionada la zona ideal para ubicar la planta, se propone ahora el terreno más adecuado para su instalación. En la figura 1 se muestra la distribución detallada de los terrenos de la zona industrial que comprende la primera etapa de entrega. Dentro de las áreas consideradas, se propone la marcada  como la de mejor ubicación dado que presenta las siguientes características:

- a) Tamaño adecuado. El terreno cuenta con una superficie aproximada de 76 hectáreas que representa casi el doble del tamaño necesario para la planta y futuras ampliaciones. Facilita, además la disposición en serie de las instalaciones.

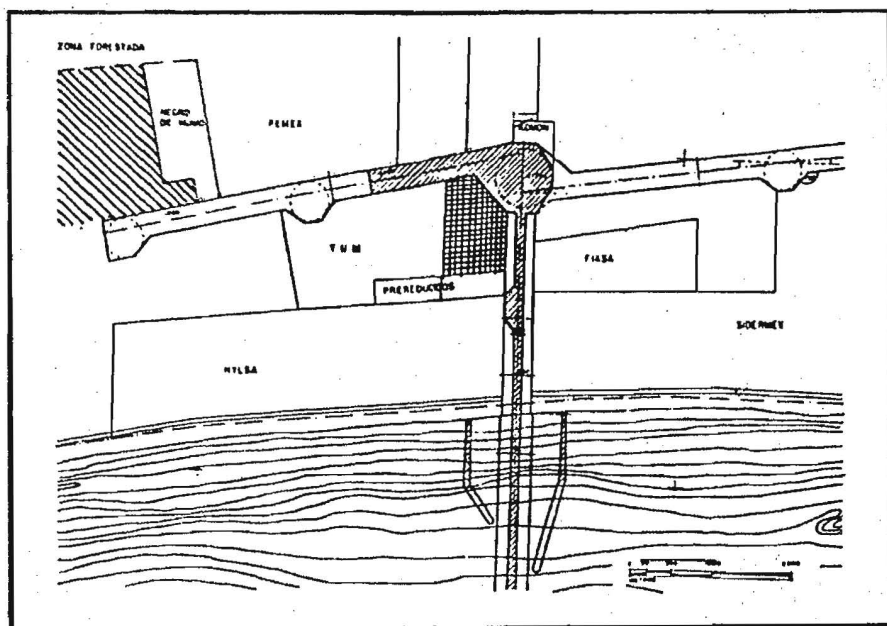


Fig. 1 DISTRIBUCION GENERAL DE LA ZONA INDUSTRIAL DE ALTAMIRA



Terreno seleccionado



Alternativa

- b) Frente de agua. El frente de agua que rodea al terreno contará con muelles para contenedores a granel y general, facilitando así el mercado de exporta y la recepción y manejo de materiales.
- c) Vías de comunicación. En la figura 2 se indican los accesos carreteros y de ferrocarril que conectarán el parque industrial con la red nacional, a la cual se podrá tener acceso directo.

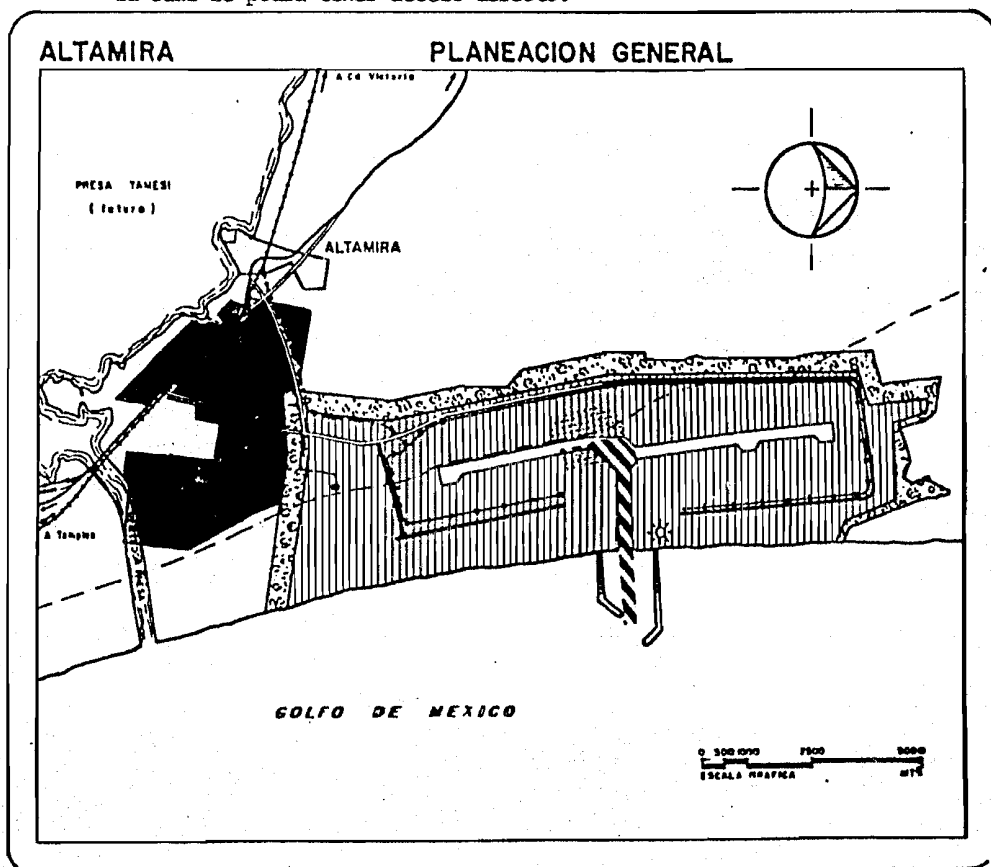

















Fig. 2 DESCRIPCION DE LA ZONA INDUSTRIAL DE ALTAMIRA

 zona industrial	 vialidad futuro	 acueducto
 cinturón verde	 FF.CC. actual	 dragado 1983
 zona urbana	 FF.CC. a 1983	 escolleras 1983
 carretera actual	 FF.CC. futuro	 faro
 vialidad	 Nivelación terreno 1983	

- d) Infraestructura. Finalmente, al tratarse de una zona industrial el abastecimiento de los insumos básicos (electricidad, gas natural, pelet, agua, - etc.) está asegurado, así como los sistemas de eliminación de desechos.

Como otra alternativa, la planta podría quedar ubicada en la zona marcada  donde se tienen las ventajas señaladas, además de acceso carretero más directo hacia el interior de la República.

## INGENIERIA DEL PROYECTO

El propósito fundamental de este capítulo puede resumirse en una doble función: primero, aportar la información que permita hacer una evaluación económica del proyecto y, segundo, la de establecer las bases técnicas - sobre las que se instalaría la planta en caso de que el proyecto demuestre ser económicamente atractivo.

Con lo anterior en mente, se incluyen aspectos como son la adopción y descripción del proceso a utilizar, la especificación del equipo necesario, los balances de materia y energía, diagramas de flujo, programas de construcción y puesta en marcha así como de producción, curvas de aprendizaje, entre otros.

## 1. TECNOLOGIA

Tradicionalmente, en México se ha venido produciendo acero mediante tres rutas diferentes:

- Alto Horno / Convertidor Básico al Oxígeno (AH/BOF)
- Reducción Directa / Horno Eléctrico de Arco (RD/HEA)
- Alto Horno / Siemens Martin (AH/SM)

Sin embargo, se ha estimado que este último método opera con altos costos y largos tiempos de operación, por lo que se considera un medio obsoleto para producir acero y ha desaparecido casi totalmente del país. Bajo estas circunstancias, la alternativa que deba tomar una empresa siderúrgica de nueva creación o que proyecte expansiones habrá de considerar cualquiera de las dos tecnologías restantes.

Los procesos de reducción directa en México basan su operación en el gas natural, - es decir, no emplean reductores sólidos como el carbón no coquizable o el coque. Aunque en algunos países se han establecido algunas plantas pequeñas que sí los emplean, este tipo no se ha manejado comercialmente en el país y por lo tanto no se considera como una posibilidad tecnológica. De esta manera, la elección final se hace en el apartado 2 evaluando la tecnología que a continuación se describe en forma general.

### 1.1 Fabricación del Hierro en el Alto Horno

El alto horno ha sido considerado durante siglos como la estructura distintiva de la industria del hierro y el acero. Para apoyar su operación necesita de varias instalaciones auxiliares, pero podría definirse en forma general como una estructura de acero de gran altura y de forma casi cilíndrica, que tiene un revestimiento interior de ladrillo refractario y que se usa para producir arrabio (hierro líquido).

En la figura 3 se muestra el perfil interno de un alto horno moderno, así como sus principales equipos auxiliares. La parte superior se llama tragante, a través del cual se introducen al horno mineral de hierro, coque y caliza. Abajo del tragante se encuentra la parte cónica del horno llamada cuba. El vientre es la parte más ancha del horno y debajo de él se encuentra el etalaje y finalmente el crisol. Al -

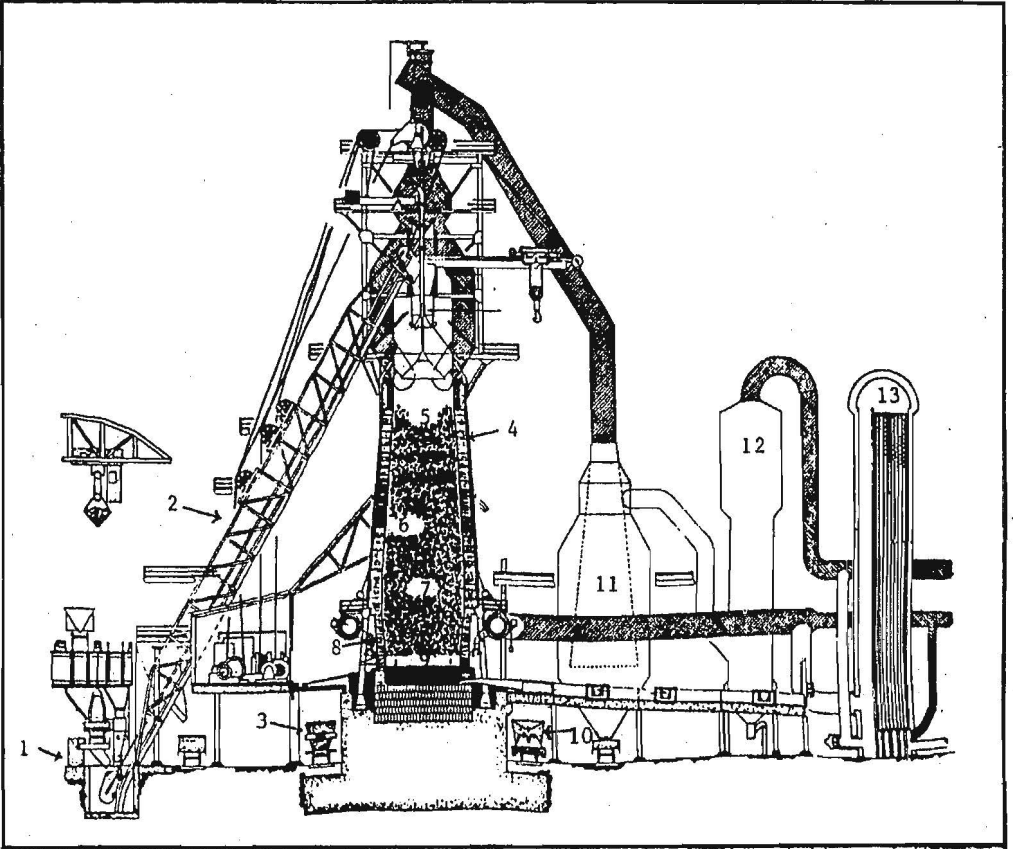


Fig. 3 DISPOSICION TIPICA DE UN ALTO HORNO

- |                                     |                       |
|-------------------------------------|-----------------------|
| 1- Piso de carga                    | 7- Vientre            |
| 2- Sistema de elevación de la carga | 8- Etalaje            |
| 3- Olla de escoria                  | 9- Crisol             |
| 4- Alto horno                       | 10- Olla de arrabio   |
| 5- Tragante                         | 11- Colector de polvo |
| 6- Cuba                             | 12- Lavador de gases  |
|                                     | 13- Estufa            |



nivel de la solera o fondo del crisol se localiza la piquera que da salida al arrabio líquido. Un poco más arriba está situado el orificio de escoria.

En la parte superior del crisol se encuentran distribuidas por su circunferencia - los orificios en donde encajan las toberas, que tienen como función la inyección del aire caliente para la combustión del coque. El revestimiento del horno está hecho de ladrillo refractario y la parte exterior de placas de acero soldadas.

Para la producción del arrabio se hace uso de tres materias primas básicas: mineral de hierro, coque y fundentes, las cuales tienen funciones específicas que cumplir en el proceso. Los materiales ferríferos proporcionan el elemento hierro. La función del coque es producir el calor requerido para la fusión, además de generar los agentes químicos para la reducción del mineral de hierro, es además la - - fuente del carbono que se disuelve en el hierro líquido. Por último, la función de la piedra caliza y/o dolomita (fundentes) es doble: formar una escoria fluida con la ceniza del coque, la ganga del mineral y otras impurezas cargadas, y formar una - escoria con una composición química adecuada para controlar el contenido de azufre en el hierro.

De manera general, en el funcionamiento de un alto horno tienen lugar dos flujos - continuos a contracorriente: de arriba hacia abajo descienden los materiales de -- carga y de abajo hacia arriba fluyen los productos de la combustión. Durante el -- descenso de la carga tienen lugar una serie de fenómenos físicoquímicos entre los - materiales cargados al horno, de tal manera que al final del proceso se obtiene hie -- rro líquido conocido como arrabio.

Al final del proceso este hierro de primera fusión se extrae a través del orificio de sangrado situado en el fondo del crisol y se recibe en carros termo para ser - - transportado a las naves de aceración, donde es transformado en acero.

## 1.2 Producción de Acero en el Convertidor Básico al Oxígeno

En la figura 4 se muestran los principales equipos y su distribución en una acería al oxígeno. El horno o convertidor es un recipiente metálico en forma de barril re cubierto con refractarios básicos. El cuerpo del horno es cilíndrico, con el fon -- do ligeramente abombado y la parte superior en forma de cono truncado, con la parte

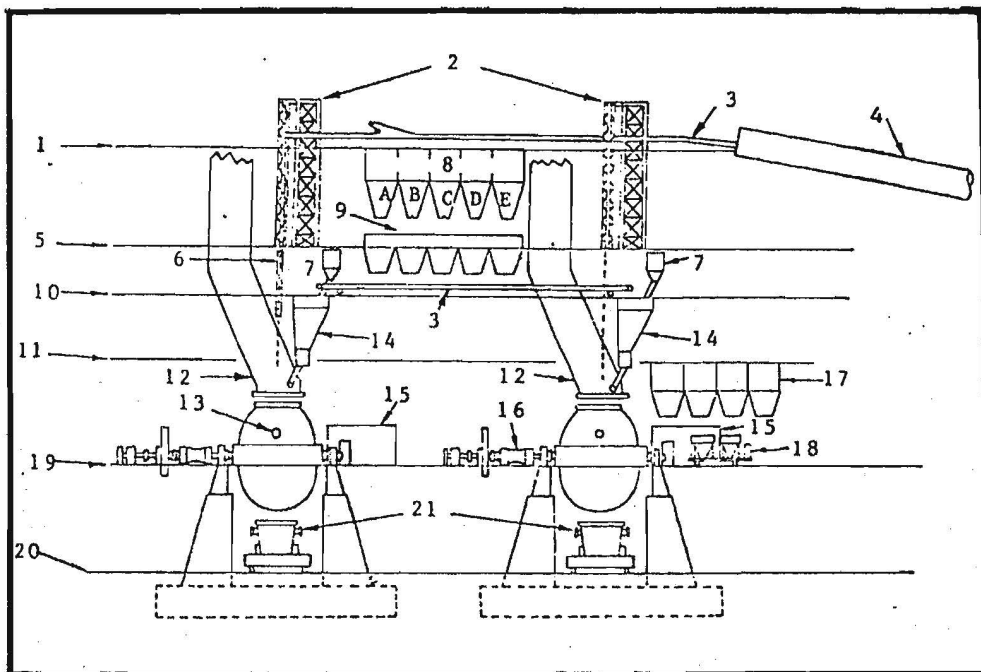


Fig. 4 DISPOSICION GENERAL DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE UN TALLER DE ACERACION AL OXIGENO

1-piso de almacenaje, 2-mecanismos de elevación de la lanza, 3-bandas transportadoras, 4-transportador inclinado para elevación de materiales desde el almacén, 5-plataforma de pesaje, 6-lanza de oxígeno, 7-estufa de coque, 8-tolvas almacenadoras: A coque, B fluorita, C mineral, D y E caliza, 9-tolvas pesadoras, 10-plataforma de dosificación, 11-piso de servicio, 12-campana extractora, 13-orificio de colada, 14-tolva dosificadora, 15-cuarto de control, 16-mecanismo de movimiento del horno, 17-tolvas almacenadoras de adiciones a la olla, 18-carro de transferencia para adiciones a la olla, 19-piso de trabajo, 20-suelo, 21-ollas de vaciado.

basal descansando sobre el cilindro y una abertura en la parte angosta.

El primer paso para producir acero por este método consiste en inclinar el horno hacia un lado y cargarlo con chatarra mediante una grúa. Posteriormente, el convertidor distribuye la carga en el fondo del horno mediante movimientos rotatorios, para después cargar el arrabio líquido, que representa aproximadamente el 80% de la carga metálica.

Tan pronto como el convertidor se ha cargado, se coloca en posición vertical y se baja la lanza de oxígeno hasta una altura determinada sobre la superficie del baño (1.8 - 2 m). Se inicia entonces el sople de oxígeno.

En un tiempo muy corto, las reacciones exotérmicas de algunos elementos presentes con el oxígeno (Si, C) produce un aumento considerable de temperatura con lo que se obtienen las condiciones adecuadas para agregar cal, espátflúor y algunas veces laminilla a la carga mediante un canalón, materiales que se usan para producir una buena escoria. A partir de este momento no se interrumpe el sople. El oxígeno se combina con los elementos no deseables considerados como impurezas, eliminándolos de la carga líquida y transformándola así en acero.

Una vez obtenida la temperatura deseada y el contenido de carbono del acero a producir, el horno se inclina para vaciar el acero a una olla que los recibe y en donde se agregan los elementos de aleación que se requieren para ajustar la composición química.

Posteriormente, la olla es transportada por una grúa a la sección de colado para su solidificación.

### 1.3 Producción de Hierro Esponja en el Proceso HYL-III

El método HYL-III para la producción de hierro esponja es el resultado de las investigaciones de la empresa HYLSA, S.A. y de los adelantos logrados a su anterior técnica HYL. Esencialmente, es un proceso continuo de reducción directa a base de gas, que opera a alta presión y en el que el lecho móvil de la carga desciende a contracorriente con los gases reductores. En la figura 5 se muestra en forma esquemática el diagrama de flujo del proceso.

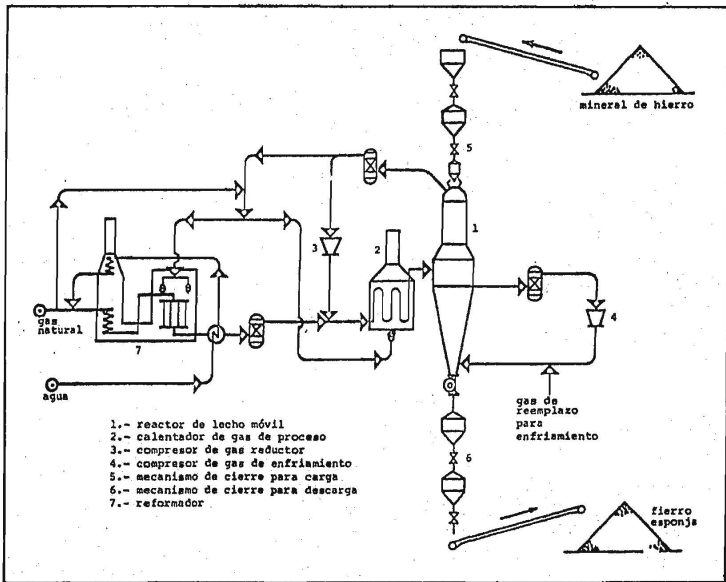


Fig. 5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO HYL - III

Una planta industrial de este tipo consta de tres secciones fundamentales:

- Generación de gases y calor
- Torre de reducción
- Manejo de materiales y servicios auxiliares

#### a) Generación de Gases y Calor

La reformación catalítica del gas natural es el primer paso en la secuencia de operaciones del proceso. Esta se efectúa en un reformador, a través del cual se hace pasar una corriente formada por una mezcla de vapor sobrecalentado y gas natural - (aunque se puede usar también GLP, nafta o cualquier otro hidrocarburo ligero) y es calentada hasta la temperatura de reacción para producir un gas reductor rico en CO y H<sub>2</sub>:



El vapor de agua presente al final de la reacción se elimina de los gases por condensación, y el resultado es un gas reductor muy activo cuya composición aproximada es:

H <sub>2</sub>	-	74 %
CO	-	13 %
CO <sub>2</sub>	-	8 %
CH <sub>4</sub>	-	5 %

Por su parte, el equipo para el calentamiento del gas reductor es una unidad con secciones de convección y radiación, que puede alcanzar temperaturas de aproximadamente 1 000°C.

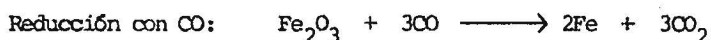
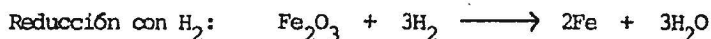
#### b) Torre de Reducción

El reactor es la parte más importante de la torre de reducción. Consta de tres - - principales zonas gas-sólido: reducción, enfriamiento e isobárica. En la zona su

perior se lleva a cabo el ciclo de reducción; en la de enfriamiento, localizada en la parte baja del reactor, el hierro esponja producido se enfría y carbura a niveles que van de 1 a 4.5% C.

La zona intermedia isobárica tiene como objeto mantener en un mínimo la mezcla de los gases de reducción y de enfriamiento, lo que se logra debido a una diferencia de presiones.

La reducción de la carga mineral puede representarse por medio de las dos reacciones siguientes:



Tanto para la alimentación del mineral como para la descarga del hierro esponja se cuenta con mecanismos presurizados, los que permiten que el proceso de reducción se lleve a cabo a aproximadamente 5 kg/cm<sup>2</sup> de presión.

Después de la descarga, el hierro esponja se encuentra perfectamente estable y frío ( ± 50°C ), excepto cuando se ha cargado 100% mineral en trozo, en cuyo caso la temperatura varía de 70 a 75°C.

En lo que respecta a las materias primas para el proceso, existe flexibilidad en su uso. Puede cargarse el reactor con 100 por ciento pellets, mineral, o mezclas de ambos y producir hierro esponja con diferentes grados de metalización y niveles de carburación también variables.

### c) Manejo de Materiales y Servicios Auxiliares

El diseño general de la planta (Fig. 6) incluye una estación de cribado. De allí el mineral es movilizado por medio de transportadores de banda y/o cangilones. La planta puede o no incluir cribado del producto y/o briqueteado de finos, según se trate de utilización interna o exportación.

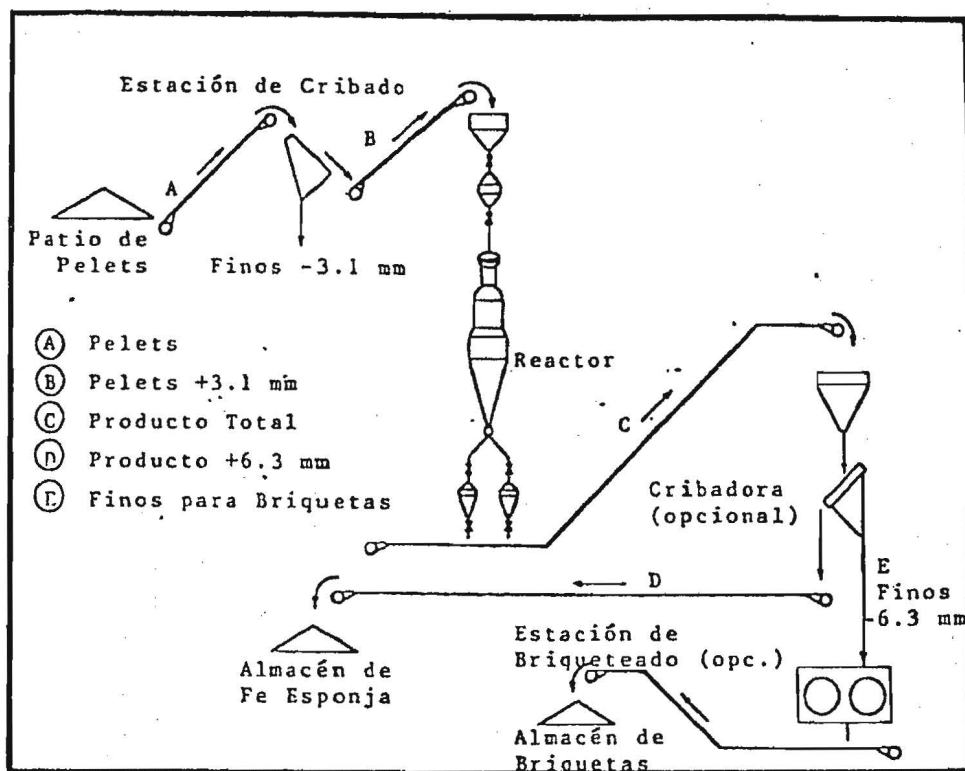


Fig. 6 DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL MANEJO DE MATERIALES EN UNA PLANTA HYL - III

Algunos de los principales servicios auxiliares son tratamiento y recuperación de agua, generación de gas inerte, generación eléctrica, producción de gas comprimido y generación de vapor.

En la actualidad, las plantas con la tecnología HYL-III están disponibles con capacidades de producción anual de 250, 500 y 700 mil toneladas, con un diseño que incorpora una serie de conceptos básicos que la hacen ventajosa en la producción de hierro esponja, entre los que destacan la versatilidad en el uso de hidrocarburos y materias primas, así como la flexibilidad de diseño para diferentes esquemas de uso energético.

#### 1.4 Aceración en Hornos Eléctricos

El horno eléctrico de arco es fundamentalmente un horno de fusión de chatarra, aunque puede cargarse también con arrabio fundido y materiales prerreducidos (pelets o briquetas de hierro esponja).

Las partes mecánicas y estructurales de un horno eléctrico moderno consisten básicamente de una coraza de acero y una tapa o bóveda recubiertas con material refractario para mantener la carga. Los mecanismos principales usados en este horno tienen como función colocar en posición los electrodos, inclinar el horno, girar la bóveda y operar las puertas del horno. En la figura 7 se muestra el diagrama esquemático de un horno de este tipo.

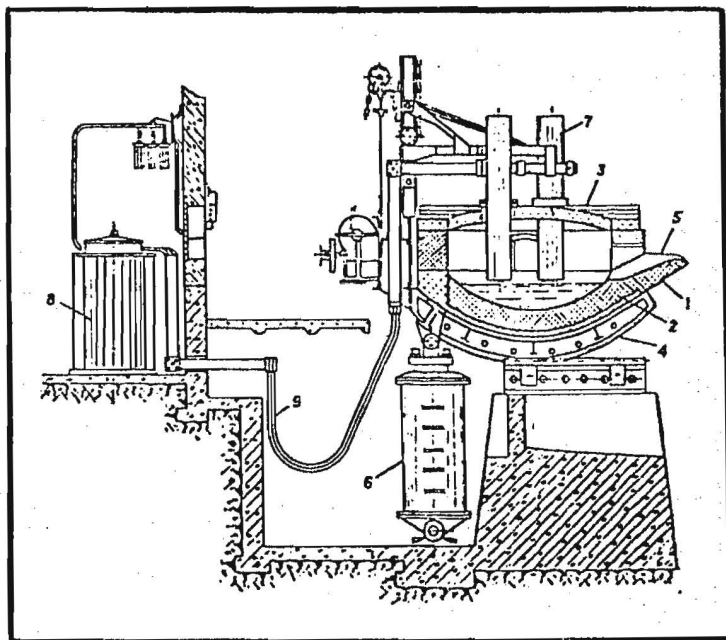


Fig. 7 ESQUEMA BASICO DE UN HORNO ELECTRICO DE ARCO

1-coraza, 2-revestimiento, 3-bóveda, 4-mecanismo basculante,  
5-canal de colada, 6-mecanismo eléctrico o hidráulico,  
7-electrodos, 8-transformador, 9-cables conductores flexibles.



Para la operación del horno la carga metálica se coloca en la solera o fondo al mismo tiempo que se agregan las ferroaleaciones y otros elementos que son fácilmente oxidables antes del calentamiento para la fusión. Luego de la carga, la tapa del horno se coloca en posición y se bajan los electrodos; se conecta la energía eléctrica, y el calor que resulta cuando se genera el arco eléctrico entre los electrodos y el metal originan la fusión de la carga sólida.

En un momento determinado del proceso se agrega una cierta cantidad de mineral de hierro al baño con el objeto de reducir el contenido de carbono, generándose una acción de ebullición o burbujas, lo que constituye uno de los factores más importantes en la producción de acero de alta calidad.

Una práctica moderna de cargar el hierro esponja al horno consiste en la llamada alimentación continua. Una vez que se tiene el metal líquido, se inicia la carga con una rapidez que permita que el hierro esponja se vaya fundiendo gradualmente en el baño metálico.

La caliza y el fundente se cargan en la parte superior del metal líquido, y debido a la interacción de carácter químico las impurezas del metal suben hacia la superficie y pasan a la escoria que flota en el baño.

Cuando se ha alcanzado la composición química especificada para el acero, se inclina el horno hacia el lado del agujero de colada, se abre éste y el metal se vacía por el canalón; la escoria fluye después del acero y sirve como una cubierta aislante durante el vaciado a la cuchara, la cual lo transportará a la sección de colado para su solidificación.

### 1.5 Solidificación del Acero

Cualquiera que sea el método que se use para fabricar el acero, éste no tiene uso práctico en forma líquida. Debe ser solidificado adoptando formas que sean adecuadas a los posteriores procesos de conformado, aunque también una pequeña parte se saca directamente del horno para obtener productos terminados.

### a) Colado en Lingoteras

El método tradicional de manejar el acero que sale de un horno es vaciarlo a una olla, de donde se cuela en moldes de lingote o lingoteras de diversos tamaños y formas.

La sección transversal de la mayor parte de los lingoteses generalmente cuadrada y rectangular, con aristas redondeadas y costados corrugados. Todas las lingoteras tienen forma troncocónica para facilitar el desmoldeo del lingote. En algunos casos se usa el sistema de colado "en fuente", que es un método que consiste en disponer varios moldes en forma de estrella, los que se alimentan simultáneamente por vasos comunicantes desde una fuente común.

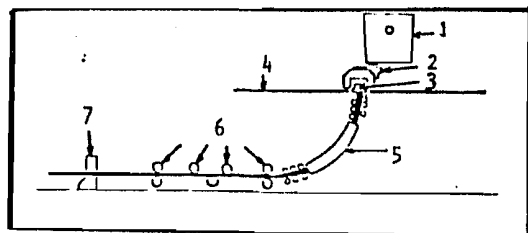
Una vez solidificado el acero, se extrae el molde y se deja a un lado para que se enfríe, quedando listo para ser preparado para un nuevo uso.

### b) Colada Continua

La máquina de colada continua es el resultado de un proceso mucho más moderno que el de lingote tradicional y laminador desbastador. Esta máquina (Fig. 8) recibe el acero líquido y produce los semiterminados planchones, tochos o palanquillas, evitando así los procesos de vaciado, deslingoteo, y calentamiento y laminación del lingote.

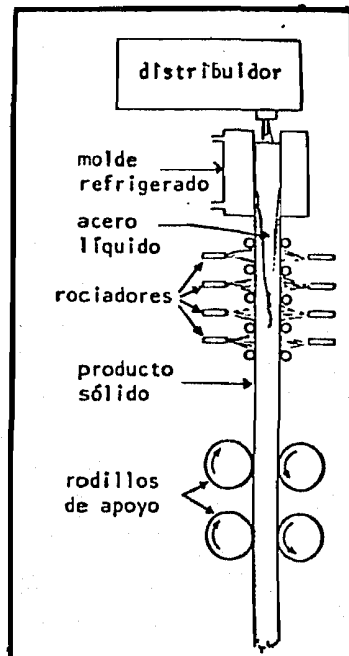
Existen varias clases de máquinas de colada continua, pero el principio en que se basan es el mismo. El acero líquido es transportado en una olla hasta la parte superior de la máquina, de donde fluye a un distribuidor. El acero pasa con un flujo controlado al molde de la máquina el cual está refrigerado por agua, de modo que el acero se enfría rápidamente en contacto con él, formándose una piel sólida en la parte exterior del metal. Esta pared se va engrosando a medida que la columna de acero descende a través del sistema de enfriamiento.

Tal como ocurre con los lingotes, el acero se enfría y está completamente sólido al salir por el extremo final de la máquina. En algunos sistemas de colada continua se corta la columna descendente a los largos previstos cuando está aún en posición ver-



(a)

- 1- olla de acero
- 2- distribuidor
- 3- molde de refrigerado
- 4- piso de colada
- 5- cámara curva de enfriamiento
- 6- rodillos extractores y enderezadores
- 7- rodillos



(b)

Fig. 8 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UNA MAQUINA DE COLADA CONTINUA

(a) Disposición general

(b) Detalle

tical. En otros casos, la máquina de colada continua hace que la columna sólida de acero que emerge del molde adopte una curva suave, de tal modo que la dirección vertical se transforma paulatinamente en horizontal. Al tenerse en esta posición actúa un sistema de enderezado, accionándose enseguida el sistema de corte que secciona las palanquillas a los largos previstos.

Por último, los semiproductos que se producen en estas máquinas se llevan a un almacén, de donde son procesados hasta obtener los diferentes productos siderúrgicos. Como puede verse, el sistema de colado en estas máquinas representa mayores ventajas que el método tradicional, traduciéndose en menores costos de producción y mayor productividad.

## 1.6 Fabricación de Tubería de Acero sin Costura

Existen varios métodos para la fabricación de tubos de acero sin costura. Sin embargo, cualquiera que sea el método utilizado, se trata de una deformación plástica por laminación o forja. El método que a continuación se describe es de los más modernos si se considera que sustituye algunas operaciones comunes a otros, como son el alargamiento y la calibración del diámetro interno.

### a) Laminador Continuo

En el proceso de laminación continua a mandril retenido se usan barras redondas como material base, las que pueden fabricarse en una máquina de colada continua. Al iniciarse el proceso las barras macizas se calientan en un horno de solera giratoria. El calentamiento es gradual y uniforme hasta llegar a aproximadamente 1 300°C, que es la temperatura adecuada para la perforación posterior.

La barra se extrae del horno y se introduce en sentido axial en un laminador Mannesmann, el cual consta de dos grandes rodillos que giran en el mismo sentido y que están dispuestos con sus ejes oblicuos uno respecto al otro, es decir, que se cruzan en el espacio. La operación de perforado es sumamente rápida y no involucra pérdida de material ya que el acero desplazado del centro de la barra se gana en la longitud del perforado (en el apartado 3 puede verse el diagrama de flujo del proceso).

La temperatura del acero es aún muy elevada, lo que permite someter de inmediato la barra perforada a la operación de laminación, con lo que toma la forma de un tubo propiamente dicho. El método de reducción empleado por este tipo de laminador consiste básicamente en la operación de nueve castillos de laminación dispuestos en tandem, consistiendo cada uno de dos rodillos acanalados (formando un círculo). Para llevar a cabo la laminación, a través de la barra perforada se hace pasar un mandril cilíndrico a todo lo largo y se introduce en el laminador junto con la pieza de trabajo. En los primeros dos castillos el diámetro del perforado se reduce de tal forma que la superficie interna se halla en contacto íntimo con el mandril. Continuando el sentido de la laminación, el siguiente par de castillos efectúa una reducción de la pared sobre una porción de la circunferencia del tubo, completando conjuntamente el primer incremento de reducción.

Los siguientes dos castillos (5 y 6) llevan a cabo una reducción similar, aunque de menor magnitud. Casi al final del proceso, los castillos 7 y 8 están diseñados para efectuar una reducción muy leve cuyo propósito es pulir la superficie del tubo. Finalmente, la forma ovalada que ha mantenido el tubo durante los pasos anteriores es cambiada a una casi circular en el último castillo, operación que se hace para facilitar la extracción del mandril.

Después del retiro del mandril, los tubos laminados se calientan antes de ser procesados en un laminador alargador-reductor (Strech Reducer), que es de construcción similar al laminador continuo. En este caso, la reducción se efectúa sin el uso de un mandril de soporte, a un tiempo que se reduce el diámetro. La operación difiere de un laminador reductor convencional, en el que el espesor de la pared aumenta a medida que se reduce el diámetro.

Los tubos largos que salen del proceso se cortan en dos secciones en una mesa de enfriamiento. Las dos mitades se enderezan y se cortan a tamaños determinados antes de pasar a la sección de acabado.

#### b) Estirado en Frío

Además de las necesidades de tubos comunes, existe demanda para productos con mayor exactitud, propiedades físicas especiales, mejores superficies, paredes más delgadas y diámetros más pequeños, los cuales no pueden producirse por métodos en caliente. Se recurre entonces al estirado en frío, con cuya práctica pueden obtenerse piezas tan delgadas y de diámetro tan pequeño como una aguja hipodérmica.

Existen dos métodos generales para la fabricación de tubos en frío. En el primero, o estirado en frío propiamente dicho, el tubo se hace pasar a través de un dado circular metálico de diámetro menor al del tubo original, el cual tiene en su interior un mandril cuyo diámetro será transmitido al tubo final (Fig. 9). Para el estirado es necesaria una operación previa, para lo cual se somete a recocido, se decapa y lubrica. Uno de los extremos es aguzado (como una punta de lápiz) para poder pasar a través del dado a fin de que las mordazas del carro de estirado lo puedan asir firmemente. Un gancho del carro se sujeta a la cadena de la trefiladora que lo arrastra junto con el tubo, pasando éste a través del conjunto dado-mandril.

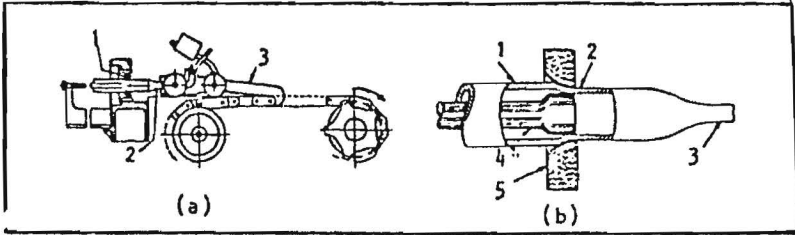


Fig. 9 ESTIRADO EN FRIO DE TUBOS DE ACERO SIN COSTURA

(a) Banco de estirado

- 1- dado
- 2- tubo aguzado
- 3- mordaza

(b) Conjunto mandril-dado

- 1- tubo laminado en caliente
- 2- diámetro reducido
- 3- punta del tubo
- 4- mandril fijo
- 5- dado de reducción

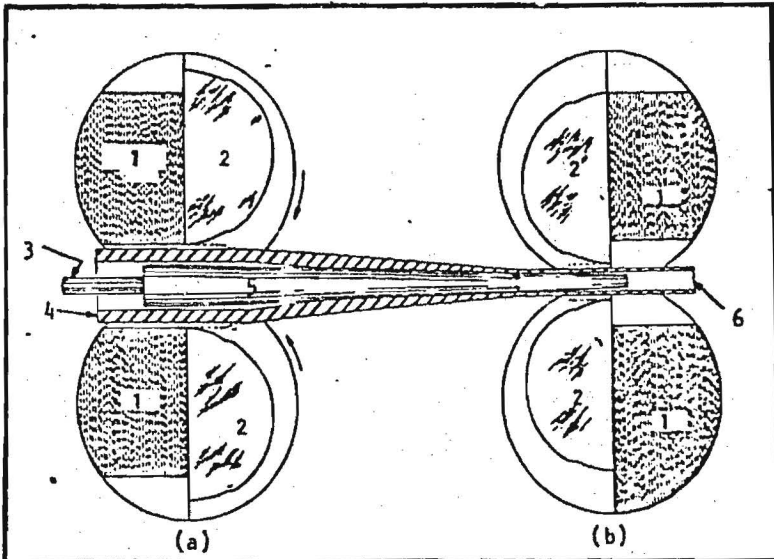


Fig. 10 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA REDUCCION EN FRIO DE TUBOS DE ACERO SIN COSTURA

(a) Posición de los rodillos antes de la laminación  
 (b) Posición de los rodillos al final de la laminación

- 1-rodillos, 2-dados excéntricos semicirculares, 3-varilla,
- 4-tubo inicial, 5-mandril fijo, 6-tubo reducido

El segundo método consiste en una laminación a paso de peregrino, como se indica en la figura 10. La máquina consiste en un par de cilindros de laminación de acero extraduro con gargantas cónicas que forjan el tubo montado sobre un mandril interno también cónico. El mandril queda inmóvil y los bastidores con los cilindros van haciendo un movimiento de vaivén por sobre la superficie del tubo. El procedimiento permite forjar así los tubos, logrando una alta reducción tanto del diámetro externo como de la pared.

### c) Enderezado

Cualquiera que sea el proceso de fabricación, los tubos no son totalmente rectos al salir de la máquina, sino que presentan curvaturas de mayor o menor importancia. - Para obtener tubos perfectamente rectos se emplean diversos tipos de máquinas enderezadoras. Después del enderezado, los tubos están ya listos para los pasos posteriores de corte, inspección, almacenamiento y embarque.

## 2. SELECCION DEL PROCESO

La producción de acero en la planta en estudio es la parte central de este análisis. La adopción de la ruta más apropiada se hace considerando factores determinantes como son la situación de las materias primas, los consumos de energéticos y los costos de inversión de los métodos para producir acero más experimentados: AH/BOF y RD/HEA. En el punto 1 de este capítulo se ha dado ya la descripción general de las operaciones respectivas.

En las investigaciones realizadas al respecto se encontró que la producción de acero por ambos métodos difiere en cuanto al costo de producción y de inversión para diferentes capacidades o tamaños de planta. Algunos autores establecen que para una planta con capacidad de 2.0 millones de toneladas anuales los costos de producción son iguales en ambas rutas. Otros elevan esta cifra hasta 3.5 MTA. Pensando conservadoramente, debajo de 2.0 MTA las ventajas son de la ruta de reducción directa, en tanto que la AH/BOF presenta el método más económico para la producción siderúrgica en gran escala. Estas consideraciones explican en gran medida que las plantas pequeñas o medianas instaladas en el mundo operen con la tecnología Reducción -

Directa / Horno Eléctrico (la mayoría con capacidad menor al millón de toneladas por año).

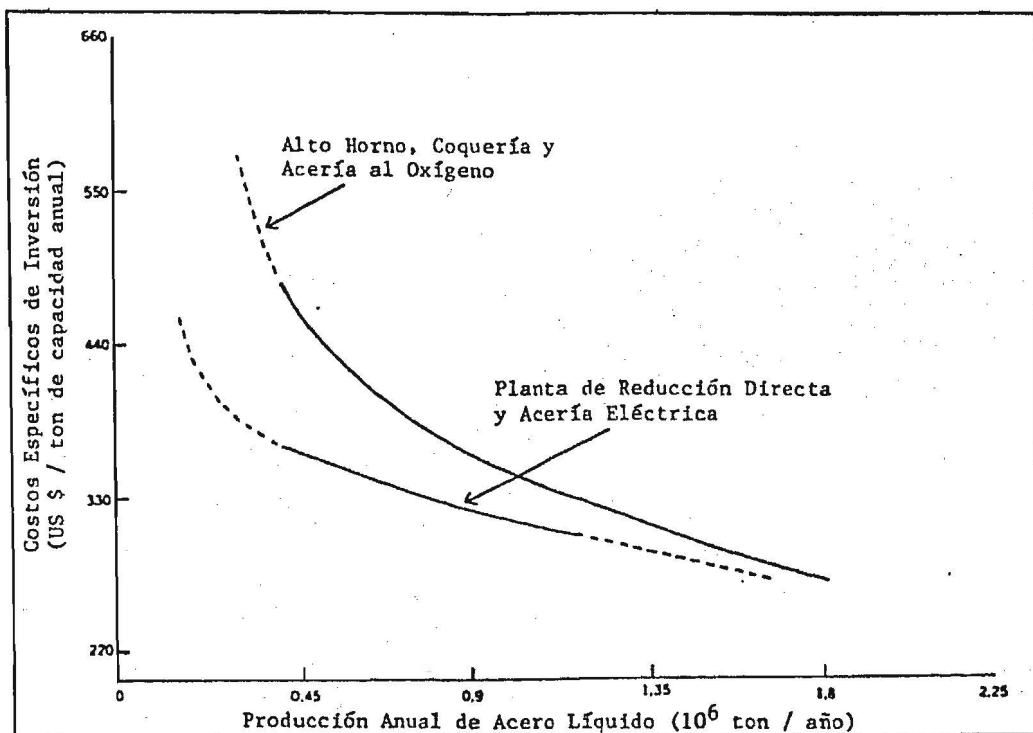
En el caso de México, existen varios factores que favorecen la instalación de esta tecnología, y dado que el tamaño determinado para la planta en cuestión no sobrepasa las 275 000 toneladas de acero líquido al año, no se efectúa un examen riguroso como podría requerirse en el caso de una capacidad cercana a los 2.0 MTA.

Las principales ventajas comparativas que se obtienen al instalar la ruta RD/HEA sobre la AH/BOF se resumen en los puntos siguientes:

- 1) USO DE GAS NATURAL. Este energético constituye una de las principales materias primas para la reducción directa HYL-III ya que es el que se reforma para producir los gases reductores. Como ya se indicó en el capítulo II, las reservas de gas natural del país son abundantes, por lo que su abastecimiento está asegurado durante la vida útil del proyecto, aún considerando que sea parcialmente exportado. Además, como se señaló en el capítulo IV, la planta podría quedar ubicada en la zona industrial de Altamira, que es una de las zonas prioritarias de desarrollo en donde el Gobierno Federal ofrece un subsidio del 30% sobre el costo del gas natural.
- 2) MENOR COSTO DE ENERGIA. Al igual que ocurre con el gas natural, el gobierno de México otorga un subsidio del 30% sobre la facturación a precios nacionales del consumo de este energético. Se evidencia entonces la importancia de ello si se toma en cuenta que la ruta RD/HEA es intensiva en el uso de energía eléctrica para la producción de acero.
- 3) MENORES COSTOS DE INVERSION. La instalación del equipo para una producción de 275 000 toneladas anuales de acero líquido usando la ruta del Alto Horno, representa costos de inversión superiores que cuando se trata de una acería basada en la Reducción Directa. Esta aseveración se puede confirmar en la gráfica 4.
- 4) MENORES COSTOS DE PRODUCCION. De manera análoga, frente a la ruta tradicional la vía RD/HEA representa también menores costos de producción cuyos niveles varían de acuerdo con la capacidad de producción de ambos procesos. En



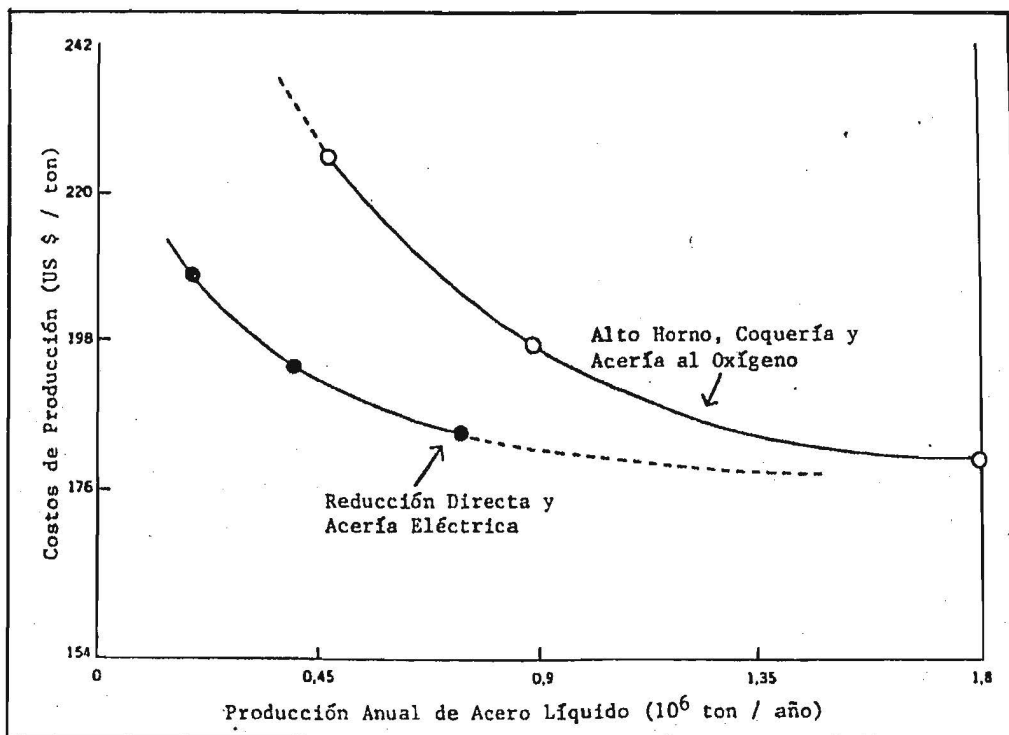
la gráfica 5 se muestra la comparación entre los respectivos costos de producción, en la que puede verse más claramente esta afirmación.



Gráfica 4 COSTOS ESPECIFICOS DE INVERSION PARA DOS VIAS DE PRODUCCION DE ACERO POR TONELADA DE CAPACIDAD DE ACERO EN BRUTO (Base 1978)

FUENTE: ILAFA, Colada continua y metalurgia en cuchara, 1981.

- 5) ALTO GRADO DE INTEGRACION NACIONAL. Este es otro aspecto que conviene señalar. Las instalaciones de una planta RD/HEA alcanzan una integración nacional mayor que en el caso de AH/BOF, ya que HYL-III es una tecnología desarrollada en México.



Gráfica 5 COSTOS DE PRODUCCION DE ACERO PARA DIFERENTES RUTAS POR TONELADA DE ACERO EN BRUTO

FUENTE: ILAFA, Colada continua y metalurgia en cuchara, 1981

- 6) MAYOR INDEPENDENCIA TECNOLÓGICA. Es una gran ventaja el contar con un proceso probado a escala industrial para producir hierro esponja como lo es el HYL-III. La preparación de ingenieros, técnicos y personal calificado para operar estas plantas cuenta con asistencia técnica nacional, mientras que en el otro caso el personal generalmente tiene que prepararse fuera del país o se hace necesaria la contratación de técnicos extranjeros. Existe por lo tanto una clara ventaja para la ruta de reducción directa por este concepto.

- 7) FLEXIBILIDAD DEL PROCESO. HYL-III es un método flexible en cuanto al uso de materias primas y a la calidad del producto, lo que constituye una característica que lo hace competitivo frente a otros métodos de reducción directa. Incluso una fuerte contracción de demanda de acero no afecta al proceso de manera significativa, como ocurre en el caso de los altos hornos. Los porcentajes variables de hierro esponja que pueden cargarse a los hornos eléctricos hacen que el proceso no se vea afectado por déficits de chatarra.

La conclusión lógica de los planteamientos anteriores es que la reducción directa frente al proceso tradicional ofrece la mejor alternativa para el proyecto. Requiere de una inversión más baja, tiene menores costos de producción e inversión, presenta una mayor integración tecnológica nacional y usa un energético abundante y de bajo precio en el país.

### 3. DIAGRAMAS DE FLUJO

En la figura 11 se incluye el diagrama de flujo que muestra las etapas principales del proceso completo de fabricación de tubería de acero sin costura, donde se incluyen operaciones como la concentración del mineral y la peletización. Sin embargo, como se considera que los pelets serían comprados a una empresa productora, el proceso de la planta que aquí se evalúa en realidad se inicia en la etapa de reducción directa.

La planta es de tipo integrada y utiliza como principal materia prima el mineral de hierro, que puede ser de diferentes orígenes. Este se mezcla en las proporciones más adecuadas de acuerdo a su reducibilidad y ganga y se carga al reactor HYL-III para ser sometido al proceso de reducción directa. En este proceso se hacen pasar a través del mineral gases reductores calientes ( $H_2$  y  $CO$ ) provenientes del gas natural reformado. A consecuencia de la reacción química entre el oxígeno del mineral de hierro y estos gases se libera el hierro y se obtiene una esponja de alta pureza, que constituye la principal materia prima para los hornos eléctricos en la siguiente fase del proceso.

Los hornos eléctricos de arco tienen como función esencial la transformación de hierro esponja y chatarra seleccionada en el acero líquido con la composición deseada.

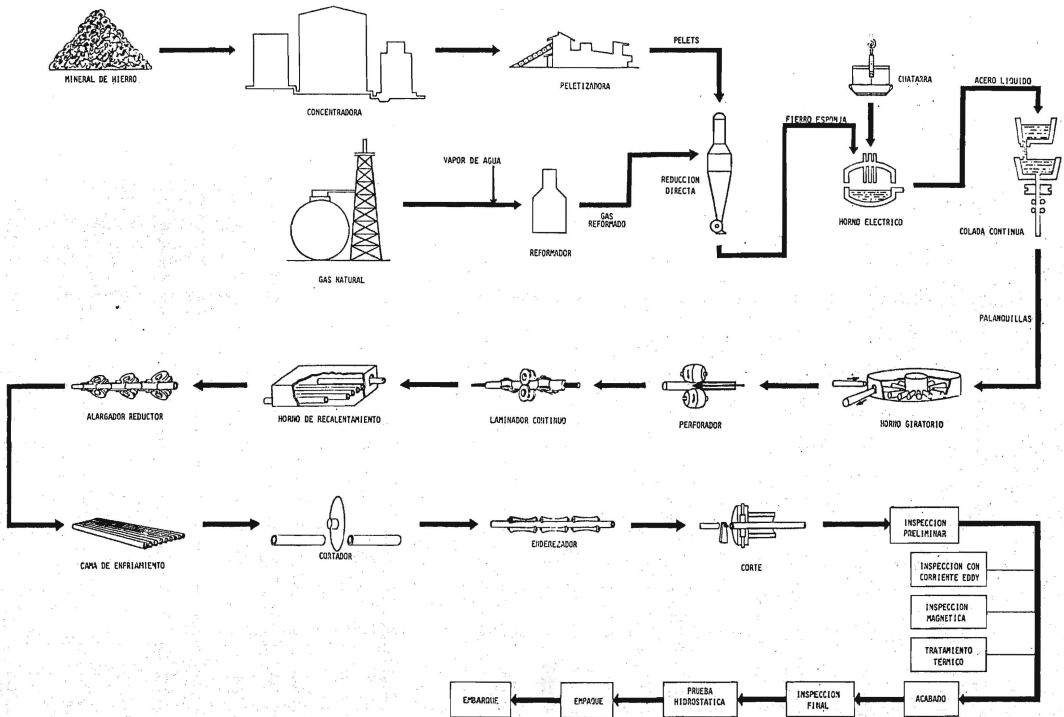


Fig. 11 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PRODUCCION DE TUBERIA DE ACERO SIN COSTURA

Para ello se lleva al estado de fusión la carga a una temperatura de aproximadamente 1 600°C y posteriormente, por medio de un oportuno proceso de afinación, se eliminan las impurezas y se agregan los elementos de aleación necesarios de acuerdo al acero que se va a producir. Finalmente, el acero líquido se vacía a una olla de donde se pasa a la máquina de colada continua para la producción de las palanquillas que se usarán en la fabricación de los distintos tubos.

Como puede verse en el diagrama de producción, en el proceso con laminador continuo las barras redondas (palanquillas) se calientan en un horno giratorio y posteriormente se pasan a una perforadora Mannesmann. En el paso siguiente, la barra hueca se deforma plásticamente en el laminador continuo para obtener un producto de menor diámetro externo y pared más delgada. El tubo así obtenido se lleva enseguida a un horno de recalentamiento antes de pasar a un alargador reductor que le transmite las dimensiones especificadas. Por último, el tubo se enfría, corta y endereza para pasar enseguida por las etapas de inspección y acabado antes de su embarque.

Para el caso de los tubos estirados en frío, en la figura 12 se muestra gráficamente el proceso generalizado de fabricación. Como materia prima se usan tubos sin costura laminados en caliente. Después del tratamiento previo, estos tubos de partida se estiran en frío en un banco de estirado las veces necesarias hasta que tengan las dimensiones especificadas. El tubo procesado finalmente sufre un tratamiento térmico según el destino que vaya a tener y se envía a las operaciones de inspección y acabado. El tubo queda entonces listo para su venta y embarque.

#### 4. BALANCE DE MATERIALES

Básicamente, el balance de materiales responde a la necesidad de contar con una fuente que permita determinar tanto las necesidades de materiales para la planta como las capacidades de los equipos mayores que la componen.

Estrictamente, un flujo completo de materiales se establece considerando un tipo determinado de acero a producir. Sin embargo, dada la gama tan amplia de tubería que se pretende fabricar, se ha tomado un promedio que represente de manera cercana las necesidades reales de materiales. Esto significa que, como se mencionó anteriormente y se puede ver en el diagrama, los consumos unitarios varían de acuerdo con la composición de la carga ya que algunas veces la proporción y composición de la chata

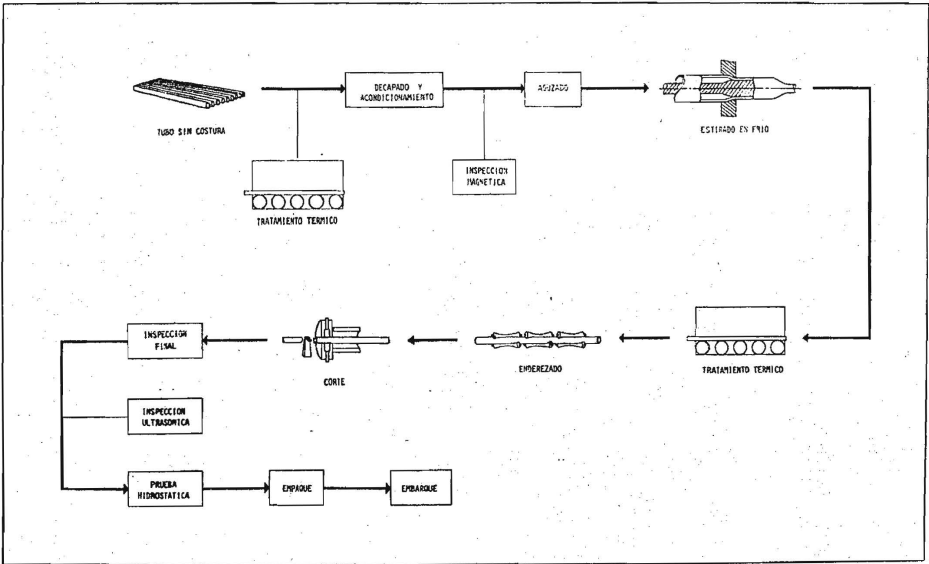


Fig. 12 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PRODUCCION DE TUBOS EN FRIO

En puede variar, modificando por tanto el consumo de escorificantes, ferroaleaciones y hierro esponja, por ejemplo.

En correspondencia con lo anterior, las cifras que se muestran en el balance (ver figura 13) están basadas en cuatro consideraciones generales: 1) las pérdidas que sufren los materiales a través de las etapas del proceso, 2) la eficiencia de los equipos, 3) los consumos promedio de algunos materiales en una marcha normal y 4) los datos proporcionados por los fabricantes de algunos de los equipos.

El balance de materiales está diseñado para una operación de la planta a su máxima capacidad, lo que significa una producción de 200 mil toneladas anuales de tubería. Los cálculos de entradas y salidas en cada etapa se dan en sentido inverso al que se desarrolla el proceso, habiéndose seleccionado el equipo más moderno y eficiente.

En la fase de fabricación de tubos se consideran pérdidas del 10% para el caso de es tirado en frío y del 20% para laminación en caliente, que corresponden a despuntes, tubos defectuosos, etc. Estas pérdidas más la formación de escamas durante la laminación exigen un suministro de 251 389 toneladas\* de barras redondas (palaquillas) del área de colada continua.

Si se consideran las pérdidas del orden del 5% por concepto de barras defectuosas, despuntes, costras en el distribuidor y coladas perdidas, y del 1% como escamas, es necesario que la colada continua sea alimentada con 267 435 toneladas de acero líquido.

Para producir el acero requerido, la acería eléctrica debe alimentarse con un total de 329 850 toneladas de materiales de carga. Si se supone que toda la chatarra generada en la planta se aprovecha (65 701 t), entonces el resto estará formado por hierro esponja (232 466 t). La proporción de chatarra en la carga metálica será entonces del 22%. El resto lo forman las escamas y otras adiciones (ferroaleaciones, escorificantes y desoxidantes).

Considerar una carga de hierro esponja del 78% implica una producción de la planta de reducción directa de 234 814 toneladas, que a su vez deberá ser alimentada con 317 316 toneladas de pellets y 69.7 millones de m<sup>3</sup> de gas natural si se toman en cuenta las pérdidas indicadas en el diagrama.

---

\* Cifras anuales

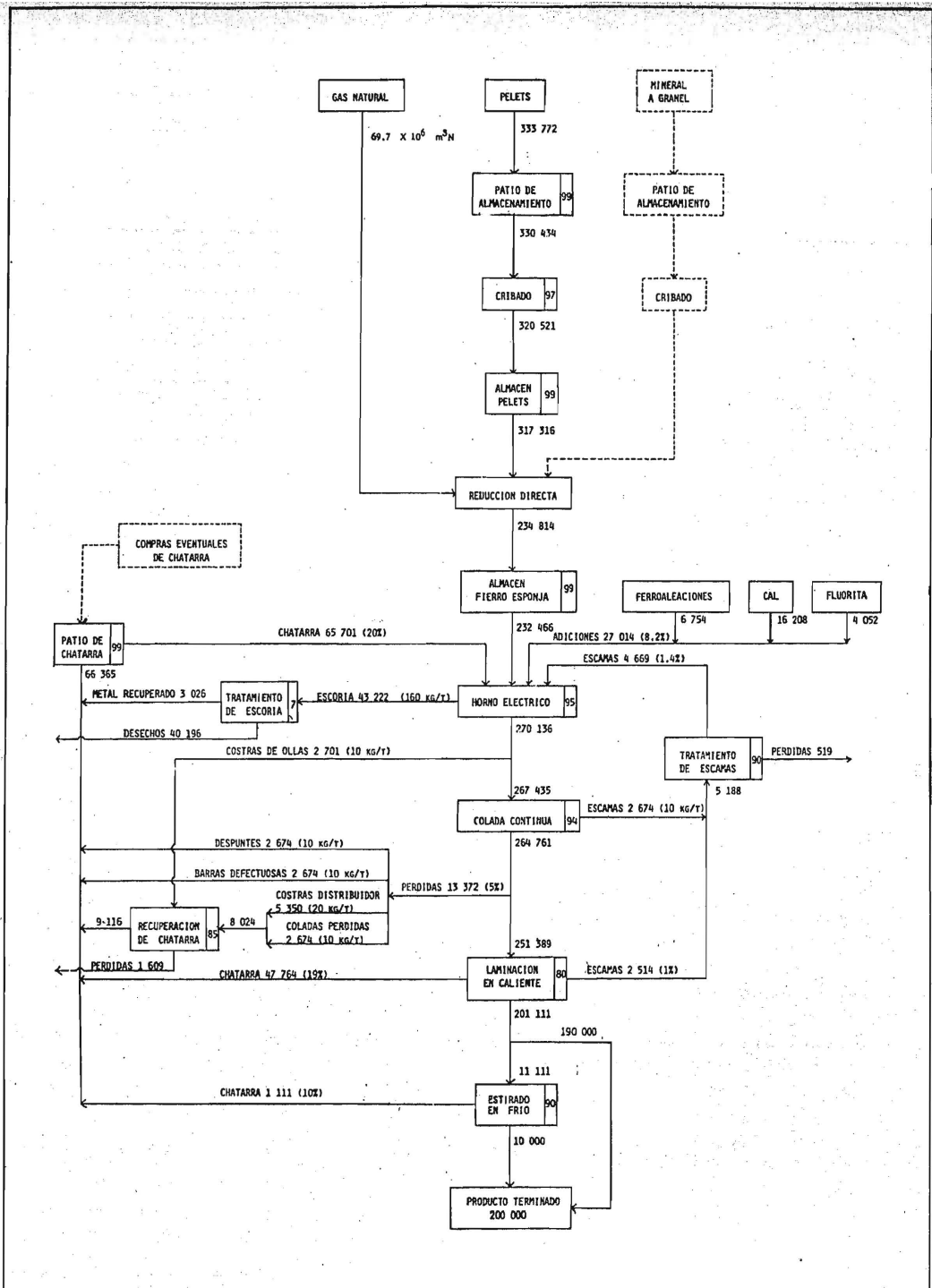


Fig. 13 BALANCE DE MATERIALES PARA LA PRODUCCION DE 200 000 TONELADAS ANUALES DE TUBOS DE ACERO SIN COSTURA (TONS)



Del balance descrito se deduce que durante la marcha a plena capacidad se esperan -- los consumos resumidos en el cuadro 24. De igual manera, las capacidades de los -- equipos de las plantas de hierro esponja, aceración, colada continua y laminación, se señalan en el cuadro 25. Estas capacidades son mayores a las determinadas teó-- ricamente en el balance debido a que de esta forma se asegura la producción espera-- da, además de facilitar la colocación de pedidos.

MATERIALES	REDUCCION DIRECTA	ACERIA ELECTRICA	COLADA CONTINUA	LAMINACION EN CALIENTE	ESTIRADO EN FRIO
Pelets	317 316				
Gas Natural	69.7 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> N				
Chatarra		65 701			
Hierro Esponja		232 466			
Ferroaleaciones		6 754			
Cal		16 208			
Fluorita		4 052			
Acero Líquido			267 435		
Barras de C.C.				251 389	
Esbozos					11 111

Cuadro 24 NECESIDADES MINIMAS DE MATERIALES  
POR AREA ( toneladas anuales )

Cabe hacer notar que los datos anotados en el cuadro 24 serán menores en el arran-- que de la planta y que estos irán aumentando gradualmente durante el periodo de -- aprendizaje (aproximadamente 4 años) hasta llegar a las cifras citadas cuando la -- planta trabaje a toda su capacidad.

AREA	CAPACIDAD (TONELADAS/AÑO)
Hierro Esponja	250 000
Aceración	275 000
Colada Continua	275 000
Laminación en Caliente	225 000
Estirado en frío	12 000

Cuadro 25 CAPACIDADES DE LOS EQUIPOS MAYORES

## 5. BALANCE DE ENERGIA

De manera análoga al balance de materiales, el objeto principal del flujo de energía es el de cuantificar las necesidades energéticas durante una marcha normal de la fábrica de tubos. Por tal motivo, cabe señalar que el balance de energía mostrado en la figura 14 no está detallado, sino en forma general indicando los consumos globales por área en una planta con las características de la que se estudia. De esta manera en el cuadro 26 se muestran los consumos específicos esperados por producto en cada área.

Al igual que en el flujo de materiales, en este caso también se indican los consumos promedio de energéticos tomando como punto de partida las demandas propias de una planta de este tipo, datos teóricos considerando la mezcla chatarra-hierro esponja y las cifras proporcionadas por los fabricantes de algunos de los equipos.

Acorde con las unidades energéticas adoptadas internacionalmente, en el balance de energía se dan en gigacalorías (Gcal) los consumos tanto de gas natural como de electricidad.

Cabe también señalar que en el balance se propone como alternativa la generación interna de energía eléctrica (líneas punteadas), dependiendo del criterio económico que desee tomarse. De ser así, el balance se alteraría aumentando el consumo de gas a un tiempo que disminuiría el de electricidad.

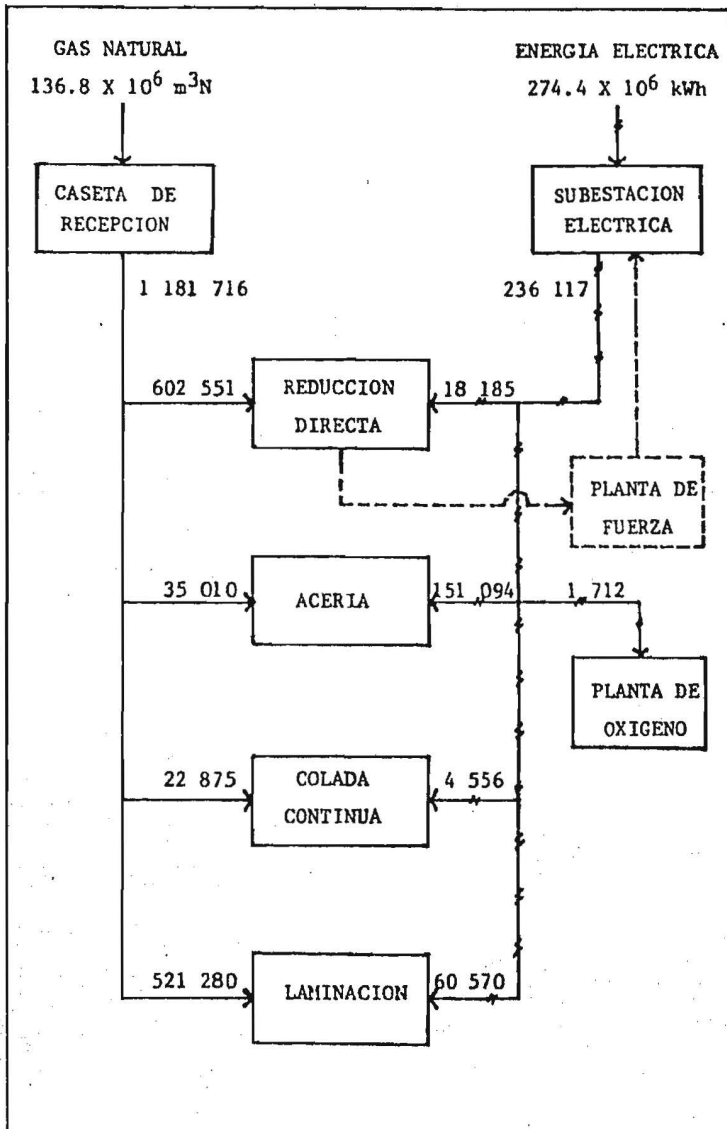


Fig. 14 BALANCE DE ENERGIA PARA UNA PRODUCCION  
200.000 t/AÑO DE TUBERIA SIN COSTURA

A R E A	PRODUCTO	GAS NATURAL (m <sup>3</sup> N)	ENERGIA ELECTRICA (kWh)
Reducción Directa	Fierro Esponja	297	90
Aceración	Acero Líquido	15	650
Colada Continua	Palanquilla	10	20
Fábrica de Tubos	Tubería sin Costura	300	350
Planta de Oxígeno	Oxígeno	-	515

Ya considerado en el balance de materiales

Consumo de oxígeno = 10 m<sup>3</sup>N/t acero

Cuadro 26 CONSUMO ESPECIFICO DE ENERGIA PARA LA PLANTA  
(por tonelada de producto)

Puede concluirse que los requerimientos de energía para una marcha de la planta a plena capacidad son del orden de 1 181 716 Gcal de gas natural y de 236 117 Gcal - por concepto de energía eléctrica (sin autogeneración de electricidad). Por lo tanto, PEMEX deberá abastecer a la planta con 136.8 millones de metros cúbicos anuales de gas natural\*, de la misma forma que la CFE habrá de alimentar 274.4 millones de kWh por año.

\* Nota: En el flujo de energía se incluye también el gas natural ya considerado en el balance de materiales, por lo que al cuantificar las necesidades totales de la siderúrgica se contabiliza una sola vez.

## 6. EQUIPO NECESARIO

A continuación se mencionan las plantas principales así como los respectivos equipos necesarios para la siderúrgica que se estudia. Las capacidades individuales - están diseñadas para asegurar una producción anual de 200 mil toneladas de tubos - sin costura.

### 6.1 Planta de Reducción Directa

El proceso seleccionado para la producción de hierro esponja es el HYL-III ya descrito. Para apoyar su operación es necesario el siguiente equipo:

- Volteador de carros de ferrocarril, para la recepción de pelets.
- Estación de cribado de pelets, incluyendo el sistema de bandas transportadoras, patios de almacenamiento, cribas y muestreadores.
- Sistema de alimentación a la planta de hierro esponja. Incluye el sistema de bandas transportadoras, bandas de descarga y tolvas de almacenamiento - del producto.
- Reactores HYL-III, para la reducción de los pelets de mineral. Se determinó una capacidad de producción de 250 mil toneladas al año. Comprende calentadores de gas, compresores, mecanismos presurizados y sistemas de carga y descarga.
- Manejo de hierro esponja, incluyendo transportadores de bandas, muestreadores, estaciones de pesado, tolvas homogeneizadoras y estación de envío.
- Unidad de reformación. Comprende desulfuradores de gas, horno reformador, enfriadores de gas reformado, precalentadores de gas, cámaras de combustión, compresores, precalentadores de aire, estación de medición de gas natural, chimenea y tuberías.
- Sistema de vapor, que se compone de generador de vapor multitubular, bombas de alimentación para agua, y aditivos.
- Equipo eléctrico e instrumentación, incluyendo instrumentos de control, interruptor principal, transformadores y alumbrado.
- Planta de tratamiento de agua.
- Teléfonos y red de intercomunicación.
- Edificios industriales, cuarto de compresores, estación de bombas y cuarto de control.

## 6.2 Acería y Colada Continua

El departamento de aceración deberá estar constituido por una serie de naves paralelas, iniciándose en la de chatarra y continuando con la sección para el manejo del mineral reducido, ferroaleaciones y otros materiales para el proceso. El departamento de colada continua de barras redondas integrará un conjunto con la nave de hornos.

El equipo necesario es:

- Patio de chatarra, con capacidad y equipo para manejar el volumen generado en planta.
- Almacén de hierro esponja.
- Sistema de carga continua de hierro esponja, cal y fluorita a los hornos.
- Nave de hornos, integrada por los hornos eléctricos con capacidad total de 275 mil toneladas anuales, además de los correspondientes transformadores.
- Equipo para manejo de ollas de acero y escoria.
- Colada de emergencia de lingotes por el sistema de vaciado en fuente.
- Estación de inyección de argón.
- Equipo para reparación de ollas de colada.
- Sistema para la adición de ferroaleaciones.
- Talleres de mantenimiento.
- Máquinas de colada continua, para la producción de barras redondas a un ritmo de 275 mil toneladas anuales.
- Mesas para el manejo de barras, corte, enfriamiento, inspección, flameo y almacén.
- Grúas para el manejo de ollas de acero, para servicio a las máquinas de colada, para el área de reparación de ollas, para la sección de mesas y para el manejo de barras.

## 6.3 Fábrica de Tubos

La fábrica de tubos deberá comprender dos secciones de producción: laminación de tubos en caliente y una línea de tratamiento térmico y acabado en frío. Las instalaciones para la fabricación de tubos en caliente están formadas por las siguientes naves, con una capacidad de 225 000 toneladas anuales:

- Almacén de barras. Incluye batio de almacenamiento y equipo para corte.
- Nave de laminación. La producción de tubos en caliente se logra mediante los siguientes equipos:
  - Hornos de calentamiento
  - Perforadora alargadora
  - Hornos de recalentamiento
  - Laminador de tubos a mandril retenido
  - Laminador calibrador
  - Equipo para corte en caliente
  - Mesas de enfriamiento
  - Máquinas enderezadoras
  - Talleres e instalaciones auxiliares
- Nave de descarga de tubos. Contiene pisos de enfriamiento y almacén de tubos.
- Nave de servicios generales. Se localiza en un edificio contiguo a la fábrica de tubos. Incluye una subestación eléctrica y talleres de mantenimiento eléctrico y mecánico.
- Sección de tratamiento térmico y acabado en frío. Incluye cinco naves adyacentes a la fábrica de tubos, las que en conjunto deberán producir 10 mil toneladas anuales:
  - Almacén de tubo laminado en caliente (esbozos)
  - Nave de tratamiento térmico. Incluye los hornos de tratamiento térmico, máquina recalibradora y enderezadora y equipo para pruebas no destructivas
  - Almacén intermedio
  - Acabado en frío. Incluye los equipos de corte, roscado, recalado y de pruebas hidráulicas
  - Almacén de producto terminado. Cuenta con instalaciones para embarques, ya sea por ferrocarril o por camión.

#### 6.4 Servicios Generales

Como parte de la planta deberá contarse con los siguientes servicios generales:

- Electricidad. La planta deberá ser alimentada por medio de dos líneas -- troncales de 230 kV. La distribución del sistema incluirá una subesta-- ción principal con transformadores de distintas potencias, para alimentar los hornos y el equipo de la fábrica de tubos. Comprenderá asimismo, un -- sistema de compensación para fluctuaciones de voltaje, y el ajuste del fac tor de potencia y sistema de distribución.
- Sistema de Distribución y Tratamiento de Aguas. Comprende enfriamiento de emergencia y sistema contra incendios.
- Oxígeno. Incluye tanques de oxígeno líquido, evaporador y sistema de dis-- tribución para la acería y fábrica de tubos.
- Nitrógeno. El sistema cuenta con tanques de nitrógeno líquido y red de -- distribución a la acería.
- Aire. El sistema de aire comprimido comprende compresores, tanques y sis-- temas de distribución.
- Sistema de gas natural. Está equipado con una unidad de reducción de pre-- sión y sistema distribuidor, tanto para la acería como para la fábrica de tubos.

Finalmente, deberá contarse también con edificios de oficinas, laboratorios, corre dor y vestidores, así como el almacén general y talleres de mantenimiento.

## 7. PROGRAMA DE CONSTRUCCION Y PUESTA EN MARCHA

El plan maestro del proyecto se ha concebido tomando en cuenta aquellas activida-- des principales que representan el conjunto de tareas dirigidas a la realización -- del mismo, considerando los tiempos de duración esperados para cada una de ellas, como se detalla en el cuadro 27.

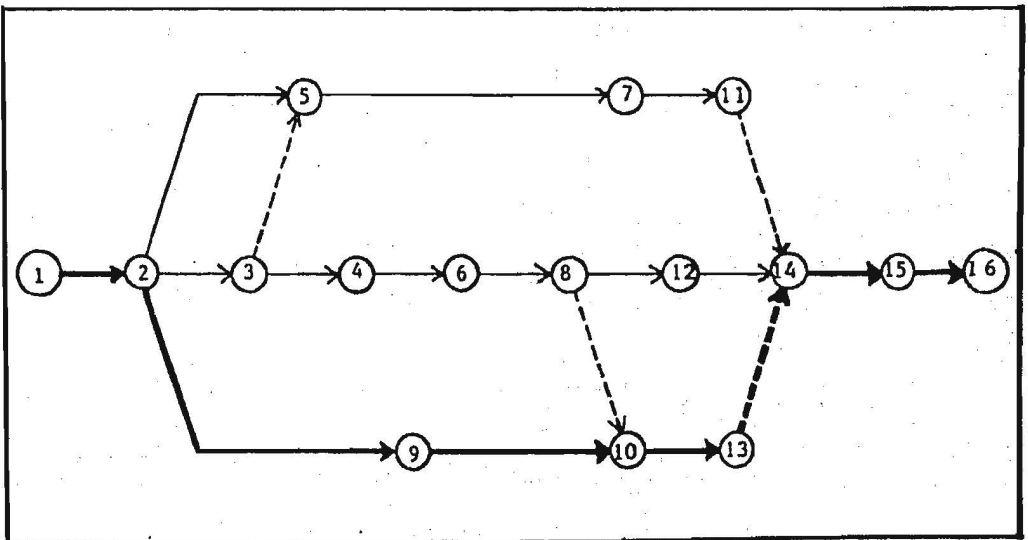
A partir del plan maestro se determinó, con base en experiencias obtenidas en pro-- yectos similares, la secuencia de las actividades, con lo cual se construyó el dia grama de redes que aparece en la gráfica 6 y que muestra de manera esquemática la realización del proyecto.

A continuación se diseñó la ruta crítica mediante el método CPM (Critical Path Me-- thod) a fin de conocer, por un lado, las actividades que deben controlarse muy de cerca, y por el otro el tiempo óptimo de duración del proyecto (cuadro 28 y gráfi



ACTIVIDAD	DURACION ESPERADA (meses)
Estudios previos	10
Obtención de financiamientos	1
Formación jurídica de la empresa	1
Ofertas y firma de contratos	6
Ingeniería de detalle	16
Colocación de pedidos	2
Ingeniería civil	18
Recepción de equipo	18
Montaje de equipo	9
Contratación empleados	6
Contratación obreros	6
Capacitación empleados	6
Capacitación obreros	6
Inicio de pruebas	3
Arranque	0.5

Cuadro 27 PLAN MAESTRO DE ACTIVIDADES



Gráfica 6 DIAGRAMA DE REDES Y RUTA CRITICA

ca 7), el cual no debe exceder de 56.5 meses.

Por último, la gráfica 8 representa el programa calendarizado de construcción e inicio de operaciones, el cual está basado en la ruta crítica.

Con base en lo anterior, es importante señalar que las actividades y duración del proyecto hasta el arranque de la planta están acordes con las estimaciones acerca de la situación del mercado del producto. Ello implica que deberán iniciarse operaciones en 1987, año en que se presentarán los primeros déficits, según la proyección de la demanda.

## 8. PROGRAMA DE PRODUCCION

En los capítulos subsecuentes será necesario contar con un programa de producción que sirva de base para los cálculos correspondientes. El que a continuación se presenta está determinado considerando, en principio, los déficits esperados.

### 8.1 Curvas de Aprendizaje

Las curvas de aprendizaje o periodos de desarrollo de los equipos mayores se citan con el objeto de dar una idea cercana a la realidad de un inicio de operación y posible desarrollo de las acciones. Por tal motivo, a continuación se dan los comentarios correspondientes a las curvas de aprendizaje mostradas en la gráfica 9.

#### a) Reducción Directa

Dado que se trata de una planta con un proceso de tipo químico y una operación de secuencia repetitiva, es posible obtener en corto tiempo una producción dentro de los límites de la capacidad de diseño. Así, el tiempo programado en la curva de aprendizaje es de aproximadamente ocho meses.

#### b) Horno Eléctrico

La operación de los hornos eléctricos requiere de una gran participación del recurso humano. Sin embargo, la operación escalonada de las unidades permite una experiencia acumulativa del personal, logrando así que la capacidad nominal de produc-

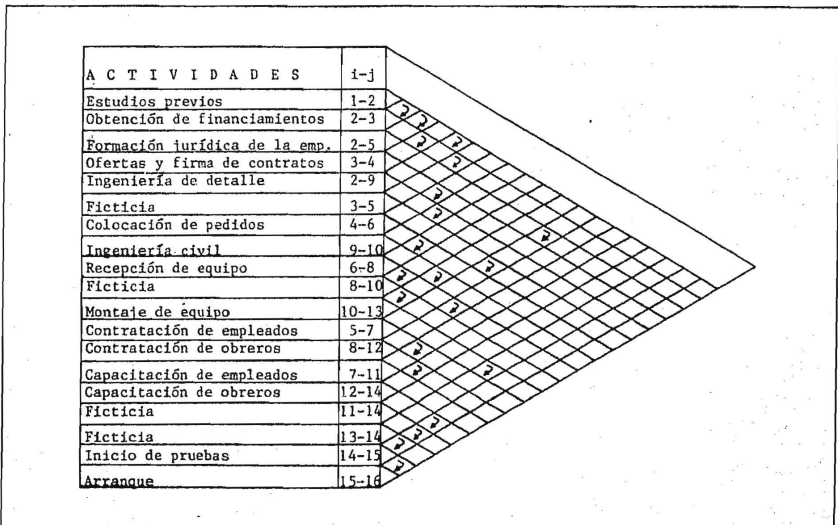


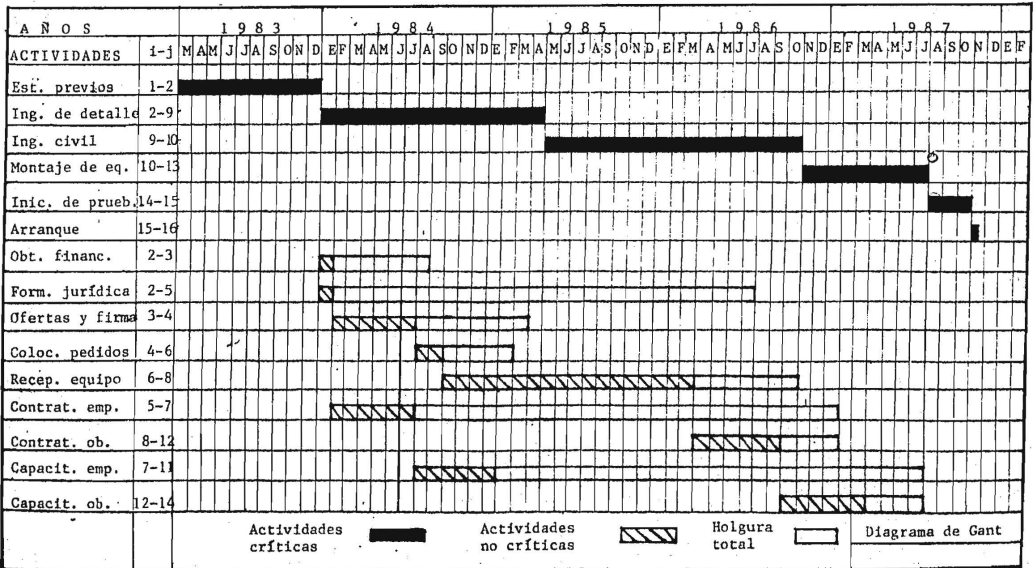
Fig. 15

PLAN MAESTRO  
ANTECEDENTES Y SECUENCIAS

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	i-j	dij	Pi	Ti	Pj	Tj	H.T.	H.L	H.P.	H.I.	C.H	CLASE
Estudios previos	1-2	10	0	0	10	10	0	0	0	0	0.0	crítica
Obtención de financiamientos	2-3	1	10	10	11	18	7	0	7	0	7.0	3a.
Formación jurídica de la emp.	2-5	1	10	10	11	41	30	0	30	0	30.0	3a.
Ofertas y firma de contratos	3-4	6	11	18	17	24	7	0	7	-7	1.17	2a.
Ingeniería de detalle	2-9	16	10	10	26	26	0	0	0	0	0.0	crítica
Colocación de pedidos	4-6	2	17	24	19	26	5	0	5	-7	2.5	2a.
Ingeniería civil	9-10	18	26	26	44	44	0	0	0	0	0.0	crítica
Recepción de equipo	6-8	18	19	26	37	44	-7	0	7	0	-0.4	1a.
Montaje de equipo	10-13	9	44	44	53	53	0	0	0	0	0.0	crítica
Contratación de empleados	5-7	6	11	41	17	47	30	0	30	-30	5.0	3a.
Contratación de obreros	8-12	6	37	44	43	47	4	0	4	-7	0.67	1a.
Capacitación de empleados	7-11	6	17	47	23	53	30	0	30	-30	5.0	3a.
Capacitación de obreros	12-14	6	43	47	53	53	4	4	4	4	0.67	1a.
Inicio de pruebas	14-15	3	53	53	56	56	0	0	0	0	0.0	crítica
Arrangue	15-16	0.5	56	56	56.5	56.5	0	0	0	0	0.0	crítica
Ficticia	3-5	0	11	18	11	41	30	0	23	-7	0.0	ficticia
Ficticia	8-10	0	37	44	44	44	7	7	0	0	0.0	ficticia
Ficticia	11-14	0	23	53	53	53	30	30	0	0	0.0	ficticia
Ficticia	13-14	0	53	53	53	53	0	0	0	0	0.0	crítica

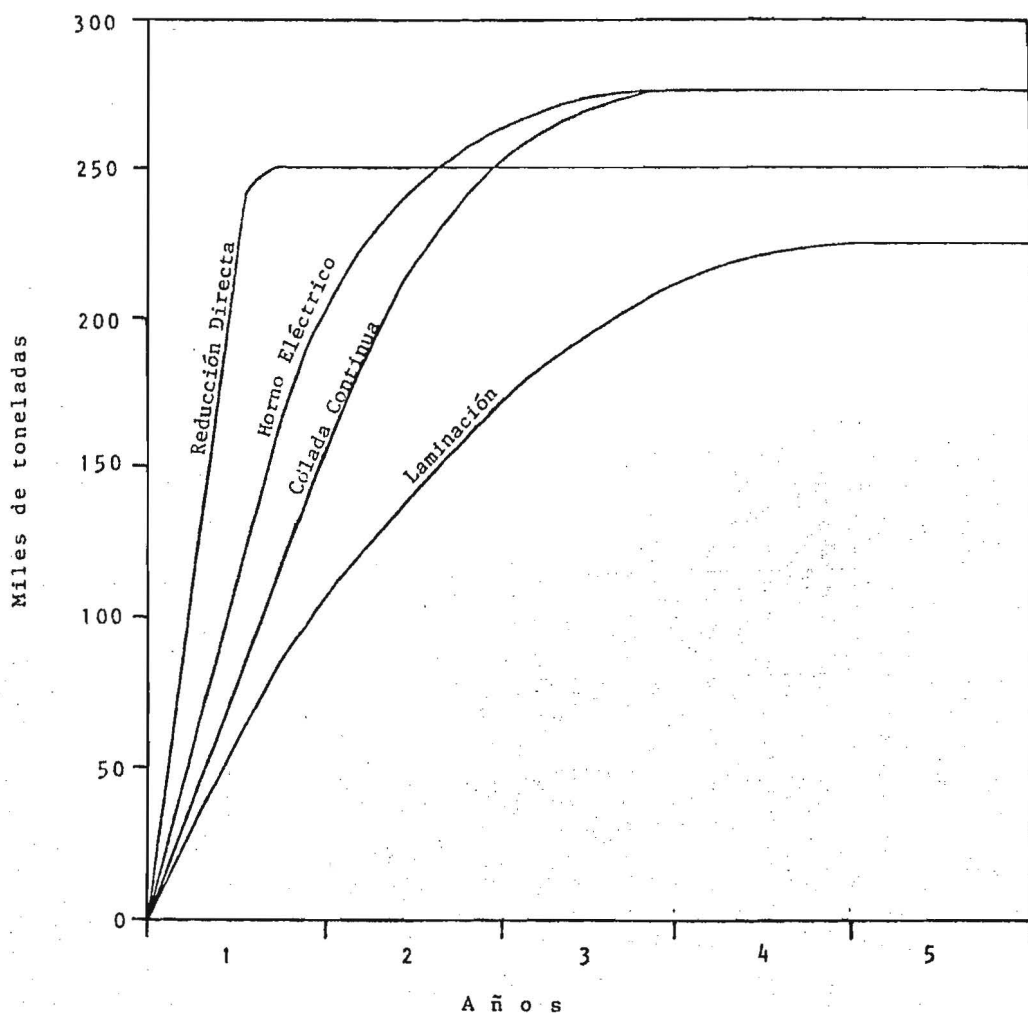
C,H. = H.T./dij

Cuadro 28 CALCULO DE HOLGURAS, COEFICIENTE DE HOLGURA Y RUTA CRITICA



Gráfica 7 DIAGRAMA DE GANT Y RUTA CRITICA





Gráfica 9 CURVAS DE APRENDIZAJE DE LOS EQUIPOS MAYORES

ción sea obtenida en un lapso ligeramente superior a los dos años y medio.

### c) Colada Continua

La curva de aprendizaje para estos equipos es ligeramente más prolongada si se toman en cuenta los problemas de mantenimiento así como la coordinación de operaciones con la acería. Por lo tanto, la producción óptima podrá obtenerse durante la

segunda mitad del tercer año de trabajo (aproximadamente 34 meses).

d) Laminador Continuo

Definitivamente, es el laminador continuo el equipo que requiere de un mayor periodo de aprendizaje, debido esto al propio proceso, a la calidad del producto y a lo complejo de sus instalaciones. Se trata entonces del elemento que determina los máximos niveles de producción obtenibles cuya capacidad nominal podrá ser usada a partir del cuarto año de operación.

De acuerdo con las curvas de aprendizaje mostradas en la gráfica 9, los niveles de producción logrables por periodo son los que se detallan en el cuadro 29, bajo el supuesto de una eficiencia del 100% .

MESES	AÑOS	REDUCCION DIRECTA	ACERACION	COLADA CONTINUA	LAMINACION
	2	62 850			
	4	141 425			
	6	224 275			
	8	250 000			
	1		203 748	155 568	107 820
	2		263 588	251 432	171 878
	2.6		275 000		
	2.8			275 000	
	3				210 938
	4				225 000

Cuadro 29 PRODUCCION ESPERADA DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS DURANTE EL PERIODO DE APRENDIZAJE (toneladas)

## 8.2 Programa de Producción

De acuerdo con el balance oferta/demanda detallado en el primer capítulo, los déficits más importantes se esperan a partir de 1987. Si se considera el inicio de -- operaciones en ese año y se comparan los déficits determinados con la producción --



esperada, se tienen los excedentes mostrados en el cuadro 30.

AÑO	DEFICIT (tons)	PRODUCCION* ESPERADA (tons)	EXPERAVIT* DEFICIT (tons)
1987	36 360	107 820	71 460
1988	68 554	171 878	103 324
1989	101 067	210 938	101 433
1990	217 463	225 000	-14 963

\* Después de 1989, la producción rebasa las 200 mil toneladas anuales considerando un 100% de eficiencia. Sin embargo, tomando un rendimiento del 90% más cercano a la realidad, desde ese año la producción anual esperada es de 202.5 miles de toneladas.

Cuadro 30 COMPARACION ENTRE LA PRODUCCION ESPERADA Y LOS FALTANTES PARA EL PERIODO 1987-1990

Con este panorama, al establecer el programa de producción se pueden considerar dos alternativas. Primero, producir sólo los volúmenes necesarios para cubrir los faltantes anuales, en cuyo caso no habría problemas de abastecimiento hasta 1989. La otra opción es rebasar los volúmenes de demanda insatisfecha para cubrir faltantes inesperados hasta por los tonelajes anotados en el cuadro 30. Sin embargo, para efectos de cálculo se considera el programa de producción bajo la primera alternativa, el cual se muestra en el cuadro 31 para el periodo 1987-1990.

AÑO	PRODUCCION
1987	37 000
1988	70 000
1989	100 000
1990	200 000

Cuadro 31 PROGRAMA DE PRODUCCION (tons)

## V I

### ORGANIZACION DE LA EMPRESA

Con el fin de especificar las atribuciones y tareas que corresponden a la empresa, así como dar a conocer su estructura orgánica y las funciones de las unidades que la integran, en este apartado se presenta la forma jurídica y su estructura administrativa, limitándose sólo a los niveles funcionales más altos y sujeta a cambios de acuerdo a las necesidades de la misma.

## 1. FORMACION JURIDICA

La planta propuesta tiene como función principal la producción de parte de los bienes de capital que requiere el país, lo que la coloca como una empresa inserta en un sector estratégico.

Debido a esta importancia estratégica y a la magnitud y riesgo de las inversiones, se propone que el Gobierno Federal aporte buena parte del capital en forma de acciones, constituyéndose la empresa como sociedad anónima.

De acuerdo al Art. 78 de la Ley General de Sociedades Mercantiles, una sociedad anónima se define como " aquella que existe bajo denominación y se compone exclusivamente de socios cuya obligación se limita al pago de sus acciones ".

Además de los requisitos o formalidades generales del acta constitutiva, se exigen los siguientes para la constitución de una sociedad anónima:

- 1) Cinco socios como mínimo, suscribiendo cada uno de ellos una acción por lo menos.
- 2) Capital mínimo de \$25 000.00 íntegramente suscrito.
- 3) Que se exhiba en dinero efectivo por lo menos el 20% del valor de las aportaciones del numerario y que esté exhibido íntegramente el valor de aquellas acciones que vayan a pagarse en todo o en parte con bienes distintos al dinero.
- 4) Que la escritura constitutiva contenga, además de los elementos generales, los siguientes datos especiales según el Art. 91 de la misma ley:
  - a) La parte exhibida del capital social.
  - b) El número, valor nominal y naturaleza de las acciones en que se divide el capital, salvo lo dispuesto en la Fracción IV del Art. 125 (esta fracción autoriza la existencia de acciones sin valor nominal).
  - c) La forma y términos en que deba pagarse la parte insoluta de las acciones.
  - d) La participación en las utilidades concedida a los fundadores.
  - e) El nombramiento de uno o varios comisarios.

- f) Las facultades de la Asamblea General y las condiciones para la validez de sus deliberaciones, así como para el ejercicio del derecho de voto para efectuar modificaciones a las disposiciones legales por la voluntad de los socios.

Por considerarse como empresa de participación estatal, deberá estar legislada por la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la Ley para el Control por parte del Gobierno Federal, de los Organismos Descentralizados y Empresas de Participación Estatal y por demás ordenamientos legales al respecto.

#### Atribuciones Generales

- a) La empresa tiene por objeto principal el fabricar, importar, exportar, adquirir, vender, instalar, reparar, distribuir y negociar en cualquier forma con tubos de acero sin costura.
- b) Fabricar, ensamblar, importar, exportar, adquirir, vender, grabar, distribuir y negociar en cualquier otra forma con toda clase de maquinaria, equipo, herramientas, metales y componentes relacionados en forma alguna con la fabricación de tubos de acero sin costura.
- c) Establecer, arrendar, operar, poseer y negociar en cualquier otra forma con fábricas, almacenes, oficinas, depósitos y demás instalaciones necesarias para llevar a cabo los anteriores objetos.
- d) Dar o tomar en préstamo únicamente en relación con los objetos sociales y otorgar las garantías que sean necesarias.
- e) Proporcionar y recibir toda clase de servicios técnicos, administrativos o de supervisión.
- f) Registrar, adquirir, ceder, dar en licencia o disponer en cualquier otra forma de marcas, nombres comerciales, patentes, derechos de autor, invenciones y procesos.
- g) Establecer sucursales y agencias y designar representantes o agentes, así co

no actuar como comisionista, representante, mediador mercantil o distribuidor.

h) Invertir en otras sociedades o asociaciones.

i) Llevar a cabo todos los actos y celebrar toda clase de contratos necesarios para los anteriores objetos o que se relacionen con los mismos.

## 2. ORGANIGRAMA

En este inciso se ofrecerá una reseña de la integración de la estructura administrativa de la empresa, como se propone en la figura 16.

- Asamblea General de Accionistas
- Consejo de Administración
- Dirección General
- Asesoría de la Dirección General
- Asuntos Jurídicos
- Dirección de Finanzas y Administración
- Dirección de Planta
- Dirección de Comercialización
- Gerencia de Relaciones Públicas
- Gerencia de Contabilidad y Presupuesto
- Gerencia de Adquisiciones
- Gerencia de Personal
- Gerencia de Relaciones Industriales
- Gerencia de Finanzas y Administración
- Auditoría Interna
- Gerencia de Ingeniería Industrial
- Gerencia de Control de Calidad
- Gerencia de Mantenimiento
- Gerencia de Servicios Generales
- Gerencia de Fábrica de Tubos
- Gerencia de Acería
- Gerencia de Fierro Esponja
- Gerencia de Materias Primas

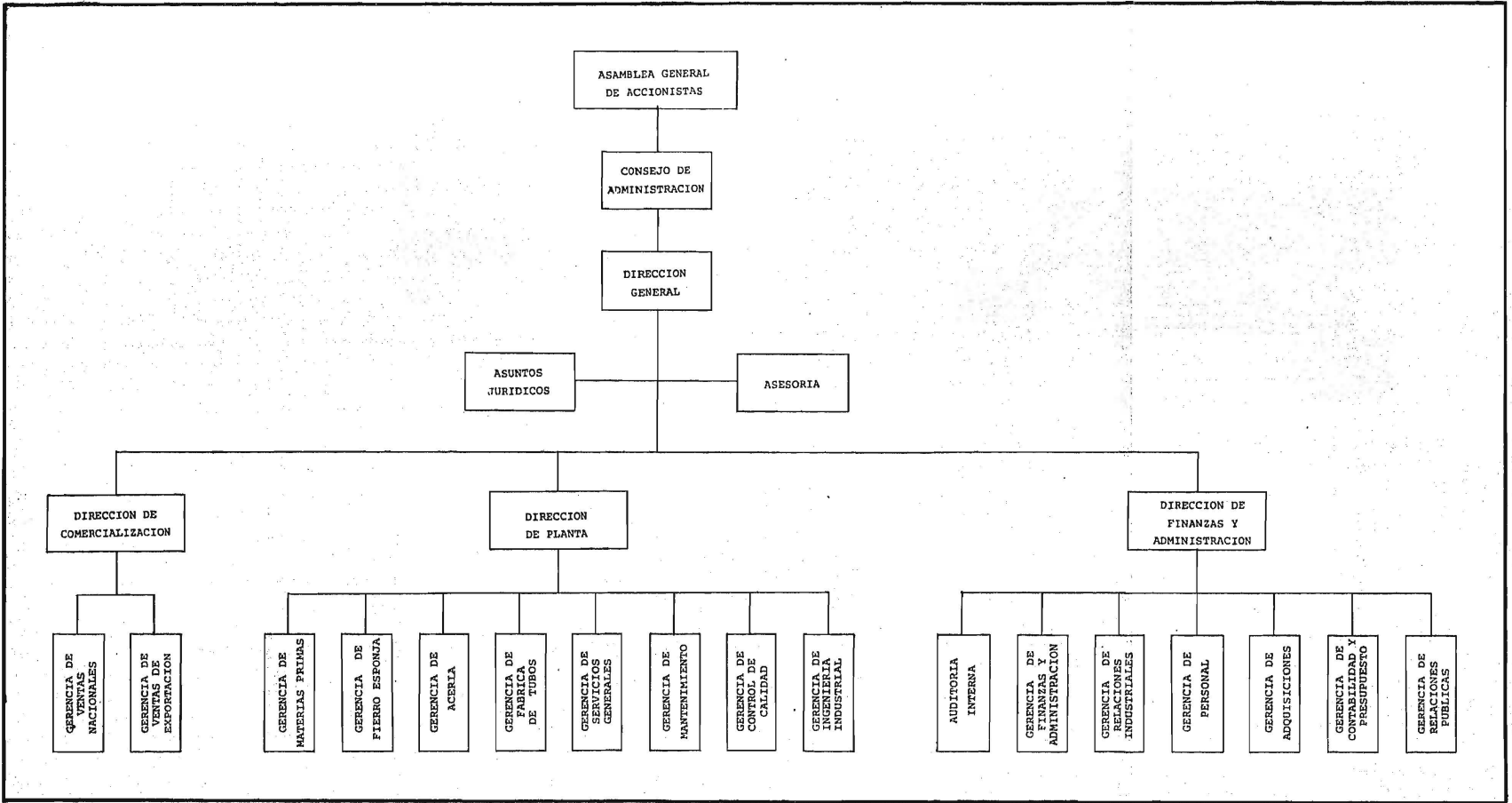


Fig. 16 ORGANIGRAMA GENERAL DE LA EMPRESA

- Gerencia de Ventas de Exportación
- Gerencia de Ventas Nacionales

#### Funciones Generales

##### a) Asamblea General de Accionistas

Es el órgano supremo y lo integran los tenedores de las acciones o sus representantes. En la asamblea se acuerdan y ratifican todos los actos y operaciones de la Entidad. Sus resoluciones o acuerdos son cumplidos por el Consejo o la persona designada por la Asamblea y no pueden contrariar lo dispuesto por la Ley para el Control por parte del Gobierno Federal, de los Organismos Descentralizados y Empresas de Participación Estatal.

##### b) Consejo de Administración

Es el representante legal de la empresa y tiene las siguientes facultades y atribuciones:

- Ejercer el poder para litigaciones y cobranzas de acuerdo con la Ley.
- Administrar los bienes de la empresa.
- Ejecutar actos de dominio.
- Suscribir títulos de crédito.
- Abrir y cerrar cuentas bancarias a nombre de la empresa.
- Nombrar y remover al Director General y demás funcionarios de la empresa.
- Formular reglamentos internos.
- Convocar a Asamblea de Accionistas y ejecutar sus resoluciones.

##### c) Dirección General

- Ejercer la representación general de la empresa.
- Ejecutar y promover el cumplimiento de los acuerdos del Consejo de Administración.

- Resolver los asuntos cuya decisión no esté reservada al Consejo de Administración.
- Establecer las normas de organización, administración y funcionamiento de la empresa y elaborar los programas de manejo y explotación de sus bienes.
- Negociar toda clase de contratos relacionados con la empresa.
- Otorgar poderes especiales o generales a los funcionarios.

d) Asesoría de la Dirección General

- Atender los lineamientos de la Dirección General.
- Representar, cuando se requiera, al Director General.
- Mantener estrecha comunicación con los accionistas de la serie "B".

e) Asuntos Jurídicos

- Representar a la empresa judicial o extrajudicialmente, ante las autoridades en cualquier asunto que afecte el interés de la misma.
- Vigilar el cumplimiento de los registros que sea necesario tramitar ante las dependencias del Gobierno.
- Resolver las consultas que en materia jurídica le formulen los funcionarios y las áreas que integran la empresa.
- Atender toda clase de juicios civiles, mercantiles o penales interpuestos por o en contra de la empresa.
- Formular y revisar, en coordinación con la gerencia de personal, los requisitos legales a que deben sujetarse los contratos de trabajo y con el área de relaciones industriales la solución de problemas y conflictos de carácter laboral surgidos de la ejecución y cumplimiento de los mismos.

f) Dirección de Finanzas y Administración

- Realizar los programas de requerimientos financieros, establecer normas para el control del presupuesto y vigilar su cumplimiento.
- Coordinar y dirigir las negociaciones para la obtención de créditos a fin de asegurar los recursos financieros requeridos.
- Planear, organizar y supervisar las funciones de contraloría, conta-



bilidad, costos, seguros, fianzas, etc.

- Planear, dirigir y controlar las actividades de apoyo administrativo relacionadas con el manejo de personal, así como los recursos financieros y materiales necesarios.

g) Dirección de Planta

- Es la responsable de la producción de las cantidades y calidades necesarias dentro de las políticas convenientes para el trato justo del personal, la conservación y mantenimiento de la planta y el uso óptimo de los recursos materiales.
- Establecer y controlar los procesos productivos y planear, programar y coordinar el mantenimiento y modificaciones a la planta.

h) Dirección de Comercialización

- Establecer adecuadas políticas de ventas.
- Desarrollar un sistema de comercialización de ventas nacionales y exportación.
- Formular programas de ventas internas y externas.

## V I I

### INVERSION FIJA, CAPITAL DE TRABAJO Y FINANCIAMIENTOS

La decisión de llevar adelante un proyecto significa asignar - para su realización recursos destinados a dos conceptos:

- Los requeridos para la construcción de la planta y para la compra y montaje del equipo, que constituyen la inversión fija.
- Los necesarios para la etapa de funcionamiento -- propiamente dicha, es decir, el capital de trabajo.

Aunque existen varios métodos para valorar la inversión fija, el diseño de la investigación de este apartado estuvo centrada en la consulta a diversas fuentes como son el Instituto Mexicano de Investigaciones Siderúrgicas (IMIS), CONACYT, diversos proveedores de equipo, así como el examen de proyectos siderúrgicos similares.

Asimismo, se determina el capital de trabajo necesario para la operación de la empresa, poniendo especial atención a los inventarios.

Una vez cuantificados los montos, se propone la forma en que - serán cubiertos: con recursos propios y financiamientos.

## 1. INVERSION FIJA

La inversión fija comprende el conjunto de bienes adquiridos durante la etapa de -- instalación de la planta y que se utiliza a lo largo de su vida útil.

Para el estudio en particular, los rubros considerados para estimar la inversión fi ja se clasifican como sigue:

- Maquinaria y Equipo
- Terreno, Oficinas y Servicios Auxiliares
- Inicio de Operaciones
- Otros

### 1.1 Maquinaria y Equipo

De acuerdo con la magnitud del proyecto, se seleccionaron los equipos más modernos y eficientes cuyos costos significan aproximadamente el 85% de la inversión total - ya que en su mayoría son adquisiciones de fabricantes extranjeros.

El costo se contabilizó de acuerdo a las cotizaciones obtenidas en función de las - especificaciones de ingeniería cuyo monto se desglosa en el cuadro 32.

Los posibles proveedores de los equipos serían:

#### Planta de Reducción Directa

- HYLISA, S.A.

#### Acería Eléctrica

- Manesmann Demag
- Tagliaferri
- Lectromelt

#### Laminador Continuo, Acabado y Estirado en Frío

- INNSE

EQUIPO	COSTO (millones de pesos)
Reducción Directa HYL - III	4 380
Acería	3 405
Colada Continua y Vaciado de Emergencia	2 925
Laminador Continuo	26 970
Estirado en Frío	1 470
Acabado	9 735
TOTAL	48 705

Cuadro 32 COSTO DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS

### 1.2 Terrenos, Edificios y Servicios Auxiliares

Durante el curso de la investigación se consultó a la Dirección General de Promoción Portuaria, organismo encargado de regular los asentamientos industriales en puertos como el de Altamira, con el fin de obtener el costo del terreno necesario para el establecimiento de la planta. Se encontró así que la superficie necesaria, 40 hectáreas, asciende a 4 380 millones de pesos.

### 1.3 Inicio de Operaciones

Los costos de la puesta en marcha de la planta se refieren a erogaciones que se requirieron para cubrir los gastos fijos y los consumos de mano de obra, materias primas y otros insumos durante las pruebas de ajuste de la maquinaria y equipo, hasta que se obtienen los rendimientos y las características deseadas del producto.

La inversión fija requerida por este concepto se estimó en aproximadamente 75 millones de pesos.

## 1.4 Otros

Bajo este rubro están comprendidos otros costos que significan una inversión fija, como son:

- Estudios previos
- Ingeniería de detalle
- Ingeniería civil
- Capacitación de personal
- Imprevistos

Si se considera que en su conjunto estos costos representan aproximadamente el 7.5% del total, la inversión necesaria llega así a 4 305 millones de pesos, cuya cifra - se desglosa en el cuadro 33.

C O N C E P T O	millones de pesos
Estudios Previos	75
Ingeniería de Detalle	1 050
Ingeniería Civil	2 520
Capacitación de Personal	390
Imprevistos	270
T O T A L	4 305

Cuadro 33 OTROS COSTOS DE INVERSION

Tomando en cuenta las cifras individuales de los conceptos anotados, la inversión - fija total del proyecto se estima en 54 465 millones de pesos, como se puede ver en el resumen del cuadro 34.

C O N C E P T O	INVERSION FIJA Millones de pesos
Maquinaria y Equipo	48 705
Terreno, edificios y servicios auxiliares	4 380
Inicio de Operaciones	75
Otros	4 305
INVERSION TOTAL	57 465

Cuadro 34 INVERSION FIJA TOTAL

## 2. CAPITAL DE TRABAJO

Ya que la empresa necesita de recursos corrientes para atender las operaciones de producción y distribución de sus bienes, el capital de trabajo se constituye de la siguiente forma:

### 2.1 Caja y Bancos

Todas las empresas requieren para su operación dinero en efectivo para cubrir sus obligaciones inmediatas y sueldos y salarios. Así, de acuerdo a las características de la planta se estimó un 2% sobre el valor de las ventas para este rubro.

### 2.2 Inventarios

Para el adecuado mantenimiento del flujo entre los requerimientos de producción y ventas es necesario tener un acopio de materias primas, refacciones y materiales diversos en almacén, bienes en proceso de elaboración y productos terminados en existencia, así como mercancías en tránsito para la distribución. Para ello, se calculó el monto de inventarios en función del precio y volumen de la materia prima que es necesario tener en la planta para lograr una operación continua, considerando -

una rotación de 75 días inventario de materia prima, 40 días de productos en proceso y 15 días de producto terminado, obteniendo el monto señalado en el balance general a precios constantes de 1983 (cuadro 37).

### 2.3 Cuentas por Cobrar

Por razones de competencia y precios de los productos, se dedujo una política de ventas dando un plazo a los clientes para efectuar sus pagos. Para el efecto, se calculó una rotación de cartera promedio de 80 días, llegando a una cifra de \$ 992 millones en 1987 por concepto de cuentas por cobrar como parte del capital de trabajo.

### 3. FINANCIAMIENTOS

Para cubrir tanto la inversión fija como el capital de trabajo estimados, se consideran como fuentes de recursos los que se indican en el flujo de efectivo del cuadro 35 y que son:

- a) Aportaciones de capital
- b) Financiamientos

Para el cálculo de los financiamientos se proponen fuentes internas y externas. En el primer caso se cuenta con la banca de primer piso, que otorga créditos a tasas de interés políticas y sin intermediación financiera, y con la banca de fomento o de segundo piso. Este tipo de instituciones crediticias, a diferencia de la banca comercial, otorgan los financiamientos a tasas preferenciales y por lo general mediante la exigencia de un estudio de preinversión. Sin embargo, no pueden otorgar el crédito directamente al cliente, por lo cual conceden un diferencial a la banca de primer piso para que efectúe la operación.

En el segundo caso, los financiamientos pueden provenir de proveedores extranjeros, banca privada y banca de fomento.

La operación de los financiamientos del proyecto se propone que sea de la siguiente forma:

CONCEPTO	1983	1984	1985	1986
INGRESOS				
Aportaciones de Capital	75	9 954	14 081	242
Financiamientos	-	13 656	19 592	2 022
Internos	-	5 462	7 837	2 022
Externos	-	8 194	11 755	-
TOTAL INGRESOS	<u>75</u>	<u>23 610</u>	<u>33 673</u>	<u>2 264</u>
EGRESOS				
Inversión	75	23 610	33 045	735
Servicio de la Deuda	-	-	628	1 529
Interna	-	-	382	930
Externa	-	-	246	599
TOTAL EGRESOS	<u>75</u>	<u>23 610</u>	<u>33 673</u>	<u>2 264</u>

Cuadro 35 FLUJO DE EFECTIVO  
(millones de pesos)



C O N C E P T O	APORTACIONES DE CAPITAL	FONDOS	BANCA DE 1er. PISO	BANCA IN- TERNACIONAL
Estudios previos	X			
Ingeniería de detalle		FONEP	X	
Ingeniería civil	X	FONEI	X	
Formación jurídica	X			
Terreno, oficinas y servicios auxiliares	X			
Equipo				X
Inicio de operaciones		FONEI	X	
Otros		FONEI	X	

Para el estudio en cuestión se utilizaron tasas de interés del 3% para créditos extranjeros y del 7% para nacionales ya que se manejan precios constantes, llegando a las cifras presentadas en el cuadro 36.

A C R E E D O R	Saldo al 31-XII-86	Moneda de origen	Tipo de cambio	No. pagos por año	Pagos por hacer	Monto de los pagos	Tasa de interés	Fecha del 1er. pago
1. EXIMBANK <sub>1</sub>	8 194	dólar	150	1	4	2 048	3	Enero 88
2. FONEP	5 462	pesos	-	1	4	1 366	7	Enero 88
3. EXIMBANK <sub>2</sub>	11 755	dólar	150	1	4	2 939	3	Enero 89
4. FONEI <sub>1</sub>	7 837	pesos	-	1	4	1 959	7	Enero 89
5. FONEI <sub>2</sub>	2 022	pesos	-	1	2	1 011	7	Enero 87

Cuadro 36

FINANCIAMIENTOS

## V I I I

### ESTADOS FINANCIEROS PROFORMA

El resultado numérico de la operación de toda empresa se re fleja en los estados financieros. La rentabilidad del capital, los usos y fuentes de los recursos, índices de liquidez y otros indicadores financieros se originan en lo mostrado en ellos.

Cuando se pretende la planeación financiera de una empresa es necesario proyectar estos estados hacia un periodo razonable, con el fin de conocer su posible situación financiera de acuerdo con los supuestos base considerados.

Se incluyen en este capítulo ocho años de proyección del balance, así como el estado de resultados acorde al programa de producción y al punto de equilibrio, con las razones finan cieras básicas y el análisis correspondiente.

Los estados financieros proforma reflejan la situación financiera de la empresa al finalizar el periodo de planeación si todas las estimaciones de presupuesto se cumplen. Estos estados resumen todos los ingresos y gastos presupuestados en un proyecto de estado de resultados y balance general.

El balance general es un estado que indica la situación de la empresa solo al finalizar el periodo contable, en tanto que el estado de resultados refleja la rentabilidad durante el mismo periodo contable; muestra el origen de los ingresos y la naturaleza de los gastos, los factores que dan lugar a la utilidad neta.

Para estimar la situación económica de la planta en sus primeros años de operación se realizó la proyección de estos estados financieros obedeciendo al método descrito en la figura 17 y tomando como base los siguientes supuestos:

- Precios constantes a 1983
- Tipo de cambio \$150/dólar
- Tasas de interés
  - Nacional 7%
  - Extranjera 3%
- Ajuste al programa de producción
- Depreciación lineal

#### 1. BALANCE GENERAL

Durante los tres primeros años de operación que representan la curva de aprendizaje se caracteriza por la baja liquidez, elevado apalancamiento y capital de trabajo negativo, debido fundamentalmente a que apenas empiezan a generarse los ingresos por venta y ya se tienen compromisos de pago de la deuda.

Esta situación propicia la necesidad de contraer una deuda adicional a fin de cubrir sus requerimientos de operación, hasta obtener la autosuficiencia en este renglón.

A partir de 1991 la situación de la empresa se torna favorable al cubrir las obligaciones de la deuda a largo plazo, por lo que los tres indicadores anteriores mejo-

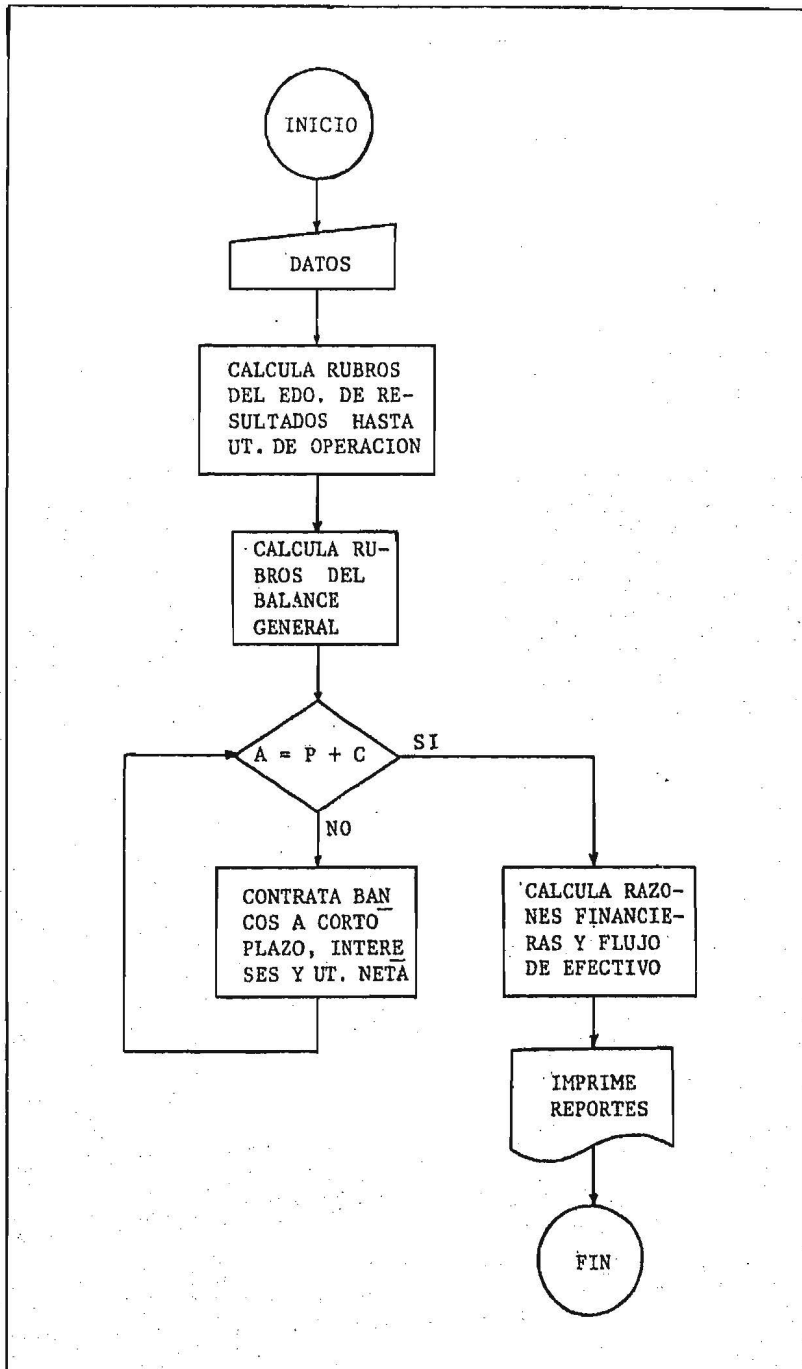


Fig. 17 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LAS PROYECCIONES FINANCIERAS

ran sustancialmente como se observa en el cuadro 37.

## 2. ESTADO DE RESULTADOS

Al igual que en el balance se caracterizan dos etapas. Los tres primeros años -- arrojan pérdida neta como consecuencia de la insuficiencia en la generación de ingresos para cubrir los costos y gastos de operación, lo que aunado a una carga financiera propician la situación descrita.

El iniciar la operación normal de la empresa en 1990 permitirá un mayor volumen de ventas de acuerdo a la demanda detectada, por lo que se generarán ingresos suficientes no sólo para cubrir los costos y gastos sino aún para obtener utilidades netas que fluctúan alrededor del 20% de las ventas (cuadro 38), lo que hace al proyecto sumamente atractivo.

## 3. PUNTO DE EQUILIBRIO

En el cuadro 39 se observa que a partir de la operación normal de la planta la producción requerida para estar en punto de equilibrio (utilidad neta = 0) es aproximadamente el 50% de aprovechamiento de la capacidad instalada, con tendencia a la baja. Esto significa que se arrojarán pérdidas cuando la producción sea menor a ese límite.

RAZONES FINANCIERAS BASICAS								
AÑOS	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
CAPITAL DE TRABAJO	542	1,256	(15,907)	(13,004)	(8,996)	177	9,675	19,431
INDICE DE LIQUIDEZ	0.3	0.2	0.2	0.4	0.5	1.0	8.2	15.4
DÍAS CARTERA	80	80	80	80	80	80	80	80
DÍAS INVENTARIO	96	67	73	84	84	84	84	84
DÍAS PROVEEDORES	80	80	80	80	80	80	80	80
APALANCAMIENTO CPAS/CP	1.28	2.81	2.76	11.39	0.76	0.30	0.04	0.04
BALANCE GENERAL								
CASH	92	159	244	486	486	486	3,119	12,899
CUENTAS POR COBRAR	992	1,874	2,700	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401
INVENTARIOS	444	1,088	1,399	2,415	2,415	2,415	2,415	2,415
OTROS ACTIVOS CIRCULANTES	31	31	31	31	31	31	31	31
TOTAL ACTIVO CIRCULANTE	1,559	3,152	4,374	8,293	8,333	8,333	11,025	20,782
TERRENOS Y EDIFICIOS NETO	4,380	4,380	4,380	4,380	4,380	4,380	4,380	4,380
MAQUINARIA Y EQUIPO NETO	45,991	41,120	36,249	31,378	26,507	21,636	16,765	11,894
OTROS ACTIVOS FIJOS NETO	1,071	1,071	1,071	1,071	1,071	1,071	1,071	1,071
ACTIVO DIFERIDO NETO	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUCT. CAMBIARIAS AF.	0	0	0	0	0	0	0	0
COMP. ETAPA PROOPERATIVA	0	0	0	0	0	0	0	0
REVALUACION R.	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL ACTIVO FIJO	51,442	46,571	41,700	36,829	31,958	27,087	22,216	17,345
TOTAL ACTIVO	53,059	49,723	46,074	45,222	40,351	35,480	33,241	38,127
BANCOS CORTO PLAZO	1,011	5,697	11,352	11,735	11,140	6,066	0	0
M.N.	1,011	4,339	9,002	8,388	8,912	3,493	0	0
M.E.	0	1,139	2,270	2,347	2,228	1,373	0	0
PROVEEDORES	200	460	675	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350
IMPUESTOS POR PAGAR	0	0	0	0	0	0	0	0
IMPORTE CIRCULANTE	4,425	8,312	8,312	8,312	4,898	0	0	0
M.N.	2,377	3,325	3,325	3,323	1,960	0	0	0
M.E.	2,048	4,987	4,987	4,989	2,938	0	0	0
OTRAS CUENTAS POR PAGAR CP	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL PASIVO CIRCULANTE	5,636	14,478	20,339	21,397	17,389	8,216	1,350	1,350
BANCOS LARGO PLAZO	29,834	21,522	13,210	4,999	0	0	0	0
M.N.	11,933	8,608	5,283	1,960	0	0	0	0
M.E.	17,901	12,914	7,927	2,939	0	0	0	0
FLUCT. CAMBIARIAS P LP	0	0	0	0	0	0	0	0
OTROS PASIVOS LP	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL PASIVO LARGO PLAZO	29,834	21,522	13,210	4,999	0	0	0	0
TOTAL PASIVO	35,470	36,000	33,549	26,395	17,389	8,216	1,350	1,350
CAPITAL SOCIAL	24,352	24,352	24,352	24,352	24,352	24,352	24,352	24,352
MOVIMIENTOS DE CAPITAL	0	0	0	0	0	0	0	0
SUPERAVIT X REVALUACION	0	0	0	0	0	0	0	0
DIVIDENDOS	0	0	0	0	0	0	0	0
UTILIDADES RETENIDAS	(3,122)	(6,763)	(10,559)	(11,769)	(5,425)	(1,390)	2,912	7,539
UTILIDAD DEL EJERCICIO	(3,641)	(3,796)	(11,210)	6,244	4,035	4,302	4,620	4,885
TOTAL CAPITAL	17,589	13,793	12,583	18,927	22,962	27,264	31,891	36,776
TOTAL PASIVO Y CAPITAL	53,059	49,792	46,132	45,222	40,351	35,480	33,241	38,127

Cuadro 37 BALANCE GENERAL (millones de pesos)

ANOS	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
PRODUCCION	36	68	98	196	196	196	196	196
COMERCIALIZACION	36	68	98	196	196	196	196	196
PRECIO DE VENTA	124	124	124	124	124	124	124	124
HUMERO DE OBREROS	1,700	1,795	1,800	1,890	1,890	1,890	1,890	1,890
HUMERO DE EMPLEADOS	400	425	425	425	425	425	425	425
TIPO DE CAMBIO	150	150	150	150	150	150	150	150
VENTAS NETAS	4,464	8,432	12,152	24,384	24,384	24,384	24,384	24,384
COSTO DE VENTAS	4,070	5,828	6,883	10,339	10,339	10,339	10,339	10,339
UTILIDAD BRUTA	394	2,594	5,269	13,965	13,965	13,965	13,965	13,965
DEPRECIACION	4,871	4,871	4,871	4,871	4,871	4,871	4,871	4,871
GASTOS DE VENTA Y ADMIN	250	348	348	348	348	348	348	348
OTROS CARGOS (NO EFECTIVO)	0	0	0	0	0	0	0	0
UTILIDAD DE OPERACION	(4,727)	(2,624)	51	8,746	8,746	8,746	8,746	8,746
OTROS INGRESOS	640	640	640	640	640	640	640	640
OTROS GASTOS	40	0	0	0	0	0	0	0
PERDIDA EN CAMBIOS	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS FINANCIEROS M.H.	0	1,196	1,312	1,248	1,009	641	119	(347)
EXISTENTES	1,072	1,001	835	602	369	137	0	0
NUEVOS	0	195	477	646	640	504	119	(347)
GASTOS FINANCIEROS M.E.	0	616	588	456	307	142	13	(37)
EXISTENTES	599	599	537	327	238	86	0	0
NUEVOS	0	17	51	69	69	54	13	(37)
CAPITALIZACION								
ETAPA PREOPERATIVA	2,157	0	0	0	0	0	0	0
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	(3,641)	(3,796)	(1,210)	7,682	8,070	8,603	9,255	9,770
IMPUESTOS Y PTU	0	0	0	1,328	4,028	4,302	4,628	4,885
UTILIDAD NETA	(3,641)	(3,796)	(1,210)	6,354	4,052	4,302	4,628	4,885

Cuadro 38 ESTADO DE RESULTADOS (millones de pesos)



AÑOS	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
PRODUCCION	36	116	103	108	106	103	98	95
COMERCIALIZACION	36	110	109	109	106	103	99	95
PRECIO DE VENTA	124	124	124	124	124	124	124	124
NUMERO DE OBREROS	1700	1735	1800	1830	1830	1830	1830	1830
NUMERO DE EMPLEADOS	400	425	425	425	425	425	425	425
TIPO DE CAMBIO	150	150	150	150	150	150	150	150
VENTAS NETAS	4464	13603	13528	13367	13132	12747	12199	11780
COSTO DE VENTAS	4070	7286	7268	7277	7211	7103	6947	6832
UTILIDAD BRUTA	394	6317	6260	6090	5921	5644	5242	4948
DEPRECIACION	4871	4871	4871	4871	4871	4871	4871	4871
GASTOS DE VENTA Y ADMON	250	348	348	348	348	348	348	348
OTROS CARGOS (NO EFECTIVO)	0	0	0	0	0	0	0	0
UTILIDAD DE OPERACION	4727	1099	1042	872	702	425	24	(271)
OTROS INGRESOS	641	640	641	641	640	640	640	640
OTROS GASTOS	40	0	0	0	0	0	0	0
PERDIDA EN CAMBIOS	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS FINANCIEROS M.H.	0	1129	1115	1173	1133	891	611	731
EXISTENTES	1072	1001	825	602	369	137	0	0
NUEVOS	0	128	280	471	661	754	611	331
GASTOS FINANCIEROS M.F.	0	309	567	438	302	169	65	35
EXISTENTES	599	599	537	337	238	88	0	0
NUEVOS	0	16	30	51	71	81	65	35
CAPITALIZACION								
ETAPA PREOPERATIVA	2157	0	0	0	0	0	0	0
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	(3641)	1	0	1	3	6	(13)	2
IMPUESTOS Y PTU	0	0	0	0	2	3	0	0
UTILIDAD NETA	(3641)	0	0	1	1	3	(13)	2

Cuadro 39 PUNTO DE EQUILIBRIO (millones de pesos)

## IX

### EVALUACION

Al término de la elaboración del estudio de un proyecto es necesario medir la rentabilidad en función de sus propios méritos o en comparación con otras instancias de inversión (costos de oportunidad, por ejemplo).

En la actualidad se utiliza una amplia variedad de técnicas analíticas para evaluar las propuestas de inversión. Algunas de ellas representan ajustes en el tiempo de los flujos de efectivo, mientras que otras ignoran el valor monetario en el tiempo.

En el presente estudio se incluyen análisis de Valor Presente Neto (VAN) y Tasa Interna de Rendimiento (TIR) para determinar la conveniencia del proyecto en función de su rentabilidad y los criterios de decisión para calcularlos.

Para entidades financieras nacionales e internacionales, estos dos indicadores son fundamentales en su decisión - de apoyar con financiamientos al proyecto; para las autoridades de gobierno son importantes aunque no de primera instancia de decisión, y para los promotores el buen resultado en cuanto a VAN y TIR de su proyecto les da la confianza que les generará atractivas utilidades.

## 1. VALOR ACTUAL NETO

El valor actual neto (VAN) es la diferencia algebraica de todas las salidas de efectivo requeridas para soportar al proyecto y de las entradas de efectivo resultantes de las operaciones durante el periodo de evaluación. Estos valores son traídos a valor presente, lo que significa que se considera el valor del dinero a través del tiempo, mediante la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum \frac{S_t}{(1+r)^t} - A_0$$

Donde:

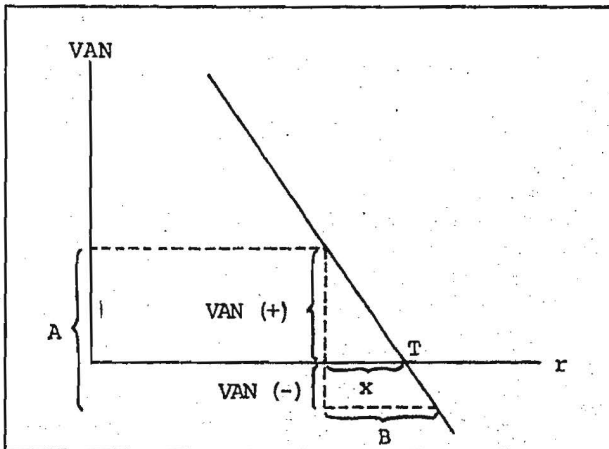
$S_t$  = entradas de efectivo en cada período

$r$  = tasa de descuento

$t$  = período

$A_0$  = Valor presente del costo del proyecto.

En la gráfica 10 se muestra el VAN y se observa que cuanto mayor es la tasa de descuento aplicada a los flujos, el valor actual es menor, llegando incluso a ser negativo.



$$A = VAN (+) + VAN (-)$$

$$B = r \text{ de VAN } (-) - r \text{ de VAN } (+)$$

$$x = \frac{B (VAN (+))}{A}$$

$$T = \text{Tasa interna de retorno}$$

Gráfica 10 REPRESENTACION GRAFICA DEL VALOR ACTUAL NETO

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
INGRESOS							
INGRESOS CORRIENTES	8,129	11,265	22,244	24,944	24,944	24,944	24,944
POR VENTA	7,550	11,205	21,684	24,304	24,704	24,304	24,764
DE INTERES	649	140	640	640	640	640	640
FINANCIAMIENTO							
INTERIORS	4,686	5,655	746	0	0	0	0
EXTERIORS	3,647	4,524	356	0	0	0	0
OPERACIONES DE CAPITAL	1,139	1,131	76	0	0	0	0
OPERACIONES AJENAS	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS TOTALES	12,876	17,620	22,626	24,944	24,944	24,944	24,944
COSTO CORRIENTE							
SERV PERSONALES	6,561	7,333	11,028	10,687	10,687	10,687	10,687
IMP Y SUBSISTROS	1,375	1,378	1,432	1,432	1,432	1,432	1,432
SERV GENERALES	1,176	4,746	8,567	8,245	8,245	8,245	8,245
SERV GENERALES	1,010	1,010	1,010	1,010	1,010	1,010	1,010
INVERSION FISICA	0	0	0	0	0	0	0
INTERESES	1,012	1,901	1,705	1,316	793	131	(384)
INTERIORS	1,196	1,812	1,240	1,009	681	119	(347)
EXTERIORS	616	569	456	307	142	13	(37)
AMORTIZACION DE LA DEUDA							
INTERNA	4,425	8,312	8,312	8,906	9,173	8,865	0
EXTERNA	2,377	3,325	3,325	3,759	5,380	5,493	0
EXTERNA	2,048	4,987	4,987	5,108	3,793	1,373	0
OPERACIONES AJENAS	0	0	1,338	4,035	4,302	4,628	4,885
EGRESOS TOTALES	12,798	17,346	22,383	24,944	24,944	22,311	19,188
FLUJO DE CASH	79	74	243	0	0	2,633	9,756
UTILIDAD NETA	(3,796)	(2,111)	6,344	4,035	4,302	4,628	4,885
DEPRECIACION	4,371	4,571	4,871	4,871	4,871	4,871	4,871
INCR. CAP. TRAB. OPER.	1,257	930	3,042	0	0	0	0
APORTACIONES DE CAPITAL	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO EFECTIVO OPERATIVO	(183)	2,734	8,173	8,906	9,173	9,499	9,756
VALOR PRESENTE	37,899						
ARRORO CORRIENTE	1,629	1,629	1,629	1,629	1,629	1,629	1,629
ENDOSAMIENTO META	1,629	1,629	1,629	1,629	1,629	1,629	1,629
COBERTURA	1,629	1,629	1,629	1,629	1,629	1,629	1,629

Cuadro 40 FLUJO DE EFECTIVO (millones de pesos)

En el cuadro 40 se detallan los flujos de efectivo esperados para cada uno de los años evaluados y calculados con base en los estados financieros presentados en el capítulo anterior.

Se consideraron precios constantes de 1983, año supuesto del primer cargo de inversión y entrada de fondos para la etapa preoperativa. Sobre estas bases, se obtuvo un valor actual de 37 899 millones de pesos de 1983 en 1987, año en que se marca el arranque de la planta.

Al considerar precios constantes, la tasa de descuento utilizada para obtener el valor actualizado de los flujos fue del 5% sin considerar el efecto inflacionario.

Finalmente, y de acuerdo a los criterios de aceptabilidad, en los que se señala que si el  $VAN \geq 0$  la propuesta de inversión se acepta en una primera instancia, se concluye la rentabilidad del proyecto.

## 2. TASA INTERNA DE RENDIMIENTO

La tasa interna de rendimiento (TIR) como método de evaluación considera, al igual que el VAN, el valor del dinero en el tiempo. Sin embargo, para obtenerla no se supone ninguna tasa de descuento. El objeto es encontrar el porcentaje de rendimiento que justamente iguale el flujo de fondos descontados con el costo de la inversión. Cualquier porcentaje mayor a este valor es favorable, esto es, el método de la TIR proporciona el rendimiento esperado del proyecto.

La tasa interna de rendimiento obtenida en los flujos calculados asciende a 22.45%. Si se hace de nuevo la consideración de que se trata de flujos a los que se ha eliminado el efecto inflacionario, 22.45% como tasa de rendimiento es el porcentaje al que se igualan los ingresos con los egresos por arriba de la inflación. Este resultado llega así a presentarse como una cifra atractiva para invertir en el proyecto.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) TUBOS DE ACERO DE MEXICO, S.A.: Proyecto de Expansión Industrial AT-2, México, 1980.
- 2) DIEMEX-WHARTON: Modelo Económico de México, Proyecciones Previas a la Junta Semestral, Tomos I y II, Philadelphia P.A., 1983.
- 3) TEH-WEI-HU: Econometría: Un Análisis Introductorio, México, FCE, 1a. Edición, 1979.
- 4) GUJARATI, Damodar: Econometría Básica, Mc Graw Hill, 1981.
- 5) LURGI CHEMIE UND HUTTENTECHNIK GmbH: Feasibility Study Pelletizing Plant Altamira 3 million tpy pellets, Frankfurt/Main, 1981.
- 6) SEPAFIN: Programa de Energía, Metas 1990 y Proyecciones al año 2000, México, 1980.
- 7) COORDINACION GENERAL DEL PROGRAMA DE PUERTOS INDUSTRIALES: Memoria del Programa de Puertos Industriales 1979 - 1982, México, 1982.
- 8) LINDSTROEM, Ricardo y S. Pujals: "Situación General de la Chatarra en Latinoamérica, ILAPA 22, 1981.
- 9) SOTO RODRIGUEZ, H. y Otros: La Formulación y Evaluación Técnico-Económica de Proyectos Industriales, México, CENETI, 2a. Edición, 1978.
- 10) PEMEX: Memoria de Labores 1982, México.
- 11) SEPAFIN: Plan Nacional de Desarrollo Industrial 1979 - 1982, México, 1979.

- 12) ACADEMIA MEXICANA DE INGENIERIA: Alternativas Tecnológicas de Crecimiento de la Industria Siderúrgica Mexicana, México, 1980.
- 13) COMISION COORDINADORA DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA: El Mineral de Hierro en México, México, 1982.
- 14) G. MURDIK, Robert y Donald D. Deming: La Administración de las Inversiones de Capital, México, Ed. Diana, 1974.
- 15) E. BOLLEN, Steven: Administración Financiera, México, Ed. Limusa, 1981.
- 16) CONSEJO DE RECURSOS MINERALES: Reservas y Ubicación de los Yacimientos de Mineral de Hierro en México, México, 1979.
- 17) COORDINACION GENERAL DEL PROGRAMA DE PUERTOS INDUSTRIALES: Puertos Industriales, Programa México, México, 1982.
- 18) QUINTERO, Raúl: "HYL-III: State of the Art", Exhibition and Annual Convention, Pittsburgh, Pennsylvania, 1981.
- 19) LOPEZ RAMOS, Héctor: "The HYL-III Process: Results and Operating Experience", 17th Biennial Conference, Institute for Briquetting and Agglomeration, 1981.
- 20) INSTITUTO LATINOAMERICANO DEL FIERRO Y EL ACERO: La Fabricación del Acero, Santiago, 1a. Edición, 1979.
- 21) MARUBENI CORPORATION: Specialty Seamless Tubing, Tokio.
- 22) UNITED STATES STEEL: The Making Shaping and Treating of Steel, Pittsburg, Ed. Harold E. McGanon, 3a. Edición, 1970.
- 23) THE IRON AND STEEL SOCIETY OF AIME: Direct Reduced Iron, Technology and Economics of Production and Use, Warrendal, 1980.