



Casa abierta al tiempo

Luis Mier y Terán Casanueva
Rector General

Ricardo Solís Rosales
Secretario General



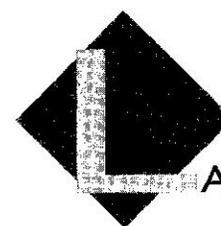
UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA
Unidad Iztapalapa Casa abierta al tiempo

José Lema Labadie
Rector

Javier Rodríguez Lagunas
Secretario

Daniel Toledo Beltrán
*Coordinador del Consejo Editorial
de la División de Ciencias Sociales y Humanidades*

Laura Quintanilla Cedillo
Coordinación Editorial



LAS FUENTES DEL
CRECIMIENTO EN LA
SIDERURGIA MEXICANA
INNOVACIÓN,
PRODUCTIVIDAD Y
COMPETITIVIDAD

Alenka Guzmán



MÉXICO



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA
Unidad Iztapalapa Casa abierta al tiempo

2002

*A la memoria de mi padre,
Raúl Guzmán Rodríguez
(1928-1991)*

Primera edición, enero del año 2002

© 2002

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA

© 2002

Por características tipográficas y de edición
MIGUEL ÁNGEL PORRÚA, librero-editor

Derechos reservados conforme a la ley
ISBN 970-701-208-0

IMPRESO EN MÉXICO



PRINTED IN MEXICO

Amargura 4, San Ángel, Álvaro Obregón, 01000 México, D.F.

Agradecimientos

ESTA obra fue escrita a partir de mi tesis doctoral, *Les sources de la croissance, de la productivité et de la compétitivité: l'industrie sidérurgique mexicaine (1984-1994)*, defendida en la Universidad de París III La Nouvelle Sorbonne en abril de 1999. El trabajo es fruto de mi investigación doctoral financiada de octubre de 1994 a abril de 1999 por la División de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Particularmente, expreso mi reconocimiento al maestro Gregorio Vidal Ibarra y al doctor José Lema, anterior y actual jefes de la DCSH por su importante apoyo en las diferentes etapas de mis estudios doctorales.

Durante mi estancia en París adquirí varias deudas intelectuales. El aporte teórico de los seminarios de Jean-Pierre Bertrand, del Instituto de Altos Estudios de América Latina (IHEAL), Gerard Lafay y Antoine D'Autumme, de París I, Robert Boyer de la Ecole des Hautes Etudes de Sciences Sociales, y Pierre Aghion, profesor invitado en Ensaie-Crest fue fundamental para el desarrollo de mi tesis doctoral. A lo largo de mi investigación fue sistemática la ayuda de Jean-Pierre Bertrand y Carlos Quenan, director y coodirector de la tesis (IHEAL). Generosos con el avance de mi investigación en Francia fueron Georges Coufignal, ex director del IHEAL, Daniel Dultzin, anterior embajador de México en la OCDE, la señora Paule Gentot de la Maison de Sciences de l'Homme y el señor Gérard Bernard de la siderúrgica francesa Usinor Sacilor.

De manera especial agradezco al doctor Enrique Hernández Laos, quien ha contribuido en diferentes etapas a mi formación

como economista y en particular en esta investigación. También agradezco a Abigail Durán del INEGI y a la doctora Flor Brown de la UNAM por sus comentarios metodológicos y su ayuda en el cálculo en la medición de la productividad total de los factores; al maestro Manuel Soria por sus asesorías en lo que refiere a propiedad intelectual y transferencia tecnológica. Especial reconocimiento hago a los ingenieros de la División de Tecnología Hyl de Hylsamex y funcionarios de la Canacero porque su colaboración fue vital para la escritura del capítulo sobre Hylsa. Mi afectuoso agradecimiento a Mario Raúl Guzmán por la corrección de estilo. Gerardo Castillo y Germán Quintero colaboraron con esmero en la actualización de la información estadística. De mis colegas del área de Teoría Económica recibí siempre apoyo.

La publicación del libro *Las fuentes del crecimiento en la siderurgia mexicana* ha sido posible gracias al apoyo financiero de Conacyt, en el marco del programa de Repatriación y de Instalación, la rectoría y el Consejo Editorial de División de Ciencias Sociales y Humanidades de la UAM Iztapalapa. El doctor Luis Mier y Terán, rector de la unidad Iztapalapa; el doctor José Lema, director de la DCSH, y el maestro Daniel Toledo, coordinador del Consejo Editorial de la DCSH, apoyaron decididamente la publicación de este libro.

A mis hijos Emilio y Fernando, quienes vivieron una experiencia difícil durante el periodo de mis estudios, les agradezco su comprensión. Mi reconocimiento ilimitado para Jaime Aboites, quien apoyó entusiastamente mi proyecto doctoral y la publicación del libro.

Introducción

EL ESTUDIO de las fuentes del crecimiento y la productividad en el sector manufacturero mexicano es de particular interés, por varias razones. En primer lugar, porque en este sector se han expresado los mayores déficits comerciales, los cuales han derivado en crisis financieras y económicas. Este hecho sugiere la existencia de bajos niveles de competitividad en el conjunto de las manufacturas de México, asociados a bajos niveles relativos de productividad. En segundo, porque el sector manufacturero fue la base de la apertura comercial y de la promoción de las exportaciones emprendidas en México durante la década de los ochenta. En tercero, porque el progreso tecnológico que se genere en este sector puede tener importantes efectos favorables en el resto de la economía. Las mediciones comparativas de competitividad entre los países del Tratado de Libre Comercio de América del Norte tienen gran pertinencia, toda vez que permitirán identificar tanto los sectores, industrias o empresas con un desempeño exitoso como los que no lo han tenido. Esto resulta de gran interés para las estrategias de desarrollo y las políticas de especialización impulsadas por los gobiernos de cada país y seguidas por las empresas. También servirá para establecer redes productivas y de comercialización en América del Norte.

Este estudio que se ocupa sólo de la industria siderúrgica, persigue un doble objetivo. Primero, evaluar la productividad total de los factores (PTF) y las ventajas comparativas reveladas de la industria siderúrgica mexicana durante el periodo 1984-1994, caracterizado, internamente, por la reestructuración industrial, la privati-

zación de las empresas siderúrgicas estatales y la apertura comercial; y externamente, por el proceso de globalización y regionalización de la siderurgia internacional. Segundo, identificar los factores que explican el crecimiento del producto y la productividad de esta industria.

La importancia de la PTF radica en el hecho de que es un indicador asociado al progreso técnico inmaterial. En especial, las nuevas teorías del crecimiento endógeno consideran la PTF como el resultado del esfuerzo de innovación más bien que como un residuo. En algunos estudios, la medición de la PTF tiene el propósito de "examinar de cerca el efecto de la I&D y la difusión de la tecnología en el crecimiento de la productividad", pese a los problemas que entraña la disponibilidad de información y las limitaciones metodológicas.¹

La elección de la industria siderúrgica para el estudio de productividad y competitividad obedece a cuatro razones. La primera es conocer el desempeño productivo de un sector que debe abastecer de manera competitiva al sector industrial interno e igualmente en los mercados internacionales, en términos de precio y calidad. La segunda consiste en que esta es una de las industrias en las cuales la liberalización comercial ocurrió abruptamente, luego de haber sido una de las más protegidas durante el ISI. La tercera debido al interés de evaluar el impacto de la modernización tecnológica emprendida desde fines de los ochenta en el crecimiento y la productividad; y la cuarta porque en esta industria se localiza la empresa Hylsamex pionera en su actividad innovativa endógena y cuyos efectos parecen haber sido favorables para el resto del sector industrial.

A la luz del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), la economía mexicana puso en evidencia sus debilidades y su fortaleza frente a Estados Unidos y Canadá. En los últimos veinticinco años se abrió una gran brecha de productividad laboral entre esos dos países y México en varias industrias manufactureras.² La industria siderúrgica mejoró su productividad laboral rela-

¹OCDE, 1996b, pp. 62-63.

²E. Hernández Laos, 1994; A. Guzmán, 1997.

tiva después de 1987. Justamente desde el inicio de la apertura comercial este sector tiende a convergir en la productividad laboral relativa a la de Estados Unidos. La reestructuración y la modernización de la planta industrial parecen haber favorecido esa tendencia convergente. Pese a la mejoría de la productividad laboral relativa a Estados Unidos y el crecimiento de las exportaciones, la industria siderúrgica continúa registrando importantes saldos negativos en su balanza comercial. La casi inexistente producción interna de ciertos tipos de aceros especiales e inoxidable, necesaria para abastecer a las industrias que se han orientado hacia la exportación, en especial la automotriz, es tan magra que obliga a efectuar cuantiosas importaciones.

En México, como en otros países de industrialización reciente, las posibilidades de adquirir o desarrollar nuevas tecnologías depende, en buena medida, de la existencia de intercambios comerciales que favorezcan la difusión de nuevos procedimientos tecnológicos incluyendo los conocimientos tácitos. En el contexto de la globalización, las alianzas estratégicas con las empresas de países industrializados abren la posibilidad de hacer extensivo y potenciar el progreso técnico, incluido el *know how*. Pero las posibilidades de convergir tecnológicamente con los países industrializados están condicionadas por la existencia de capacidades tecnológicas endógenas para asimilar la tecnología externa y desplegar una actividad innovativa como fuente de productividad y competitividad. La presencia de un entorno institucional favorable es para ello indispensable. Es decir, se requiere de la integración de los sistemas nacionales de innovación (financiero, educativo, gubernamental, etcétera) que contribuya al pleno desarrollo y garantice la utilización de las capacidades materiales y humanas.

Delimitado el tema de reflexión, este libro se propone mostrar si el crecimiento en la industria siderúrgica mexicana en 1984-1994 se explica por la mejoría de la PTF, vinculada esta última a un conjunto de factores relacionados con la apertura comercial, la privatización y el cambio tecnológico.

Las interrogantes que están en la base de este estudio empírico son las siguientes: ¿Cuál es la contribución de los insumos y

de la PTF al crecimiento de la industria siderúrgica mexicana? ¿Existe alguna relación entre el comportamiento de la PTF, la actividad exportadora y la modernización de las industrias metálicas básicas?

El libro se organiza en seis capítulos. En el capítulo 1 se efectúa una reflexión sobre las fuentes de la productividad y el crecimiento económico con base en las propuestas teóricas de los modelos del crecimiento endógeno y los enfoques neo-schumpeteriano y sistémico. ¿Cuáles son los factores determinantes del crecimiento y la productividad? ¿Qué papel se atribuye a la inversión y al progreso tecnológico en las nuevas teorías del crecimiento endógeno? Estas interrogantes constituyen el eje de las reflexiones del capítulo.

En el capítulo 2 se estudian las circunstancias económicas que dan lugar a la reestructuración de las empresas siderúrgicas en los países industrializados y a los procesos de globalización y de regionalización, con nuevas formas de competencia internacional. En este capítulo se analizan tres aspectos. El primero es el que concierne a la crisis y la reestructuración de la actividad siderúrgica en los países industrializados. El segundo se refiere a las formas en que tiende a expresarse la globalización y la regionalización en esta industria en las últimas dos décadas. El tercero destaca las tendencias de regionalización y especialización de los países productores de acero (1980-1998).

En el capítulo 3 se analiza el cambio tecnológico en la industria siderúrgica mundial registrado en las tres últimas décadas, con énfasis en las diferencias que se advierten entre los países industrializados y los de reciente industrialización. En este capítulo se identifica primeramente el progreso tecnológico registrado en la siderurgia internacional desde finales de los setenta hasta los años noventa. Después se comparan las tendencias de incorporación de los nuevos procesos para producir acero y las tendencias de patentamiento, en países industrializados seleccionados (los de la Unión Europea, Estados Unidos, Japón) y en países de industrialización reciente seleccionados (Brasil, México, Venezuela, Corea y Taiwan) durante el periodo 1970-1999.

Tras haber identificado comparativamente las tendencias tecnológicas de varios países, entre ellas la de México, en el capítulo 4 se estudia el desarrollo de la siderurgia mexicana 1940-1998; primero durante el periodo de industrialización caracterizado por la sustitución de importaciones -ISI- (1940-1982). Posteriormente, el proceso de reestructuración y la modernización tecnológica registrados en las principales empresas siderúrgicas mexicanas durante 1985-1991. Finalmente, se evalúa el desempeño de la competitividad y la especialización de los productos siderúrgicos mexicanos en los mercados internacionales, a la luz de la apertura comercial desarrollada en los ochenta, particularmente en 1987 con la adhesión al GATT, y profundizada con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte en 1994.

Mediante el estudio de la siderurgia mexicana durante el periodo sustitutivo de importaciones se busca identificar las condiciones que han determinado, en gran medida, la naturaleza de la competencia y, en consecuencia, el desarrollo y el desempeño de esta industria nacional. Con relación a la reestructuración, se plantea dilucidar los factores que condujeron al agotamiento del ISI en la siderurgia mexicana e indagar si la reestructuración favoreció el cambio tecnológico de las empresas. Finalmente, en lo que atañe a la apertura comercial, se intenta responder las siguientes interrogantes: ¿Cuáles han sido los efectos de la apertura comercial en términos de crecimiento y competitividad? ¿Qué ventajas competitivas han tenido los productos siderúrgicos mexicanos desde 1987 en los distintos mercados internacionales? En particular, con relación al TLCAN, ¿qué perfil de especialización y competitividad mantiene México frente a sus socios comerciales de América del Norte (Estados Unidos y Canadá)? ¿La apertura comercial ha propiciado la adquisición de nuevas tecnologías para mejorar la calidad de los productos y la productividad?

El capítulo 5 evalúa la productividad total de los factores (PTF) de las empresas siderúrgicas, durante 1984-1994, periodo caracterizado por la transición hacia la apertura comercial y la promoción de exportaciones. El propósito de este capítulo es doble. Por

un lado, conocer la evolución de la eficiencia conjunta de los factores de la producción (capital y trabajo) en cada una de las industrias *Metálicas básicas del hierro y el acero* y por tamaño de establecimiento durante el periodo en el se llevó a cabo la reestructuración industrial y la modernización tecnológica. Por el otro, identificar las fuentes que explican el crecimiento del producto en la industria siderúrgica. La hipótesis central de este capítulo es la siguiente: la modernización productiva y comercial de las empresas siderúrgicas mexicanas, estudiada en el capítulo 4, contribuyó a la mejoría de la eficiencia productiva de las plantas siderúrgicas, la cual se potenció con las exportaciones, en el contexto de la liberalización de la economía mexicana. Particularmente en las empresas integradas (grandes y gigantes), con economías de escala y mayor grado de modernización, las oportunidades de exportación fueron mayores y la PTF tendió a crecer exponencialmente. Algunas empresas medianas probablemente aprovecharon sus menores economías de escala frente a las fluctuaciones de la demanda y se beneficiaron, en el contexto de la apertura, de las innovaciones provenientes de otras ramas manufactureras (electrónica) y de servicios de empresas transnacionales, para modernizarse y lograr una mayor eficiencia productiva y de comercialización. Sin embargo, otras empresas no estuvieron en condiciones de modernizar su estructura productiva y comercial, especialmente las pequeñas, y en consecuencia, fue para ellas difícil crecer y mejorar su productividad frente a la competencia externa.

La medición de la PTF se efectúa a partir de una muestra de 80 establecimientos industriales de la siderurgia mexicana, cuyo PIB representó 62.6 por ciento del total de la siderurgia nacional en el año de 1993. La base de datos de la muestra en el periodo 1984-1994 proviene de la Encuesta Industrial Anual aplicada por el INEGI. El capítulo 5 tiene tres partes. En la primera se explica la metodología y las fuentes de datos que sirvieron de base para la medición de la PTF de la industria siderúrgica mexicana. En la segunda presentamos los resultados de los cálculos y se analizan las tendencias de la PTF en las industrias de Fundición y Laminación

Primaria, Laminación Secundaria y Tubos y Postes, por tamaño del establecimiento durante 1984-1994. En la tercera se estudian los posibles factores que explican el desempeño de la productividad y el crecimiento del producto siderúrgico durante el periodo analizado.

Dadas las limitaciones de información acerca de los niveles de escolaridad, el gasto en I&D y otros datos referentes al capital intangible de los establecimientos de la industria siderúrgica de la muestra, no fue posible corroborar econométricamente el impacto de éstos en la mejoría de la productividad registrada. No obstante, los avances en el dominio de la capacitación laboral, el capital humano y la diseminación de los conocimientos tecnológicos provenientes de empresas extranjeras y también de nacionales sugieren haber sido un elemento crucial en el crecimiento del producto y de la PTF en la siderurgia mexicana. Con respecto a la diseminación de los nuevos conocimientos tecnológicos de origen nacional, nos referimos a la actividad innovadora de la empresa mexicana Hylsamex. La difusión de la tecnología endógena de la empresa Hylsamex ha impactado favorablemente en el desempeño productivo y competitivo de un conjunto de empresas de este sector industrial.

En el capítulo 6 se estudian las estrategias tecnológicas de la empresa siderúrgica mexicana Hylsamex desde la década de los cincuenta hasta los años noventa. Hylsamex ha destacado entre las empresas mexicanas siderúrgicas, y en general entre el resto de las empresas del sector industrial, por su actividad innovadora endógena desde su inicio durante el periodo de la industrialización sustitutiva de importaciones, lo cual parece haber sido un elemento esencial de la formación y el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas de esta empresa siderúrgica. Otros rasgos que distinguen a Hylsamex del resto de las empresas siderúrgicas mexicanas son su operación con niveles elevados de la utilización de la capacidad instalada y la calidad de sus productos. Pero una característica que hace de Hylsamex un caso atípico en el conjunto del sector manufacturero nacional es su calidad como exportadora de tecnología (Hyl), con un liderazgo tecnológico reconocido

mundialmente. En particular, las ventajas competitivas desarrolladas por Hylsamex en los mercados internacionales parecen mostrar que ésta ha sido beneficiaria de su propia actividad innovadora. Este último capítulo aborda tres aspectos. El primero describe el desempeño productivo y comercial de Hylsamex. El segundo concierne al estudio de la formación y acumulación de las capacidades tecnológicas. Las fuentes exógenas de creación tecnológica de Hylsamex se analizan a través de los contratos de transferencia tecnológica (CTT). La generación de tecnología endógena se estudia a partir del indicador de patentamiento. El tercero corresponde a la difusión y la competitividad de la tecnología de Hyl en los mercados internacionales.

Finalmente se presentan las conclusiones más relevantes del libro.

CAPÍTULO I

Las fuentes del crecimiento en el contexto de los sistemas nacionales de innovación

EN ESTE capítulo se presenta el marco analítico que sirve de sustento al desarrollo de la investigación de las fuentes del crecimiento, la productividad y la competitividad en la industria siderúrgica mexicana en el contexto de la globalización. Las reflexiones desarrolladas a lo largo del libro se inspiran en las propuestas teóricas de los modelos de crecimiento endógeno y del enfoque de los sistemas nacionales de innovación.

El capítulo se divide en tres partes. En la primera se exponen los factores que explican el crecimiento endógeno. En la segunda, se estudian cómo se forman y acumulan las capacidades tecnológicas de las firmas y de los países. Finalmente, en la tercera parte se analiza la dinámica de innovación de las empresas en el contexto nacional caracterizado por la integración e interrelación de los sistemas de producción, educativo, financiero y gubernamental.

LAS FUENTES ENDÓGENAS DE CRECIMIENTO ECONÓMICO

DESDE los años cincuenta y sesenta los estudios empíricos y teóricos neoclásicos muestran la importancia del progreso tecnológico³ como una fuente esencial del crecimiento económico. Algunos de

³El progreso tecnológico ocurre "cuando un subconjunto de técnicas eficientes aumenta o cuando una reciente nueva técnica domina a una o más de las técnicas eficientes, por lo cual éstas se convierten posteriormente en ineficientes" (S. Gomulka, *op. cit.*, p. 7). Dicho en el sentido schumpeteriano, una innovación tecnológica influye en la

ellos además identifican a otros factores como los rendimientos a escala crecientes, las inversiones en capital humano, la asignación de recursos a las actividades de baja a las de alta productividad (Schmookler, 1962; Fabricant, 1954; Kendrick, 1956; Abramovitz, 1956).⁴ De forma pionera Abramovitz (1952) observa al progreso tecnológico como endógeno, identifica el *capital del conocimiento* y encuentra que la interdependencia del progreso técnico y la expansión de otros factores son fuente del crecimiento. Sin embargo, el primero que formalizó teóricamente sus hallazgos empíricos fue Solow (1957). En éstos la productividad total de los factores fue identificada como el *residuo* y expresa el progreso tecnológico, el cual es exógeno. Otros estudios posteriores (Denison, 1962, entre ellos) profundizaron el estudio de los factores que contribuyen al crecimiento descomponiendo el *residuo*. "La más importante contribución de la vieja teoría neoclásica del crecimiento fue hacer la investigación del crecimiento económico más legítima y por tanto, atractiva para que los jóvenes economistas la continuaran" (Nelson, 1997, p. 43).

Los nuevos modelos de crecimiento económico desarrollados desde finales de los ochenta se inscriben en el análisis de las fuentes endógenas y los factores que se asocian a éstas. P. Aghion y P. Howitt (1998) reconocen que las teorías del crecimiento endógeno han aportado herramientas útiles para examinar el cambio tecnológico endógeno en un plano de equilibrio general dinámico. Así se ha contribuido a desarrollar modelos flexibles que coinciden con la visión de la vida económica como un sin fin de innovaciones sucesivas y de cambio forjados por la competencia.

obsolescencia de una o varias técnicas que le anteceden. El cambio tecnológico implica entre otros aspectos: "la elaboración de nuevos conocimientos, que dan lugar especialmente a la creación de nuevos bienes económicos, y... la difusión de estos conocimientos" (B. Amable *et al.*, 1997, p. 14).

⁴J. Schmookler, "The Changing Efficiency of the American Economy", *Review of Economic Statistics*, vol. 34, agosto de 1952; S. Fabricant, "Economic Progress and Economic Change", *34th Annual Report of the National Bureau of Economic Research*, Nueva York, NBER, 1954; J.W. Kendrick, "Productivity Trends: Capital and Labor", *Review of Economic Statistics*, vol. 38, agosto de 1956; M. Abramovitz, "Resources and output in U.S. since 1879", *American Economic Review*, Papers and Proceedings, vol. 46, 1956.

La explicación de los factores determinantes del crecimiento económico tiene sus antecedentes en la teoría clásica. Adam Smith señala el papel fundamental de la división del trabajo y la especialización en el crecimiento del producto y en el desarrollo de nuevas formas de producción. Desde una perspectiva keynesiana, Harrod (1939) y Domar (1946) enfatizan la importancia de la inversión en el crecimiento económico. La discusión sobre las fuentes del crecimiento fue retomada por el pensamiento neoclásico en años posteriores.⁵ Solow (1956) desarrolla la hipótesis sobre la intensificación del capital y su probable contribución a la productividad laboral, al eventual proceso de inversión y al crecimiento. En las recientes teorías del crecimiento endógeno, la inversión, la innovación, la Investigación y Desarrollo (I&D), la inversión pública en infraestructura y la apertura comercial son elementos clave para comprender las fuentes del crecimiento del producto y de la productividad.

El análisis de las fuentes endógenas de crecimiento pone en el tapete de la discusión las posibilidades de convergencia o de divergencia entre los países. Mientras que en la teoría neoclásica es factible que los países menos desarrollados converjan hacia los países más desarrollados, algunos modelos de crecimiento endógeno plantean que los diferenciales de las tasas de crecimiento en la acumulación del capital físico y en el capital humano, lejos de contribuir a la convergencia, refuerzan la brecha económica. Otros modelos, de enfoque schumpeteriano (Aghion y Howitt, 1998), enfatizan la importancia del nivel de educación secundaria y superior y de la actividad de la I&D en el desarrollo de las capacidades tecnológicas de los países para innovar y asimilar las nuevas tecnologías externas. La estrategia de la innovación imitativa y la mejora de la calidad y la diversificación de productos de países de industrialización reciente, pueden contribuir a un crecimiento convergente con respecto a los países industrializados.

⁵Solow, Swan y Tobin, a diferencia de Harrod-Domar, introdujeron la flexibilidad del coeficiente del capital apoyándose en la teoría de la productividad marginal, lo que posibilita una importante acción de los precios, de los salarios y la tasa de interés en el ajuste neoclásico (P-A. Muet, 1997, p. 15).

Tanto en los modelos de crecimiento neoclásico de Solow como en los del crecimiento endógeno se reconoce la importancia de la inversión y el progreso técnico en la mejora de la productividad y el crecimiento económico.⁶ Sin embargo, dicho progreso tecnológico, que en el modelo de Solow es una fuente exógena de crecimiento, se concibe en las nuevas teorías del crecimiento de manera endógena. Asimismo los modelos de crecimiento endógeno admiten rendimientos a escala crecientes, un equilibrio descentralizado y fuentes de crecimiento endógenas. Estas nuevas formas de concebir el crecimiento económico se basaron en los progresos registrados en las teorías de la economía industrial (rendimientos de escala no constantes y competencia imperfecta) y del comercio internacional (P. Krugman, 1990), pero también se nutrieron de las ideas pioneras de Abramovitz (1952)⁷ y los estudios empíricos sobre la contribución de productividad total de los factores al crecimiento realizados durante los años cincuenta y sesenta (Denison, 1962; Griliches, 1963 y 1979; Kendrick, 1961, entre otros).

Los rendimientos decrecientes del capital, según Solow, imponen un límite a la acumulación y al mismo crecimiento económico. Por tanto, sólo el progreso técnico, que constituye una variable exógena, puede contrarrestar la tendencia decreciente del capital y propiciar que se mantenga su rendimiento. El equilibrio en el modelo de Solow se establece cuando la tasa de crecimiento del ingreso por habitante es igual a la tasa de progreso técnico, la cual depende de la evolución de la tecnología y por tanto se fija fuera del modelo.⁸ Si estas variables no cambian no habrá crecimiento.⁹

⁶Romer, 1990, al respecto dice: "...el cambio tecnológico —un mejoramiento de las instrucciones para la combinación de las materias primas— se encuentra en la base del crecimiento económico. El cambio tecnológico aporta el incentivo necesario para la acumulación continua del capital, y la acumulación del capital y el cambio tecnológico en su conjunto son responsables de gran parte del incremento del producto por hora trabajada", pp. 71-72.

⁷Véase R. Nelson, 1997.

⁸D. Guellec y P. Ralle, p. 41.

⁹Solow, 1957, realiza un estudio empírico sobre el cambio técnico y la función de producción en la economía estadounidense. En éste se identifica al *residuo* o productividad total de los factores (PTF) como aquella parte del crecimiento que no es explicada por

En contraste, las teorías del crecimiento endógeno reconocen un doble carácter del progreso técnico: por un lado, la acumulación del capital físico, y por otro, la acumulación del capital humano. El cambio técnico se expresa en las invenciones, que se adicionan al conjunto de nuevos equipos y maquinaria, pero también se manifiesta en los efectos del aprendizaje derivados de las innovaciones, los cuales se suman a la experiencia y conocimientos previos. "Aprendizaje e invención son entonces los dos componentes del cambio técnico" (B. Amable, R. Barré y R. Boyer, 1997, p. 53). El progreso técnico posibilita la transformación de las condiciones de vida de la población (alimentación, salud, educación, etcétera), lo que impulsa la inversión (la demanda) y favorece la acumulación de capital físico. Además, los nuevos conocimientos adquiridos en el proceso de transformación se incorporan a los ya existentes, contribuyendo así a la acumulación del capital humano.

La presencia de rendimientos crecientes, en los modelos de crecimiento endógeno, es posible en un tipo de competencia imperfecta.¹⁰ Los rendimientos crecientes se vinculan a la competencia a través de dos mecanismos. El primero consiste en que sólo en un nivel de agregación macroeconómico operan los rendimientos de escala crecientes, en virtud de las externalidades tecnológicas (acumulación de conocimientos); en tanto, las firmas consideradas individualmente registran rendimientos no crecientes y por tanto, se preserva la competencia perfecta. El segundo, en la diferenciación de productos, que conduce a rendimientos crecientes. La competencia imperfecta se plantea estable.

el crecimiento de los factores de la producción sino por el progreso técnico. Solow incluye en el cambio tecnológico "los retrasos, las aceleraciones y la mejora en la capacitación de la mano de obra" (R. Solow, 1957, p. 313).

¹⁰El desarrollo de las teorías de la competencia imperfecta permitió demostrar la existencia de empresas con tecnologías disímiles, las cuales aportaban diferentes niveles de productividad, diferenciación de productos y en consecuencia de crecimiento. Este hecho favorece a la formación de monopolios con las empresas de mayor desempeño productivo, las cuales expanden su dominio en el mercado.

En los modelos de crecimiento endógeno el rendimiento del capital en la producción del capital¹¹ se mantiene constante, como base del crecimiento autosostenido. Si el stock de capital aumenta, la productividad marginal no se anula: se mantiene fija, según el crecimiento endógeno. Ello debido a que existen factores que endogenizan el crecimiento de la productividad, generando *externalidades*¹² o rendimientos crecientes en la acumulación. En esa medida, los modelos expresan una especificación lineal de acumulación, fenómeno que significa que una cierta cantidad de recursos produce un porcentaje dado del factor. Dichos factores se acumulan y contribuyen al crecimiento económico.

La endogenización de las externalidades del progreso técnico en los modelos de crecimiento económico tiene sus antecedentes con Kaldor (1957) y Arrow (1962), en particular en lo que se refiere al aprendizaje (*learning by doing*) y la acumulación del conocimiento. Kaldor retoma la hipótesis de Young (1928) acerca de la influencia decisiva de la especialización en el crecimiento y la existencia de rendimientos crecientes, limitado por el tamaño del mercado. Kaldor se refiere a la especialización de las industrias, sin que exista necesariamente una "especificación de las calificaciones individuales" como en la teoría de Smith. "Para Kaldor, es difícil aislar el cambio técnico de la inversión de capital. La función del progreso técnico asocia la tasa de crecimiento de la productividad del trabajo a la tasa de crecimiento del stock de capital por trabajador."¹³

K.W. Arrow (1962) especifica que en el proceso de especialización los trabajadores desarrollan una mayor habilidad, destreza

¹¹"Es decir, el número de unidades de capital producidas en cada periodo por una unidad de capital" (D. Guellec y P. Ralle, p. 42).

¹²"Una externalidad es un tipo de falla de mercado que se produce cuando los costos y los beneficios privados relativos a una producción dada difieren de los costos y beneficios sociales. En el caso de una externalidad positiva, la actividad emprendida por ciertos agentes afectan positivamente la utilidad o la productividad de otros agentes." Tal es el caso cuando los rendimientos sociales derivados de la I&D sobrepasan el rendimiento privado (de la empresa). B. Amable *et al.*, 1997, p. 15.

¹³B. Amable, D. Barré y R. Boyer, 1997, pp. 52-53.

y eficacia en sus labores productivas. Para Arrow, la experiencia que los trabajadores acumulan en las actividades de producción posibilita el cambio tecnológico. El hecho de que dos plantas con similares condiciones tecnológicas y de escala tengan diferentes niveles de productividad y eficiencia se explica por las diferencias en la experiencia previa en la producción y en la operación de la empresa. La experiencia laboral repercute tanto en la función administrativa como en la eficiencia laboral en general. Según Arrow (1962), "el conocimiento debería acumularse en la medida en que las firmas se comprometen en nuevas actividades". En especial, las aportaciones en conocimiento de las empresas productoras de bienes de capital tienden a difundirse (*spillover*) y a formar parte del dominio público, en favor del crecimiento de la productividad en otras ramas de la actividad económica (G.M. Grossman y E. Helpman, 1992, p. 35).

Las nuevas teorías de crecimiento reconocen variables que evitan anular la productividad marginal del factor acumulable indispensable para la producción. Estas variables y sus externalidades constituyen una fuente de crecimiento endógeno:

- la inversión de capital físico y la acumulación de conocimientos (Romer, 1986);
- la división social del trabajo y la innovación derivada de la Investigación y Desarrollo (Romer, 1990; Aghion y Howitt, 1998);
- la acumulación del capital humano (Lucas, 1988);
- la inversión en capital público (Barro, 1990); y
- el libre comercio (Grossman y Helpman, 1992).

Las externalidades de la inversión de capital físico y la acumulación de conocimientos

La primera fuente endógena de crecimiento: las externalidades positivas ligadas a la inversión del capital físico y a la acumulación de conocimientos, se reconoce en el modelo fundador (Romer,

1986). Las firmas producen en el marco de rendimientos de escala no crecientes, sin embargo, en el ámbito macroeconómico, se benefician de rendimientos a escala externos a la firma. Este tipo de rendimientos proviene de externalidades tecnológicas positivas derivadas de la difusión de conocimientos y del mismo capital físico (B. Amable y D. Guellec, 1992, p. 316).

Romer (1986) plantea un modelo de crecimiento basado en las externalidades positivas, derivadas de la acumulación del conocimiento A un factor de K y de la inversión de capital físico K .

El conocimiento se produce en las firmas a través del aprendizaje y de la I&D y éste tiende a ser del dominio público. El nivel de productividad estará asociado positivamente al stock de conocimientos públicos. La externalidad ligada a la acumulación del capital físico (K) o del conocimiento $A(K)$ produce rendimientos crecientes en el proceso de producción. La externalidad positiva ligada a la acumulación de conocimiento se refleja en un equilibrio de competencia.¹⁴

La base inicial de los conocimientos está incorporada en la maquinaria y el equipo, es decir, en K . En el proceso de producción los trabajadores aprenden y se apropian de los conocimientos, pero también generan nuevas ideas que contribuyen a mejorar el uso de los insumos (capital y trabajo) y, por tanto, de la tecnología. Los nuevos conocimientos se nutren de otros generados como bienes públicos (bienes no rivales) tales como la investigación y desarrollo básica y las ciencias. Así, el grado de acceso a la información es un factor esencial para acumular conocimientos que desencadenen otros nuevos. La difusión del conocimiento y del aprendizaje es un mecanismo que disemina (*spillover*) la externalidad positiva. Por tanto, las empresas al acrecentar capital acumulan

¹⁴ "...cada firma prevé su plan de producción tomando en cuenta la productividad marginal privada de conocimiento, la cual es igual a f_k en el marco de una función de producción $f(k, K)$, entonces ésta es igual a $f_k + N_p k$ en el caso de calcular el óptimo social. El equilibrio de mercado conduce entonces a un nivel de inversión en conocimiento inferior al óptimo social. Una economía dirigida de manera óptima invertirá más en el conocimiento y crecerá más rápido que una economía centralizada" (B. Amable, R. Barre y R. Boyer, 1997, p. 62).

conocimientos; al circular la información hacia otras empresas, los conocimientos y los beneficios derivados de éstos se extienden. Lo anterior ocurre en virtud del encadenamiento y la coordinación entre las firmas e industrias, hecho posible por la división de trabajo en el ámbito macro. Así, entre las firmas se da una complementariedad de actividades en el ámbito de capital físico y de los conocimientos, "en presencia de los mercados fragmentados" (Rosemberg, 1982).

Romer (1986) asocia el crecimiento económico basado en los rendimientos crecientes de los factores acumulables a las tendencias de crecimiento acelerado de los tres últimos siglos. Sin embargo, algunos estudios empíricos inspirados en el modelo de Romer (1986), han constatado que no se obtiene un sendero de crecimiento estable y sostenido en el largo plazo, salvo algún caso particular (B. Amable y D. Guellec, 1992, p. 332).

El incremento de la división social del trabajo y la innovación tecnológica, producto especializado de la investigación y desarrollo

La segunda fuente de crecimiento se localiza, según el modelo de Romer (1990) y el modelo de Aghion y Howitt (1990), en la innovación tecnológica, producto de la I&D. El primero se inscribe en la tradición smithiana, donde los nuevos insumos se acumulan al *stock* inicial y el crecimiento es resultado del aumento de diferentes insumos disponibles y especializados. El segundo corresponde al enfoque shumpeteriano de la destrucción creadora, donde los bienes se substituyen y el crecimiento se explica por el incremento de la calidad de los insumos efectivamente utilizados. En ambos la innovación está en el centro del crecimiento económico.

El enfoque smithiano

En su modelo Romer (1990) refuerza su hipótesis acerca de la intensificación de la división social de trabajo como una fuente de

crecimiento y de la innovación tecnológica como factor relevante en el crecimiento. Romer se refiere a la especialización en la producción de insumos. En su modelo, la economía se divide en tres sectores: la investigación, los bienes intermedios y los bienes finales. Los insumos de producción son cuatro: el capital físico, el trabajo no calificado L , el capital humano H y la tecnología. El nivel tecnológico puede crecer sin límite, en tanto que el capital humano en este modelo es fijo. El capital es concebido por este autor como un conjunto de insumos diferentes, producidos con rendimientos crecientes a escala por el sector de investigación. La innovación, producto de la I&D, hace posible el incremento de la productividad del bien final y del crecimiento económico. La innovación o nuevo conocimiento se acumula.

A diferencia de su primer modelo (1986), Romer (1990) destaca la importancia del capital humano destinado al proceso de investigación y desarrollo, mientras que en el primero se refiere simplemente a la población. Además, subraya que la especialización creciente de los insumos no es resultado de la inversión de las firmas sino de la inversión en I&D.

En su modelo se parte de tres premisas básicas:

- el cambio tecnológico está en la base del crecimiento económico;
- el cambio tecnológico responde a las acciones de individuos motivados por los incentivos del mercado; y
- las instrucciones (conocimientos) para trabajar con materias primas tienen sus especificidades (P.M. Romer, 1990, p. 71).

El conocimiento difiere de otros bienes económicos y se caracteriza por: ser un *bien no rival*, exclusivo y acumulativo. El conocimiento es un *bien no rival* porque puede ser utilizado al mismo tiempo por varios individuos sin impedimento alguno.¹⁵ Pero tam-

¹⁵“La rivalidad es un atributo puramente tecnológico. Un bien puramente rival tiene la propiedad de que su uso por una empresa o persona impide su uso por otra; un bien puramente no rival tiene la propiedad de que su uso por una empresa o persona no limita en modo alguno su uso por otra” (P.M. Romer, 1990, p. 74).

bién es parcialmente exclusivo debido a que los propietarios del nuevo conocimiento (innovación) pueden limitar su acceso a través de derechos de propiedad intelectual (patentes).¹⁶ La parcialidad de la exclusión del conocimiento responde al interés de los individuos para obtener beneficios derivados de la propiedad de la innovación. Lo cual conduce a la formación temporal de ganancias monopolísticas. Asimismo, el conocimiento es de tipo acumulativo debido a que a cada innovación antecede una cadena de innovaciones. El propietario de la invención es remunerado, pero al mismo tiempo el stock de conocimientos aumenta y ello beneficia a otros investigadores presentes y futuros. En consecuencia, la innovación también aporta un beneficio social.

A través del sistema de patentes de invención, el dueño de la invención asegura un monopolio y un beneficio (por la producción y la venta de la licencia). “Cada producto es fabricado por una única empresa, la cual puede fijar un precio superior al costo marginal y, por tanto, reembolsar el costo fijo que representa la investigación” (D. Guellec y P. Ralle, 1995, p. 70). El valor de una invención equivale a la suma de los ingresos que percibe su inventor. “Dado que el ingreso cubre apenas el costo de equilibrio, el valor de la invención iguala su costo. Ello bajo el supuesto de que los agentes hacen anticipaciones racionales” (p. 71).

Los límites que establece el derecho de propiedad al uso de la invención “engendran externalidades que son inherentes a la innovación”. Una externalidad se expresa en la mejora de la calidad de los productos; otra reside en la difusión del conocimiento (Griliches, 1979). Precisamente esta última externalidad constituye un fundamento del crecimiento endógeno.

La no rivalidad del conocimiento tiene dos repercusiones en la teoría del crecimiento: Primero, la posibilidad de la acumulación del conocimiento. Segundo, la difusión del conocimiento evita que

¹⁶“La posibilidad de exclusión es una función de la tecnología y el sistema legal. Un bien es susceptible de exclusión si el propietario puede impedir que otros lo usen. Un bien tal como el código para un programa de computadora puede hacerse excluyente mediante un sistema legal que prohíba la copia, o mediante programas de protección de la grabación y de las copias” (P.M. Romer).

la exclusión sea completa. En consecuencia, "todos los investigadores pueden hacer uso del conocimiento acumulado", manifestando su carácter público (P. Aghion y P. Howitt, 1998, p. 37). Arrow (1962) señala que el conocimiento se incrementa a través del *learning by doing* con el aumento de K , pero Lucas (1988) precisa que el capital humano es productor de conocimiento, caracterizado por la no rivalidad y la no exclusión. Así, "la formulación del *learning by doing* tiene la ventaja de hacer endógena la tasa de acumulación del conocimiento no rival" (P.M. Romer, 1990, p. 77).

La cantidad total de capital humano destinado a la I&D, concluye Romer en su modelo, determina la tasa de crecimiento. "La implicación positiva más interesante del modelo es que una economía dotada de un acervo mayor de capital humano total experimentará un crecimiento más rápido" (P.M. Romer, 1990, p. 99). En efecto, en la medida que los países posean mayor capital humano orientado a la I&D estarán en mejores condiciones de acumular el conocimiento y por tanto de crecer dinámicamente. Lo contrario ocurre en los países con bajos niveles de capital humano; en ellos la tasa de crecimiento será nula. Esta idea es fundamental para entender las divergencias y convergencias en el crecimiento económico de los países. Mientras en el modelo de Solow se admitía la convergencia internacional de las tasas de crecimiento de los países, en el modelo de Romer (1990) tal posibilidad puede no existir.

El tamaño de la economía y los costos fijos de la actividad de la investigación influyen: "la actividad de las patentes responde a los cambios en el tamaño del mercado" (p. 98). Los costos fijos están en función de los pagos que se hagan por los derechos para el uso de patentes. La inversión en la investigación tendrá efectos directos en la tasa de crecimiento económico, mientras que la inversión en capital físico favorecerá el aumento del producto. Debido a que la tasa de cambio tecnológico es sensible a la tasa de interés,¹⁷ la política económica de subsidios a la acumulación del capital humano puede contribuir a estimular la investigación. La apertura comer-

¹⁷Esto "en virtud de que los proyectos de investigación intercambian costos corrientes por una afluencia de beneficios futuros" (P.M. Romer, *op. cit.*, p. 99).

cial también parece favorecer la difusión y acumulación de conocimientos, a partir de la compra de nuevas tecnologías, maquinaria y equipo. Grossman y Helpman (1992) analizan detalladamente este fenómeno.

El enfoque schumpeteriano

P. Aghion y P. Howitt (1990) también destacan la importancia de la innovación en el crecimiento. A diferencia de Romer, quien atribuye a la especialización de los insumos una fuente del crecimiento (en un sentido smithiano), Aghion y Howitt reconocen la importancia del incremento de la calidad de los insumos, desde la perspectiva schumpeteriana de la destrucción creativa. El progreso técnico, en Aghion y Howitt, se caracteriza como un proceso de innovación que reemplaza a las precedentes, mientras que en Romer las innovaciones se acumulan. También como en Romer (1990) existen tres sectores: de investigación, de bienes intermedios y de bienes de consumo.

La producción de la economía depende de la cantidad del insumo intermedio y de su calidad. Los sucesivos grupos de bienes intermedios dan lugar a mejoras en la calidad, los cuales hacen obsoletos a las precedentes. Esta mejoría en la calidad también produce crecimiento económico. Ello es resultado de las actividades de investigación de las firmas que generan continuas innovaciones de producto. La incertidumbre de la investigación implica que el crecimiento sea estocástico (P. Aghion y P. Howitt, 1998, p. 79).

Los nuevos productos, los nuevos procesos o los nuevos mercados son resultado de un flujo de innovaciones continuas. Algunas de ellas constituyen innovaciones fundamentales o radicales y otras, innovaciones secundarias o incrementales.¹⁸ La actividad

¹⁸"Algunas de las innovaciones son más fundamentales que otras, en la medida en que ellas abren más ventanas de oportunidad en el desarrollo futuro. Algunas son más secundarias que otras en función de su mayor actividad para realizar las posibilidades

innovadora proviene fundamentalmente de dos actividades: de la I&D y del aprendizaje en la práctica. En la I&D se desarrollan las innovaciones fundamentales, mientras que el aprendizaje en la práctica, es en general, fuente de la actividad innovadora secundaria. Entre estas dos actividades existe complementariedad. En efecto, es en la actividad productiva donde las innovaciones producidas por la I&D pueden ser probadas y eventualmente mejoradas.

La acumulación del capital humano

La tercera fuente de crecimiento endógena radica en la acumulación del capital humano con rendimientos crecientes. El capital humano se presenta como una opción (al cambio tecnológico) de crecimiento sostenido, donde la externalidad se manifiesta en una mayor eficacia productiva de cada individuo.

Los trabajos pioneros sobre el capital humano fueron emprendidos desde los años cincuenta y sesenta. G. Becker (1964) se centró en la acumulación del capital humano y R. Solow (1957) en la relación entre el crecimiento económico y la formación del capital humano. Los trabajos de A. Madisson (1987) subrayan la importancia de la calidad de la mano de obra en las tasas de crecimiento y de productividad entre los países. Lo novedoso en el análisis del capital humano en los modelos de crecimiento endógeno, formulados a finales de los ochenta y en los noventa, radica en que el capital humano es una variable que se acumula endógenamente y que en muchos casos se identifica como el elemento determinante del crecimiento puesto que favorece la acumulación de capital físico o de progreso tecnológico.

En las teorías del crecimiento endógeno existen básicamente dos enfoques con relación con el capital humano como fuente de crecimiento. El primero, iniciado por Lucas (1988), se inspira en los planteamientos de Becker (1964). Desde su perspectiva, Lucas

que otras innovaciones previas han creado y dejan abiertas las ventanas para nuevas oportunidades" (P. Aghion y P. Howitt, *op. cit.*, p. 173). G. Dossi, 1989, diferencias entre innovaciones radicales e innovaciones incrementales.

considera que "las diferencias en las tasas de crecimiento entre los países son principalmente atribuibles a las diferencias en las tasas a las cuales aquellos países acumulan capital humano en el tiempo" (P. Aghion y P. Howitt, *op. cit.*, p. 327). El segundo enfoque de tipo shumpeteriano es propuesto por R. Nelson y E. Phelps (1966). Estos autores reconocen que "el crecimiento ha sido conducido por el stock de capital humano, el cual influye en la habilidad de un país para innovar o convergir con países más avanzados. Las diferencias en las tasas de crecimiento entre los países se deben entonces principalmente a las diferencias en los stocks de capital humano y, por tanto, a las habilidades de esos países para generar progreso técnico" (*idem*). Otros trabajos han abundado sobre la importancia del capital humano en el crecimiento de la economía: Becker, Murphy y Tamura (1990); Azariadis y Drazen (1990).

El capital humano en el modelo de Lucas (1988)

Lucas (1988) define el capital humano individual como el nivel de capacitación (calificación) general. D. Guellec y P. Ralle (1995, pp. 50-52) añaden:

El capital humano define el stock de conocimientos valorizables económicamente e incorporados en los individuos. No es solamente el nivel de calificación sino también (en especial, en el caso de los países en vías de desarrollo) el estado de salud, la nutrición y la higiene.

Para Lucas, existen dos principales fuentes de acumulación de capital humano: la educación y el aprendizaje en la práctica (*learning by doing*). Una parte de la formación del conocimiento de los individuos se adquiere en la escuela, a través de la educación formal. Los conocimientos adquiridos en las instituciones educativas son aplicados en un periodo posterior de su vida por los individuos, en las tareas productivas. Es a través del proceso denominado por Arrow (1962) aprendizaje en la práctica, que se incor-

poran nuevos conocimientos (conocimientos técnicos). Además del intercambio que tiene lugar entre los trabajadores pertenecientes al mismo centro de trabajo o diferentes industrias. Los individuos poseen la cualidad de apropiabilidad de los nuevos conocimientos y, por tanto, el capital humano tiende a acumularse. El conocimiento tácito se presenta como una experiencia acumulada. Las externalidades del nivel de capital humano, es decir del nivel de calificación, se manifiestan en una mayor eficacia o productividad. La endogenización del capital humano en la función de producción puede expresarse en un crecimiento endógeno con rendimientos crecientes.

A diferencia del capital tecnológico, donde el rendimiento de la acumulación es desde el principio público (aun si el uso de la tecnología es parcialmente exclusivo), el rendimiento del capital humano es privado (aun si existen externalidades, de tal forma el hecho de estar rodeado de personas eficaces influye en un ambiente eficaz).

Lucas sostiene que el capital humano acumulado en el tiempo $h(t)$ impacta la productividad actual o en periodos futuros. Los individuos tienen mayor posibilidad de aprender "en la primera etapa de la vida (durante la educación) que posteriormente, cosa que sugiere una elasticidad de h a h inferior a 1". Ello significa que dado el límite de tiempo de la vida, el individuo está en mejores condiciones de incorporar el conocimiento entre más joven sea, por la cual la rentabilidad de la inversión en educación será mayor.

Un nivel bajo de capital humano y capital físico puede mantener a un país rezagado económicamente (Lucas, *op. cit.*, p. 25). Por el contrario, si un país posee bienes elevados de aprendizaje, entonces la tasa promedio de crecimiento podrá ser mayor, siempre y cuando existan perfiles de especialización. Así, cada país producirá bienes en función de las características del capital humano. "Dada la tecnología... (donde el bien uno es el bien de alta tecnología), los países acumulan capacidades tecnológicas, haciendo aquello que ya están listos para hacer, intensificando sus ventajas comparativas iniciales" (Lucas, *op. cit.*, p. 33). Así, las enormes

brechas en la tasa de crecimiento del capital físico y capital humano que existen entre los países hacen muy improbable la convergencia: "Las economías que son inicialmente pobres permanecerán pobres relativamente, sólo en el largo plazo la tasa de crecimiento será la misma que en las naciones de mayor riqueza" (Lucas, *op. cit.*, p. 39). La morbilidad laboral entre países propicia la migración de trabajadores hacia países con mayores salarios. El nivel de calificación de los migrantes aportará una tasa mayor de crecimiento económico y, por tanto, la tasa de crecimiento de salario será también mayor.

El enfoque de Nelson-Phelps

Para Nelson y Phelps (1966), la educación permite "aumentar la capacidad individual, primero, para innovar (para crear nuevas actividades, nuevos productos, nuevas tecnologías) y, segundo, para adaptar las nuevas tecnologías, con las cuales se acelera la difusión tecnológica a través de la economía" (P. Aghion y P. Howitt, 1998, p. 338). Así, el capital humano, un insumo producto del nivel educativo, es la principal fuente de las innovaciones.

En el enfoque de Nelson y Phelps se asigna un papel esencial al nivel educativo y por tanto al nivel del capital humano, en el crecimiento de la productividad y la tasa incremental de las innovaciones. En consecuencia, para el crecimiento de un país, el nivel de escolaridad de la población y en particular el número de investigadores, es de importancia capital. Lo cual contrasta con Lucas, para quien el crecimiento de la producción depende de la tasa de acumulación del capital humano y la tasa de productividad.

Según Nelson y Phelps, la mejoría del nivel educativo, así como el aprendizaje de las nuevas tecnologías desarrolladas en otros países, puede ser crucial en el crecimiento convergente hacia los países más desarrollados.

Las hipótesis de Nelson y Phelps han sido corroboradas en algunos estudios empíricos (R. Barro y X. Sala-i-Martin, 1995; J. Bena-

habib y M.M. Spiegel, 1994),¹⁹ en los que se encontró una correlación significativa entre el nivel de educación secundaria y superior y la tasa de crecimiento de productividad. Asimismo, que

la productividad marginal de la capacidad educativa es una función creciente de la tasa de crecimiento de progreso tecnológico (lo cual se refleja tanto en la tasa de innovación como en la rapidez con la que los individuos y las firmas adaptan las nuevas tecnologías) (P. Aghion y P. Howitt, *op. cit.*, p. 339).

En Benahabib y M.M. Spiegel (1994), la contribución de la educación al crecimiento de la productividad es significativa cuando "está siendo vinculada explícitamente a la tasa de innovaciones y a la rapidez de convergencia tecnológica" (*idem*). Otro estudio de Bartel y Lichtenberg (1987),²⁰ muestra la relación inversa entre la demanda de trabajadores educados y la edad del capital. En relación con los procesos de convergencia, Benahabib y Spiegel refieren el caso de los países del Sudeste Asiático, en los que la elevada inversión hecha en educación básica, superior y I&D fueron factores determinantes de la convergencia tecnológica y el dinamismo del crecimiento económico. Las políticas estatales en el sector de la educación adquieren relevancia de primer orden, ya que sin ellas es imposible transitar por el sendero del crecimiento nacional.

La inversión en capital público

La cuarta fuente de crecimiento endógeno se identifica en la inversión de infraestructura pública física. Según Barro (1989, 1990), las redes de comunicaciones o de telecomunicaciones, servicios

¹⁹J. Benahabib y M.M. Spiegel, "The role of human capital in economic development: evidence from aggregate cross-country data", *Journal of Monetary Economics*, vol. 34, núm. 2, citado en P. Aghion y P. Howitt, 1988.

²⁰A. Bartel y F. Lichtenberg, "The comparative advantage of educated workers in implementing new technology", *Review of Economics and Statistics*, 69 (1), 1987, citado en P. Aghion y P. Howitt, 1998.

de información, carreteras, puentes, etcétera favorecen el crecimiento de la productividad total de los factores del conjunto de las firmas. La inversión pública, en los diferentes servicios utilizados por las empresas privadas, tiene un papel importante en el crecimiento, en la medida en que se dinamiza la inversión.

En uno de los modelos de Barro (1990), el gasto público se presenta como un bien público, del cual se benefician los agentes de la economía. Sólo a nivel agregado los rendimientos son unitarios y el crecimiento puede ser endógeno.

El crecimiento endógeno en el comercio internacional

Al considerar la economía abierta, los modelos de crecimiento endógeno reconocen que no sólo existe intercambio de bienes, sino también de flujos de conocimientos tecnológicos, patentes, habilidades laborales, los cuales pueden contribuir al crecimiento. La difusión (*spillover*) de tecnologías y de conocimientos entre los países engendra externalidades positivas que favorecen el crecimiento económico de los países. Aunque no necesariamente todos los países se benefician en virtud de las brechas tecnológicas existentes entre ellos y sus *capabilities* para apropiarse de los nuevos conocimientos y las nuevas técnicas. Este hecho da lugar a especializaciones nacionales diferenciadas.

Habrán entonces buenas y malas especializaciones y aquellas que tenderán a reforzarse a lo largo del tiempo por mecanismos acumulativos. El intercambio internacional puede entonces en algunos casos hacer crecer las desigualdades de desarrollo (B. Amable y D. Guellec, *op. cit.*, p. 318).

Las reflexiones sobre la división social, la I&D y la innovación como fuente de crecimiento en los modelos de Romer y de Aghion y Howitt, se desarrollan más ampliamente (en el plano de la economía internacional) en el modelo de Grossman y Helpman (1992)

y de Young (1991). Grossman y Helpman discuten los efectos de la política proteccionista o de libre cambio en el reforzamiento de las especializaciones nacionales y el aprovechamiento de las ventajas comparativas para el aumento de la productividad y el crecimiento. En especial, en un modelo de dos países de relativa convergencia, una política similar de subsidio a la I&D, favorece el crecimiento en ambos. Si sólo uno de ellos lo hace, el aumento incondicional del crecimiento ocurrirá sólo cuando el subsidio se realice en el país que tenga ventajas en I&D y el consumo de los bienes ocurra en los dos países en proporción semejante (p. 361).

A través de la diversificación de productos se expresa el dinamismo de la I&D y las capacidades internas de aprendizaje de los países. Ello da lugar a la creación de ventajas comparativas y de especializaciones nacionales. La existencia de rendimientos es el resultado de una mejor rentabilidad de una producción a gran escala y justifica la apertura de los mercados. Si la diversificación favorece tanto la demanda del consumidor como la eficiencia del sistema productivo, la apertura de intercambio internacional impulsará el crecimiento. En la innovación, la variedad de bienes de capital disponibles influirá, sea porque éstos tienen incorporado el progreso técnico, sea porque el intercambio se acompaña de una difusión de los conocimientos de punta (P. Villa, 1996, p. 2).

¿Qué tipo de especialización favorecerá entonces un crecimiento más dinámico? De acuerdo con las teorías del crecimiento endógeno, la especialización intraindustrial (o intra-rama) tiene efectos positivos para el crecimiento sostenido. Los intercambios intraindustriales propician la adquisición de bienes de capital, nuevas tecnologías y de conocimientos. En consecuencia, la productividad total de los factores aumenta y el proceso de innovación tiende a consolidarse.

Contrariamente, si la especialización inter-industrial se desarrolla en los sectores de bienes finales, donde el país tiene una ventaja comparativa, entonces ello conduce al abandono de los sectores productores de bienes de capital. En ese caso, la innovación y el crecimiento son vulnerables.

La evidencia empírica ha mostrado dos tipos de especialización exitosas. La primera consiste en la especialización de los productos cuyos mercados son dinámicos, y entonces la especialización inter-industrial impulsa el crecimiento. Sin embargo, paulatinamente el comercio intra-industrial se desarrolla con el crecimiento del país y en esa medida, la especialización inter-industrial disminuye su importancia inicial (Japón, los cuatro dragones asiáticos). La segunda estrategia se orienta hacia la especialización intraindustrial o intrarrama. Este tipo de especialización disminuye el riesgo de intercambiar los productos cuya demanda sea muy fluctuante.

El comercio intra-rama de los productos intermedios puede propiciar la innovación, aún entre dos países con capacidades tecnológicas disímiles según el modelo de Grossman y Helpman (1992). Uno de los países, con un nivel desarrollado en I&D, realiza innovaciones. El otro país adopta la vía tecnológica imitativa, mejorando las innovaciones del primer país. Esta estrategia de innovación se centra en la mejoría de la calidad, de acuerdo al enfoque shumpeteriano.

¿Es posible la convergencia?

La idea de la convergencia en el largo plazo entre países pobres y países ricos se remonta a los estudios de Veblen (1915), Ramsey (1928) y Rostow (1960). Para estos autores los países menos pobres deben crecer más rápido a fin de alcanzar a aquellos más avanzados. Los primeros disponen de un gran potencial por el hecho mismo de su retraso, en la medida en que les es posible imitar a los países más avanzados y adoptar las mejores técnicas.²¹ Solow (1957) plantea que todos los países deben convergir en el largo plazo hacia un mismo nivel de capital per cápita si tienen la misma tasa de ahorro. Numerosos estudios empíricos han intentado mostrar la validez de tal hipótesis (Gerschenkron, 1962; Baumol, 1986; De Long, 1988; Summers y Heston, 1988 y 1991; Bernard y Durlauf,

²¹B. Amable, R. Barré y R. Boyer, p. 62.

1990, Barro y Sala-i-Martín, 1995 y Bernard y Jones, 1996, entre otros). Otros autores asocian la convergencia entre países a los factores institucionales (las competencias técnicas, la eficiencia del sistema educativo, las instituciones financieras políticas o comerciales) que pueden potenciarla u obstaculizarla. En ese marco de análisis, Abramovitz (1986) subraya que el alcance (*catching up*) de los países pobres a los países ricos ocurre no sólo por el potencial derivado de las brechas de desarrollo sino también depende de las *capacidades sociales* que los primeros posean para lograrlo. En el modelo AK la convergencia puede estar más bien explicada por la transferencia tecnológica que por diferencias del capital inicial (P. Aghion y P. Howitt, 1988, p. 32). Incluso, la convergencia puede ocurrir cuando existen rendimientos constantes a escala. En los modelos de crecimiento endógeno no se coincide con las predicciones de la convergencia y los dinámicos rendimientos de la acumulación del capital. En el modelo de crecimiento endógeno tipo AK (Rebelo, 1991) se plantea que la convergencia entre países ocurre en las tasas de crecimiento pero no en los niveles. De ahí que las brechas iniciales entre los diferentes países se mantengan. El sendero de equilibrio de largo plazo depende en este caso de las condiciones iniciales de la economía.

R. Nelson (1997, p. 46) identifica que la tendencia convergente registrada por países como Japón, Corea y Taiwan con respecto a los Estados Unidos se asocia conjuntamente al rápido crecimiento de la PTF, las altas tasas de crecimiento del stock de capital y las elevadas y crecientes inversiones en capital humano. Además, la incorporación de tecnologías de punta y la solidez e integración de las instituciones fueron factores decisivos de las elevadas tasas de crecimiento de dichos países.

En lo que respecta al enfoque del crecimiento endógeno existen diversos estudios empíricos que intentan probar la hipótesis de la convergencia en los niveles de ingreso per cápita y la naturaleza de los rendimientos del capital. Sin embargo, sus resultados muestran dos tendencias. Por un lado, de convergencia entre los países industrializados y, del otro, mantenimiento de la brecha

existente entre países pobre y países ricos. Para Malinvaud (1993) la ausencia de convergencia a nivel mundial se asocia más bien a las diferencias de progreso técnico que a lo planteado por Solow en su modelo. Mankiw, Romer y Weil (1992) identifican que la tasa a la cual convergen los países hacia sus estados estables, es menor que la predicha en el modelo de Solow con una participación de un tercio del capital. Pero ésta se incrementa con la inclusión del capital humano (P. Aghion y P. Howitt).

Barro y Sala-i-Martín (1992) prueban en su estudio una situación de convergencia condicional, es decir, la convergencia hacia el mismo estado estacionario es posible si todos los países poseen las mismas preferencias y tecnología.²² De esta investigación se desprende la necesidad de disponer de series temporales de largo plazo para todos los países, lo cual haría posible contrastar la rapidez de la convergencia planteada en el modelo de Solow y lo que realmente ocurre en los hechos. La insuficiencia de capital humano refuerza el atraso de los países pobres y evita la convergencia. Amable (1993) en un estudio que utiliza un sistema de ecuación con determinantes de las capacidades sociales y de la inversión endógenas, confirma las predicciones del rezago de los países muy atrasados, caracterizados por débiles capacidades sociales (bajo nivel de educación de la población y deficiente desempeño de innovación del país). Lo anterior confirma las predicciones de Romer (1986) y Lucas (1988) en el sentido de que la convergencia se asocia a los niveles de capital humano.

LAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS EN EL ÁMBITO NACIONAL

Por *capacidades tecnológicas* comprendemos las habilidades efectivas para el uso, la asimilación, la adaptación y eventualmente para el cambio de las tecnologías existentes mediante el

²²El estudio de Barro y Sala-i-Martín, 1992, estudia la convergencia de 48 estados de los Estados Unidos entre 1840 y 1988, utilizando series temporales de largo plazo. Lo anterior les permite calcular la velocidad de la convergencia.

empleo de conocimientos tecnológicos adquiridos (L. Kim, 1997, p. 86). El desarrollo de tales habilidades da lugar a la *acumulación tecnológica* (S. Lall, 1992). Las *capacidades tecnológicas*, precisas M. Bell y K. Pavitt (1995), son los recursos que incluyen las habilidades, los conocimientos, la experiencia y asimismo las estructuras y los eslabonamientos institucionales para generar y gestionar el cambio técnico. Los recursos que se utilizan en la producción industrial, tales como el equipo (incluyendo la tecnología incorporada), las habilidades laborales (operación y gestión de conocimientos y experiencia) y la combinación de los insumos acordes a métodos y sistemas organizacionales utilizados, constituyen las *capacidades productivas* de las empresas y de las economías (M. Bell y K. Pavitt, 1995).

S. Lall (1992) hace hincapié en que las *capacidades tecnológicas*, además de las habilidades provenientes de la acumulación tecnológica, se integran en virtud del esfuerzo organizacional de la empresa y de la inversión en investigación y desarrollo (I&D) en un entorno caracterizado por permanentes asimetrías tecnológico-productivas y competencia entre empresas. En el ámbito de la firma, según S. Lall (1992), las *capacidades tecnológicas* muestran las habilidades para generar nuevos proyectos de inversión (*capacidades de inversión*) y la destreza de operar una planta productiva eficiente e innovadoramente con apoyo de las actividades de I&D (*capacidades de producción*); éstas destacan las habilidades para transferir tecnología y conocimiento intra e inter-empresa en interrelación con la estructura científica y tecnológica del país (*capacidades de vinculación*). Coinciden Dahlman, Ross-Larson y Westphal (1987) al diferenciar las capacidades en tres ámbitos: de la producción (actividades de gestión e ingeniería de la producción), de inversión (gestión de proyectos de ingeniería) e innovación (creación y desarrollo de nuevas tecnologías).

La creación de nuevas tecnologías y el desarrollo de nuevos productos y procesos están ligados a la dinámica de cambio económico influido por las políticas de incentivos la inversión industrial, la oferta de habilidades laborales y la acumulación techno-

lógica. Cuando las firmas crean y se apropian de la riqueza en un entorno de acelerado cambio tecnológico, se alude a las *capacidades dinámicas*. En esta situación la firma despliega habilidades en la creación de ventajas basadas en la planeación estratégica y la elección imitadora o de réplica innovadora (Teece, 1997).

La invención, la innovación y la difusión constituyen las tres etapas del progreso tecnológico. La invención de un producto o un proceso de producción es resultado del conocimiento disponible en una firma, del trabajo de investigación y desarrollo, pero también de la capacidad de adoptar tecnologías utilizadas previamente en otras firmas o países. La invención se transforma en innovación cuando se incorpora al proceso de producción. La innovación se generaliza a través de la difusión, es decir, a través de su diseminación o su extensión. Según la OCDE (1996, p. 18), "la difusión de la tecnología consiste en la aplicación de una innovación a raíz de su creación". En ese sentido, la OCDE no considera a la innovación y a la difusión actividades separadas sino más bien "como dos aspectos de un mismo proceso", o parte de una red de actividades innovadoras.²³

Lall (1992) propone una tipología para ubicar el grado de desarrollo de las capacidades tecnológicas de las empresas (véase cuadro 1). En las columnas se observan las capacidades tecnológicas de las empresas de acuerdo a la función, y en los renglones las capacidades se definen por el grado de complejidad. Aunque en esta matriz se muestra una secuencia, no necesariamente las empresas siguen ese sendero.

El desarrollo de las capacidades tecnológicas está vinculado al aprendizaje tecnológico, que a su vez depende de la capacidad de absorción de la firma, apuntalada por el conocimiento de base y la intensidad de esfuerzo.²⁴ El conocimiento de base es el que está

²³ "Más bien que considerar la innovación (oferta de la tecnología) y la difusión (demanda de la tecnología) como dos actividades distintas, es más exacto pensar a la creación de nuevas tecnologías y a su adopción como dos aspectos de un mismo proceso". OCDE, 1992, p. 52.

²⁴ Véase S. Wesley, M. Cohen y D.A. Levinthal, "Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation", *Administrative Science Quarterly*, núm. 35, 1990.

CUADRO 1
MATRIZ ILUSTRATIVA DE LAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

Funciones	Inversión		Producción			Enlaces dentro de la economía
	Preinversión	Ejecución de proyectos	Ingeniería de procesos	Ingeniería de productos	Ingeniería industrial	
<i>Complejidad básica</i>						
Sencillas, rutinarias (basadas en la experiencia)	Estudios de previabilidad y viabilidad, selección de sitios, programación de la inversión	Construcción civil, servicios auxiliares, producción de equipo, comisiones	Eliminación de problemas, equilibrio, control de calidad, mantenimiento preventivo, asimilación de tecnologías de procesos	Asimilación de diseño de productos, adaptaciones menores a las necesidades del mercado	Corriente de trabajo, programación, estudios de tiempo y movimiento. Control de inventarios	Abastecimiento local de bienes y servicios, intercambio de información con proveedores
<i>Complejidad intermedia</i>						
De adaptación y duplicación (basadas en la búsqueda)	Búsqueda de fuentes de tecnología. Negociación	Abastecimiento de equipo, detalles de ingeniería,	Uso máximo del equipo, adaptación de procesos y	Mejora de la calidad de los productos, obtención de	Supervisión de la productividad, mejor	Transferencia de tecnología de proveedores locales, diseñar
	de contratos. Negociación de términos adecuados. Sistemas de información	capacitación y reclutamiento de personal calificado	ahorro en costos, obtención de licencias para nuevas tecnologías	licencias y asimilación de tecnologías nuevas de productos importados	coordinación	coordinado, enlaces en ciencia y tecnología
<i>Complejidad avanzada</i>						
Innovadoras, de alto riesgo (basadas en la investigación)		Diseño básico de procesos; diseño y abastecimiento de equipo	Innovación de procesos caseros, investigación básica	Innovación de productos caseros, investigación básica		Capacidad de edificación completa, investigación y desarrollo en cooperación, otorgamiento de licencias de la propia tecnología a otros

Fuente: S. Lall, "Technological Capabilities and Industrialisation", *World Development*, vol. 20, núm. 2, 1992, p. 168.

disponible en la organización. Su acumulación incrementa la habilidad de hacer, asimilar y usar un nuevo conocimiento (L. Kim, 1997, p. 87).

El conocimiento tiene dos dimensiones: explícito y tácito. El conocimiento tácito se refiere al conocimiento codificado y transmisible en lenguaje formal y sistemático. El conocimiento explícito puede ser adquirido a través de los libros, especificaciones técnicas, diseños o máquinas. Así, el conocimiento explícito puede ser fácilmente transferido a través de mecanismos contractuales o no contractuales. En contraste, el conocimiento tácito se refiere al conocimiento que está profundamente enraizado al cuerpo y mente humano y que es difícil de codificar y comunicar, y por tanto sólo puede ser expresado a través de la acción, el compromiso y el involucramiento en un contexto específico (*idem*).

En este contexto observamos que la firma tiene dos fuentes de conocimiento. La primera proviene del conocimiento explícito, que generalmente es externo, y que la firma está en condiciones de apropiarse según sus habilidades. La segunda deriva del conocimiento tácito, que es una fuente básicamente endógena originada por la acumulación del conocimiento obtenida por la experiencia desarrollada en las tareas productivas. Gran parte del desempeño efectivo de la firma descansa en el conocimiento tácito de los trabajadores y empleados.²⁵

En efecto, no todos los insumos para innovar provienen de I&D y los esfuerzos científicos, sino también del aprendizaje. Así, los nuevos conocimientos en la empresa se adquieren a través del aprendizaje acumulado en el proceso productivo. Pero también provienen de la inversión de capital, sea en bienes de capital, en I&D, en capital humano o incluso en capacitación.²⁶

²⁵Véase R. Nelson y S. Winter, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, MA Harvard University Press, 1982.

²⁶"Nicholas Kaldor, 1961, y Jacob Schmookler, 1966, miran la tasa de inversión como el principal factor determinante de la tasa de innovación". S. Gomulka, *op. cit.*, p. 31.

El aprendizaje tiene lugar en actividades cotidianas de la producción distribución y consumo y, genera importantes insumos para el proceso de innovación. Los trabajadores, ingenieros y personal de ventas dan una importante orientación a la innovación en la medida en que producen conocimiento e iniciativas para el proceso de innovación. El *aprendizaje en la práctica* incrementa la eficiencia de las operaciones de producción (Arrow, 1962). El *aprendizaje por el uso* incrementa la eficiencia en el uso de sistemas complejos (Rosemberg, 1982) y el *aprendizaje por interacción* envuelve a los usuarios y productores en una interacción que da lugar a innovaciones de producto (Lundvall, 1988).

Las firmas desarrollan las innovaciones haciendo uso de los conocimientos disponibles, pero también recurren a la adquisición de nuevo equipo y maquinaria y a la consulta de otros conocimientos científicos y tecnológicos para resolver los problemas que se presentan. Si la información consultada es insuficiente, entonces las firmas se plantean la necesidad de desarrollar una investigación específica.

La I&D en la producción de conocimientos científicos y técnicos

Entre las fuentes de tecnología en las empresas se puede distinguir los laboratorios de I&D y los departamentos de producción de ingeniería. Externamente las empresas se apoyan en otros proveedores, usuarios, investigación y asesoría gubernamental. Las exigencias de los usuarios dependen del desempeño, del precio y de la confianza en los productos.

En los laboratorios de I&D industriales, los institutos tecnológicos, las universidades y demás instituciones de investigación científica se generan los nuevos conocimientos científicos y tecnológicos, los cuales, aplicados al proceso de producción, son la base de las innovaciones tecnológicas.²⁷

²⁷Recuérdese que en Romer, 1990, el sector de I&D produce los nuevos conocimientos, los cuales son bienes intermedios para la producción de los bienes finales.

Según algunos estudios históricos del cambio tecnológico, la creación de los laboratorios de I&D e institutos tecnológicos contribuyó de manera decisiva a potenciar la actividad innovativa en los países industrializados.²⁸ La I&D se considera una innovación institucional (B-A. Lundvall, 1992).

La I&D comprende la investigación de base y aplicada en las universidades y las empresas. Los laboratorios de I&D industriales tienen el propósito de establecer "el puente entre el tipo de conocimientos producidos por la ciencia fundamental y el tipo de conocimientos necesarios para las firmas y para las administraciones en sus actividades cotidianas".²⁹

Las ciencias puras exploran las fronteras del conocimiento y sus hallazgos son del dominio público (ciencias físicas y biológicas). Su actividad de investigación y experimentación se realiza por lo general en universidades o institutos tecnológicos públicos y con financiamiento fundamentalmente público. Las ciencias de transferencia (ingeniería, las tecnologías de la información, la química, la medicina, la farmacia y la agronomía) se preocupan por el avance de los conocimientos científicos, pero también buscan resolver los problemas que se presentan en la actividad industrial y en general en la sociedad. La investigación de este tipo de ciencias se realiza en los centros de I&D de las firmas, de los institutos técnicos o universidades (en convenios con empresas) y el financiamiento puede ser privado, público o mixto. En ese sentido, los laboratorios de I&D constituyen el puente entre los conocimientos provenientes de la ciencia fundamental y los conocimientos vinculados a la actividad productiva. La interacción entre las actividades cien-

²⁸ "Hace justamente un siglo que las más importantes innovaciones institucionales en el sistema científico y tecnológico fueron introducidas en Alemania y en Estados Unidos: los laboratorios industriales de I&D y los Technische Hochschule o institutos de tecnología para educación profesional de ingenieros. Ambos fueron responsables del aumento en la complejidad y la escala de las nuevas tecnologías emergentes en las industrias eléctrica y química en la segunda mitad del siglo XIX y ambos aumentaron enormemente el alcance y la eficiencia de la innovación del producto y el proceso en aquellas industrias y en otras". C. Freeman, 1990, p. 170. La importancia de los inventores independientes disminuyó a medida que aumentaba la presencia de los laboratorios de I&D.

²⁹ OCDE, 1992, p. 39.

tíficas y el cambio técnico es fundamental para desarrollar no sólo la capacidad de innovar, sino también la capacidad para absorber tecnologías (capabilites) (OCDE, 1992, p. 40).

Dada la importancia de la I&D en la dinámica innovativa de las firmas, de las industrias y de los países, el gasto en ella es un factor clave. La inversión de los empresarios innovadores en I&D responde a la necesidad de competir tecnológicamente y mantenerse en el mercado y asimismo, aumentar sus márgenes de beneficio.³⁰ La inversión en I&D y la orientación del proceso innovador dependen de la dimensión de la empresa, la organización, la estrategia y, particularmente, de la trayectoria tecnológica de la firma.

Las firmas invierten en I&D, y en especial en sus proyectos de innovación, un porcentaje de sus ventas. La inversión se realiza estimando ex ante la tasa de beneficio esperada (véase E. Mansfield, 1968), con el apoyo de estudios que prevén la oportunidad tecnológica y la viabilidad comercial. Aun así, en las inversiones en I&D está presente la incertidumbre, debido a que el éxito tecnológico y comercial de los futuros inventos-innovaciones es incierto.³¹ El éxito de una innovación está asociado, entre otros factores, al reconocimiento de la demanda actual de los consumidores, pero también a la demanda potencial derivada de la oportunidad tecnológica de los avances de la ciencia y la tecnología.³²

La I&D se ha asociado a las firmas grandes y gigantes. Algunos autores han sostenido la idea de que los grandes monopolios favorecen la investigación y el desarrollo.³³ No obstante, los estu-

³⁰ "... las inversiones de I&D juegan en realidad un doble papel: la creación de nuevos productos y procesos, ellas se orientan también a ayudar a las empresas a absorber y asimilar las tecnologías creadas en otra parte (Cohen y Levinthal, 1989, citado en OCDE, 1996, p. 22).

³¹ Existe una larga lista de inventos que no lograron tener éxito o que fueron superados por otros inventos-innovaciones.

³² Algunos autores basados en estudios empíricos afirman que gran parte del éxito de las innovaciones se asocia a la información de las necesidades del mercado (S. Gomulka, *op. cit.*, p. 44, se refiere a ello). Sin embargo Mowery y Rosenberg, 1979, afirman que la innovación proviene más del lado de la oferta que de la demanda. La importancia de la relación usuario-productor ha sido analizada por A-K Lundvall, 1992.

³³ J.K. Galbraith, 1952 y J.A. Schumpeter, 1967, citados por B. Nezeys, 1994, p. 90. Según Schumpeter, 1942, p. 101, la concentración industrial pone en cuestión la I&D y la innovación. La firma monopólica tendrá condiciones favorables por su tamaño al deman-

dios empíricos han observado que la rivalidad contribuye a la competencia determinada por la innovación. Según Arrow (1962), los incentivos para inventar son mayores en las industrias competitivas que en las monopólicas, las cuales retrasan el progreso tecnológico. La evidencia empírica ha mostrado que en ocasiones son las empresas grandes y medianas las que desarrollan una actividad de investigación más importantes que las empresas gigantes.³⁴

En general, el gasto de I&D con respecto al PIB es un indicador de insumo de la actividad innovativa.³⁵ Dicho indicador es una herramienta valiosa para los estudios comparativos del desempeño tecnológico entre industrias y países. Actualmente se utilizan otras mediciones para evaluar los resultados del esfuerzo innovativo:

- mediciones de producto (resultados del esfuerzo innovativo), incluyendo patentes (Pavitt y Patel, 1988);
- el porcentaje de nuevos productos en venta (Kristensen y Lundvall, 1991);³⁶
- el porcentaje de productos de alta tecnología en el comercio internacional (Dalum *et al.*, 1988).

Cada indicador de manera individual no representa una medición completa de la actividad innovativa, pero desde el punto de vista

dar y generar innovaciones, obteniendo enormes beneficios. Demsetz, 1969, señala que las industrias monopólicas son las que generan más incentivos para la innovación (citado en R. Clarke, 1985).

³⁴Gomulka, 1990, p. 49, con base en Schumpeter, 1942, Fischer y Temin, 1973 y 1979, hace las siguientes observaciones en relación con la I&D: "1. la intensidad de la investigación y la invención debería relacionarse positivamente con la firma; 2. las estructuras del mercado industrial son influenciadas ellas mismas por las pasadas y actuales innovaciones, por ejemplo, las estructuras son endógenas; 3. la rivalidad y la creación destructiva conduce a las industrias a tener menos competitividad en las estructuras de mercado y con el tiempo ellas pueden llegar a dominar las firmas individuales".

³⁵Sin embargo, existen algunos problemas con este indicador. El gasto en I&D refleja sólo un insumo de esfuerzo y no dice a dónde deriva ese esfuerzo. Además el gasto en I&D es sólo uno de los insumos relevantes del proceso de innovación. El aprendizaje en la práctica puede ser más relevante que la I&D misma.

³⁶Citados en Lundvall, 1992.

de Edquist y Jakobsson (1988) el conjunto de indicadores sí lo puede ser (Lundvall, 1992).³⁷

La difusión de nuevos conocimientos tecnológicos

Según la definición de la OCDE,

la difusión de la tecnología es el proceso por el cual los conocimientos y los avances tecnológicos se diseminan y ubican en el conjunto de la economía, y ella cubre todas las acciones efectuadas en el ámbito de la empresa o de la organización para explotar las ventajas económicas de una innovación (OCDE, 1996, p. 18).

Se distinguen dos tipos de difusión de la tecnología: la difusión de la tecnología incorporada en los equipos y la difusión de la tecnología no incorporada. La primera "describe el proceso por el cual las innovaciones se difunden al seno de la economía a través de las compras de maquinaria, componentes y otros equipos de fuerte intensidad tecnológica" (OCDE, 1992, p. 52). La segunda se refiere a aquellas vías de difusión de la tecnología y el *know how*, diferentes a la adquisición de maquinaria.

La difusión del conocimiento científico y tecnológico está muy vinculada a su naturaleza. El conocimiento en tanto bien económico producido por el sector de I&D posee características distintas a las de otros bienes económicos.

La apropiación de los beneficios de las actividades innovadoras con relación a la competencia se asegura a través de diferentes medidas. Entre ellas, los secretos industriales de las innovaciones en el proceso de la producción y el sistema de propiedad intelectual de las innovaciones de producto. Así, la empresa innovadora protege sus innovaciones de la imitación.

³⁷"Los trabajos que utilizan los flujos de patentes interindustriales tienden a dar cuenta de la difusión inmaterial, mientras que los trabajos que utilizan los flujos de transacciones interindustriales se basan en los datos de entradas-salidas tienden a reflejar la difusión incorporada", OCDE, 1996, p. 22.

Sin embargo, la firma no se apropia totalmente de los resultados de su innovación tecnológica debido a que en el proceso de innovación y la diseminación de la investigación se expresan externalidades.³⁸ Dichas externalidades dan lugar a que otras firmas se apropien de parte de las innovaciones y a la formación de redes formales o informales.³⁹

Difusión de la tecnología incorporada

La forma más tradicional de difusión de la tecnología es la distribución de maquinaria y equipos nuevos por parte de las industrias proveedoras. Los bienes de capital tienen incorporadas inversiones de alto contenido tecnológico y son portadores de los nuevos conocimientos y técnicas que hacen posible la mejoría de la productividad. Las industrias consumidoras de este tipo bienes se apropian de la tecnología en la medida en que la compran, la utilizan, la aprenden, la asimilan y, con ello, contribuyen a la extensión de la difusión. La asimilación de la nueva maquinaria depende entre otras razones de la compatibilidad con las tecnologías previamente existentes en la fábrica y de las inversiones "de carácter inmaterial" que aseguran la capacidad de absorción.⁴⁰

La interrelación existente entre varias tecnologías potencia la difusión de la tecnología incorporada y propicia un ambiente generador de innovaciones. Entre los distribuidores y los utilizadores de maquinaria y equipo se establecen redes o agrupamientos (*clusters*) que fortalecen el proceso innovativo. Por ejemplo, pueden ocurrir fusiones de tecnologías, o también fusión o acuerdos entre

³⁸"El desarrollo de una técnica particular puede tener efectos benéficos más allá de los agentes que la originan, por ejemplo gracias a los nuevos conocimientos que acompañan esta técnica, y que podrán beneficiar a otros agentes". B. Amable *et al.*, *op. cit.*, p. 15.

³⁹"La existencia de los *spillovers* de conocimientos implica que los conocimientos producidos por una empresa o industria particular dependen no solamente de sus propios esfuerzos de investigación sino también de otros o, más, generalmente, del nivel del conjunto de conocimientos a los que pueden tener acceso". OCDE, 1996, p. 19.

⁴⁰Este tipo de inversiones inmateriales comprenden: I&D, concepción e ingeniería, patentes y licencias, formación de capital humano, organización de la producción y de las relaciones de trabajo, conocimiento de mercados, informática (OCDE, 1992, p. 125).

empresas que complementan entre sí la tecnología utilizada. Las complementariedades ocurren entre ramas industriales, lo cual favorece la difusión más eficaz y contribuye a mejorar el desempeño industrial (B. Amable y Mouhoud, 1990). Estas formas que adopta la difusión de la tecnología constituyen las externalidades.

La relación entre consumidores y proveedores de la tecnología es un aspecto muy importante en la innovación y la difusión de la tecnología (véase B-A Lundvall, 1992). Los consumidores son fuente continua de información útil para desarrollar innovaciones y orientar el desarrollo tecnológico.

Un indicador de la difusión de la tecnología incorporada en los distintos sectores productivos es la compra de bienes intermedios y de bienes de inversión de fuerte intensidad tecnológica (L. Davis 1988).

Las empresas consumidoras de la maquinaria y equipo pueden apropiarse de parte de los beneficios de la I&D cuando los precios de éstos se establecen por abajo de los costos reales. Ello depende de la estructura industrial, es decir, del nivel de competencia que exista en el mercado de la tecnología (P. Mohnen, 1989).

Difusión de la tecnología no incorporada

Entre los mecanismos de difusión de la tecnología no incorporada están:

- la venta de derechos de uso de una patente o la licencia de explotación de una innovación;
- la transmisión del *know how* a través de los ingenieros o técnicos de I&D; y
- la ingeniería a la inversa.

La venta de los derechos de propiedad intelectual es la manera formal de difundir el *know how* de las innovaciones tecnológicas. El sistema de patentes tiende a funcionar "como un medio de comunicación entre empresas" (OCDE, 1992, p. 54).

Los investigadores (ingenieros, técnicos, etcétera) de I&D desempeñan un papel muy importante en la difusión de los nuevos hallazgos científicos y tecnológicos, en la medida en que introducen las innovaciones en la fábrica, en las empresas filiales, etcétera. Adicionalmente, la movilidad laboral de este tipo de empleados contribuye aun más a la extensión del conocimiento hacia otras firmas.

La ingeniería a la inversa es la estrategia imitativa que eligen algunas empresas para desarrollar la innovación. Su factibilidad depende de la diseminación de la investigación⁴¹ y de la capacidad de absorción. En efecto, por un lado, las empresas podrán imitar las tecnologías de otras empresas siempre y cuando éstas sean accesibles. Ello es posible debido a las externalidades que se generan en el proceso de innovación y que hacen del conocimiento un bien público. Por otro lado, la capacidad tecnológica además de ser una combinación de conocimientos, habilidades, estructuras organizacionales e institucionales necesarias para generar y dirigir el cambio técnico, como señalamos anteriormente, también posibilita la imitación y la absorción de tecnologías de otras industrias o países. El éxito de la estrategia tecnológica de imitación "requiere significativas inversiones en investigación, aprendizaje" (G. Dosi, 1988, p. 232).

Los conocimientos de una empresa *innovadora*, entonces, se difunden hacia otras empresas a través de varias vías: los catálogos de patentes, los seminarios o las conferencias, la movilidad laboral del personal de I&D, las fusiones de empresas, las alianzas estratégicas (*joint ventures*) u otro tipo de acuerdos de cooperación entre diferentes empresas. En ese sentido, la relación interempresarial enriquece la experiencia y el aprendizaje.

⁴¹"La diseminación de la investigación se ha definido, englobando *todo el conocimiento original útil adquirido en el marco de la investigación que resulta públicamente accesible y se trata de un conocimiento caracterizado totalmente por ser una innovación, o de conocimientos de naturaleza menos compleja*" (Cohen y Levinthal, 1989, p. 57), citado en OCDE, 1992, p. 55.

Apoyándonos en Ergas (1984), Patel y Pavitt (1988) y Dossi (1988) resumimos las circunstancias que favorecen el desarrollo y la difusión de las innovaciones en el país y las firmas:

- características del mercado doméstico (tamaño, flexibilidad y compras públicas);
- las oportunidades tecnológicas (desempeño de la I&D, movilidad del trabajo de personal calificado, relaciones en el sistema científico y técnico);
- la estructura industrial (movilidad de las firmas, grado de competencia, posibilidades de cooperación inter-firmas, etcétera);
- la capacidad específica y el conocimiento de base en las que se apoya el proceso innovador; y
- el sistema de incentivos, el cual incluye la potencial apropiación de algunos beneficios económicos.

Los indicadores de la actividad tecnológica agregada de los países expresan los importantes diferenciales de las capacidades tecnológicas que existen entre ellos. Al mismo tiempo reflejan también la debilidad o fortaleza de los sistemas nacionales de innovación.

Las patentes un indicador de la actividad innovativa

Los nuevos conocimientos (innovaciones de producto o de proceso) entrañan un doble carácter, lo cual se expresa en su apropiabilidad y su difusión: el público y el privado. Este carácter contradictorio es regulado por el Estado a través de la legislación de derechos de propiedad intelectual (DPI).

Según Penrose (1974) y Archibugi y Pianta (1996), el Estado arbitra los intereses público y privado través de la legislación de DPI. Primeramente, el Estado regula el interés privado del inventor (firma) y el interés de la sociedad por la difusión de las novedades tecnológicas. Así, los DPI por un lado buscan estimular la invención y, por el otro, diseminar las invenciones codificadas en los títulos de propiedad intelectual. Además, el Estado trata de equi-

librar entre el monopolio temporal otorgado al inventor y la preservación de la competencia. Esta tarea de arbitraje es compleja para el Estado debido que, en la medida en que se otorga el monopolio temporal al empresario innovador, se erosiona la libre competencia de mercado.

Los DPI son las patentes, las marcas, los diseños industriales, los secretos industriales y de negocios, los programas de cómputo, los derechos de obtentores vegetales (biotecnología), los diseños de trazados de circuitos integrados (Naciones Unidas, 1993). Según Van Dick (1995), la patente es el título de propiedad intelectual más importante. Estos derechos o títulos de propiedad son un mecanismo de apropiación de los beneficios derivados del esfuerzo innovativo y constituyen una barrera a la entrada a los imitadores tecnológicos. El acceso y el mantenimiento de los DPI representan costos para las firmas o inventores. Por tal razón, las empresas deciden efectuar dichos gastos para registrar sus inventos o innovaciones, en función de sus expectativas sobre beneficios futuros.⁴²

La patente en tanto que DPI "tiene la función de proteger la propiedad del inventor".⁴³ A través de ésta el Estado concede al inventor el derecho monopólico sobre la producción, la comercialización o el uso de sus invenciones, sean de proceso o de producto.⁴⁴ La duración de la protección está estipulada por la legislación de propiedad intelectual en vigor.

Desde un punto de vista colectivo, la duración óptima de la patente arbitra entre la incitación a inventar y la pérdida debida al monopolio (Nordhaus, 1969). Una mayor duración de la patente aumenta el beneficio del inventor, y por tanto sus incitaciones pero también prolonga la duración durante la cual

⁴²J. Tirole, 1989, analiza en diferentes modelos (competencia, monopolio y un planificador social) las condiciones que generan incentivos para inventar. Ello depende de los modelos estático, dinámico, de los costos, de los ingresos, de los beneficios, del tiempo, del entrante, del incumbente.

⁴³B. Amable *et al.*, *op. cit.*, p. 22.

⁴⁴La patente otorgada implica tres momentos: i) la concesión (áreas técnicas en las cuales se permite legalmente el patentamiento); ii) la duración legal de la protección, y iii) la explotación (producción, importación, licencias, etcétera) de la patente.

existen distorsiones provocadas por el monopolio. También es posible observar que una duración más prolongada de la protección permite una mejor internalización de las externalidades ligadas al aprendizaje.⁴⁵

El patentamiento es una estrategia tecnológica de protección de las invenciones que utilizan las empresas en las cuales los procesos de ingeniería a la inversa son relativamente fáciles y, por tanto, sus innovaciones están expuestas a la imitación. Pero también la siguen aquellas empresas que tienen expectativas favorables de ganancias sobre sus invenciones. Esta estrategia tecnológica asume cuatro modalidades:

- patentamiento sistemático: los inventores y las empresas recurren continuamente a la solicitud de patentes a fin de proteger sus invenciones;
- patentamiento selectivo: los inventores y las empresas deciden patentar sólo algunas invenciones claves y proteger las demás invenciones a través del secreto industrial u otros tipos de propiedad intelectual (marcas, diseños industriales, etcétera);
- patentamiento de bloqueo: las empresas eligen el patentamiento como forma de bloquear a los competidores en vez de introducir innovaciones. Ello permite a los empresarios retardar otras invenciones y continuar con el usufructo de sus innovaciones que dominan el mercado;
- combinación de las estrategias de patentamiento en el largo plazo: consiste en combinar alguna de las estrategias de patentamiento antes señaladas en función de la respuesta competitiva de los imitadores o el aprendizaje en la selección y la discriminación de las invenciones que se patentan.

Las estrategias tecnológicas de patentamiento muestran cómo los empresarios aprenden a asumir un comportamiento racional

⁴⁵*Idem.*

frente al uso de los DPI y su eficiencia para apropiarse de beneficios en el mercado.⁴⁶ Al desplegar sus estrategias tecnológicas las empresas marcan la dirección y la naturaleza de su actividad innovativa.

Las patentes son consideradas indicadores de *output* (producto) de la actividad innovativa de las empresas (C. Freeman, 1982). Para C. Freeman, las patentes son una medida del producto inventivo en vez del éxito inventivo. En contraste, Schmookler opina que las patentes son indicador satisfactorio de la actividad inventiva. Por su parte, Basberg (1987) ha explicado que no todas las invenciones son innovaciones y, a su vez, no todas las innovaciones de los inventores y empresas se registran como patentes. Por tanto, las patentes son un indicador parcial de esta actividad. Freeman señala que las limitaciones de este indicador son: las diferencias de las estadísticas de patentes y la propensión a patentar entre industrias y países, y las diferencias en la legislación de patentes.

Sin embargo, la importancia de las patentes radica en el hecho de que los registros de patentes son los más completos en términos de información tecnológica y de más largo alcance en términos históricos.⁴⁷

Convergencias y divergencias tecnológicas

La teoría neoschumpeteriana (evolucionista)⁴⁸ identifica que entre las brechas tecnológicas, la competitividad internacional y el crecimiento interno de los países existe un círculo virtuoso. Los diferenciales de las capacidades innovadoras o imitadoras de las naciones contribuyen a explicar este círculo virtuoso y, eventualmente, los patrones de convergencia o divergencia internacional, en términos del desempeño del comercio, ingreso per cápita y tasas

⁴⁶El aprendizaje de los empresarios en la protección de sus innovaciones y el aprendizaje tecnológico emanado de la relación con instituciones administradoras y reguladoras de la propiedad intelectual de la tecnología han sido relativamente poco estudiados (D. Archibugi y M. Pianta, 1996).

⁴⁷Las patentes son los títulos de propiedad industrial de mayor antigüedad y que han perdurado como medio de protección legal de las innovaciones (Van Dijk, 1995).

⁴⁸G. Dosi, K. Pavitt y L. Soete, 1993, p. 24.

de crecimiento.⁴⁹ Algunos estudios comparativos entre países han mostrado que las diferencias de eficiencia técnica se explican en gran medida por la capacidad tecnológica acumulada.⁵⁰

En el ámbito de los países, las capacidades (S. Lall, 1992) comprenden tres categorías que se interrelacionan: la inversión física, el capital humano y los esfuerzos tecnológicos. Al respecto, el mismo autor advierte:

Si el capital físico se acumula sin las habilidades o sin la tecnología necesarias para operarlo de modo eficiente, las capacidades tecnológicas nacionales no se desarrollarán de modo adecuado; o si se crean las habilidades formales, pero no se combinan con esfuerzos tecnológicos, la eficiencia no aumentará en forma drástica.

En ese sentido hay países que no combinan satisfactoriamente estas tres categorías para desarrollar sus capacidades y, por tanto, poseen capacidades tecnológicas disímiles.

También entre las diferentes industrias manufactureras se expresan las brechas tecnológicas, lo cual da lugar a niveles de eficiencia diferenciados.

Las industrias manufactureras mantienen diferencias en la apropiación, el papel y el uso asignado a la tecnología, en el tamaño de la distribución de las empresas innovadoras y en la distribución de las actividades tecnológicas conforme a los negocios principales de las empresas. Ello explica sustancialmente el desempeño productivo y comercial de las industrias. De acuerdo a diferentes estudios empíricos, existe una correlación positiva entre la actividad innovativa de las industrias y las firmas, la productividad y la competitividad de éstas (G. Dosi, 1993).

⁴⁹*Idem.*

⁵⁰P. Guerreri, *op. cit.*, pp. 172-173. P. Patel y K. Pavitt, 1994, sostienen que los datos de I&D y la actividad de patentamiento de Estados Unidos no muestran evidencia de convergencia en la acumulación de las capacidades tecnológicas nacionales desde principios de los setenta y algunas evidencias de divergencia en la década de los ochenta.

Las innovaciones tecnológicas en los países industrializados basados en la I&D están concentradas en alrededor de 80 por ciento en cinco industrias manufactureras (química, equipo no eléctrico, productos eléctricos y electrónicos, máquinas herramientas y automóviles) (OCDE, 1996). Se observa un modelo similar en la distribución de las patentes.

Otros sectores se benefician del progreso tecnológico en tanto que usuarios a través de las redes que establecen con los sectores líderes de la innovación. Así, las innovaciones de las industrias mecánica, electrónica y química constituyen una oportunidad para otros sectores. Los estudios de la distribución sectorial de patentes destacan que los sectores no manufactureros se benefician de las innovaciones tecnológicas originadas en las industrias de oportunidad tecnológica elevada.⁵¹

La diversidad sectorial en tecnología se expresa también en el desempeño y la orientación de las actividades tecnológicas de las empresas. Las firmas con una mayor actividad tecnológica tienen la ventaja de estar cerca de su producción central. Por ejemplo, en la industria química y electrónica las innovaciones conciernen esencialmente a los productos y provienen en grande parte de la I&D. Las pequeñas empresas tienden a una mayor especialización en comparación de las grandes. Las innovaciones que se centran en el proceso de producción tienen lugar en los sectores basados en la producción de ensamblaje o de proceso continuo.

La dinámica del crecimiento y la orientación de las innovaciones tecnológicas a nivel sectorial dependen de tres características:

- primero: las fuentes y la naturaleza de las oportunidades tecnológicas;
- segundo, la naturaleza de las exigencias de los usuarios y, de manera más general, de los mercados reales o potenciales; y

⁵¹Los estudios de patentes se encuentran en Townsend *et al.*, 1981; Scherer, 1982 y Robson *et al.*, 1988, citados por G. Dosi *et al.*, *op. cit.*, pp. 104-105. La oportunidad tecnológica elevada se refiere a una gran concentración de las actividades innovadoras en la gran empresa (químicas, productos eléctricos, electrónicas y transporte).

tercero, las posibilidades para los innovadores que tienen éxito en la apropiación de una parte sustantiva de los beneficios de sus actividades innovadoras para justificar el esfuerzo de investigación invertida en tales actividades.⁵²

Con el objeto de analizar la naturaleza de la tecnología y el cambio técnico en los sectores, Townsend (1981) y Pavitt (1984) proponen una taxonomía. Esta establece cuatro grupos principales de empresas-industrias:

- dominada por el proveedor (tradicional);
- intensiva en escala;
- proveedores especializados; y
- basados en la ciencia.

LOS SISTEMAS NACIONALES DE INNOVACIÓN EN EL CONTEXTO DE LA COMPETITIVIDAD Y LA GLOBALIZACIÓN

LOS AMPLIOS diferenciales internacionales de las capacidades tecnológicas reflejan la fortaleza o la fragilidad de los sistemas nacionales de innovación (SNI). Estos sistemas se caracterizan por la interacción de los sistemas productivos, de Investigación y Desarrollo, de la educación nacional y de formación continua, de la gestión pública y del financiero.⁵³

El sistema nacional de innovación presupone la existencia de los Estados-nación en los que se consideran dos ámbitos: la cultura nacional y el ámbito político institucional. Así como los países registran diferentes niveles de desarrollo económico, las naciones mantienen diferencias en el grado de homogeneidad cultural y el grado de centralización política (*idem*).

¿Por qué hablar de nación, cuando en el contexto de la globalización de las empresas multinacionales, sufren mutaciones las fronte-

⁵²G. Dosi, p. 106.

⁵³B.A. Lundvall, 1993, p. 32.

ras de las naciones y se refuerzan las alianzas estratégicas entre las firmas de países diversos, generalmente de industrias que conforman el nuevo paradigma tecnológico? Para Storper (1991), Camagni (1990) y Porter (1991), la globalización y la especialización internacional hunden sus raíces en el fortalecimiento de los distritos tecnológicos especializados y las redes regionales.⁵⁴ Así, pese a que la globalización se vislumbra como un proceso que debilita los sistemas nacionales innovación, es esencial para entender la complejidad de los sistemas nacionales de innovación. Los SNI tienen un importante papel en el soporte y proceso directo de innovación y de aprendizaje. Sin embargo, los elementos más importantes de este proceso suelen ser transnacionales y globales, no nacionales. En efecto, las corporaciones de mayor dinamismo tecnológico y científico tienden a una mejor y ágil comunicación entre sí, quizá debilitando los vínculos con su país de origen pero fortaleciendo los vínculos y redes anudadas por la innovación. En ese sentido, las multinacionales establecen relaciones con otros sistemas de innovación. Por tanto, los SNI son sistemas abiertos y heterogéneos.⁵⁵ "Los procesos de innovación trascienden las fronteras nacionales y algunas veces son locales más que nacionales" (p. 4).

En los sistemas nacionales de innovación (SNI) se considera al conocimiento como el recurso más importante y al aprendizaje el proceso más valioso (B.A. Lundvall, 1992). Los vasos comunicantes entre los laboratorios de I&D de la firma o los institutos, las universidades y el aparato productivo son indispensables en el desarrollo de la actividad innovativa.

Considerando la importancia atribuida a la innovación resulta indispensable conocer bajo qué condiciones los países pueden desarrollarla. Los procesos de innovación de proceso y producto se caracterizan por la oportunidad, la acumulación del saber tecnológico y los grados de apropiabilidad de los avances tecnológicos.

⁵⁴ Citados en B.A. Lundvall, 1993, p. 3.

⁵⁵ B.A. Lundvall, 1993, recuerda que la industrialización y modernización de los países europeos en el siglo XVIII ocurrió bajo procesos de apertura comercial y de influencia de las ideologías, lo cual contribuyó de manera decisiva a la especialización regional.

Las empresas son identificadas por historiadores y economistas como fuente dominante de la invención y la innovación. Su dinámica depende de la orientación del mercado, aunque también influye el desarrollo mismo de la ciencia y la tecnología. Las empresas buscan mejorar su tecnología, partiendo del conocimiento y aprendizaje acumulado en sus actividades productivas y de comercialización. Esta continuidad que las firmas dan al conocimiento tecnológico nos refiere al paradigma tecnológico. La especificidad en que la firma emprende su paradigma tecnológico⁵⁶ nos habla de la trayectoria tecnológica.⁵⁷

Las circunstancias específicas en que las empresas, y en general cada país, desarrollan el conocimiento tecnológico, las habilidades adquiridas (acumuladas en el tiempo), el *know how* y la adaptabilidad de las técnicas a las condiciones de operación y mercado definen sus ventajas o desventajas tecnológicas con relación a sus socios comerciales.⁵⁸

Ciertamente, las ventajas competitivas de una firma están vinculadas a su estrategia particular: la utilización de una tecnología avanzada, la optimización de las economías de escala, los programas de formación y organización administrativa y financiera eficiente. Pero, la estructura productiva, así como las políticas gubernamentales, pueden reforzar o debilitar la competitividad internacional. Este elemento da lugar al concepto de competitividad sistémica (OCDE).⁵⁹

La política macroeconómica, según el enfoque sistémico, debe orientarse a apoyar el dinamismo de las variables reales (inversión, empleo, producción, exportaciones, productividad). El Esta-

⁵⁶ "...un paradigma tecnológico puede definirse como un patrón de solución de problemas selectos, basados en principios altamente selectos, derivados de conocimiento y experiencia previos"; además establece "...los límites de los efectos de inducción que pueden ejercer las condiciones cambiantes del mercado y los precios relativos sobre las direcciones del progreso técnico", G. Dosi *et al.*, *op. cit.*, p. 98.

⁵⁷ "Una trayectoria tecnológica (Nelson y Winter, 1977), entonces, puede definirse como el progreso tecnológico a lo largo de las transacciones del comercio, económicas y tecnológicas, definidas por un paradigma", *idem*.

⁵⁸ *Ibidem*, p. 103.

⁵⁹ Los autores franceses la definen como competitividad estructural (Chesnais, *The notion of international competitiveness*, París, OCDE, 1986, mimeo.).

do debe dirigir la estrategia para promover las innovaciones, la I&D, la educación y la capacitación, la inversión directa y la construcción de mecanismos que permitan la coordinación entre el sector público y el privado.⁶⁰ Porter (1991) visualiza la competitividad internacional como una búsqueda de formación de agrupamientos sectoriales con una posición competitiva, resultado de la articulación de la actividad empresarial y las políticas institucionales. La posición competitiva sectorial es lograda y mantenida por las empresas con capacidad y voluntad de mejorar e innovar.

En particular, el fortalecimiento del quehacer educativo y de capacitación es condición necesaria para el desarrollo de las capacidades tecnológicas de las naciones. Las cualidades de la fuerza de trabajo constituyen actualmente un elemento decisivo en la competitividad internacional. En el futuro, "...las personas especializadas serán la única ventaja competitiva perdurable".⁶¹ La adopción de tecnologías de punta puede ser trascendente para ciertos países en vías de desarrollo, pero el aspecto central para el conjunto de ellos está constituido por las innovaciones a gran escala.⁶²

El papel del Estado y la política económica

En una economía orientada hacia la innovación, el papel del Estado se modifica también. Las políticas públicas diseñadas en el contexto de los SNI trasciende tanto a nivel nacional como internacionalmente. En lugar de un Estado intervencionista y extremadamente burocrático o un estado neoliberal, el nuevo Estado debe apoyar los esfuerzos de innovación de las empresas a través de la formación; se debe concentrar en la dirección de las estrategias, en el desarrollo de los aspectos complementarios impulsando las externalidades, especialmente en lo que se refiere a los conocimientos.

⁶⁰ Véase J.M., Fanelli y R. Frenkel, "Macroeconomics Policies for the Transition from Stabilization to Growth", en I. Bradford Colin Jr., *op. cit.*, 1994.

⁶¹ L. Thurow, *La guerra del siglo XXI*, Buenos Aires, Ed. Vergara, 1992, p. 60.

⁶² *Ibidem*, p. 19.

En estas circunstancias, la competitividad puede mejorarse siempre y cuando existan nuevas inversiones. En efecto, para el desarrollo de las innovaciones son necesarias nuevas inversiones. El impacto de las inversiones sobre el crecimiento es fuerte.⁶³ Sin embargo, la inversión debe realizarse de forma estratégica en las actividades complementarias. Más que el volumen de la inversión, importa su distribución en actividades conexas durante un cierto periodo.

La competitividad basada en la esfera microeconómica, la importancia de los procesos de innovación y las políticas de desarrollo orientadas a la formación de recursos humanos requieren de inversión para lograr el crecimiento económico, el incremento de la productividad y el empleo. La propuesta del nuevo enfoque contrasta con la del clásico para el cual la condición del desarrollo y la inversión es el control de la inflación. En su estrategia para disminuir la inflación y promover el crecimiento se sugiere la adopción de medidas macroeconómicas y de estabilización financiera.

J.M. Fanelli y R. Frenkel, considerando el efecto social y de crecimiento de los programas de ajuste económico⁶⁴ puestos en marcha en la década de los ochenta,⁶⁵ proponen considerar los siguientes aspectos de la política económica:

⁶³ De Long y Summers ("Equipment Investment and Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, 106 (2), pp. 445-502, mayo de 1991) constatan en su estudio empírico el gran impacto de las inversiones sobre el crecimiento económico.

⁶⁴ Los planes de ajuste económico adoptados en los años ochenta incluyen las siguientes medidas: disciplina del gasto público, reforma de los gastos públicos, reforma fiscal, liberalización financiera, reforma de tasas de cambio, liberalización del comercio, desarrollo de la inversión directa extranjera, privatizaciones, desreglamentación y reforma de los derechos de propiedad (J. Williamson, "The progress of policy reform in Latin America", *Policy Analyses in International Economics*, 28, Institute for International Economics, Washington, D.C., enero de 1990).

⁶⁵ Bourguignon y Morrison (1992: Ajustement et équité dans les pays en développement: une approche nouvelle, OCDE, París) analizan las repercusiones sociales de los diversos programas de ajuste económico puestos en marcha en siete países en vías de desarrollo. Fanelli y Frenkel, French-Davis y Ramos proponen una nueva política económica que aborde la problemática social. Véase J.M. Fanelli y R. Frenkel, "Macroeconomic policies for the transition from stabilization to growth"; R. French-Davis, "The macroeconomic framework for investment and development: the links between financial and trade reforms", y J.R. Ramos, "Employment, human resources and systemic competitiveness", en C.I. Bradford, Jr., *op. cit.*

- reforma de la recaudación fiscal incitando de manera real a invertir, a innovar y a generar empleos, y privilegiando, como fuente de recaudación fiscal, los impuestos directos sobre los ingresos y la riqueza;⁶⁶
- apoyo al sector privado, proveniente de los bancos de desarrollo o de mecanismos que incrementen el ahorro público privado y del exterior, aún cuando la formación de capital sea débil o poco dinámica;
- reglamentación de las actividades financieras, mejoría de la rentabilidad de los bancos y la liberalización de las tasas de interés, buscando atemperar el impacto de las fluctuaciones exógenas de los movimientos de capitales en la economía;
- indexación del tipo de cambio real en función de la evolución de los parámetros de la economía. Esto da una mayor credibilidad y tiende a evitar futuros desequilibrios.

Los vínculos que existen entre las políticas macroeconómicas y la reforma comercial constituyen otro elemento esencial en el nuevo enfoque de la competitividad.

La intervención del Estado debe encaminarse a asegurar el equilibrio de los mercados, la formación del capital, las capacidades de producción y mejorar la competitividad de los productos comerciables, promoviendo reformas legales.

Los programas de política económica de los años ochenta se centraron en los aspectos financieros. Sin embargo, la desregulación y la liberalización favorecieron la especulación. Este fenómeno torna frágiles los vínculos entre el sistema financiero y el sector productivo. Así, para impulsar la inversión productiva en el largo plazo, es imperativo la reorganización del sistema financiero. El acceso a los créditos es una condición necesaria para el crecimiento.

⁶⁶Fanelli y Frenkel, *op. cit.*, subrayan la importancia de abordar democráticamente la reforma fiscal dando a conocer a la sociedad sus implicaciones.

Adicionalmente, el establecimiento de un régimen de cambio de ajuste permanente sentaría las bases de estabilidad y confianza que requieren la inversión y la producción de productos exportables. La fijación de la tasa de interés a un nivel real es fundamental para fomentar el ahorro y el empleo.

Un hecho que explica la disminución del empleo en las últimas dos décadas⁶⁷ es el casi nulo acceso de las pequeñas y medianas empresas al financiamiento. Otro factor que frena el empleo es el escaso nivel de ahorro.⁶⁸ En oposición a la idea de que la innovación tecnológica es la fuente del desempleo, J. Ramos (1993) opina que, más bien, la falta de una difusión dinámica de las innovaciones explica el lento crecimiento de la economía y del empleo.

El fortalecimiento del mercado de bienes de consumo interno influirá notablemente en el crecimiento, el empleo y la productividad de los países. Puede derivarse de una mejoría en la distribución de los ingresos, proveniente de una reforma fiscal o la adopción de una estrategia comercial que promueva las exportaciones intensivas en manos de obra. Esta estrategia se refuerza con la promoción y la difusión del sistema de innovación.

Una política que impulse el crecimiento económico dinámico debe incluir programas favorables al empleo. El enfoque sistémico permite diseñar una estrategia eficaz, en la medida en que para éste la innovación constituye un elemento dinamizador.

El actual desarrollo de la economía mundial plantea la necesidad de modificar el papel tradicional del Estado; emprender una reforma "sistémica" del Estado, incluyendo sus tres poderes (ejecutivo, legislativo y judicial). Además de orientar su participación a la creación de instituciones que apoyen el desarrollo del merca-

⁶⁷En las políticas de desarrollo de los últimos 20 años no existe una preocupación prioritaria por el empleo. Los estudios que se realizaron sobre el empleo abordaron las imperfecciones del mercado, la inamovilidad de la mano de obra, la rigidez y la indexación de los salarios. Sin embargo no se planteó preocupación alguna sobre su crecimiento. (Joseph R. Ramos, "Employment, human resources and Systemic Competitiveness", en C.I. Bradford Jr., *op. cit.*)

⁶⁸*Idem.*

do, la difusión y promoción de los procesos de innovación acompañados de una aceleración en la inversión y formación de recursos humanos, el Estado debe promover la reforma política. Las organizaciones no gubernamentales deben fortalecerse participando en las decisiones nacionales. Se trata de crear mecanismos que den lugar a nuevas relaciones entre el Estado, el sector público y la sociedad civil. El fortalecimiento de la democracia es un elemento valioso para construir una estrategia de crecimiento estable.⁶⁹

Las nuevas relaciones sistémicas, producto de las reformas del sistema financiero, la educación, del comercio, los programas sociales y del Estado, serán campo propicio para impulsar un crecimiento estable a más largo plazo.

Así, el enfoque sistémico analiza la competitividad global, considerando los elementos estructurales de la economía, la interacción institucional y la relación interempresarial y entre sector público y sector privado. La competitividad, en esta visión, se construye reforzando los sistemas nacionales de innovación. Sólo en esa medida, la competitividad en el ámbito internacional podrá ser exitosa.

⁶⁹ Véase L. Tomassini, "Governance and the Role of the State in an Integrated Policy Framework", OCDE, París, 1993. C.I. Bradford Jr., "Toward an Integrated Policy Framework", en B.A. Fischer et al. (eds.), *Latin America's Competitive Position in the Enlarged European Market*, Nomos Verlag, Baden, 1994.

CAPÍTULO 2

Globalización y regionalización de la industria siderúrgica mundial

LA PÉRDIDA de productividad y de competitividad de la industria siderúrgica en los países industrializados en los años setenta obligó a los empresarios y a los gobiernos a reestructurar este sector. La transformación de la siderurgia ocurrió como respuesta a los desafíos que significaban, entre otros fenómenos, la presencia de un nuevo paradigma tecnológico (con nuevas industrias y nuevos materiales), el cambio estructural de las economías de los países industrializados (con mayor peso del sector terciario), la emergencia de países de reciente industrialización, la conformación de tres zonas comerciales que compiten entre sí por los mercados internacionales y, finalmente, las nuevas formas de competencia internacional.

Desde los años setenta un conjunto de empresas transnacionales de diversos países profundizan el proceso de internacionalización de sus actividades.⁷⁰ Las inversiones, los intercambios y los acuerdos de cooperación para apoyar la producción, el desarrollo de nuevos productos, los aprovisionamientos y la comercialización realizados por las firmas transnacionales adquieren una nue-

⁷⁰ Según un estudio de la OCDE, 1992a, en el proceso de internacionalización industrial se identifican tres fases. En la primera, de la posguerra hasta finales de los sesenta, el grado de internacionalización industrial se expresaba en función del volumen de exportaciones y de la penetración de las importaciones. En una segunda fase, durante los años setenta, la inversión extranjera ha sido "un mecanismo de expansión industrial" (p. 11). La actividad de las sociedades multinacionales en el extranjero mostraba el grado de internacionalización. Finalmente, en la tercera fase, desde los ochenta hasta los noventa, la tecnología jugó un papel fundamental para la competitividad internacional, la internacionalización y la organización industrial.

va dimensión transfronteriza.⁷¹ La actividad de estas empresas no sólo se circunscribe a los países industrializados sino que se extiende también a países de reciente industrialización. Estos factores han contribuido notablemente a incrementar la actividad comercial y transformar su naturaleza. Especial, en las industrias que integran el nuevo paradigma tecnológico (informática, farmacéutica, semiconductores, telecomunicaciones, etcétera) se desarrolla con mayor dinamismo este proceso. Las empresas siderúrgicas, afectadas por la severa crisis de los años setenta, se vieron obligadas a reestructurarse y desarrollar la innovación tecnológica en los procesos y productos, como una estrategia competitiva impostergable. La globalización de las empresas siderúrgicas es, así, resultado de la necesidad de fortalecer la innovación, mejorar la productividad y asumir las nuevas formas de competencia internacional.⁷²

El propósito de este capítulo es examinar las transformaciones ocurridas en la siderurgia internacional durante los años setenta y ochenta, en el contexto de los procesos de globalización y regionalización en esta rama industrial. ¿Bajo qué circunstancias se transformó la naturaleza de la competencia internacional en la industria siderúrgica? ¿Qué implicó a globalización y la regionalización de las actividades siderúrgicas en términos de la especialización? ¿Por qué la globalización y la regionalización impactan las fuentes del crecimiento y de la productividad? Éstas son algunas de las interrogantes que se plantean a fin de comprender la naturaleza de la competencia de la siderurgia mundial. Este capítulo se divide en tres partes. En la primera se exponen de manera sucinta los principales aspectos de la crisis y la reestructuración de la actividad siderúrgica en los países industrializados. En la segunda se analizan las formas en que se expresa la globalización y regionalización de la siderurgia. Y, finalmente, en la tercera se observan las tendencias de especialización de los países productores de acero por región en la era de la globalización.

⁷¹ OCDE, 1996a, p. 10.

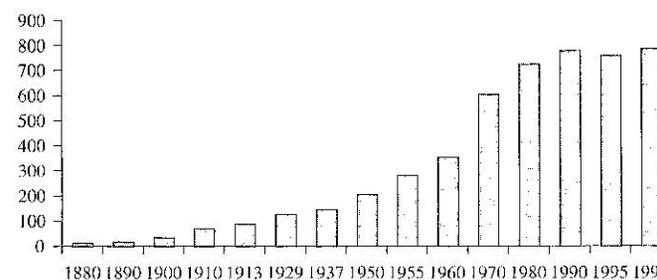
⁷² Algunos autores designan a este proceso como mundialización (F. Chesnais, 1997; OCDE, 1996a) y otros como globalización (Ch. Oman, 1994). En este trabajo utilizamos el concepto de globalización.

CRISIS Y REESTRUCTURACIÓN DE LA SIDERURGIA EN LOS PAÍSES INDUSTRIALIZADOS

EN ESTE apartado se tratan dos aspectos. El primero se refiere a la crisis de la siderurgia en los años setenta y ochenta. El segundo corresponde al proceso de reestructuración llevado a cabo en las empresas siderúrgicas de los países industrializados durante el mismo periodo.

Desde el inicio del siglo XX hasta los años setenta, el crecimiento de la industria siderúrgica fue considerado un indicador fundamental del desarrollo económico de los países industrializados. El dinamismo de este sector revelaba el grado de actividad industrial. Su importancia estratégica provenía de su articulación, como insumo básico, con el resto de los sectores industriales, incluida la industria bélica. Su evolución reflejó los cambios cíclicos de la economía internacional y en particular de las economías de cada nación (CEE-ONU, 1989). En la gráfica 1 se aprecia el dinamismo de la siderurgia en las décadas de la posguerra.

GRÁFICA 1
EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL
DE ACERO DE 1880-1998
(Millones de toneladas)



Fuente: Elaboración propia con base en IISI, Bruselas, varios años.

La industria siderúrgica de los países industrializados se caracterizó durante los años cincuenta y sesenta por: la prosperidad ininterrumpida, la concertación entre empresarios y trabajadores y, las políticas de apoyo gubernamental (Estado benefactor). El consumo de acero alcanzó entre 1960 y 1970 un notable crecimiento en estos países (5.7 por ciento), asociado al crecimiento del PIB (5.2 por ciento) y en particular del sector industrial (6.2 por ciento) (CEE-ONU, 1984). La creciente demanda de acero en los países industrializados incitó a los siderurgistas a construir nuevos complejos siderúrgicos con los cuales incrementaron su capacidad productiva.

El fin del periodo de bonanza de la siderurgia de los países industrializados a mediados de los setenta estuvo asociado a cuatro hechos:

- el incremento de los precios del petróleo;
- la desaceleración de la demanda de bienes de capital pesados;
- la competencia de materiales sustitutos del acero; y
- la competencia de los países de reciente industrialización.⁷³

Estos eventos contribuyeron a la importante reducción del consumo de acero, a la crisis y eventualmente a la reestructuración y el cambio tecnológico de este sector industrial. Sin embargo, las causas más estructurales de esta crisis se encuentran en la sobre-dimensión de la capacidad productiva; la disminución de la productividad de las empresas y la pérdida de competitividad en algunos países, ligadas a la obsolescencia de la tecnología y al agotamiento del modelo fordista de producción; y el fuerte endeudamiento de las empresas. Algunos de estos problemas se empezaron a manifestar años antes de la crisis generalizada (véase Y. Mény y V. Wright, 1985; R. Crandall, 1987; J. Hoerr, 1988; CEE-ONU, 1989).

El aumento de los precios del petróleo (1973-1974) desencadenó una severa crisis en la economía de los países industrializados. La siderurgia fue una de las ramas manufactureras más afectadas, por la notable disminución de la demanda de productos acereros y por el

⁷³T. Bain, 1992, p. 1.

encarecimiento de una de sus principales fuentes de energía: el petróleo. Así, los países industrializados fueron el escenario de drásticas reducciones en la producción acerera.

Las industrias tradicionalmente consumidoras de acero (industria mecánica, instrumentos y material industrial, transporte, automotriz, embalaje y contenedores, incluso computadoras) disminuyeron sensiblemente su coeficiente de utilización del acero, debido a su propia recesión y su necesidad de aligerar los costos (CEE-ONU, 1987 y 1989). La tasa de utilización de las capacidades de producción se redujo de manera considerable. En 1977 los países de la CE utilizaron por abajo de las tres cuartas partes de su capacidad, Estados Unidos superior a cuatro quintas partes y Japón tres cuartas partes. Pero en 1982 Estados Unidos disminuyó aún más la utilización de la capacidad productiva (50 por ciento) y la CE mejoró su nivel (75 por ciento) (CEE-ONU, 1994).

Nuevos materiales (plástico, aluminio, etcétera) ofrecieron a las industrias consumidoras de acero la posibilidad de remplazar parcialmente este último. La competencia de los nuevos materiales condujo a un cambio estructural de la demanda de acero. En efecto, la necesidad de aligerar el peso para disminuir costos y ahorrar combustible, condujo a las industrias consumidoras (industria automotriz, entre ellas) a demandar aceros más ligeros y más resistentes. La importancia relativa de otros materiales con relación al PIB creció en detrimento del acero y arrabio, de manera generalizada en los países industrializados, lo cual no ocurrió en los países de reciente industrialización.

La apertura de nuevas plantas siderúrgicas de importantes dimensiones en los países en vías de desarrollo agudizó el problema de los países industrializados, porque redujo la demanda exterior.

Durante los años ochenta la industria siderúrgica en los países en vías de desarrollo se expandió notablemente, debido a su creciente demanda, producto de la creación de infraestructura, la industrialización por sustitución de importaciones y el sustantivo apoyo gubernamental. Nuevos complejos siderúrgicos posibilitaron un importante incremento de la producción acerera en estos países. Des-

CUADRO 2
EVOLUCIÓN DE LA INTENSIDAD DE LA UTILIZACIÓN
DEL ACERO Y NUEVOS MATERIALES CON RELACIÓN AL PIB
POR PAÍSES SELECCIONADOS, 1968-1984 (1968 = 100.0)
(Porcentaje)

Países	Acero terminado	Arrabio	Aluminio	Plásticos
Francia	55.0	46.2	125.2	217.9
Alemania	64.9	47.3	124.8	153.4
Reino Unido	51.5	29.9	86.1	148.7
Estados Unidos	59.3	45.9	103.2	178.1
Japón	72.6	38.6	138.9	112.2
Corea	241.2	183.2	323.6	476.3

Fuente: International Competition: An Economic Analysis of General Trends, pp. 2-19, Instituto Internacional del Hierro y el Acero, 1989, tomado de Naciones Unidas, 1989, p. 66.

tacan los casos de las siderurgias brasileña, coreana y china. Entre 1980 y 1988 Brasil casi duplicó su nivel de producción de acero a una tasa anual de crecimiento del 6.6 por ciento. Por su lado, la siderurgia coreana creció en 10.9 por ciento en periodo similar y casi triplicó su producción. En el mismo periodo China reportó un crecimiento de 6.5 por ciento, pero en la década del noventa alcanza el volumen de los principales productores de acero del mundo (Estados Unidos y Japón). La producción china de acero rebasó la décima parte de la producción mundial en 1996 y la tasa de crecimiento promedio anual de 1983 a 1994 fue de 9.7 por ciento (International Iron Steel Institute, varios años).

Los problemas afrontados por las empresas siderúrgicas de los países industrializados en los años setenta y parte de los ochenta se expresaron en: la disminución significativa de las ventas, la baja rentabilidad de las plantas, las cuantiosas pérdidas financieras en las empresas, el endeudamiento creciente, la reducción de las inversiones reales, los cierres de fábricas y plantas y el despido masivo de trabajadores.

En su relación con el PIB puede apreciarse la importancia del acero en la economía total de las regiones o de los países.⁷⁴ En el siguiente cuadro se muestra la evolución del consumo de acero relativo al PIB en varios países industrializados de 1960 a 1987. En los países europeos, con excepción de Italia, la disminución fue mayor que en Estados Unidos y Japón. Especialmente, en Reino Unido ésta fue drástica.

CUADRO 3
ÍNDICES DE CRECIMIENTO DE LA INTENSIDAD DEL
CONSUMO DE ACERO CON RELACIÓN AL PIB
POR PAÍSES SELECCIONADOS (1960 = 100.0)
(Porcentaje)

Países	1960	1970	1980	1987
Estados Unidos	100.0	97.0	67.2	54.9
Japón	100.0	133.0	85.5	66.3
Alemania	100.0	90.6	57.6	42.9
Francia	100.0	98.8	61.6	39.4
Reino Unido	100.0	89.6	41.7	37.9
Italia	100.0	134.9	122.7	92.5

Fuente: Estimaciones con base en CEE-ONU, 1989, p. 80.
Los cálculos consideran US dls. a precios de 1980.

A escala mundial la intensidad de la utilización del acero con relación al PIB disminuyó, de 48.3 gramos por dólar Estados Unidos de 1980 en 1980 a 43.2 gramos en 1992.⁷⁵ Si bien es cierto que varias industrias redujeron su demanda de acero, una de las principales razones de la baja del consumo del acero es que el acero se ha sustituido a sí mismo, y en este sentido se ha convertido en un material más flexible y de mejor calidad.⁷⁶

⁷⁴Naciones Unidas, 1994, p. 46.

⁷⁵Idem.

⁷⁶Idem.

La magnitud de la crisis en cada país dependió no sólo de la disminución de la demanda, sino también de su propia competitividad (precios).⁷⁷ En algunos países, la crisis, que se extendió hasta los años ochenta, se expresó con mucha mayor contundencia. Tal es el caso del Reino Unido, donde entre 1977 y 1981 siete acerías integradas cerraron y con ello la fuente de trabajo de miles de trabajadores. Aunque el cierre de plantas en otros países fue más lento, éste también fue considerable. Desde 1975 y durante los años ochenta, en Francia cerraron cinco siderurgias integradas, una de fundición, nueve no integradas y cuatro relaminadoras (véase cuadro 5); en Alemania cerraron veintidós fábricas y nueve relaminadoras; en Estados Unidos seis fábricas integradas y setenta y nueve no integradas. Asimismo, varias plantas con hornos Siemens Martin, convertidores Thomas y otros convertidores dejaron de funcionar en estos países y en Japón (CEE-ONU, 1989). La capacidad productiva de la industria siderúrgica en los países de la OCDE en 1985 era de 518 millones de toneladas anuales y en 1990 se redujo a 453 millones de toneladas anuales.⁷⁸

Como consecuencia del cierre de fábricas y plantas siderúrgicas, el empleo se redujo considerablemente. Sólo en 1980 y 1981 alrededor de 100,000 trabajadores de la siderurgia del Reino Unido perdieron su empleo. En otros países de la Comunidad Europea (CE), el personal de las acerías se redujo progresivamente, a medida que la productividad laboral mejoraba.⁷⁹ En diez años (1975-1985) el número de asalariados de la siderurgia en el conjunto de los países de la CE disminuyó cerca de la mitad (369,000 empleados despedidos), siendo de mayor magnitud en Reino Unido (69.8 por ciento), pero también significativo en Francia (56.0 por ciento) y Alemania (32.9 por ciento). En Estados Unidos el despido de trabajadores

⁷⁷"Las diferencias de consumo específico de acero a las que se agregan las diferencias de competitividad internacional por los costos explican en gran parte el porqué el desequilibrio de la oferta y de la demanda ha sido más marcado en ciertos países que en otros durante los años ochenta". Naciones Unidas, 1989, p. 79.

⁷⁸En cambio, los países en desarrollo la incrementaron de 115 a 142 millones de toneladas anuales (OCDE, 1994).

⁷⁹Naciones Unidas, 1989, p. 81.

representó casi la mitad de la planta laboral y en Japón fue inferior a una cuarta parte.⁸⁰

En el proceso de reestructuración de la industria siderúrgica en los países industrializados hubo semejanzas y diferencias. Es importante considerar las particularidades de la reestructuración en Estados Unidos, los países de la Comunidad Europea y Japón, antes de analizar la evolución del cambio tecnológico.⁸¹

La crisis de la industria siderúrgica estadounidense se expresó en: la disminución de la productividad, el incremento del déficit de la balanza comercial y la escasa rentabilidad de las empresas. La reducida utilización de la enorme capacidad instalada de las siderúrgicas estadounidenses, desde el comienzo de los setenta hasta los ochenta, se vinculó en gran medida a la desaceleración de los sectores consumidores de acero, cuya balanza comercial también registró saldos negativos. La recesión de 1982 agudizó aún más los problemas existentes y aceleró el proceso de reestructuración de esta industria. La reestructuración se orientó a los siguientes aspectos: cierre de plantas, despido de personal, renegociación de nuevos contratos colectivos de trabajo y de compra de materias primas, estimulación de la productividad, adopción de *joint venture* (alianza estratégica entre empresas) y diversificación de actividades. El gobierno estadounidense no intervino en el proceso de reestructuración que, sin embargo, se benefició de una política comercial proteccionista durante las décadas de los setenta y ochenta (A. Tornell, 1997). Entre 1978-1982 se aplicó un programa oficial destinado a la identificación del comercio *dumping*; y de 1984

⁸⁰Estas cifras corresponden a la encuesta que aplicó la Comisión Económica Europea de las Naciones Unidas, 1989. M. Pianta *et al.*, 1996, identifican a la siderurgia de los países de la OCDE, entre un conjunto de industrias manufactureras de bajo dinamismo (cuero, calzado, petróleo, tabaco), una disminución sustantiva del PIB y el empleo en la década de los ochenta. En contraste, en otras industrias de mayor dinamismo (plástico, informática, aeronáutica, etcétera), el empleo y el PIB aumentan. Los autores sostienen que el mayor dinamismo en la producción y empleo está fuertemente correlacionado con el gasto en I&D. Entre la extensa bibliografía que analiza el fenómeno del desempleo en la industria siderúrgica durante los años setenta y ochenta están: OIT, 1986; OCDE, 1996c.

⁸¹Los datos fueron tomados del estudio realizado por países de la CEE-ONU, 1989 y complementados en Y. Mény y V. Wright, 1985; A. Tornell, 1997.

CUADRO 4

LA REESTRUCTURACIÓN DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA
EN LOS PAÍSES INDUSTRIALIZADOS SELECCIONADOS,
1975-1986

	Comunidad Europea			Alemania		
	1975	1980	1985	1975	1980	1986
I Número total de establecimientos	316	264	178	90	81	68
Integrados	-	-	-	18	16	14
No integrados	-	-	-	72	65	54
Miniacerías	-	-	-	6	5	5
Empresas						
del Estado	252	202	142	63	53	43
% participación estatal	-	-	-	10	10	11
II Número de maquinaria y capacidad						
Altos Hornos	341	281	186	84	75	43
Capacidad anual global en Mt/an	136.8	138.2	119.1	47.3	51	39
Convertidores al oxígeno	158	193	116	49	43	32
Capacidad anual global en Mt/an	122.8	148	120.9	44.9	52.4	38
Hornos al arco eléctrico	598	539	418	68	65	35
Capacidad anual global en Mt/an	32.7	46.3	45.5	5.9	8.3	8.3
Fours Martin	303	123	12	68	33	-
Hornos Siemens						
Capacidad anual global en Mt/an	23.7	7.2	-	10.3	5.4	-
Laminadores en caliente de bandas anchas	26	27	23	8	8	7
Capacidad anual global en Mt/an	61.3	72.9	67.6	19	23.4	21.9
III Estructuras de producción						
Participación de la producción total de acero bruto en aceros aliados	10.1	12.2	12.8	17.2	19.1	23.2
Participación de la producción total de acero terminado						
Productos no planos	45.4	42.8	40.2	38.8	33.8	27.9
Productos planos	54.6	57.2	59.8	61.2	66.2	72.1
Planos galvanizados	7.6	9.4	12.3	32.1	36.1	42.6
IV Empleo y productividad						
Número total de salarios (miles)	766	598	397	213	197	143
% empleo en la economía	2.0	1.6	1.3	2.0	1.8	1.5
% empleo en la industria	8.8	6.6	4.5	1.0	0.9	0.7
Horas/hombre promedio por tonelada de acero bruto producido	7.7	6.2	4.1	6.6	5.4	4.3

Fuente: CEE-ONU, 1994.

	Francia			Reino Unido			Estados Unidos			Japón		
	1975	1980	1986	1975	1980	1986	1975	1980	1986	1975	1980	1986
	98	85	72	125	104	63	-	-	-	-	-	-
	14	11	7	15	8	5	-	-	25	-	-	-
	84	74	65	110	96	58	-	-	-	-	-	-
	5	4	5	4	6	3	44	51	51	2	8	10
					6			3				
	63	56	52	55	50	30	-	-	-	29	24	23
	-	-	-	87	82	73	-	-	-	-	-	-
	80	48	33	53	23	17	-	149	85	69	65	54
	27.5	25	24	18	17	14	109	105	73	120	136	106
	49	31	21	22	16	14	-	-	-	98	94	94
	21.9	26.3	22.1	14	18	16	78.5	86.3	67.7	125	130	122
	78	63	35	178	70	31	-	-	-	705	226	540
	4.3	4.9	6.1	6	9	6	27	37.3	42	25	29	28
	30	5	-	85	-	-	-	-	-	17	-	-
	2.7	0.3	-	6	-	-	32	15.5	5.9	2	-	-
	4	4	3	6	6	4	-	-	-	-	-	-
	11.6	13.9	12	7	9	8	75	73	64	-	-	-
	8.0	9.2	9.9	9.2	8.7	7.7	13.0	13.8	10.4	5.8	8.2	8.0
	43.0	34.0	29.2	50.4	46.1	45.2	26.0	23.7	24.2	-	39.1	40.5
	49.2	55.6	55.3	49.6	53.9	54.8	56.6	56.5	62.7	-	48.9	48.0
	7.8	10.4	15.5	20.9	25.9	29.7	6.0	7.8	14.8	-	-	-
	156	105	68	185	112	56	548	512	275	324	271	251
	2.7	1.9	1.4	-	-	-	0.8	0.7	0.3	1.7	1.4	1.2
	0.7	0.5	0.3	-	-	-	3.0	2.0	1.1	4.2	3.7	3.3
	11.1	7.1	5.1	-	-	-	11.4	9.9	6.5	0.2	0.2	0.2

CUADRO 5
ESTABLECIMIENTOS CERRADOS Y RECIÉN CONSTRUIDOS
DESDE 1975

	Cerradas	Nuevas	Alemania		Francia
			Cerradas	Nuevas	Cerradas
Empresas integradas	n.d.	n.d.	22	—	establecimientos compl. 26 (5 integr.)
Otras empresas	n.d.	n.d.	9 relaminadoras	—	1 fundidora 9 no integrados 11 empresas relaminadoras 25
Altos hornos	n.d.	—	46	5	
Convertidores al oxígeno	n.d.	n.d.	25	8	17 hornos S. Martin; 20 conv. al oxíg; 19 Thomas
Hornos eléctricos	n.d.	n.d.	(más de 10 tn) 42	(más de 10 tn) 9	30
Laminadores de perfiles	n.d.	n.d.	50	1	30
Laminadores de planos	n.d.	n.d.	30	(lamin. en frío) 5	13 (6 laminación en frío)
Otros talleres	n.d.	n.d.	(14 laminadoras en frío)	—	Líneas de galvanización 4

Fuente: CEB-ONU, 1994.
n.d.: no disponible.

Nuevas	Reino Unido		Estados Unidos		Japón	
	Cerradas	Nuevas	Cerradas	Nuevas	Cerradas	Nuevas
—	6	—	6	—	—	—
—	3 miniacerías	1 establecimiento de reducción directa				
—	—	1 miniacería	79	—	—	—
—	—	1	64	—	15	—
3	28 plantas	—	Hornos S. Martin 29	—	Hornos S. Martin 17	—
			convertidores 12		convertidores 14	—
5	—	11	19	—	165	—
3	—	3	118	—	—	—
—	—	2	25	—	—	—
Líneas de galvanización	31 plantas de relaminación	8 trenes para planchones				
3	—	5 trenes de planchones finos	257	—	—	—

a 1989 se establecieron acuerdos de "restricción voluntaria bilaterales" con los países de la CE, Japón y otros, para controlar el comercio del acero bajo prácticas desleales, incluidas las subvenciones estatales. Estos acuerdos expiraron en 1992.⁸² Según A. Tornell, las políticas proteccionistas aplicadas en la industria siderúrgica lejos de favorecer a las siderurgias integradas, propiciaron la instalación de las miniaceras.⁸³

En 1970 existían en Estados Unidos 20 compañías siderúrgicas integradas con 47 plantas. Esta planta industrial se redujo a 14 compañías con 23 plantas en 1987. En el curso de este proceso de reducción de la capacidad productiva se desecharon las plantas con equipo obsoleto y las líneas con equipos poco rentables. También se aprovechó la coyuntura de despidos para establecer nuevas formas de relación laboral con salarios más competitivos. Se invirtieron más de 10 millones de dólares para mejorar las instalaciones de las empresas integradas.⁸⁴ El *joint venture* fue una de las estrategias que siguieron varias empresas para fortalecer las ventajas y disminuir los costos unitarios, debido a una mayor tasa de utilización de la capacidad instalada. La revisión minuciosa del uso de materias primas con la idea de buscar una mejoría en los procesos tecnológicos fue otra tarea que se emprendió en el proceso de reestructuración. Las miniaceras representaron también una opción en la adopción de innovaciones productivas y de gestión, y de una mejor utilización de la capacidad instalada; en 1985 su participación aumentó al 20 por ciento. Entre 1982 y 1986 las empresas redujeron sus costos en alrededor del 26 por ciento. La depreciación del dólar en 1988 y la disminución de costos derivada de la

⁸²J.B. Kaesshaefer, 1996, p. 350.

⁸³A. Tornell, 1997, pp. 3-4, identifica cinco hechos que caracterizan el periodo de proteccionismo vivido por la industria siderúrgica: i) elevados precios del acero asociados con elevados salarios, mientras la productividad en la siderurgia no aumentó con relación al sector manufacturero; ii) elevados precios del acero fueron asociados a elevadas tasas de inversión; iii) a medida que la protección comercial aumentaba, la producción de acero integrada declinaba; iv) el principal factor relacionado con el declive de las firmas integradas de acero fue la entrada de firmas pequeñas: las miniaceras, y v) la competencia extranjera no conquistó los mercados estadounidenses.

⁸⁴Naciones Unidas, 1989, p. 21.

misma reestructuración, contribuyen a que Estados Unidos recupere su competitividad (CEE-ONU, 1989, p. 187).

Durante los años setenta y ochenta, en la Comunidad Económica Europea, la contracción de la capacidad productiva (incluido el cierre de plantas tecnológicamente obsoletas) y el importante recorte de la planta laboral, modificaban sustancialmente las políticas de desarrollo de la industria aplicadas desde la posguerra. Sin embargo, a diferencia de la experiencia de la siderurgia estadounidense, los gobiernos de los países europeos, vinculados a través de la Comunidad Europea del Carbón y del Hierro, jugaron un importante papel en el plan anticrisis y en el proceso de reestructuración. "Los parlamentos de los gobiernos europeos eran reacios al cierre de plantas por el enorme conflicto social en el que desembocarían".⁸⁵ Con excepción de Inglaterra, los gobiernos europeos realizaron diversas acciones para rescatar a las empresas de la catástrofe total (compras de las empresas, pago de sus deudas, subsidios, etcétera). Mediante decretos de nacionalización en varios países (Bélgica, Francia, Reino Unido) el gobierno se convirtió en propietario de empresas siderúrgicas. En el Reino Unido la participación del gobierno inglés se limitó a la adquisición en 1988 de la *British Steel*. En aquellas en que el cierre fue definitivo o se redujo la capacidad, los gobiernos europeos destinaron presupuesto para el despido y jubilación anticipada de los trabajadores (véase Y. Mény y V. Wright, 1985; T. Bain, 1992).

Entre las medidas coyunturales que las empresas europeas instrumentaron para lograr nuevamente una posición competitiva están: la fijación de precios, las reducciones de la oferta y producción de acero para evitar fluctuaciones de precios, así como los acuerdos en las cuotas de exportación. El problema estructural de la industria siderúrgica se atacó por la vía del cierre de las viejas e ineficientes plantas y a la vez se realizaron nuevas inversiones de nueva tecnología (hornos eléctricos, colada continua y en menor

⁸⁵A la Comunidad Económica Europea del Hierro y el Acero (CECA), cuyo origen se remonta a los Tratados de París signados en 1951, se atribuye haber sido promotora de la Integración europea (T. Bain, 1992, p. 38).

medida convertidores al oxígeno) para elevar la productividad y la competitividad. La cooperación industrial y comercial entre empresas se tradujo en muchos casos en fusiones. También se aplicaron políticas proteccionistas hacia este sector industrial (subsidios a las exportaciones, prácticas *dumping*, restricción de importaciones e inversiones cuantiosas). En 1978 se firmaron 15 acuerdos bilaterales con diversos países para limitar las importaciones, precedidos por acuerdos con Japón y los países de la PECO (del bloque comercial de países de Europa Oriental) desde el comienzo de esa misma década. Después de 1986 se redujeron progresivamente las medidas proteccionistas (J.B. Kaesshaefer, p. 350).

En Japón fueron menores los efectos de la crisis del acero de los años setenta. La reestructuración japonesa fue iniciada hasta 1978. Japón tuvo que reducir sus exportaciones al mercado estadounidense por las restricciones a las importaciones impuestas por este país de América del Norte. La estrategia seguida por los empresarios japoneses fue reducir el uso de la capacidad instalada, desarrollar procedimientos continuos y un conjunto de técnicas que permitieran economizar la energía y mejorar la productividad laboral. A la par se desarrollaron los programas "Cero defecto", "Control de Calidad Total en la empresa", "Estadístico de procesos", para garantizar la calidad óptima del acero. En 1977 se producían 1,800 toneladas de acero anual por hombre con un 90 por ciento de utilización de la capacidad instalada. En 1984, sólo operaban 39 de los 65 altos hornos con un 63 por ciento de su capacidad.⁸⁶ La reestructuración de las plantas siderúrgicas japonesas se orientó básicamente a tres aspectos: la reducción de la capacidad; la diversificación,⁸⁷ y las alianzas estratégicas.

El éxito tecnológico, la elevada productividad y la calidad de la producción en las acereras niponas tuvieron tal trascendencia,

⁸⁶T. Bain, 1992, pp. 32-33.

⁸⁷La empresa japonesa Nippon Kokan (NKK) diversificó sus actividades y las orientó primero a la venta de productos de gases y posteriormente se dirigió a la ingeniería y construcción de barcos, construcción de puentes y construcción de industrias (T. Bain, p. 33).

que éstas fueron llamadas por empresas de otros países para dar asistencia técnica. Aspectos como la reducción en el uso de la energía, el mejor uso del equipo y la creciente acumulación de productividad interesaron a los países en procesos de reestructuración (Estados Unidos, Italia, Brasil, etcétera).

Las empresas siderúrgicas japonesas realizaron alianzas estratégicas con empresas electrónicas y de computación nacionales y extranjeras. También se logró un acercamiento con industrias químicas y de biotecnología. El ingreso al mercado estadounidense del proceso de *joint venture* se hizo a través de la industria automotriz. Posteriormente, las empresas japonesas establecieron alianzas estratégicas o adquirieron empresas siderúrgicas estadounidenses. El interés de los empresarios norteamericanos por conocer los secretos de la tecnología japonesa, explica la aceptación de las empresas japonesas.

Existen diferencias en la forma que adoptó la reestructuración del sector siderúrgico en los distintos países industrializados. Por un lado, los países de la Comunidad Europea actuaron regionalmente unificando sus políticas para enfrentar la crisis con el apoyo de sus respectivos gobiernos. Por el otro, en Estados Unidos los empresarios diversificaron actividades y buscaron las alianzas estratégicas. En Japón la estrategia se centró en la mejoría de la tecnología, la productividad y la calidad a través de novedosos programas, y los inversionistas del sector se extendieron hacia otras actividades industriales. También hubo estrategias similares. En la Comunidad Europea y Estados Unidos la reducción de la capacidad productiva y de la planta laboral misma fue mayor que en Japón. Pero, en los tres, la modernización y la innovación fue un instrumento central para recuperar la competitividad perdida. La incorporación de nuevos procesos productivos y la inversión en I&D para innovar procesos y productos fueron tareas en la que coincidieron los países industrializados, quizá con diferentes ritmos y resultados.⁸⁸ Las alianzas estratégicas fueron la base del proceso de globalización que a continuación abordamos.

⁸⁸Véase apartado "Tendencias de especialización de los países productores de acero", p. 105 de este libro.

GLOBALIZACIÓN Y REGIONALIZACIÓN DE LA SIDERURGIA

EL *slowdown* de la productividad registrado en el sector industrial de los países industrializados en los años setenta y principios de los ochenta; el desarrollo de un nuevo paradigma tecnológico; la importancia creciente del comercio internacional; la emergente actividad exportadora de los países de reciente industrialización (en especial del Sudeste Asiático), contribuyeron, entre otros factores, a generar importantes mutaciones en el sector industrial y a la configuración de nuevas formas de competencia internacional. La acción de las empresas transnacionales fue decisiva en estos cambios que condujeron al proceso de globalización que, a su vez, fue favorecido por las políticas de liberalización comercial adoptadas por los gobiernos durante los años ochenta. En efecto, por un lado, las grandes corporaciones industriales desarrollaron su estrategia de crecimiento a través de un significativo incremento de las inversiones directas en el extranjero;⁸⁹ intercambios y cooperación entre empresas,⁹⁰ intercambios comerciales interempresa y, en especial, una actividad innovativa tecnológica dinámica. Por otro lado, la política gubernamental, en los diversos países, abandonó sus medidas proteccionistas y se orientó a favorecer la apertura de los mercados y las inversiones extranjeras, a través de modificaciones de las legislaciones y reglamentos correspondientes. El nuevo régimen jurídico de inversiones en diversos países propició un importante flujo de inversiones directas extranjeras y la posibilidad de establecer las alianzas estratégicas entre firmas.

La globalización puede definirse en general "como el crecimiento de la actividad económica más allá de las fronteras políticas regionales y nacionales" (Ch. Oman, 1994, p. 30). La apertura entre países ocurre en los ámbitos del comercio internacional, las inver-

⁸⁹ Véase D. Julius, *Global Companies and Public Policy: The Growing Challenge of Foreign Direct Investment*, Royal Institute of Foreign Affairs, Londres, 1990.

⁹⁰ Véase Lall, "The International Allocation of Research Activities by US Multinationals", *Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 41, núm. 3, 1990.

siones, las migraciones de población. Los distintos actores económicos, empresas, bancos e individuos, incursionan en los mercados internacionales buscando crear nichos de competitividad que deriven en beneficios económicos. Así, la globalización se plantea como un proceso centrífugo y como un fenómeno microeconómico (p. 35).

En el sector siderúrgico el proceso de liberalización ocurrió de manera progresiva, especialmente en los países de la Comunidad Europea. A mediados de 1985, la política gubernamental de apoyo financiero y de expansión a las empresas del sector siderúrgico empezó a reducirse y se adoptó gradualmente un nuevo marco jurídico para el ingreso de inversiones extranjeras y la reducción de las tarifas aduaneras a fin de liberalizar los mercados. En los años noventa las empresas siderúrgicas estatales de los países de la CE fueron privatizadas (véase Naciones Unidas CEE, 1996). Este proceso de privatización también tuvo lugar en los países de reciente industrialización, regulado por acuerdos de apertura comercial. Los principales hechos que caracterizan a la globalización de la siderurgia son:

- la diversificación internacional de fuentes de aprovisionamiento de materias primas;
- el desarrollo del intercambio comercial internacional;
- los acuerdos, alianzas y la realización de inversiones extranjeras entre empresas.⁹¹

Primeramente, el intercambio comercial de las principales materias primas (mineral del hierro, chatarra, carbón, coque) para la fabricación de acero ha crecido. Aunque algunos materiales tienden a disminuir su importancia: el coque debido al desarrollo de los hornos eléctricos; la chatarra con el aumento de miniacerasías, las cuales requieren menor utilización de este insumo y, el carbón coquizable por los nuevos procesos tecnológicos y productos que

⁹¹ J.B. Kaesshaefer, 1996, p. 335.

demandan carbones de otras calidades. El agotamiento de las minas de hierro en varios países de Europa por un lado, y el descubrimiento de grandes reservas de mineral de hierro en América del Sur (Brasil) y Australia por el otro, han sido la razón del incremento de las importaciones de este insumo de las acereras de los países industrializados, especialmente europeas, japonesas y coreanas. A su vez, los países europeos y Estados Unidos son grandes exportadores de chatarra. En lo que refiere al carbón coquizable (carbón a coque), los países exportadores son fundamentalmente Estados Unidos, Canadá, Australia y Polonia, entre los importadores están algunos de los países del Sudeste Asiático (Japón, Corea y Taiwan), Francia y Bélgica (ISI, varios años).

En segundo lugar, el comercio del acero aumentó durante los años ochenta, en dirección contraria. Efectivamente, durante las dos décadas anteriores, los países industrializados exportaban acero a los países en vías de desarrollo. Pero, desde los ochenta, las empresas siderúrgicas de los países desarrollados tendieron a importar acero bruto y/o productos semitransformados de sus similares de los países de reciente industrialización. Esto permitió a las primeras reducir costos en instalaciones (altos hornos), evadir problemas ecológicos, y además, disminuir importaciones de mineral de hierro. Las exportaciones de acero a precios competitivos de países de industrialización reciente se facilitaron por la existencia de siderúrgicas de grandes dimensiones, la cercanía de las acerías a los puertos comerciales, el costo relativamente bajo del transporte marítimo y, desde luego, por los menores costos laborales y de las materias primas. En estas condiciones, los empresarios de los países industrializados se orientaron a la especialización de una variada gama de aceros con un mayor valor agregado (especiales, ligeros, inoxidable, galvanizados, etcétera). Esta especialización se fortaleció gracias a numerosos intercambios intraempresas e intra-industriales, con una estrecha recepción de las necesidades de los consumidores para introducir innovaciones en los productos acereros. Los nuevos aceros, producto de la I&D, constituyen la base del comercio de los siderurgistas de los países

desarrollados (véase H.G. Grubel y P.J. Lloyd, 1975; J. Lichtenstein, 1990).

En 1975 se exportó mundialmente 22.6 por ciento del total de los productos siderúrgicos; durante los ochenta las exportaciones representaron más de la cuarta parte de la producción mundial total, y en los noventa crecieron aún más, hasta llegar al 36.7 por ciento en 1995. En este último año, los productos con mayor volumen de intercambio, entre 28.3 y 10.7 millones métricos de toneladas, fueron: lingotes y semiterminados; lámina y rollos en caliente; lámina y rollos en frío; acero para tubería y herrajes; ángulos, perfiles y secciones; aceros planos; lámina galvanizada, alambre y alambro. En 1997 las exportaciones descendieron a 32.6 por ciento de la producción mundial debido a la crisis asiática.⁹² Pese al incremento del volumen comercial de los productos siderúrgicos, especialmente en los años noventa, éste se mantiene por abajo del intercambio comercial de bienes manufactureros.⁹³

La importancia del comercio del acero se asocia a los niveles de producción y de consumo de los distintos países. Como analizamos anteriormente, en los países industrializados se registró una tendencia de reducción de ambos indicadores desde 1974 hasta mediados de los ochenta. Pero, contrariamente, los países en vías de desarrollo aumentaron su capacidad productiva de acero de forma notoria y asimismo su demanda de acero, a medida que su industrialización avanzaba. Adicionalmente, el desplazamiento de plantas automotrices hacia los países en vías de desarrollo contribuyó a acrecentar el consumo de acero. La globalización de la industria automotriz influyó decisivamente en la internacionalización de las firmas siderúrgicas (véase G. Vickery, 1996).

La adquisición de plantas siderúrgicas en el extranjero y el establecimiento de alianzas estratégicas favoreció el comercio intraem-

⁹²Varios de los países del Sudeste Asiático (Tailandia, Taiwan, China, Malasia, Singapur, Indonesia, Hong Kong) se ubican como importadores netos. La crisis financiera que afectó a estos países se tradujo en recesión económica y con ello se contrajo la demanda de acero.

⁹³International Iron and Steel Institute, 1997.

presa. En Estados Unidos este tipo de comercio entre empresas extranjeras (japonesas y europeas) y sus filiales americanas representaron 24 por ciento en las exportaciones totales y 50 por ciento en las importaciones. Las exportaciones e importaciones de empresas americanas a sus filiales en el extranjero –en especial canadienses– fueron inferiores (15 y 10 por ciento respectivamente). En Europa el comercio intraempresa fue menor.⁹⁴

Los intercambios intrarramas⁹⁵ de productos siderúrgicos se explican esencialmente por la especialización (diferenciación) de productos. Las cifras correspondientes a este tipo de comercio son muy fluctuantes. Durante los ochenta, los índices de los intercambios intrarramas (IEIB) de productos siderúrgicos con relación al conjunto del sector manufacturero, mostraron diferentes tendencias en los países industrializados. Por un lado, en Estados Unidos este tipo de comercio tendió a ser inferior al promedio del sector manufacturero. En Japón se situó cercano a la media, debido al incremento de sus importaciones de la región, pero comparables a Estados Unidos e inferiores a los países europeos. Los IEIB de los países de la Comunidad Europea son comparables a otras industrias manufactureras y superiores a otros países; este tipo de comercio tiene fundamentalmente una dimensión intracomunitaria; en el intercambio con Japón, estos índices son reducidos y de menor importancia *vis a vis* de Estados Unidos.

Así, los factores que durante los años ochenta favorecieron el comercio del acero son:

- el diferencial de costos entre países;
- las brechas entre las capacidades productivas y los niveles de consumo;

⁹⁴“Por intercambios intraempresa se entienden los intercambios internacionales de bienes y de servicios al interior de una empresa transnacional.” J.B. Kaesshafer, 1996, p. 341.

⁹⁵“Los intercambios intrarrama son los intercambios de bienes o de servicios que pertenecen a la misma categoría de los productos entre dos países. Ellos son generalmente función de la diferenciación de los productos y no son necesariamente intercambios intraempresas.” *Ibidem*, p. 342.

- la especialización de productos; y
- las instalaciones cercanas a los puertos.

Estos elementos continuaron teniendo vigencia durante los años noventa, aunque existen otras razones que provocan una relativa volatilidad de los intercambios comerciales del acero y sus productos. Tal es el caso de las crisis financieras, las cuales repercuten desfavorablemente en la actividad industrial.

En tercer lugar, las alianzas estratégicas (*joint ventures*), las adquisiciones o inversiones directas forman parte del proceso de globalización de la siderurgia (L.H. Lynn, 1988; W.E. Scheurman, 1990). La especialización en aceros más elaborados exigía a las empresas siderúrgicas realizar cuantiosas inversiones para desarrollarse tecnológicamente. Los empresarios buscaron asociarse con los inversores y establecer relaciones más estrechas con las industrias consumidoras con el fin de adaptarse a los cambios de su demanda (en especial la industria automotriz, también globalizada). La inversión en el extranjero obedeció a la necesidad de tener vínculos más estrechos con las industrias consumidoras. Además, los inversionistas encontraron beneficios derivados del bajo costo de materias primas y mano de obra, la evasión de tarifas arancelarias, los problemas derivados del tipo de cambio, la exención de algunos impuestos o las inversiones antipolución, entre otras (J.B. Kaesshafer, 1996). El importante flujo de inversiones realizadas ha sido posible gracias a nuevo marco jurídico, como antes señalamos.

Muchas empresas se han visto fortalecidas tecnológicamente y en términos de competitividad a la luz de las alianzas estratégicas, las adquisiciones o las inversiones en el extranjero. Al parecer, la competencia fundamental para los siderurgistas se presenta frente a los nuevos materiales (aluminio, plástico), que han sustituido parcialmente al acero y amenazan con hacerlo aún más. En esa preocupación, las empresas unen sus esfuerzos en materia de I&D y adquisición de maquinaria. La I&D en la siderurgia se orienta, más que a la invención de nuevos procesos, al mejoramiento de

la eficiencia de los actuales y a la diversificación de los productos siderúrgicos, optimizando la calidad y el precio. Adicionalmente se mejoran sus sistemas de entrega.

En Estados Unidos se ha expresado mayormente el proceso de globalización en la siderurgia, a través de alianzas estratégicas o adquisiciones. Especialmente, las empresas japonesas (Nippon, Sumitomo, NKK, Kobe, Kawasaki) han realizado cuantiosas inversiones, que van de un tercio de la inversión total de las empresas hasta el 100 por ciento, con el fin de dar asistencia técnica, mejorar la gestión de la tecnología (mantenimiento, economías de energía y control de calidad), modernizar maquinaria y realizar investigaciones conjuntas. Este proceso en Estados Unidos comenzó a principios de los ochenta, cuando los empresarios estadounidenses del acero se acercaron a los japoneses buscando transferencia de *conocimientos tácitos*, los cuales no son patentados.⁹⁶ Posteriormente a esta transferencia, se adicionó la participación en capital. Para los siderurgistas estadounidenses significaba una forma barata de adquirir tecnología y para los japoneses la posibilidad de desarrollar sus actividades en el mercado estadounidense. En efecto, los japoneses aprovecharon esta oportunidad para acercarse a las industrias consumidoras de acero, en especial la industria automotriz, que también se internacionalizaba. Pero otros países (Brasil, Corea, Canadá, Francia, Alemania, Países Bajos, Suiza, Austria, Suecia, España) a través de sus empresas siderúrgicas han ingresado al mercado estadounidense en las modalidades ya descritas (véase cuadro 6).

En la Unión Europea, el proceso de globalización por medio de *alianzas estratégicas* o adquisiciones ha ocurrido de manera fundamentalmente regional, aunque su participación se ha extendido a Asia y América del Sur. Es decir, las alianzas estratégicas y adquisiciones se han realizado esencialmente entre las empresas siderúrgicas de la comunidad europea, destacando de manera importante el consorcio del acero francés Usinor-Sacilor. El grupo Arbred de Luxemburgo participa en España (Aceralia), Alemania, Bélgica,

⁹⁶J.B. Kaesshafer, p. 344.

Cuadro 6

LA GLOBALIZACIÓN DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA, 1973-1994

Región-país	Tipo de inversión					
	Alianza estratégica		Adquisición		Nuevo establecimiento	
	Empresa	E. Extranjera Actividad % part.	Empresa	E. Extranjera Actividad % part.	Empresa	E. Extranjera Actividad % part.
TLCAN						
Canadá	Steelco	Mitsubishi (Jp) cr 40 Acerinox (Es)/Thyssen (All)	Courtois	Gerardou (Br) cr 100	Dofasco	NKK (Jp)/National EU cr 40/10
México	Merinox	sp 33/33				
Estados Unidos	Hylsamex	AK Steel (Us)	Sicarsa II (ISPAT Mexicana)	ISPAT (su/In)		Hocogovens (pb) n.d.
	Arco	Kawasaki (Jp) cr 50	Bethlehem	Usinor-Sacilor (Fr) cr 50	Estel	Klockner (All) Androssorbis (S) ds 100
	National	Marubeni/Mits/NKK (Jp) ds 56	Bethlehem	SAW-Pipe (In) cr 100	Klockner Namasco	Sumitomo(Jp) /Sandvik (Sd)
	National	NKK (Jp) ds 70	Inland	Nippon (Jp) cr 10	Pen Extruid Tube	Sumitomo (Jp) n.d.
	LTV	Mitsui (Jp) ds 33	Wheeling	Nisshin (Jp) cr 10	Seymour Tube	Arbed (Lx)/ Belgo-Mencia (Br) cr 100
	USX	Kobe (Jp) cr 50	Alloy et Stainless	Ucinor Sacilor (Fr) sp 100	TreflArbe d'Arkansas	
	USX	USS-POSCO (Co) cr 50	Auburn	Sumitomo (Jp) cr 100		

CUADRO 6 (Continuación)

Región-país	Tipo de inversión					
	Alianza estratégica		Adquisición		Nuevo establecimiento	
	Empresa	E. Extranjera Actividad % part.	Empresa	E. Extranjera Actividad % part.	Empresa	E. Extranjera Actividad % part.
	Pittsburgh	Nisshin (Jp) cr 80	Berg	Usinor-Sacilor (Fr) cr 65		
	Century Tube	Daiwa/Nippon (Jp) cr 100	Blake Steel Serv	Klockner (All) ds 100		
	Georgetown	Usinor-Sacilor (Fr) cr 50	Bliss et Laughin	Stelco (Cn) cr 40		
	Edgecomb Metals	Usinor-Sacilor (Fr) ds 100	California	Kawwasaki (Jp)/ CVRD (Br) cr 75		
	International Crankshaft	Sumitomo (Jp) cr 80	Difersified Steel Services	Krupp (All) ds n.d		
	Techalloy	Usinor-sacilor (Fr) sp 100	Interstate	Usinor-Sacilor (fr) ds 100		
	Worthington	Thyssen (All) ds 50	I&L specialty	Usinor- Sacilor (Fr) sp 100		
			Metalimphy Alloys	Usinor-Sacilor (Fr) sp 100		
			Metron	Usinor-Sacilor (Fr) ds n.d.		
			Michigan	Sumitomo (Jp) ds 80		
			Midrex Corp.	Kobe (Jp) cr 100		
			North American	Rautaruukki ds 35		
			Quantech	SSAB (Sd) ds 100		
			Slater	Dofasco (Cn) sp n.d.		
			Tamco	Tokyo Steel/ Mitsui (Jp) cr 50		
			Tennessee Metal	Usinor-Sacilor (Fr) ds 100		
			T.S. Alloys	British steel (RU) ds n.d.		
			Tuscaloosa	British Steel (RU) cr 100		
			Voest Alpine International	Voest Alpine (Au) n.d. n.d.		
			Western Tube	Sumitomo cr 75		
Unión Europea						
	Bélgica	Sidmar	Klockner (All) cr n.d.	Europrofil	Arbed (Lx)/ Usinor-Sacilor (Fr) cr 100	
		Sidmar	Arbed (Lx) cr 67	Fontainunion	Usinior Sacilor (Fr)	
	Dinamarca			Nordisk Simplex	Restaruukki (Fi) cr 100	
				Metacolor	Restaruukki (Fi) cr 100	
	Alemania	Thyssen	Hoogovens (PB) cr 25	Klockner	British Steel (RU) cr 100	Bregal Cotih (Jp) Rautaruukki (Fr) cr 25/25

CUADRO 6 (Continuación)

Región-país	Tipo de inversión					
	Alianza estratégica		Adquisición		Nuevo establecimiento	
	Empresa	E. Extranjera Actividad % part.	Empresa	E. Extranjera Actividad % part.	Empresa	E. Extranjera Actividad % part.
	Thyssen	Beltrane (I) cr 60	Klockner	C. Itoh (Jp) cr 5		
	Homberger Roberenwerke	Usinor-Sacilor (Fr) cr 50	Bregal	C. Itoh (Jp) cr 25		
			Krupp	National Iranian (Ir) cr/sp 25		
			Ancofer Feinsthal	Usinor-Sacilor (Fr) ps 61		
			Bauer & Schaurte	Usinor-Sacilor (Fr) cr 100		
			Bergrohr	Usinor-Sacilor (Fr) cr 50		
			Conti Systembau	Usinor-Sacilor (Fr) cr 100		
			Dillinger Huttenwerke	Usinor-Sacilor (Fr)/Arbed (Lx) cr 70-2.5		
			Drahtwerke St. Ingbert	Usinor-Sacilor (Fr) cr 100		
			Europipe	Usinor-Sacilor (Fr) cr 50		
			Hille & Muller	Hoogovens (PB) cr 100		
			Hoesch Rothe	Usinor-Sacilor (Fr) ps 100		
			Ludwig	Usinor-Sacilor (Fr) cr 100		
			Maxhutte Unterwellenborn	Arber (Lx) cr 100		
			Zeletel Coileo	Rautaruukki (Fi) cr 100		
			Saarstahl	Usinor-Sacilor (Fr) cr 70		
			Arl Fron	Rautaruukki (Fi) cr 100		
			Sprint Metal	Usinor-Sacilor (Fr) sp 100		
			Trefilarbed Drahtwerke	Usinor-Sacilor (Fr) cr 100		
Italia			ILVA	Usinor-Sacilor (Fr) sp 51		
			Bedini	Usinor-Sacilor (Fr) sp 100		
			Castelli Acciai	Usinor-Sacilor (Fr) sp 90		
			Castelli Inox	Usinor-Sacilor (Fr) sp 100		
			Ilo	Usinor-Sacilor (Fr) cr 100		
			Inox Tubi	Usinor-Sacilor (Fr) sp 100		
			Lutrix	Usinor-Sacilor (Fr) cr 24		
			Metico	Usinor-Sacilor (Fr) ds 100		

CUADRO 6 (Continuación)

Región-país	Tipo de inversión			
	Alianza estratégica		Adquisición	
	Empresa	E. Extranjera Actividad % part.	Empresa	E. Extranjera Actividad % part.
América Latina				
Argentina			Siderca	ILVA (I) cr 11
			SOMISA	USIMINAS (Br) cr n.d.
Brasil	CST	Kawasaki (J)/ILVA (I) 25/25 cr	Belgo-Mimel	Arbed (Lx) cr n.d.
			USIMINAS	Nippon (Jp) cr 12
Chile			Inds. Del Acero	Gerdau (Br) cr 100
			Siderúrgica	Gerdau (Br) cr 100
Trinidad y Tobago				n.d.
Uruguay			Inlasa	Gerdau (Br) cr 100
			Siderurgia Laisa	Gerdau (Br) cr 100
				Nuscor (Eg) cr 100

Fuente: Elaboración propia con base en J.B. Kaesshaefer, 1996.

n.d.: no disponible.

cr= aceros al carbón.

sp= aceros especiales.

Francia, Holanda y Brasil; y el grupo Riva realiza operaciones en Italia, Francia, España, Bélgica y Alemania.⁹⁷ En el Sudeste Asiático destaca la presencia de las empresas japonesas (NKK, Kobe, Nippon), coreana (POSCO) y alguna que otra europea (Usinor-Sacilor, Krupp, Ilva). En Sudamérica, los consorcios brasileños (USIMINAS, Gerdau) han extendido su participación a Argentina, Chile, Uruguay y Canadá; y recientemente, el grupo Gerdau incurrió en el mercado estadounidense, pero los japoneses (Nippon y Kobe) también tienen presencia en Brasil y Venezuela. Asimismo, la empresa francesa Usinor se asoció con la brasileña Acesita y estableció un acuerdo con la también brasileña Companhia Siderúrgica de Tubarao (CST) en 1999 a fin de exportar acero inoxidable de Brasil y ser procesado posteriormente en Francia por Usinor.⁹⁸ Asimismo, en México se han realizado *alianzas estratégicas* y adquisiciones. Por ejemplo, la empresa mexicana Merinox mantiene desde 1990 una alianza estratégica con las empresas Acerinox (España) y Thyssen (Alemania), con participación del capital de un tercio cada una. Recientemente esta alianza estratégica se redujo a Merinox y Thyssen. La empresa paracetatal SICARTSA II fue adquirida, en el marco de la privatización, por la empresa inglesa-hindú ISPAT. La siderúrgica AHMSA fue comprada por empresarios mexicanos, pero mantuvo acuerdos de cooperación con la empresa holandesa Hoogovens. Por su parte las siderúrgicas mexicanas han extendido su actividad a América del Sur. Hylsa adquirió 24.54 por ciento del capital de la empresa venezolana Sidor y el resto fue comprado por una empresa argentina, una brasileña y otra venezolana. En 1998 Hylsamex estableció una alianza estratégica con la empresa estadounidense AK Steel con el fin de complementar sus actividades comerciales en sus respectivos países. Lo anterior ilustra la forma como se ha registrado la globalización de la industria siderúrgica (véase cuadro 6).

⁹⁷R. de Andraca, "Internacionalización siderúrgica: ¿cómo afectará al comercio?", *Acero Latinoamericano*, núm. 458, Santiago de Chile, enero-febrero del 2000, p. 43.

⁹⁸"El grupo Usinor es hoy el mayor productor de aceros no planos y el segundo en importancia en aceros planos inoxidables", *Acero Latinoamericano*, núm. 455, Santiago de Chile, julio-agosto de 1999, p. 27.

Reflexiones en torno a la regionalización

En el contexto de la globalización, grandes firmas transnacionales de los países industrializados han orientado su actividad hacia la integración regional (Unión Europea). Esta tendencia se ha extendido incluso a los países en desarrollo (Mercosur) o países con desarrollos desiguales (TLCAN).

Contrariamente a la globalización, la regionalización es considerada como un proceso centrípeto. Las empresas transnacionales vislumbran en la integración regional el desarrollo potencial de zonas económicas, en la medida en que los países integrantes complementan sus recursos, sus especializaciones, sus economías de escala, la fluidez del comercio (intraempresa, interrama e intrarrama) e incluso, de capital humano, con el libre tránsito de la población en los países de la región. El fortalecimiento de la región económica tiende a estimular el crecimiento de los países, lo cual a su vez, contribuye a nuevos flujos de inversión y establecimiento de alianzas estratégicas extrarregionales, y con ello, se consolida el proceso de globalización.

En los procesos de integración regional es fundamental la creación de acuerdos institucionales que contribuyan a eliminar aquellos factores económicos, políticos y jurídicos, que obstaculizan el crecimiento de la competencia productiva y comercial. Aunque también pueden ocurrir procesos de integración de facto, sin que necesariamente existan acuerdos reglamentados, tal como se constata en los países asiático. Los gobiernos de los países de la región son los que suscriben las iniciativas de los agentes microeconómicos, y en esa medida la regionalización adquiere dimensiones políticas. La decisión de integrarse a una región es tomada al calor de la confrontación entre las diversas fuerzas políticas al interior de la nación. Algunos grupos políticos al interior de los países consideran que la integración regional atenta contra la soberanía nacional, por lo que a menudo se oponen a la integración formal. Las políticas de regionalización son justificadas por los gobiernos como una necesidad de crear bloques comerciales, en algunos casos con una herencia cultural común; asi-

mismo, desarrollar vínculos estrechos que tiendan hacia la paz y la prosperidad (R. Devlin y R. Ffrench-Davis, 1999).

Los procesos de regionalización pueden tener diferentes niveles de objetivos y, por tanto, diferentes niveles de integración. La profundidad de la integración regional está en gran medida relacionada a la dimensión política que las naciones quieran atribuirle al proceso. A continuación mencionamos estos niveles:⁹⁹

- acuerdo de una zona de libre comercio de bienes, con una eliminación progresiva de aranceles generalizada en el comercio de los países socios;
- acuerdo de una zona de libre comercio que además de los bienes incluye servicios o incluso reglas, adicionales de la OMC en otras zonas comerciales relacionada;
- creación de una unión aduanera con un arancel externo común que proteja al mercado subregional liberalizado, implicando en algunos casos la cesión de parte de soberanía ante una política comercial; y
- creación de un mercado común con libre movimiento de los factores de la producción.

Los acuerdos de una zona de libre comercio o de integración regional tienen un conjunto de ventajas y desventajas. Entre las ventajas están, primeramente, los acuerdos recíprocos que formalizan una liberalización permanente, estableciendo el control y la anticipación del comercio entre los países socios. Esta estrategia recíproca entre países supone un estímulo del crecimiento estable de la actividad económica y de las inversiones, a diferencia de la liberalización unilateral de importaciones. La segunda ventaja reside en el hecho de que los acuerdos comerciales aseguran que las reformas políticas y comerciales no sean reversibles, lo cual contribuye a eliminar o reducir la incertidumbre de los inversionistas; asimismo, los acuerdos influyen en el desarrollo de los procesos democráticos de las naciones, lo cual también da confia-

⁹⁹ *Idem.*

bilidad a los inversionistas. La tercera ventaja se expresa en la complementariedad de los mercados que hace posible la mejoría de la eficiencia productiva y el crecimiento económico. La existencia de rendimientos crecientes hace más rentable una producción a mayor escala y justifica la apertura de los mercados. Si la diversificación favorece tanto la satisfacción del consumidor como la eficiencia del sistema productivo, entonces la apertura de los intercambios, en el marco de los acuerdos regionales, favorecerá el crecimiento (P. Villa, 1996). Es justamente en este tipo de productos que la integración regional resulta una medida potencial para diversificar el incremento de las exportaciones y mejorar la aportación del comercio al desarrollo, pese a las distorsiones en los mercados mundiales (R. Devlin y R. French, 1999). La cuarta ventaja se expresa en el ámbito laboral y tecnológico. La actividad exportadora en productos no tradicionales puede influir a superar los rezagos en términos de capacitación laboral y de desarrollo tecnológico en las industrias exportadoras de productos especializados o diversificados. En el marco de la integración regional también se fomenta la creación de infraestructura.

La regionalización de la siderurgia

Las políticas regionales aplicadas a la industria siderúrgica de los países de la Comunidad Europea –hoy Unión Europea– fueron proteccionistas durante el periodo de crisis desde mediados de los setenta hasta mediados de los ochenta, y contribuyeron a homogeneizar criterios para la reestructuración, el cambio tecnológico y la especialización. A medida que se desarrolló el proceso de globalización de la siderurgia, las políticas regionales reforzaron la liberalización de la inversión, del comercio, la innovación tecnológica y la privatización.¹⁰⁰ Las empresas siderúrgicas en los países de

¹⁰⁰ El año de 1989 es considerado fecha simbólica del comienzo del proceso de globalización en la siderurgia. En este año el 26 por ciento de la producción total de acero fue objeto de intercambio comercial. Ocho años después, en 1997, la participación del comercio aumentó a 38 por ciento de la producción (R. Andraca, *op. cit.*, p. 43).

la Unión Europea consideran actualmente que la competencia fundamental no es entre siderurgistas, sino entre el acero y los nuevos materiales (el aluminio y el plástico). Bajo esa lógica, destinan recursos y esfuerzos a la investigación y desarrollo para innovar sus productos en función de las necesidades de los usuarios.

La formación de la zona de libre comercio en América del Norte favorece el incremento los intercambios intrarregionales de los productos siderúrgicos, un mejor aprovechamiento de los recursos de la región, el progreso tecnológico y la mejoría de la competitividad. Las industrias siderúrgicas estadounidense y canadiense registran frente a México ventajas tecnológicas. Pese a la brecha tecnológica y de productividad, para las empresas mexicanas, la apertura comercial representa un desafío de crecimiento, de desarrollo tecnológico y de competitividad.

En los países asiáticos la regionalización en la siderurgia ocurre *de facto*. En especial, en el contexto de las formas que asume la globalización de esta industria, la inversión extranjera, las fusiones y las alianzas estratégicas, las industrias siderúrgicas han logrado una integración regional.

TENDENCIAS DE ESPECIALIZACIÓN DE LOS PAÍSES PRODUCTORES DE ACERO

LA GLOBALIZACIÓN de las actividades siderúrgicas se ha acompañado también de acuerdos comerciales y de integración regional entre países, que fortalecen la especialización de la producción y la comercialización. El tipo de especialización siderúrgica se asocia a las estrategias de desarrollo económico de los países. Tal especialización depende de los niveles de competitividad costo-precio de las empresas siderúrgicas, incluida la productividad y, de manera determinante, de la competitividad tecnológica, es decir, de las ventajas competitivas derivadas de la actividad innovativa de las empresas.

En este apartado analizamos las tendencias de especialización regional de 1980 a 1998. Nos referimos a regiones para todo el

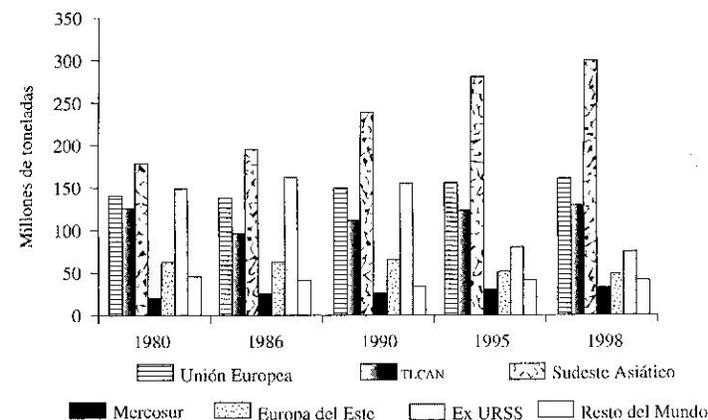
periodo, pese a que a principio de los ochenta muchas de ellas no estaban conformadas como tales, o algunas operaban de facto: Unión Europea (UE), Sudeste Asiático (SA),¹⁰¹ Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), Mercado del Cono Sur (Mercosur), países del ex bloque socialista y países de Europa Oriental. En el caso del Sudeste Asiático, región no constituida de *jure*, consideramos los datos de todos los países asiáticos y en algunos casos sólo nos referimos a Japón y Corea (dos de los países de mayor actividad siderúrgica de Asia). Primeramente, revisamos las tendencias de producción, consumo, y la intensidad de utilización de acero en el PIB de las diferentes regiones. Enseguida examinamos cuáles son las tendencias comerciales (exportaciones e importaciones). Finalmente analizamos como se perfila la especialización de productos por región.

Entre 1980 y 1998 observamos tres tendencias de crecimiento en la producción de acero bruto. Primeramente, el Sudeste Asiático y el Mercosur registraron un crecimiento promedio anual sustantivo (2.9 por ciento respectivamente), pero de mucha mayor magnitud en el Sudeste Asiático en términos absolutos. En efecto, la región asiática destaca por su volumen de producción, el cual en 1998 representó 38.4 por ciento de la producción mundial. La segunda se caracteriza por un ínfimo crecimiento en la Unión Europea y el TLCAN (0.7 y 0.1 por ciento). Estas regiones, después de reducciones de producción en los años ochenta, lograron recuperar ligeramente su volumen de producción inicial. Finalmente, los países de Europa Oriental y los países de la ex URSS disminuyeron drásticamente durante los años noventa su nivel de producción. Así, entre 1980 y 1998, la producción de acero en los países de la ex URSS disminuyó la mitad en términos absolutos y en los países de Europa del Este casi una cuarta parte (véase gráfica 2).

Al observar el volumen de Consumo Aparente de acero acabado por regiones de 1998 con respecto a 1980 (véase gráfica 3), nos

¹⁰¹ Denominamos Sudeste Asiático al conjunto de países del Extremo Oriente, donde Japón, Corea y China tienen el mayor peso en la producción siderúrgica de la región. Pero también se incluyen a países como la India.

GRÁFICA 2
PRODUCCIÓN DE ACERO BRUTO POR REGIONES
(Millones de toneladas)



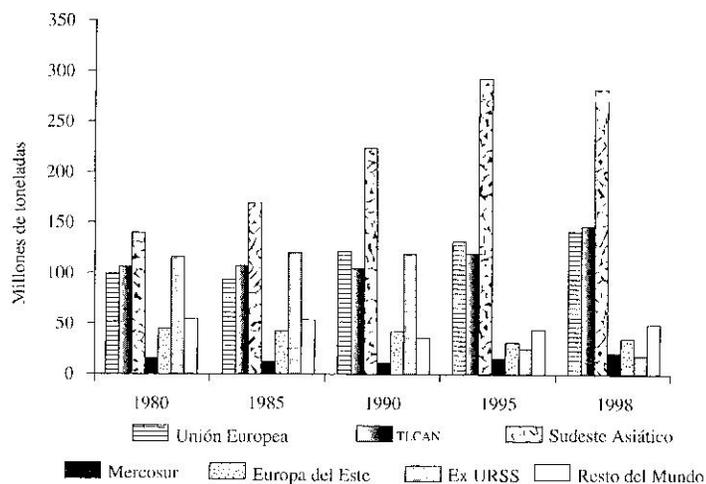
Fuente: Elaboración propia con base en IISI, Bruselas, varios años.

percatamos de un importante incremento (4 por ciento promedio anual) en el Sudeste Asiático. Esta tendencia se explica en gran parte por el aumento de la demanda de Corea del Sur (16.9 por ciento promedio anual), cuatro veces superior a la registrada en la región asiática. Esta región registra en 1998 un descenso de la demanda de acero con respecto a 1995, asociado a la crisis financiera vivida en los últimos dos años. Las regiones de la Unión Europea, el TLCAN y el MERCOSUR mejoraron sus niveles de consumo, lo cual no ocurre con los países de Europa Oriental y los países de la ex URSS.

Sin embargo, al considerar la intensidad del acero en el PIB,¹⁰² se registra una reducción en todas las regiones (véase gráfica 4), desde luego de mayor magnitud en los países de Europa Oriental y la ex URSS. Esta tendencia se vincula entre otros factores al cam-

¹⁰² El consumo de acero terminado se expresa en gramos por dólar de Estados Unidos a precios de 1980. CEE/ONU, 1994.

GRÁFICA 3
CONSUMO APARENTE DE ACERO TERMINADO
POR REGIONES
(Millones de toneladas)

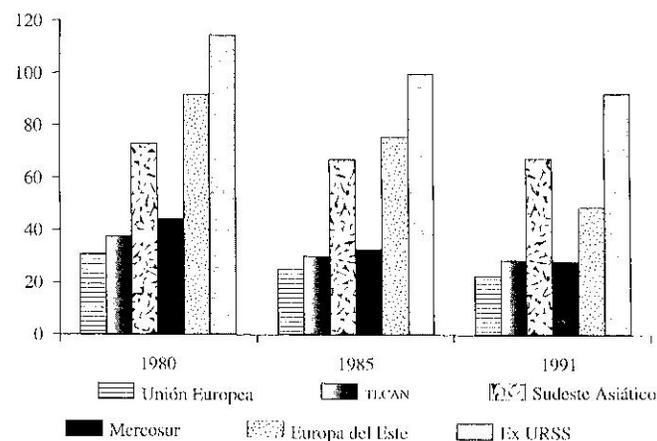


Fuente: Elaboración propia con base en IISI, Bruselas, varios años.

bio estructural registrado en la última década en muchos países, en el cual las industrias que conforman el nuevo paradigma tecnológico (aeronáutica, farmacéutica, electrónica, etcétera) aumentaron su participación en el PIB manufacturero, en detrimento de las industrias tradicionales como la siderurgia (véase OCDE, 1992b). Además, la presencia de otros materiales sustitutos del acero contribuyó a esta disminución. Al comparar la evolución de la intensidad de la utilización del acero en el PIB y la participación en el PIB mundial de la formación bruta de capital fijo en la década de los ochenta se constata la pérdida de dinamismo del primer indicador. En el Sudeste Asiático, Corea del Sur es la excepción, pues ahí, lejos de disminuir, este indicador se eleva de forma sustantiva.

La existencia de una fuerte demanda neta de bienes que contienen acero, tales como los vehículos automotrices y los aparatos

GRÁFICA 4
INTENSIDAD DE LA UTILIZACIÓN DEL ACERO
CON RELACIÓN AL PIB POR REGIONES
(Porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con base en CIEB-ONU, 1994.

electrónicos, hizo que la República de Corea y el Japón sean dos de los países que registran una fuerte intensidad de la utilización del acero en el PIB (CIEB-ONU, 1994, p. 60).

En efecto, Corea registró en 1989 una producción de automóviles 8.9 veces mayor que en 1980, lo cual repercutió favorablemente en el consumo de acero. La construcción naval, otra industria fuertemente consumidora de acero, quintuplicó su producción en el mismo periodo. Entre los países de la UE, sólo Grecia y Turquía aumentaron este indicador.

El consumo de acero por productos siderúrgicos registró transformaciones durante la década de los ochenta en las diferentes regiones y particularmente en los países industrializados. En la Unión Europea y Estados Unidos aumentó la importancia relativa de productos planos en el total de consumo de acero por productos. En particular, creció la demanda de planchas revestidas por parte de la

industria automotriz. Esta industria y las de fabricación de maquinaria consumieron tres quintas partes del acero. Las grandes inversiones en Estados Unidos se realizaron para la producción de este tipo de aceros especiales. Japón participó de tales inversiones en el país de América del Norte, a fin de atender las necesidades de producción de automóviles de sus plantas en ese país, que de casi cero en 1980 pasó 1.3 millón de unidades en 1990 (CEE-ONU, 1994, p. 90). En Japón se registró una mayor demanda de productos planos, en especial de acero pesado y de gran resistencia mayor que en la UE y en Estados Unidos, debido al incremento del consumo en la industria de la construcción, en particular, por las exigencias derivadas de la frecuencia de los temblores.¹⁰³ En el cuadro 7 se

CUADRO 7
PROPORCIÓN DEL CONSUMO DEL ACERO POR SECTORES
UTILIZADORES, SEGÚN PAÍSES SELECCIONADOS
(Porcentaje)

Países-regiones	Fabricación	Construcción	Otros	Total
<i>UE</i>				
1980	60.3	16.5	23.2	100.0
1992	58.5	19.7	21.8	100.0
<i>Francia</i>				
1980	64.1	26.4	9.5	100.0
1992	61.2	31.8	7.0	100.0
<i>Japón</i>				
1980	43.2	39.5	17.3	100.0
1992	43.2	45.8	11.0	100.0
<i>Corea</i>				
1980	38.9	51.1	10.0	100.0
1992	48.8	41.2	10.0	100.0
<i>Brasil</i>				
1980	69.6	28.2	2.2	100.0
1992	61.0	9.0	30.0	100.0

Fuente: CEE-ONU, 1994.

¹⁰³ Véase IISI, *Preparing the future: Steel for Safer Living, Akashi Straits Suspension Bridge*, Manabu Ito, Bruselas, 1993.

observa la importancia que tiene para Japón y Corea el sector de la construcción en el consumo de acero. Entre los aceros planos, los planchones revestidos fueron especialmente demandados.

Las inversiones extranjeras directas en el sector siderúrgico parecerían haber reducido el nivel de intercambio comercial; sin embargo, las cifras mundiales muestran lo contrario. En efecto, el comercio mundial del acero terminado registró una tasa de crecimiento promedio anual de 3.9 por ciento entre 1980 y 1997 (IISI, 1999). Tal como apuntamos anteriormente, el incremento del flujo comercial se explica, en el contexto de la globalización de la siderurgia, por el aprovisionamiento de los minerales de hierro y carbón del extranjero y la importación de aceros semiterminados de los países industrializados, y aceros especializados y con mayor valor agregado por parte de los países en desarrollo. Veamos cuáles son las tendencias del comercio del acero por región.

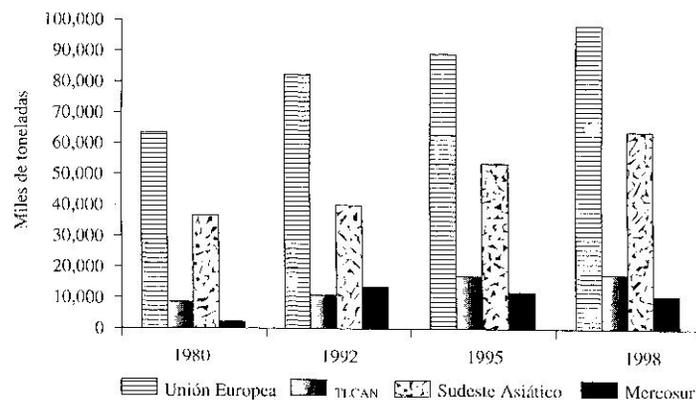
Exportaciones

La región con mayor volumen de intercambio comercial de acero entre 1990-1998 ha sido la Unión Europea (véase gráfica 5). Sus exportaciones representaron más de un tercio del total mundial en 1998. Dichas exportaciones se explican fundamentalmente por el comercio intrarregional. Casi tres quintas partes de las exportaciones de esta región europea corresponden a Alemania, Bélgica-Luxemburgo y Francia.¹⁰⁴

La segunda región en importancia por su volumen de exportaciones de productos siderúrgicos es la del Sudeste Asiático, donde destaca Japón. Sin embargo, la participación de esta zona en las exportaciones mundiales de acero disminuyó particularmente desde la segunda mitad de los ochenta, debido a Japón, pese al incremento de otros países de la zona. La reducción de exportaciones de productos siderúrgicos japoneses está asociada por un lado a la apreciación del yen, y, por el otro lado, a la creciente participa-

¹⁰⁴ En 1997 Alemania, Bélgica-Luxemburgo y Francia exportaron respectivamente 23.7, 16.5 y 14.9 millones de toneladas de acero (IISI, 1999).

GRÁFICA 5
EXPORTACIONES DE ACERO TERMINADO POR REGIONES
(Miles de toneladas)



Fuente: Elaboración propia con base en IISI, Bruselas, varios años.

ción de las empresas japonesas en sus homólogas estadounidenses a través de alianzas estratégicas, sociedades comunes, nuevas inversiones, adquisiciones, tal como se aprecia en el cuadro 6. Este hecho contribuyó a la reducción de exportaciones niponas de acero hacia el país de América del Norte. El interés de las firmas siderúrgicas japonesas en las empresas estadounidenses se explica por la relocalización de los centros de la producción de la industria automotriz hacia este país. Corea y China se han convertido en dos países importantes, países exportadores de acero, con alrededor de 11.7 y 8.8 millones de toneladas respectivamente en 1997.

En la región del TLCAN las exportaciones de productos de acero terminado sólo representaron 5.3 del total mundial en 1980 y 1992 (IISI, 1997). En la segunda mitad de los ochenta los productos siderúrgicos estadounidenses perdieron competitividad y su recuperación ocurre hasta los primeros años noventa. En el caso de Estados Unidos la mejoría de competitividad se asoció a la devaluación del dólar y se reflejó en la disminución de la balanza deficitaria. El sustantivo crecimiento de las exportaciones de la zona de América

del Norte en 1995 se asocia al relevante incremento de comercio intrarregional.¹⁰⁵

La importancia exportadora de acero del Mercosur se explica esencialmente por Brasil, quien de 1980 a 1997 registró una tasa de crecimiento promedio anual de sus exportaciones de 9.3 por ciento y en este último año sus exportaciones representaron 3.6 por ciento del total mundial, más de un tercio de su producción.

En lo que refiere a la región Europa Oriental el nivel de exportaciones fue relativamente estable durante los ochenta, disminuyó a principios de los noventa y, se recuperó desde mediados de los noventa; en 1998 sus exportaciones contribuyeron con una décima parte del total mundial.

En cambio, los países de la ex URSS, ahora Comunidad de Estados Independientes (CEI) registran un drástico crecimiento de las exportaciones durante los noventa, con una tasa promedio anual de 15.2 por ciento de 1992 a 1998. Los enormes excedentes de acero de los países de la ex URSS, tales como Ucrania y Rusia, se explican por la magnitud de la crisis económica que se vive en esta región en el periodo mencionado. En consecuencia, tales excedentes han sido orientados hacia los mercados de otras regiones, pero, haciendo uso de prácticas desleales de comercio.¹⁰⁶ Inicialmente las exportaciones se dirigieron hacia países de la Unión Europea y Estados Unidos. Sin embargo, estos países han bloqueado paulatinamente las exportaciones provenientes de Ucrania y Rusia. Actualmente son los países latinoamericanos, con un sistema de protección muy deficiente, quienes han visto afectados sus mercados y precios por la invasión de productos siderúrgicos de los países de la CEI.

El análisis de las exportaciones por grupo de productos del acero en los países y las regiones, nos muestra dos tendencias de especia-

¹⁰⁵En 1995 las exportaciones intrarregionales en el TLCAN representaron 58.8 por ciento del total de las exportaciones de la región, en 1997 el porcentaje ascendió a 76.2 por ciento (IISI, varios años).

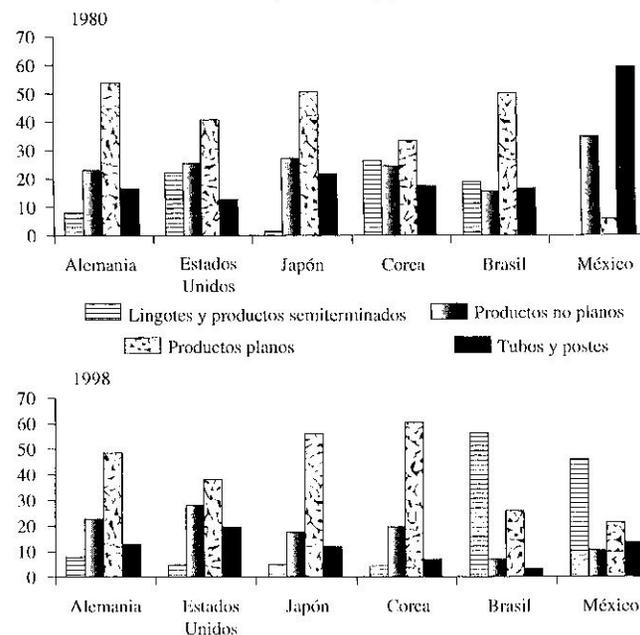
¹⁰⁶Se han registrado numerosas quejas de prácticas de comercio desleal en los productos siderúrgicos de Ucrania porque es una industria que recibe subsidios y no paga impuestos (*Acero Latinoamericano*, núm. 455, julio-agosto de 1999).

lización. En la primera se identifican los países, generalmente industrializados, que han orientado sus exportaciones hacia productos de mayor valor agregado (productos planos y no planos). En la segunda están los países en vía de industrialización o del ex bloque socialista, en los cuales las exportaciones de lingotes y semiproductos tienen aún un peso significativo, especialmente en los años noventa.

Así, en los países de la Unión Europea y el TLCAN, con excepción de México, y en Japón y Corea, en el Sudeste Asiático, cobran una mayor importancia relativa las exportaciones de productos planos en detrimento de productos no planos y tubos y postes durante los años noventa. Esta tendencia de especialización fue mayor en la región del Sudeste Asiático, donde las exportaciones de aceros planos en la última década fueron alrededor de dos tercios. En contraste, en la Unión Europea rebasó al 50 por ciento y en la región de TLCAN un tercio en 1998 (véase gráfica 6). En el caso de Corea resulta interesante el cambio de especialización en sus exportaciones. En efecto, a principios de los ochenta una cuarta parte de las exportaciones de productos siderúrgicos de Corea fueron lingotes y semiproductos y un tercio de productos planos; doce años después, las exportaciones de los primeros productos pasaron a ser marginales y se duplicó la importancia de los productos planos. En 1998 Corea registra dos tercios de las exportaciones en productos planos. Entre los países de la Unión Europea, destacan Bélgica-Luxemburgo, Italia y en menor medida Francia y Alemania en las exportaciones de los productos planos. Por su parte, España se orienta más a las exportaciones de aceros no planos y en menor medida Reino Unido (consúltese el cuadro 12 del anexo).

Entre los países con una importante participación en las exportaciones de lingotes y semiproductos en 1998 identificamos a los países de la CBI (ex URSS), Brasil y México (véase gráfica 6). Brasil, a diferencia de los otros dos países, mantuvo en 1992 dos quintas partes de exportaciones de productos planos, pero en los años posteriores las exportaciones de lingotes y productos semiterminados cobraron mayor importancia relativa (62 por ciento), desplazando así a los planos (28.2 por ciento). México, socio comercial de Esta-

GRÁFICA 6
PARTICIPACIÓN DE LAS EXPORTACIONES POR GRUPO DE PRODUCTOS DE ACERO SEGÚN REGIONES Y PAÍSES (Porcentaje)



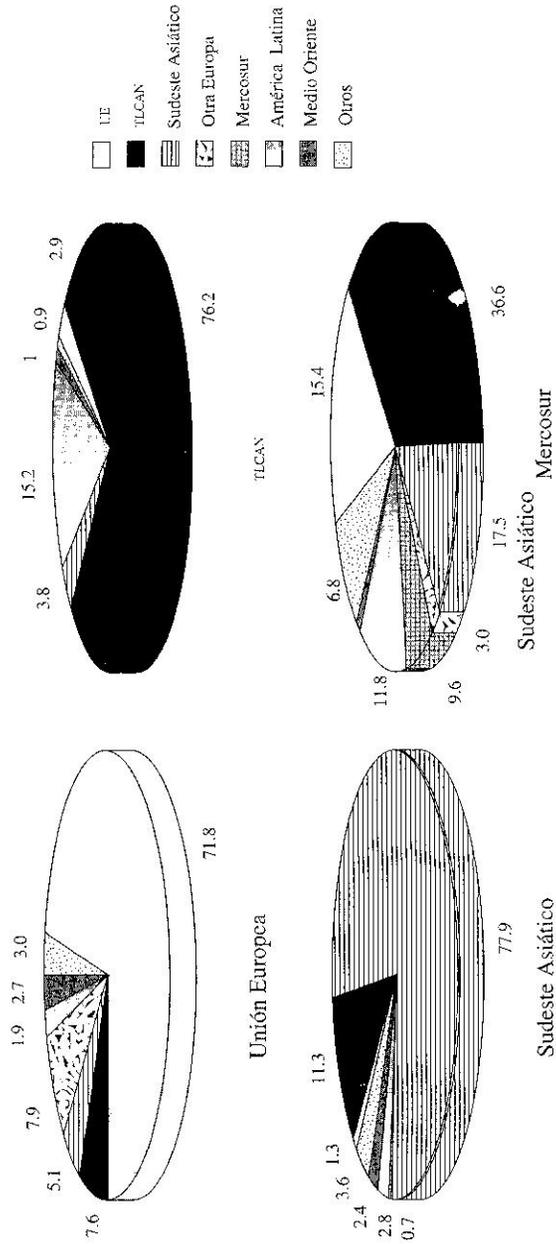
Fuente: Elaboración propia con base en International Iron & Steel Institute, Bruselas, varios años.

dos Unidos y Canadá, incrementó sus exportaciones de productos planos, pero los lingotes y semiproductos constituyeron la mitad de sus exportaciones siderúrgicas, las cuales tuvieron como destino principal Estados Unidos.

La importancia de las regiones en los intercambios comerciales del acero se constata al analizar el destino de las exportaciones (véase gráfica 7) y el origen de las importaciones. La tendencia hacia la regionalización se asocia a los intercambios intraempresas en el marco de la inversión extranjera, de las fusiones entre empresas de la región o de alianzas estratégicas, formas en las que

GRÁFICA 7

DESTINO DE LAS EXPORTACIONES DE ACERO POR REGIONES, 1997
(Porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con base en International Iron & Steel Institute, Bruselas, 1999.

se expresa la globalización y que refuerzan las tendencias de especialización. La Unión Europea ha sido la zona de mayor cooperación e integración regional. Su comercio intrarregional de exportaciones de acero en 1980 superaba la mitad de sus exportaciones totales. Esta tendencia se fortaleció en los años posteriores, logrando 71.8 por ciento de intercambio intrarregional, cifra que representó más de la cuarta parte del comercio mundial, siendo de mayor magnitud en Bélgica-Luxemburgo y los Países-Bajos. En lo que refiere a las importaciones, el comercio intrarregional es aún mayor (80.6 por ciento). Evidentemente, la especialización por países, así como el establecimiento de alianzas estratégicas y las fusiones contribuyeron a reforzar el comercio intrarregional, e incluso intraempresa.

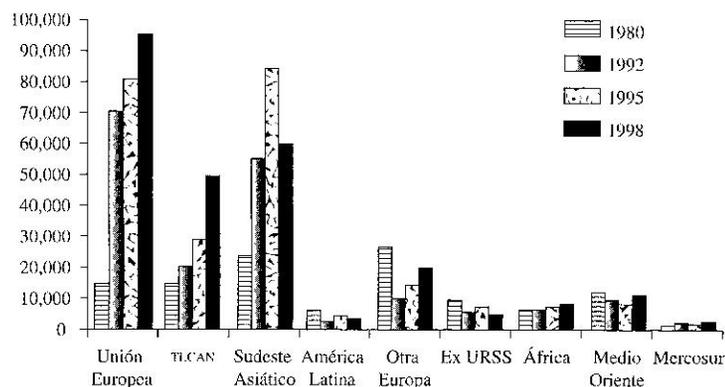
Las otras dos regiones donde creció el flujo comercial intrarregional son el Sudeste Asiático y el TLCAN, particularmente en los años noventa (véase gráfica 7). En especial, los países de América del Norte registraron un incremento en las exportaciones intrarregión después de la firma del TLCAN. Pero también en los países del Sudeste Asiático el comercio intrarregional creció durante los noventa a la luz de los procesos de globalización y regionalización. Así, en las tres regiones conocidas como la Triada, el comercio intrarregional del acero ha cobrado importancia. En el Mercosur el comercio intraregional no es significativo. Brasil ha diversificado sus mercados de exportación. En 1980 el principal destino de sus exportaciones de acero fue Estados Unidos (TLCAN 43.5 por ciento), pero en 1992 se orientó hacia el Sudeste Asiático (cerca del 50 por ciento) y disminuyó las exportaciones hacia el TLCAN, hacia su región y en general hacia el resto de América Latina. La crisis asiática obligó a orientar nuevamente sus exportaciones hacia el mercado del TLCAN y América Latina, con el agravante de la invasión de productos provenientes de Ucrania y Rusia.

Importaciones

En tres regiones el volumen de importaciones aumentó considerablemente en las dos últimas décadas, explicado en gran medida

por el comercio intrarregional. En la Unión Europea y el TLCAN las importaciones se duplicaron de 1980 a 1995 y en el Sudeste Asiático se triplicaron. En las otras regiones las importaciones disminuyeron en el mismo periodo. La gráfica 8 ilustra estas tendencias. Entre 1995 y 1998 ocurre un conjunto de fenómenos económicos que modifican las tendencias de importación de las regiones. Los dos casos de mayor contraste son el TLCAN por un lado, y del otro, el Sudeste Asiático. Los países de América del Norte reportan en conjunto un crecimiento promedio anual de 20 por ciento de las importaciones de productos de acero terminados. Este hecho se asocia esencialmente al crecimiento la economía estadounidense en los últimos años, que ha afectado favorablemente la demanda de estos productos. En contraste, la región del Sudeste Asiático disminuyó sustantivamente sus importaciones siderúrgicas debido a la fuerte crisis financiera que afectó los diferentes ámbitos de sus economías y, por tanto, deprimió la demanda del acero. Particularmente, en Corea la reducción fue especialmente drástica; se dejaron de importar en 1998, 7.5 millones de toneladas de aceros terminados con respecto a 1995, es decir una reducción

GRÁFICA 8
IMPORTACIONES DE ACERO TERMINADO POR REGIONES
(Miles de toneladas)



Fuente: Elaboración propia con base en IISI, Bruselas, varios años.

anual de 30.7 por ciento. La Unión Europea y el Mercosur registran ambos crecimiento de las importaciones.

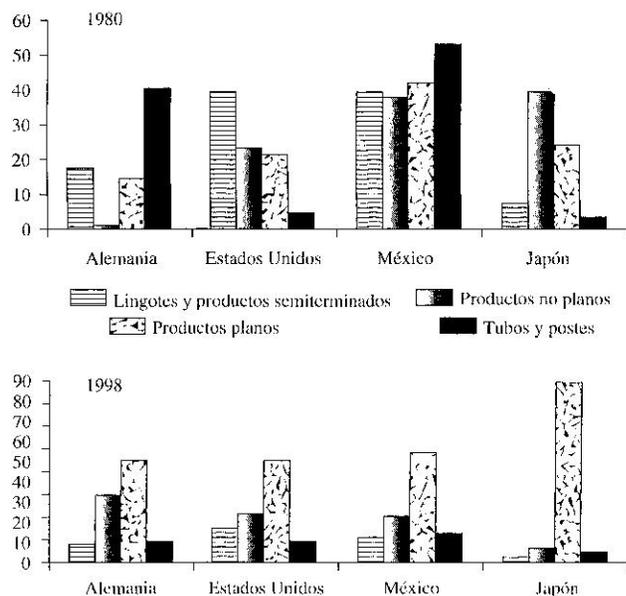
La penetración de las importaciones de los productos siderúrgicos en el grupo de los países G7 registró en 1988 un mayor porcentaje en los países europeos y representó un poco más de la cuarta parte del consumo y fue superior a lo logrado 1980. En Japón, la penetración de las importaciones fue poco significativa en 1980 y 1988 (0.8 y 2.7 por ciento).¹⁰⁷

Las tendencias de importaciones por grupo de los productos del acero en regiones y países en 1980 y durante los años noventa muestran un nivel relativamente mayor de importaciones de productos planos en la mayoría de las regiones, lo cual seguramente se explica por los intercambios intrarregionales. En la Unión Europea no ocurren cambios importantes durante las décadas de los ochenta y los noventa. Pero sí los hay en Japón y Estados Unidos. En Japón, por un lado, se reducen las importaciones de productos planos en 1992, probablemente debido a la relocalización de sus plantas automotrices en el extranjero y principalmente en Estados Unidos. Por otro lado, se incrementan las importaciones de productos plano en virtud de la creciente demanda de estos productos en el sector de la construcción, como señalamos anteriormente. Aunque desde mediados de los noventa Japón aumenta de manera considerable sus importaciones de productos planos, Estados Unidos aumentó el nivel relativo de importaciones de aceros planos y disminuyó el de tubos y postes (véase gráfica 9).

En lo que refiere al origen de las importaciones (véase gráfica 10) advertimos que cuatro quintas partes de las importaciones

¹⁰⁷ La penetración de las importaciones es el promedio de las importaciones en relación a la demanda interior total (producción más importaciones menos exportaciones) en el conjunto del sector manufacturero, en un grupo de industrias o en una industria dada en el seno de los 13 principales países de la OCDE. Este indicador, expresado bajo la forma de porcentaje, varía de 1 a 100. Cuando éste tiende hacia 0, las importaciones no representan más que una fracción insignificante de la demanda, la cual es satisfecha casi integralmente por la producción nacional. Cuando el promedio tiende hacia 100, las importaciones cubren casi la totalidad de la demanda en un sector o un grupo de industrias dadas" (OCDE, 1994, p. 101).

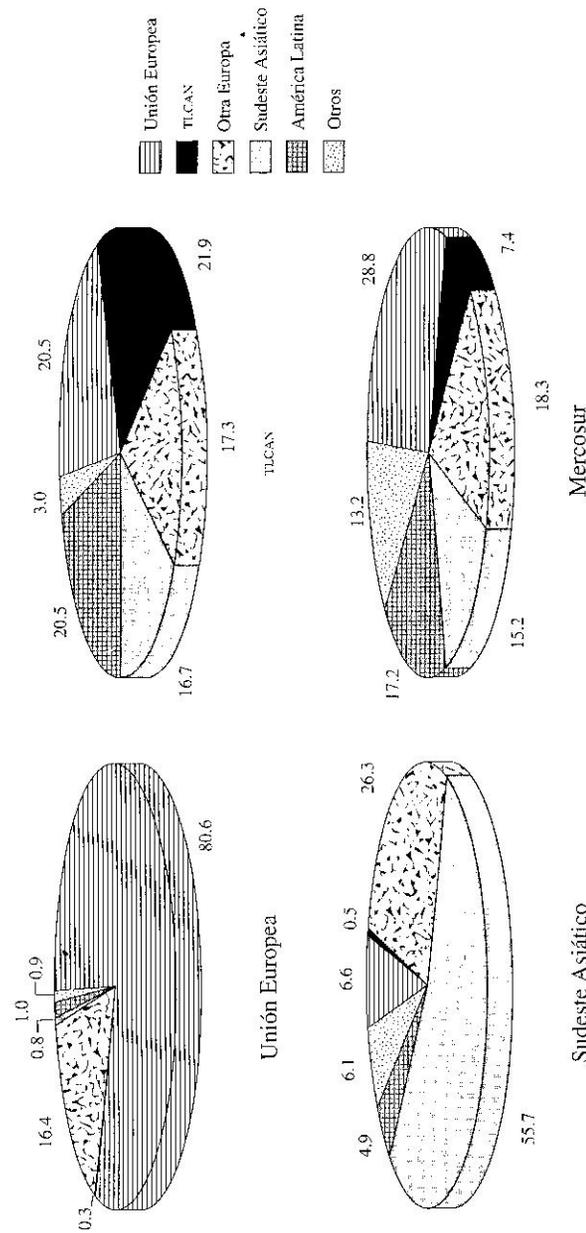
GRÁFICA 9
PARTICIPACIÓN DE LAS IMPORTACIONES POR GRUPO DE PRODUCTOS DE ACERO SEGÚN PAÍSES SELECCIONADOS (Porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con base en ISI, Bruselas, varios años.

de la Unión Europea en 1997 provinieron de los mismos países de la región. En el Sudeste Asiático el origen de la más de la mitad de las importaciones provino de la misma región y más de una cuarta parte de Europa Oriental, incluyendo los países de la CEI, lo cual corrobora la importancia del comercio intrarregional. En cambio, en la región del TLCAN las importaciones fueron abastecidas en 1997, de manera diversificada, por la misma región, la Unión Europea y América Latina en alrededor de una quinta parte cada una, y en una proporción menor del Sudeste Asiático y de Europa Oriental. En el Mercosur también el origen fue muy diverso. En esta región destacan las importaciones de los países de la UE

GRÁFICA 10
ORIGEN DE LAS IMPORTACIONES DE ACERO POR REGIONES, 1997

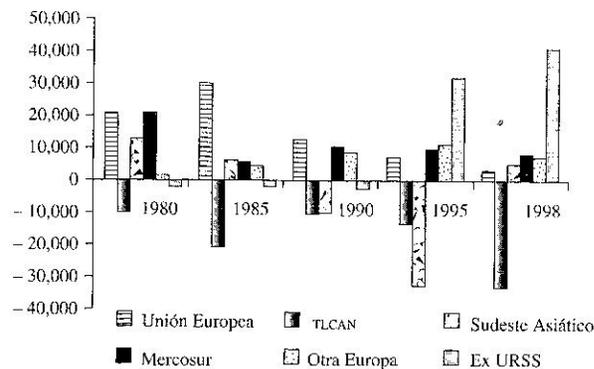


Fuente: International Iron & Steel Institute, Bruselas, varios años.

y se explican por las alianzas estratégicas que hay de Brasil y Argentina con los países de la Unión Europea.

Otro indicador que nos da una idea del desempeño y especialización siderúrgico de los países son las exportaciones netas de acero, rubro en el cual se consideran exportaciones e importaciones. La Unión Europea es la región de mayor volumen de exportaciones netas durante los ochenta y los noventa. La política de restricción a las importaciones y subsidios a las exportaciones en los años ochenta se reflejó en un mayor nivel de exportaciones netas. Otra región exportadora neta importante es el Mercosur, debido esencialmente a Brasil, quien en los años ochenta acrecentó sustantivamente sus exportaciones. En una situación contraria, la región del TLCAN se caracterizó por ser importadora neta, a causa de Estados Unidos. México pasó de ser importador neto a principios de los ochenta a exportador neto en los noventa, aunque al considerar precios, la balanza sea deficitaria. La importante devaluación de finales de 1994, favoreció la competitividad de los productos siderúrgicos mexicanos. La situación del Sudeste Asiático ha sido

GRÁFICA 11
EXPORTACIONES NETAS DE ACERO POR REGIONES
(Miles de toneladas)



Fuente: International Iron and Steel Institute, Bruselas, varios años.

muy fluctuante; destacan el elevado volumen de importaciones de China, particularmente a mediados de los ochenta y la reducción de exportaciones japonesas en los años noventa (véase gráfica 11).

En términos de volumen, la Unión Europea registró tanto en 1980 como en 1992 una balanza comercial favorable por grupos de productos de acero. Sin embargo, algunos países de esta región europea registraron saldos negativos. Entre estos destaca Italia, con balances negativos en productos planos, lingotes y semiproductos en 1980; en 1992 éste se redujo. Estados Unidos registró en ambos años déficits en todos los grupos de productos. En 1997 un conjunto de países de la Unión Europea (Bélgica-Luxemburgo, Alemania, Reino Unido y Francia) ratifica su situación como exportadores netos. De la región del TLCAN, solo México figura como exportador neto y de la región del Sudeste Asiático están Japón y en menor grado Corea. Destacan en la lista de países exportadores netos de acero dos países de la CEI, Rusia en primer lugar y Ucrania en tercer lugar con 22.7 y 15.5 millones de toneladas netas exportadas respectivamente. En lo que respecta a los importadores netos de la región del TLCAN se encuentran Estados Unidos (22.9 millones de toneladas netas importadas) y Canadá muy por debajo. Del Sudeste Asiático figuran numerosos países (Thailandia, Taiwan, China, Malasia, Singapur, Indonesia, Filipinas, Hong Kong y Vietnam). Por su parte, la Unión Europea sólo reporta a Italia, Portugal y Grecia (ISI, 1999).

Ventajas comparativas reveladas

Un estudio de la OCDE (1994b) muestra diferentes indicadores del desempeño de la industria manufacturera de los países miembros de este organismo. En este grupo de países están incluidas las tres regiones de mayor importancia, que hemos analizado (UE, TLCAN y Sudeste Asiático -Japón y Corea-). Entre esos indicadores, el de índices de ventajas comparativas reveladas por indus-

tria¹⁰⁸ mide el desempeño comercial de los países de la OCDE con relación al conjunto de éstos. De acuerdo con éstos cálculos, la mayoría de países de la Unión Europea, en especial los países escandinavos, tienen ventajas superiores a 1 en la industria siderúrgica con la relación a la media de los 13 países de la OCDE. Japón también reporta ventajas comparables a Francia y Australia. En contraste, los países del TLCAN (Estados Unidos y Canadá) registran desventajas con respecto a los otros países de la OCDE. Esta pérdida de competitividad de los países de América del Norte se compensa con ventajas en las industrias de alta tecnología, o bajo otra clasificación, industrias proveedoras especializados o de fuerte intensidad en investigación en el caso de Estados Unidos; y de fuerte intensidad en recursos y fuertes economías de escala en el caso de Canadá, aunque también los otros países registran ventajas en industrias de alta o media tecnología.

CUADRO 8
VENTAJAS COMPARATIVAS REVELADAS, 1990
(En los países de la OCDE)

<i>Países</i>	<i>VCR Metálicas de base</i>
Australia	1.30
Canadá	0.61
Dinamarca	0.52
Finlandia	1.48
Francia	1.39
Alemania	1.16
Italia	1.04
Japón	1.30
Países Bajos	0.83
Noruega	1.66
Suecia	1.76
Reino Unido	0.96
Estados Unidos	0.31

Fuente: OCDE, 1994b, p. 97.

¹⁰⁸OCDE, 1994b, p. 97.

REFLEXIONES

LA REESTRUCTURACIÓN de la industria siderúrgica en los países industrializados durante los años setenta y ochenta fue la respuesta a la crisis de este sector, pero también al agotamiento del modelo de producción fordista en la industria en general. En esa medida, los cambios que ocurrieron en la siderurgia están muy vinculados al nuevo paradigma tecnológico con un sistema de producción flexible. La del hierro y el acero mundial dejó de ser una industria estratégica en el conjunto del sector manufacturero y, en su lugar, otras industrias (electrónica, farmacéutica, aeronáutica) se desarrollaron dinámicamente.

El cambio tecnológico en industrias del sector manufacturero y de servicios contribuyó a desarrollar nuevas formas de competitividad internacional. Las empresas transnacionales extendieron su actividad fuera de las fronteras nacionales, haciendo considerables inversiones en el extranjero, estableciendo alianzas estratégicas y realizando fusiones con otras empresas. A diferencia de otras etapas de internacionalización de las actividades manufactureras, en la globalización los empresarios desarrollan la innovación como elemento clave de la competitividad internacional. Los procesos de regionalización refuerzan esta tendencia, en la medida en que, a través de acuerdos de libre comercio o integración, los gobiernos adquieren el compromiso de crear las condiciones para los flujos de inversión directa, el aprovechamiento de los recursos de la zona y en general de un ambiente institucional favorable a la nueva competitividad internacional.

En el caso de la siderurgia, el proceso de globalización, mediante las diversas formas que adopta, ha contribuido a desarrollar la innovación en los procesos de producción y en los productos, la especialización, la mejoría de la productividad, y la creación de ventajas competitivas. Las empresas siderúrgicas de los países industrializados tienden a especializarse en la producción y comercialización de nuevos aceros, producto de la I&D, a fin de atender de manera flexible las necesidades de los usuarios y al mismo tiempo, enfren-

tar la competencia de la industria del plástico y el aluminio. Por su parte, varios países en desarrollo exportan hacia los industrializados, de manera importante, lingotes de acero y semiproductos. Las diferentes especializaciones suponen diferentes niveles tecnológicos y de desarrollo. En el siguiente capítulo mostramos las tendencias tecnológicas de los países industrializados y los países en vías de desarrollo.

CAPÍTULO 3

Innovación en la industria siderúrgica mundial

LA REESTRUCTURACIÓN de la industria siderúrgica en los países industrializados fue la base de una reorganización productiva, administrativa y comercial y de nuevas formas de competencia internacional. Un aspecto central de la globalización y la regionalización de las actividades siderúrgicas, en los años ochenta y noventa, es el desarrollo tecnológico que ha permitido a las empresas crecer, especializarse, incrementar su productividad y ser competitivas en los mercados internacionales. Ahora lo que procede es analizar el cambio tecnológico en la industria siderúrgica mundial, haciendo énfasis en las diferencias entre los países industrializados y de reciente industrialización, registrado en las dos últimas décadas.

Este capítulo se divide en dos partes. Primero, se identifica el paradigma tecnológico registrado en la siderurgia internacional desde finales de los setenta hasta los años noventa. Después se analizan comparativamente las tendencias tecnológicas y de innovación en la industria del acero en países industrializados (Unión Europea, Estados Unidos, Japón) y en países de reciente industrialización (Brasil, México, Venezuela, Corea y Taiwan).

EL NUEVO PARADIGMA TECNOLÓGICO EN LA SIDERURGIA MUNDIAL

LA NECESIDAD de superar los problemas técnicos de operación y del uso de las materias primas; mejorar la calidad del acero; aumentar la capacidad productiva y, especialmente incrementar la productividad, fueron imperativos del progreso técnico en la siderurgia

durante varias décadas. Considerando la creciente demanda de acero y los enormes beneficios que por ello obtenían, los siderurgistas se preocuparon por aumentar las economías de escala a finales de los años sesenta y principios de los setenta. Paradójicamente, el enorme incremento de la capacidad productiva parece haber afectado el dinamismo de la industria siderúrgica. Como analizamos anteriormente, varios factores coyunturales contribuyeron a la crisis de la siderurgia en los años setenta, pero también otros de tipo estructural, que evidenciaron el agotamiento del régimen productivo existente. Desde finales de los setenta y en los ochenta, las fábricas siderúrgicas fueron objeto de significativas mutaciones, en el contexto de la reestructuración. El cambio tecnológico se hizo necesario para incrementar la productividad, disminuir el uso de energéticos, recuperar la rentabilidad, permanecer en el mercado y competir no sólo entre siderurgistas sino frente a nuevos materiales que sustituían al acero. Algunas de las innovaciones fueron de tipo incremental y otras de tipo radical, como la colada continua, que marcaron cambios significativos en la concepción misma de la fábrica siderúrgica.

En este apartado se abordan dos aspectos. El primero precisa la importancia del cambio tecnológico en la industria siderúrgica en una perspectiva histórica. El segundo hace el recuento de las principales innovaciones tecnológicas adoptadas por la industria siderúrgica mundial en las dos últimas décadas.

UNA MIRADA HISTÓRICA DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

LA HISTORIA de la industrialización de los países desarrollados registra como trascendentales los cambios tecnológicos ocurridos en la siderurgia, porque contribuyeron indiscutiblemente a la transformación del complejo industrial de estas economías y a elevar notablemente la productividad industrial.

Existen diferencias entre las innovaciones incrementales y las innovaciones radicales. Las innovaciones radicales se producen no

de manera aislada, sino en un ambiente de desarrollo de la ciencia y de otras ramas industriales. Las innovaciones radicales en la siderurgia se han acompañado de un conjunto de cambios tecnológicos que han constituido nuevos paradigmas tecnológicos. Por ejemplo, la fundición de hierro utilizando coque, el uso de los motores de vapor alimentados de carbón y la producción fabril de productos textiles, son los cambios tecnológicos fundamentales que constituyen el arranque de la industrialización en Inglaterra en el siglo XVIII.¹⁰⁹ Durante el siglo XIX ocurrieron cambios tecnológicos que pueden ser considerados de tipo radical y otros incrementales, porque no modificaron las técnicas, sino que adicionaron mejoras (P. Temin, 1964).

El parteaguas del cambio tecnológico en la industria siderúrgica, en el siglo XIX, fue la innovación y difusión del convertidor Bessemer (1860). Este primer proceso de aceración a escala industrial, transformó completamente el complejo industrial existente en la segunda mitad del siglo XIX en los países europeos y en Estados Unidos. En estos países, el acero se constituyó en un insumo estratégico para el desarrollo industrial y la creación de la infraestructura ferroviaria y de puentes.

Veinte años después de la invención del convertidor Bessemer, la siderurgia contaba con nuevas técnicas de producción del acero: el proceso Siemens-Martin y el convertidor Thomas. En 1880, 83.6 por ciento del acero mundial se producía por Bessemer, 11.9 por ciento por Siemens-Martin (hornos de Hogar Abierto) y 2.6 por ciento por Thomas. Estos nuevos procesos posibilitaron tasas de crecimiento de la producción de acero significativas para los países europeos y especialmente para Estados Unidos, país que a principios del siglo XX participaba con más de un tercio de la producción mundial (véase gráfica 12).

¹⁰⁹T. Kemp, 1987.

CUADRO 9
PRINCIPALES INNOVACIONES TECNOLÓGICAS
EN LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA SIGLO XIX
Y PRINCIPIOS DEL SIGLO XX

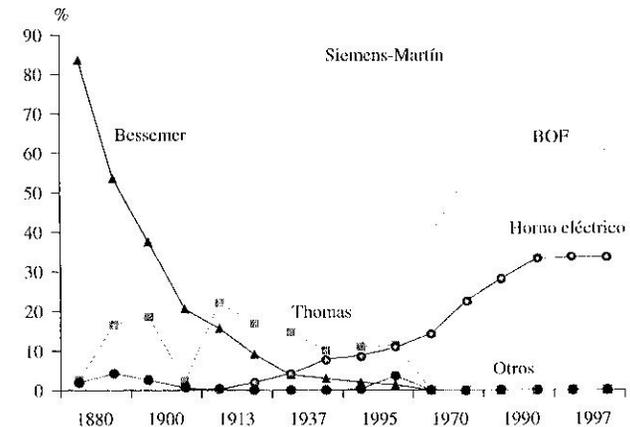
Año/Innovación	Características del proceso	Consecuencias económicas
1856 Convertidor Bessemer (Henry Bessemer)	En el proceso Bessemer se utiliza el soplo del aire en un recipiente de forma de pera llamado convertidor para oxidar el C, Mg, P, S y Si del arrabio y generar calor suficiente en la ace-ración del arrabio líquido. El convertidor es ácido con un refractario de sílice, el cual se trabaja con escoria ácida. El convertidor produce un acero suave o de bajo carbono altamente útil.	Media hora o menos para la carbonización; la rapidez en la producción obliga a una mecanización extensiva y en consecuencia a importantes economías de escala. Sin embargo, Bessemer no era conveniente para todos los arrabios particularmente para aquellos que conservaban impurezas de compuestos fosfóricos o azufrados.
1863 Hornos de Hogar Abierto (Pierre y Emil Martin/ William y Friedrich Siemens)	Los Martin usaron un horno regenerador para fundir barras de hierro y chatarra. Los regeneradores son aparatos que permiten alcanzar altas temperaturas y acumularlas. El horno fue construido por los Siemens y en 1868 desarrollaron el proceso de Hogar Abierto. El calentamiento de estos hornos se efectúa mediante combustibles gaseosos o líquidos inyectados a presión por medio de inyectores y pulverizados con aire o vapor. El arrabio se afina adicionando mineral u óxido de mineral para oxidar las impurezas. El proceso es más lento que el Bessemer pero posibilitaba un mayor control.	De seis a 18 horas para la descarbonización; control de calidad más riguroso. Los primeros hornos tenían la posibilidad de recibir de 1 a 3 toneladas de arrabio; se requería de seis a siete horas por una operación. Más tarde, los hornos aumentaron su capacidad entre 70 y 150 toneladas de acero con 400 toneladas de arrabio. Su uso se expandió en todos los países productores debido a la flexibilidad de su empleo.
1878 Convertidor Thomas (Sidney Gilchrist Thomas y Percy Gilchrist)	S. Thomas y P. Gilchrist desarrollaron un proceso de convertidor básico, utilizando un soplo de fondo, un refractario de magnesita o dolomita y la escoria básica a base de cal. Se limpian las impurezas C, Mg, Si, S) incluso el fósforo, lo cual convierte a los minerales con alto contenido en P en acero de alta calidad.	Posibilidad de tratar los arrabios fosforados obtenidos a partir de minerales muy abundantes de Europa. Las escorias básicas pulverizadas constituían para la agricultura un excelente fertilizante.

1912
Acero inoxidable

El acero inoxidable tipo *martensitic* fue desarrollado por Eduard Maurer y Beno Strauss en 1912. El tipo *ferretic*, fue desarrollado por Harry Brearley y producido en 1914 por Thomas Firth and Sons Ltd. (Inglaterra). El acero inoxidable *austenitic* fue desarrollado por Elwood Haynes, un inventor americano independiente, cuyas patentes datan de 1912.

Fuente: L.A. Girifalco, 1991; J. Latapí, 1978; D.S. Landes, 1988; M. Perrot *et al.*, 1979.

GRÁFICA 12
PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ACERO POR PROCESOS,
1880-1998
(Porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con base en IISI, Bruselas, varios años.

El convertidor Bessemer se caracterizó por su revestimiento refractario ácido, que restringía el procesamiento de arrabios de muy bajo contenido de fósforo. Su uso se extendió hasta mediados de la década pasada en pequeñas acerías de América Latina

para procesar hierro de excepcional calidad, en combinación con altos hornos de carbón vegetal.¹¹⁰ El convertidor Thomas representó una opción para procesar arrabios fosforosos, por su revestimiento refractario básico (de dolomita o manganeso).

En las primeras décadas del siglo xx, el proceso Siemens-Martin llegó a desplazar en importancia relativa al proceso Bessemer y también truncó la trayectoria del convertidor Thomas. En 1900 los hornos Siemens-Martin producían 41.5 por ciento del acero mundial, en tanto el convertidor Bessemer sólo 37.5 por ciento. La razón por la que el proceso Siemens-Martin se convirtió en la tecnología predominante en la industria del acero durante la década de los sesenta está asociada a su notable incremento en la capacidad productiva. Mientras el proceso Bessemer tenía una capacidad de 10 a 25 toneladas por carga, el segundo alcanzaba de 200 a 300 toneladas por carga. Además de su menor capacidad productiva, el proceso Bessemer tenía dos desventajas. La primera era el hecho de que el acero continuaba con muchas impurezas originales y la otra es que la calidad del producto dependía en gran medida de la experiencia y juicio del hornero. Un aspecto favorable era su bajo uso en chatarra (T. Wertime, 1962; J. Bisberg y F. Zapata, 1981).

Así, el éxito de los hornos de Hogar Abierto (Siemens-Martin), además de su capacidad productiva, se basó en la mejoría de la calidad del acero producido y la adaptabilidad a diversas materias primas en su proceso, desde arrabio líquido y chatarra de diferentes proporciones, hasta combustibles diversos (gas de coquería, gas natural o petróleo). Los Siemens-Martin fueron muy utilizados antes y después de la Segunda Guerra Mundial y llegaron a producir la mayor parte del acero mundial. En 1950, 79.1 por ciento de acero se producía en este tipo de hornos, mientras que el Bessemer había declinado sensiblemente (2.9 por ciento). Después de su auge en los años cincuenta, los hornos Siemens-Martin continuaban como la tecnología predominante al comienzo de los sesenta, al producir casi las tres cuartas partes de producción mundial de acero.

¹¹⁰ ILAFA, mayo de 1991, p. 6.

Si bien es cierto que los hornos Siemens-Martin contribuyeron decisivamente al gran incremento productivo de acero mundial,¹¹¹ éstos eran procesos costosos. Los empresarios del sector buscaban nuevas formas para mejorar la productividad y reducir costos.

Los Siemens-Martin fueron desplazados en los años setenta por el desarrollo del convertidor al oxígeno (BOF --Basic Oxygen Furnace--). En esa misma década, el uso de los convertidores al oxígeno representó una opción para superar los problemas de la tecnología Siemens-Martin y elevar sustancialmente la productividad. El proceso de desplazamiento de los hornos Siemens-Martin se tornó irreversible a partir de los años setenta. Desde entonces dicha tecnología empezó a ser obsoleta. En 1970, 39.2 por ciento del acero mundial se producía en BOF, mientras que los Siemens-Martin disminuían su participación a 37.6 por ciento y los hornos eléctricos a 14.4 por ciento. Diez años después, la participación de BOF aumentaba (53.6 por ciento) y la de Siemens-Martin declinaba (23.6 por ciento). Los hornos eléctricos, a su vez, producían 22.6 por ciento del total mundial.¹¹²

Una de las últimas innovaciones hechas a los Hornos Siemens-Martin fue la inyección de oxígeno por medio de lanzas, esto aumentó su productividad, sin embargo no logró hacerlos competitivos frente a los convertidores al oxígeno cuyo diseño está fabricado especialmente para esa inyección.¹¹³

Otra ruta tecnológica en la siderurgia empezó a desarrollarse durante las primeras décadas del siglo xx, en el marco de los trabajos pioneros en Suecia. En efecto, la invención de los hornos eléctricos significó una alternativa tecnológica, diferenciada de los convertidores Bessemer, Thomas y el horno de Hogar Abierto. Sin embargo, fue marginal durante varias décadas, por su alto costo

¹¹¹ La tecnología Siemens-Martin tuvo su máximo auge en 1950, cuando 79 por ciento de acero fue producido en los hornos de Hogar Abierto.

¹¹² International Iron and Steel Institute (IISI), 1992.

¹¹³ J. Latapí, 1978, p. 76.

derivado del uso de energía eléctrica. La difusión de esta tecnología crece notablemente hasta las décadas de los setenta y ochenta.

LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS RECIENTES (1970-1998)

VARIAS invenciones de proceso y producto realizadas antes de los setenta no se habían logrado difundir y comercializar de manera extensiva, y algunas de ellas se encontraban en proceso de experimentación. Los años setenta y ochenta —marcados por la crisis— generan un ambiente propicio para incorporar las nuevas tecnologías o incluso desarrollar nuevos procesos, nuevos productos y formas innovadoras de organización industrial y de comercialización. Estos cambios sustentan el nuevo paradigma tecnológico en la siderurgia desde los años setenta. La crisis alienta la competencia entre tecnologías.

Pese al progreso tecnológico que registró en las últimas dos décadas, la industria siderúrgica se ubica, dentro de la clasificación de la OCDE, en el rango de baja tecnología en relación con la intensidad tecnológica;¹¹⁴ de bajo crecimiento con respecto a su dinamismo; de salarios medios considerando el conjunto de salarios industriales de los países industrializados; de empleos no calificados por su mayor proporción de obreros y, por último, de gran economía de escala por sus enormes series de producción (OCDE, 1994a).

Desde luego que si se compara a la siderurgia con los sectores de punta (electrónico, informática, aeronáutico, farmacéutico, las telecomunicaciones, entre otros), su avance tecnológico es relativamente menor. Sin embargo, la industria del acero ha registrado cambios que pueden considerarse innovaciones. Algunos son de tipo incremental, pero otros, como la colada continua, son de tipo radical. Además, las innovaciones tecnológicas en otras ramas industriales han acelerado, sin duda, los cambios ocurridos en

¹¹⁴Al igual que las industrias de alimentos, bebidas y tabaco, refinación de petróleo, fabricación de productos metálicos, papel, imprenta, vestido, calzado y piel.

esta industria. El desplazamiento del acero por otros materiales disminuyó considerablemente la demanda de acero y ello estimuló a la búsqueda de nuevos tipos y usos del acero.¹¹⁵ Asimismo, la siderurgia se ha alimentado de las innovaciones generadas por otras industrias manufactureras. Por ejemplo, la introducción de la computadora en las diferentes etapas de la producción de acero modificó los procesos productivos y mejoró la eficiencia de la industria siderúrgica. Las empresas siderúrgicas no sólo incorporaron nuevas técnicas y desarrollaron nuevos productos, sino que innovaron la organización industrial, la comercialización e incluso la misma dimensión de los establecimientos.

La innovación tecnológica registrada en la industria siderúrgica en la dos últimas décadas ha sido significativa. Las vertientes del cambio tecnológico pueden clasificarse en las siguientes categorías:

- desarrollo de los procesos tecnológicos en las diferentes etapas de producción de la siderurgia integrada;
- creación de plantas de menor escala y con mayor flexibilidad a las fluctuaciones de la demanda (miniplantas);
- cambios en la organización industrial que inciden en la productividad y en la calidad y homogeneidad del producto;
- optimización del uso de materias primas; y
- desarrollo y diversificación de los productos acereros.

A continuación se describe la forma en que operaron estos cambios.

Desarrollo de los procesos tecnológicos en las diferentes etapas de producción de la siderurgia integrada

Pese a que algunos cambios tecnológicos datan de la década de los sesenta, o aun antes, fue a partir de los años setenta que se mejoraron

¹¹⁵Véase J. Gana, 1986.

y se difundieron extensivamente. La difusión y el uso de nuevos procesos de reducción directa, aceración al oxígeno, colada continua y uso de computadoras, entre las innovaciones más significativas, contribuyeron a acrecentar la productividad, mejorar la calidad de los aceros y reducir los costos de operación y uso de energía y materias primas.

Enseguida detallamos los cambios tecnológicos registrados en las diferentes etapas de la producción del acero, cuya difusión se hace extensiva desde finales los años setenta. Para comprender mejor en qué parte del proceso se ubican tales cambios tecnológicos, explicamos brevemente cada etapa. En la industria integrada existen cuatro etapas para la producción de acero y de laminados planos, no planos y de tubos.¹¹⁶

Primera: *Beneficio*. En esta etapa se preparan las materias primas (chatarra, carbón y fierro) en coque, sinter y pelet, para pasar a la siguiente etapa.

Segunda: *Reducción*. En la reducción existen dos técnicas básicamente: el alto horno y reducción directa. Con la primera técnica se obtiene el *arrabio*, y con la segunda hierro de reducción directa (*fierro esponja*). Ambas técnicas pasan a la tercera etapa.

Tercera: *Refinación o aceración*. En esta fase existen esencialmente tres procedimientos tecnológicos (con sus variantes en los países): Hogar Abierto (Siemens-Martin); convertidor al oxígeno (BOF) y horno eléctrico. De la refinación se obtiene acero líquido.

Cuarta: *Formado*. El acero líquido se transforma en laminados planos, no planos, tubos con y sin costura a través de dos técnicas lingote-horno de foso-tren desvastador y colada continua.

Reducción. Pese a que el proceso de reducción por la vía del *alto horno* sigue siendo la tecnología dominante, la estructura del *alto horno* no ha experimentado cambios que alteren su estructura original.¹¹⁷ Su uso en las plantas siderúrgicas integradas modernas

¹¹⁶J. Latapí, 1978; Tegueder y Mayer, 1980.

¹¹⁷En el siglo XVIII, los altos hornos sustituyeron la legendaria actividad de los forjadores. "Los antiguos forjadores extraían el hierro del mineral mediante la aplicación de calor a altas temperaturas. Una vez reducido el metal, sometíanlo de nuevo al fuego, para moldearlo por el martilleo en las formas deseables." La invención y difusión de los altos hornos posibilitó el desarrollo de la fundición, México, Sicartsa, 1986.

hace posible la obtención del *arrabio* (hierro bruto e impuro) para finalmente obtener hierro y acero.

La capacidad de los altos hornos ha aumentado especialmente en los años ochenta. Su diámetro tenía un promedio de 8.5 metros en 1965 y de más de 12 metros en los años ochenta. En la actualidad no se han registrado nuevas expansiones de capacidad. Más bien existe la tendencia a remplazarlos por los procesos de reducción directa. Ello obedece al incremento de acerías eléctricas, en detrimento de la secuencia tradicional alto horno-convertidor al oxígeno por los procesos de reducción directa.¹¹⁸

La permanencia de los altos hornos está en función del desarrollo de tecnología adecuada para la preparación del material. Las propuestas tecnológicas se orientan a mejorar el proceso de aglomeración con el uso de *sinter feed*, en sustitución del *pelet* que actualmente es escaso. En lo que se refiere a la coquización, el desafío es superar los problemas derivados del alto costo de las inversiones, el elevado costo de los carbones coquizables y otros obstáculos, para poder cumplir con las normas ambientales. El proceso de coque formado es una de las varias innovaciones tecnológicas de coquización que buscan superar los problemas mencionados.¹¹⁹

Alternativamente al alto horno se han desarrollado desde los años veinte diversos procesos de *reducción directa*;¹²⁰ sin embar-

¹¹⁸ILAFA, 1991.

¹¹⁹Balances preliminares afirman que la calidad del coque formado no corresponde a la demanda de los grandes altos hornos con inyección de altas tasas de carbón. P. Nilles, 1994.

¹²⁰El inicio del desarrollo de esta técnica se remonta a los años veinte. Su objetivo era obtener hierro primario prescindiendo del alto horno y del uso del coque o carbón coquizable. En ese entonces se utilizaron hornos rotativos "...en los que se introducía carbón y mineral de hierro, y en los que a alta temperatura el gas reductor desprendido por el carbón, reducía el óxido de hierro, obteniéndose un producto poroso, de aproximadamente 8 por ciento de contenido de hierro, denominado hierro esponja". J. Latapí, *op. cit.*, p. 4. En los años de posguerra se impulsaron las investigaciones sobre procedimientos alternativos al alto horno. Los hallazgos fueron múltiples. Empresas de varios países aportaron nuevas ideas en el proceso de reducción directa. Se inventaron alrededor de 50 reductores. Éstos se clasifican en reductores sólidos con el uso de carbones; reductores líquidos con el uso de petróleo; reductores gaseosos (gas natural, gas de coquería, gas reformado, etcétera) y combinaciones de reductores que utilizan hornos rotativos, reactores de cuba estática, reactores con flujo continuo, etcétera. ILAFA, 1991, pp. 4-5.

go, su difusión y uso sólo cobra importancia a partir de los años setenta con la proliferación de miniaceras. Estos procesos consisten básicamente en

la eliminación del oxígeno de los minerales (óxidos de hierro), que se efectúa directamente, sin llegar a la fusión, como en el alto horno. De esta manera, el producto después de procesado conserva su forma original (colpa, pelet) pero con notable mayor porosidad, lo que ha dado lugar a que se le llame *hierro esponja*.¹²¹

Los procesos de reducción adquieren mayor relevancia en la década de los noventa en las miniaceras porque se hacen compatibles con el horno de arco. En efecto, las innovaciones hechas a los procesos de reducción directa posibilitan que el horno de arco sustituya la chatarra, necesaria para los aceros de alta calidad, por el hierro de reducción directa (DRI) o el hierro de reducción directa briqueteado en caliente (HBI).¹²²

De 1986 a 1995 la producción mundial de DRI/HBI creció a un promedio anual de 10.6 por ciento. En este último año la producción fue de 31.0 millones de toneladas (ISI, 1997):

donde 91 por ciento fue obtenido por tres técnicas probadas haciendo intervenir el gas natural y utilizando como carga metálica el mineral en pedazos, de perfiles y de aglomerado, de los cuales 65 por ciento son obtenidos por el proceso de reducción directa Midrex,¹²³ 19 por ciento por el proceso Hyl III y 8 por ciento por el proceso Hyl I.¹²⁴

¹²¹ El hierro esponja es definido como el "hierro producido por reducción directa de los minerales de alta concentración, mediante calentamiento en contacto con un gas en presencia de un catalizador". J. Latapí, *op. cit.*, p. 78.

¹²² CEE/ONU, 1997, p. 2.

¹²³ Este proceso, dominante en el mundo, fue desarrollado por la empresa estadounidense Midland-Ross Corporation. A diferencia de Hyl, Midrex es un proceso continuo, cuya reducción del mineral de hierro se efectúa en un horno de cuba. El gas reductor circula a contracorriente y proviene de un reformador de gas natural. Posteriormente el hierro esponja se enfría en una zona abajo de la de reducción. J. Latapí, 1978, p. 61.

¹²⁴ ILAFA, 1991, p. 6. La empresa mexicana Hojalata y Lámina, S.A. (Hylsa) desarrolló y puso en marcha en Monterrey en 1957 un proceso de reducción directa con reductor

Otros procesos reductores de gas patentados por empresas estadounidenses son el Armco (Armco Steel Corporation); el HIB -High Iron Briquettes- (United States Steel Corporation) para tratar finos de mineral de hierro; FIOR -Fluidized Iron Ore Reduction- (ESSO), para la producción de briquetas altamente metalizadas. El proceso Purofer, de tecnología alemana, es reductor de gas y opera con un horno de cuba. Entre las innovaciones recientes, en los años noventa, están los procesos Fastmet al carbón (Kakogawa de Kobe Steel, 1995); Finmet al gas natural (Australia). El proceso Circored en gas natural y el proceso Circofer al carbón (CEE/ONU, 1997).

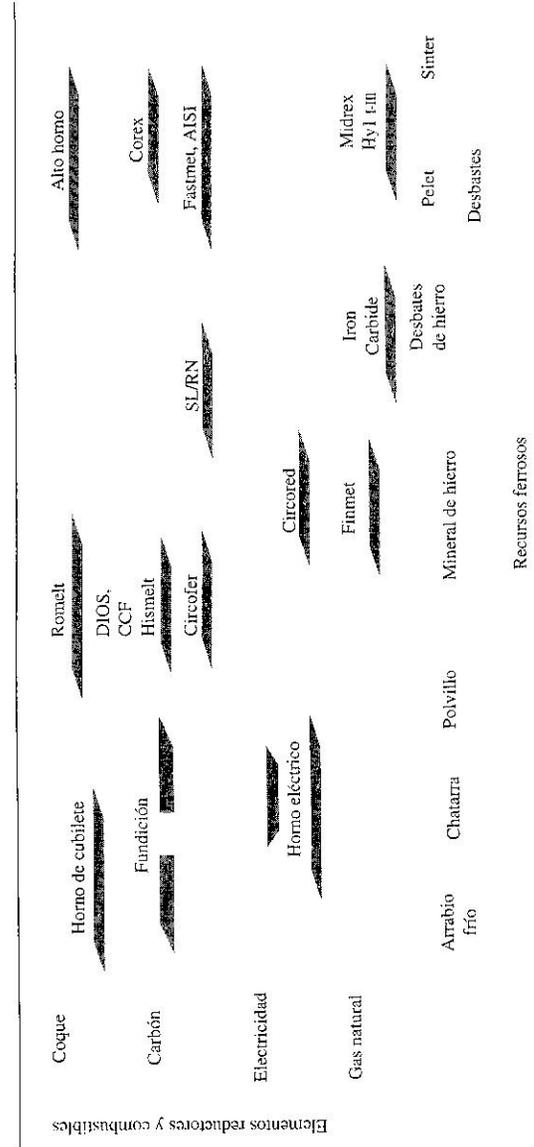
Otras técnicas de reducción por fusión se han desarrollado para obtener arrabio líquido o arrabio sólido, adecuado en la producción de aceros planos de calidad en los hornos de arco. El arrabio líquido o el arrabio sólido se obtienen "a partir del mineral en trozos, de perfiles, de aglomerado o desbastes de mineral de hierro y carbones ordinarios, en las tinas relativamente pequeñas con relación en altos hornos".¹²⁵ Los procedimientos de reducción por fusión patentados son el Corex, Ausmelt y Cyclone Converter Furnace. Actualmente sólo el proceso de reducción por fusión Corex se utiliza industrialmente. Este proceso fue desarrollado desde finales de los años setenta por la empresa austriaca Voest-Alpine Industrieanlagenbau (VAI) en cooperación con la empresa alemana Deutsche Voest-Alpine Industrieanlagenbau (DVAI). En el proceso Corex, el mineral grueso, sinter y pelets, se modifica para tener cerca de 93 por ciento de hierro de reducción directa (DRI), que se forma cargando el mineral grueso, sinter y pelets en un eje de reducción y haciendo pasar un gas reductor que se mueve en contraflujo. La reducción final y la fundición, al igual que las demás reacciones metalúrgicas y de escoria se realizan en un gasógeno de fusión -utilizando directamente carbón-. Por último,

gaseoso en escala industrial (Hyl). El éxito de esta innovación trascendió mundialmente, lo cual la convirtió en exportadora de su tecnología. Producto del trabajo de I&D, Hylsa desarrolló el proceso Hyl III. CEPAL, 1984, pp. 81-82; Hyl Report, invierno de 1996.

¹²⁵ CEE/ONU, 1997, p. 25.

GRÁFICA 13

NUEVOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE ACERO. RELACIÓN DE LOS RECURSOS FERROSOS, DE LOS ELEMENTOS REDUCTORES Y DE LOS PROCESOS



Fuente: ISI (M. Tomiura).

el vaciado de arrabio y de la escoria se realiza por medio de una práctica convencional de alto horno.¹²⁶

Aceración. El convertidor al oxígeno fue resultado del mejoramiento de una innovación tecnológica que al paso de los años no había logrado ser dominante: el convertidor Thomas.¹²⁷ El objetivo de quemar el exceso de carbono y las impurezas nocivas del arrabio se logró por la vía de insuflar el oxígeno a través de una lanza refrigerada por encima del arrabio del recipiente. Así se superaban los problemas provocados por el recalentamiento del fondo. Conjuntamente a esta técnica se desarrollaron instalaciones de producción de oxígeno en gran escala.

El uso del convertidor al oxígeno (BOF) se empezó a difundir desde la década de los sesenta en los países industrializados, pero hasta los setenta y ochenta logró convertirse en tecnología dominante. La tecnología BOF significó para las empresas que adoptaron este proceso un ahorro en el consumo de energía, de mano de obra por tonelada producida y en las mismas inversiones.¹²⁸ Este hecho alentó a los empresarios de la siderurgia a realizar economías de escala, agrandando la capacidad de los convertidores, compatibles con los altos hornos. El auge de la tecnología BOF, en los años setenta y ochenta, coincide con las mayores tasas de crecimiento de la siderurgia y con la declinación del proceso Siemens-Martin.

Los convertidores al oxígeno originales han sufrido algunas modificaciones, dependiendo de los tipos de arrabio. Actualmente existen convertidores de soplo combinado que hacen posible el control óptimo de la operación.¹²⁹

¹²⁶La primera planta Corex empezó a operar en 1989 en la empresa Iscor (Pretoria, Sudáfrica), con una capacidad de 1,000 toneladas de arrabio al día. Con una doble capacidad, la segunda planta empezó a funcionar en la empresa Posco (Pohang, Corea del Sur). *North American Steel Journal*, 1996, pp. 7-8.

¹²⁷En los años cincuenta se logró la madurez del procedimiento en las plantas de Linz y Donawitz en Austria. ILAFA, mayo de 1991, p. 6.

¹²⁸Con el procedimiento BOF se fabricaron inicialmente 300 toneladas en 40 minutos, en contraste, un horno Siemens-Martin, de similar capacidad, requería de 8 a 12 horas para la fabricación de la misma cantidad de acero.

¹²⁹"La insuflación de reductores a través de soplos combinados, a través del fondo, permite el uso de una mayor cantidad de chatarra en la carga. En circunstancias normales se carga chatarra al convertidor antes de echarle el arrabio, como elemento enfriador y protector del fondo del convertidor." *Siderurgia Latinoamericana*, mayo de 1991, p. 7.

La difusión y uso de la tecnología de horno eléctrico empieza a tener importancia hasta la década de los setenta, y en los ochenta. Dos hechos modificaron el escenario de esta tecnología: el desarrollo de una enorme capacidad de las plantas hidroeléctricas en varias regiones del mundo y la proliferación de las miniplantas. El segundo hecho demostró la viabilidad y competitividad de los hornos eléctricos frente a las tradicionales grandes plantas integradas.

La ventaja de este proceso reside en el logro de las temperaturas necesarias para la manufactura de acero, sin la necesidad de utilizar oxígeno. Además, su dimensión es más apropiada para adaptarse a las fluctuaciones de la demanda de acero y reducir enormemente los costos. Con el uso de los hornos eléctricos se lograron tiempos de fusión de carga de chatarra sustancialmente menores que los usuales. Los hornos eléctricos fueron modificados en sus revestimientos refractarios por la elevada irradiación de calor derivada de la potencia de la energía eléctrica.

Los hornos eléctricos se clasifican en: hornos de resistencia, hornos de acero directo, hornos de arco indirecto y hornos de inducción (de baja y alta frecuencia). Los más utilizados son los hornos de arco (Latapí, 1978). Una variante del horno eléctrico de arco es el "horno de cuchara", que consiste en una cuchara sobre la cual se abate un sistema de bóveda y electrodos para mantener la temperatura durante el afino realizado mediante la llamada metalurgia secundaria o metalurgia de cuchara. De allí, ya lograda la composición y temperaturas deseadas, la cuchara parte rumbo a la plata de colada continua.¹³⁰

En torno al horno de arco se han registrado innovaciones que han contribuido a disminuir considerablemente el consumo de energía eléctrica y a incrementar la productividad. Entre ellas están el horno de arco de corriente continua, el precalentado de la chatarra, la post-combustión, la inyección de oxígeno y de carbono, etcétera.¹³¹ La

¹³⁰CEPAL, 1984, p. 9.

¹³¹CEE/ONU, 1997, p. 3.

aceración por la ruta del horno eléctrico no es aún una tecnología dominante, aunque se prevé que lo será en el siglo XXI.¹³²

Formado. Un proceso tecnológico que revolucionó el proceso productivo en la siderurgia mundial fue la *colada continua*, debido a que posibilitó el paso directo de la refinación de acero a la producción de planchones o palanquilla.¹³³ La colada continua se desarrolló en los años cincuenta y se difunde en los años setenta y ochenta; en los noventa se extiende a los procesos de laminación y se incorpora en las miniaceras (colada de planchones finos).¹³⁴ En esta última década, la colada continua se extiende a la producción de aceros planos y en miniaceras de aceros especializados y laminados inoxidables.

Anteriormente al uso de la colada continua, el acero líquido en vía de ser laminado tenía que pasar por varias etapas. Primero se colaba en lingoteras, en patio de colada. Al enfriarse se extraían de los moldes: los lingotes, tochos, palanquillas o planchones. Después de recortarles las imperfecciones, se introducían en hornos de recalentamiento y posteriormente al horno de laminación en caliente.¹³⁵

Con el procedimiento de colada continua es posible realizar operaciones continuas, pasando del acero líquido directamente a productos semiterminados. A través de la colada continua se vacía el metal de la cuchara a moldes especiales, potentemente enfriados, donde se solidifican y a la vez se forman la palanquilla, el tocho

¹³²En 1995 produjeron el 32.8 por ciento del acero mundial, en tanto el convertidor al oxígeno participó con el 60.1 por ciento y los hornos Siemens-Martin con el 6.9 por ciento, ISI, 1997.

¹³³"La colada continua responde al antiguo deseo de los siderurgistas de transformar las operaciones intermitentes de fabricación de acero, en operaciones continuas, pasando el acero en estado líquido directamente a semiterminados. Ya en 1857 Henry Bessemer la presentó, sin embargo, sólo en 1952 adquiere importancia práctica, cuando en Austria, Lughans y Rossi proyectan una unidad para palanquillas y éstas se prueban a escala industrial." CEPAL, 1984, p. 75.

¹³⁴Entre 1930 y 1940 empezó a comercializarse este procedimiento. J. Latapí, *op. cit.*, p. 88. Sin embargo su uso a escala industrial inicia en la década de los cincuenta. En 1972 la colada continua participaba con un 8.1 por ciento de la producción mundial de acero y para 1979 aumentó a un 20.7 por ciento. CEPAL, *op. cit.*, p. 75. En 1996 el 77.6 por ciento de la producción de acero mundial se realizó con colada continua.

¹³⁵ILAFSA, mayo de 1991, p. 10.

o el planchón. Esta innovación disminuye el consumo de energéticos y evita los desperdicios del acero.

Por las razones antes descritas, la colada continua contribuyó al considerable incremento de la productividad. La alta productividad de la colada continua es indispensable para lograr: la calidad de los aceros que se procesan, una concordancia con el flujo de producción proveniente de los convertidores de alta capacidad y la rápida recuperación del capital invertido.¹³⁶

Las innovaciones hechas a la colada continua en los años setenta tenían como objetivo "aumentar la velocidad de fusión; aumentar el tamaño de los semiterminados y mejorar la utilización del equipo (a través de la reducción de tiempos muertos, por ejemplo)".¹³⁷

Entre las innovaciones más significativas hechas a la colada continua están: los moldes de ancho variable; la combinación de colada continua con un desbastador que reduce el tamaño de los productos; el uso de polvos especiales en los moldes, para facilitar el escurrimiento del metal fundido; la rotación del metal en el molde por agitación electromagnética; el acoplamiento del proceso de laminación a la colada continua, para que los semiterminados sean laminados inmediatamente; la colada continua rotatoria, de tipo vertical, destinando exclusivamente a la producción de redondos para la fabricación de tubos sin costura; la colada continua horizontal para escalas menores.¹³⁸ El conjunto de innovaciones hechas al proceso de colada continua permitió aumentar su velocidad de operación y, en consecuencia, la reducción de las horas hombre por tonelada de acero y sus productos.

Las miniacerías se han fortalecido con nuevas técnicas de la colada de planchones finos porque hace posible la producción de aceros planos con una menor inversión y de más débiles costos de explotación, aunque no logran el nivel de productividad y calidad

¹³⁶CEPAL, *op. cit.*, p. 76.

¹³⁷*Idem.*

¹³⁸"...este tipo de colada tiene una manutención más simple y segura, necesita personal menos especializado y protege mejor al metal fundido contra la oxidación". CEPAL, 1984, pp. 76-77.

con el procedimiento clásico de colada continua (CEE/ONU, 1997, p. 69).

Complementariamente a la incorporación de las nuevas técnicas de aceración, la siderurgia registró un conjunto de innovaciones que favorecieron notablemente la productividad y la calidad de los productos. Algunas de ellas son: sistemas de protección antirreoxidación; la colada sobre lechado y el enfriamiento por pulverización de agua sobre las máquinas de colada continua; el remplazamiento de hornos *poissants* por los hornos de bordes móviles y la adopción de un control hidráulico de espesor controlado por la computadora; los nuevos dispositivos de control del formado; la aplicación de divisiones más elevadas; la modificación de las técnicas de enfriamiento de los laminadores; el recocimiento continuo ha sido aplicado a los aceros al carbono; galvanización en caliente y galvanización de hierro eléctrica de recubrimiento de carbón para flejes revestidos.¹³⁹

La informática en los procesos siderúrgicos. Los sistemas de computación adaptados a los procesos de convertidor, laminadores y alto horno se encontraban hace cincuenta años en la fase de investigación experimental. Actualmente cubren todas las etapas de la siderurgia integrada. El control de las operaciones a través de los sistemas de cómputo permite optimizar cada operación, mejorando la calidad del producto y elevando considerablemente la productividad. "El progreso de estos sistemas hace posible, por ejemplo, la obtención de precisión del largo, espesor y anchos de los materiales, sin necesidad de obtener contacto con ellos, lo que es muy importante en la producción de planchones, tochos, planchas, bobinas y barras."¹⁴⁰

La colada continua, los convertidores al oxígeno, los procesos de reducción y el uso de las computadoras son las innovaciones tecnológicas de la siderurgia más relevantes.¹⁴¹ Los nuevos

¹³⁹Naciones Unidas, 1989, p. 9.

¹⁴⁰CEPAL, *op. cit.*, p. 74.

¹⁴¹En 1991 los convertidores al oxígeno produjeron el 56.1 por ciento del acero mundial; los hornos eléctricos representaron la segunda tecnología en importancia (28.1 por ciento) y la obsoleta tecnología Siemens-Martin produjo aun el 15.7 por ciento. ILAFA, 1992.

procesos tecnológicos se basaron en una amplia incorporación de equipos automatizados. Este hecho transformó los procesos productivos de la siderurgia, mejoró el control de las operaciones y los sistemas de información e incidió favorablemente en el crecimiento de la productividad de acero por hombre empleado.¹⁴²

Otras innovaciones que en los años setenta se encontraban en fase experimental aún continúan en proceso de investigación. Entre éstas están: la fabricación de coque conformado,¹⁴³ en sustitución del coque metalúrgico; el uso de plasma en la producción de hierro esponja o arrabio líquido; los procesos continuos en la producción de acero y la aplicación de energía nuclear en la fabricación de acero.¹⁴⁴

Las miniplantas

Además de los cambios tecnológicos operados en los procesos productivos, la percepción sobre el tamaño de las plantas siderúrgicas se modificó en las dos últimas décadas. Hasta mediados de los setenta se difundió mundialmente la construcción de plantas con una gran capacidad que aprovecharan las economías de escala. Esta visión, de *gigantismo industrial*, se modificó después de la crisis siderúrgica en los países industrializados. Los productores de acero en estos países se plantearon la necesidad de contar con unidades de producción de menor tamaño y con una mayor flexibilidad, acorde a las fluctuaciones de la demanda. Las innovaciones de los procesos productivos del acero fueron un factor favorable para el desarrollo de las *miniplantas*, las cuales inicialmente operaron regionalmente en Estados Unidos, Italia, Japón y España.

¹⁴²Según la OIT, el crecimiento de la productividad en la siderurgia de los países industrializados en la década de los ochenta está vinculado a la incorporación de nuevas tecnologías y mejoras en las técnicas ya utilizadas. OIT, 1986.

¹⁴³"Se han propuesto tecnologías de coquización alternativas, tales como la de coque formado, y la investigación en este campo prosigue, especialmente en Japón". P.E. Nilles, 1994, p. 37.

¹⁴⁴CEPAL, *op. cit.*, pp. 87-102.

Las miniplantas se crearon a finales de los años cincuenta con el objetivo de producir barras y alambres, aprovechando materias primas de una región y satisfacer tal mercado.¹⁴⁵ La creación de las miniplantas se justificó por el nuevo paradigma productivo, que buscaba esencialmente una alta flexibilidad para adaptarse en mejores condiciones a las fluctuaciones del mercado y producir aceros especiales y de mayor calidad.

Las miniplantas representaron una opción respecto a la subutilización de la capacidad instalada en las plantas con enormes economías de escala. Las ventajas comparativas de las miniplantas frente a las plantas siderúrgicas integradas son:

- inversiones y tiempo de construcción menores;
- elevada productividad;
- diversificación en la cantidad y calidad de productos;
- organización administrativa más ágil;
- flujo de producción más dinámico y flexible, según las fluctuaciones de la demanda;
- adopción de nuevas tecnologías en tiempo relativamente reducido; y
- cercanía a los grandes centros de consumo.¹⁴⁶

Su viabilidad quedó demostrada después de la crisis afrontada por la industria siderúrgica de los países industrializados a mediados de los años setenta, y dependió en gran medida de la disponibilidad local de electricidad y chatarra. Es precisamente en estos países donde la presencia de las miniplantas se extendió durante la década de los ochenta.

Las miniplantas operaron al principio con hornos eléctricos y procesos de reducción directa. Las miniplantas operan con dos rutas tecnológicas diferenciadas en función de la cantidad y calidad de los aceros a producir. La primera es la del horno eléctrico-horno

¹⁴⁵*Siderurgia*, 1994.

¹⁴⁶CEPAL, *op. cit.*

olla-tratamiento de vacío, que utiliza para obtener aceros no aleados de baja aleación. La segunda es la de horno eléctrico-refinación del metal con lanza-tratamiento de vacío, en donde se procesan aceros inoxidables o de alta aleación. Esta última pone especial énfasis en la óptima eficiencia de cada área. Ello representa un ahorro en los costos de operación.

La producción eficiente de alambón, de varillas y de perfiles ligeros en las miniaceras ha sido posible gracias al perfeccionamiento de los hornos de arco, las máquinas de colada continua y los procesos de reducción directa.¹⁴⁷

Cambios en la organización industrial que inciden en la productividad y en la calidad y homogeneidad del producto

En la industria siderúrgica no sólo ocurrieron cambios tecnológicos en la esfera de la producción, sino también en la estructura organizativa de las empresas. La introducción de nuevas tecnologías demandó novedosas formas de organización administrativa y laboral, más flexibles, a fin de lograr la eficiencia productiva y de competitividad.

Con los nuevos procedimientos tecnológicos, tales como el convertidor al oxígeno, la colada continua, el uso de computadoras, etcétera, varias categorías laborales (horneros) fueron suprimidas (I. Bisberg y F. Zapata, 1981). El perfil de los trabajadores de la industria siderúrgica se transformó. Más que obreros con atributos de fuerza física, se requirieron obreros con una mediana instrucción escolar, favorable al aprendizaje y asimilación de las nuevas técnicas. Varias empresas prefirieron contratar personal sin experiencia previa en este sector, pero con estudios mínimos de secundaria o incluso de preparatoria. Además, los siderurgistas demandaron una mano de obra flexible, capaz de realizar varias tareas laborales (trabajo polivalente), según las circunstancias lo deman-

¹⁴⁷Naciones Unidas, 1989, p. 10.

darán, sin restricciones de tipo jurídico (contrato colectivo de trabajo). Así, la fábrica tradicional fue transformándose hacia un régimen productivo más flexible.

Una de las preocupaciones centrales de las aceras en los últimos 20 años fue mejorar la calidad de sus productos, para enfrentar la fuerte competencia con otros materiales sustitutos del acero y con ello asegurar su permanencia en los mercados. En efecto, ante lo que representaba la competencia por precio, una alternativa fue mejorar la calidad y el desempeño en función de las crecientes necesidades del mercado. Por tanto, la mejoría de la calidad aseguraba a los consumidores un producto fabricado *a la medida* y altamente competitivo.

La capacitación laboral se hizo necesaria de manera sistemática para el aprendizaje de las nuevas tecnologías y la obtención de la calidad. La experiencia japonesa fue muy valiosa en lo que refiere a la gestión administrativa y la implantación de los programas de calidad total, inspirada en la filosofía de Edward Deming. Ésta se resume en 14 puntos:

- constancia en la mejora del producto y del servicio;
- asumir el programa como una religión;
- abandonar la inspección masiva;
- no comprar con base exclusiva al precio;
- mejorar continuamente producción y servicios;
- instituir la capacitación en el trabajo;
- instituir el liderazgo;
- desterrar el temor de lograr un trabajo más efectivo;
- propiciar la labor en equipo;
- eliminar los eslogans, exhortaciones y metas numéricas para los trabajadores;
- eliminar cuotas numéricas;
- derribar barreras que impiden hacer bien el trabajo;
- instituir un programa vigoroso de educación y recentrenamiento; y
- tomar medidas para lograr la transformación.

Esta filosofía fue complementada por otros.

Joseph M. Juran subraya la mejora continua, el liderazgo de la dirección y el trabajo en equipo; Philip B. Crosby profundiza en las técnicas de Cero Defectos, y William Conway señala que la base del programa es la mejora continua, mediante el mejoramiento de las relaciones humanas, inspecciones estadísticas, creatividad e ingeniería industrial.¹⁴⁸

En este marco se desarrollaron los programas: "Cero Defecto", "Control de Calidad Total en la Empresa", "Control Estadístico de Procesos", y la estandarización internacional de calidad (ISO-9000, ISO 15000, etcétera), con una estrecha comunicación entre el cliente y la empresa.¹⁴⁹ Estos programas garantizaron la calidad óptima del acero y sus productos; favorecieron el aumento de la producción y la mejoría de la eficiencia; contribuyeron a la mejor utilización de la capacidad instalada y, en consecuencia, a la reducción de costos debido a la disminución en los consumos de coque y energía en general.

Otros programas buscaron un plazo de entrega del producto al cliente confiable y corto. Ejemplo de ello son los sistemas *Kan-Ban* y *Just in time* que se difundieron crecientemente entre las empresas siderúrgicas a través de la integración de sistemas informatizados, y la adopción de las tecnologías más avanzadas.¹⁵⁰ En especial, el acceso a Internet ha permitido ampliar las posibilidades de la comercialización.

Optimización del uso de materias primas y de energía

Una de las principales motivaciones de las empresas siderúrgicas para la innovación ha sido el ahorro de energía y el uso óptimo de

¹⁴⁸ Siderurgia Latinoamericana, 1992, p. 22.

¹⁴⁹ P.C. Robalino da Silva, 1992, p. 13.

¹⁵⁰ *Ibidem*, pp. 13-14.

materias primas, lo cual permite incrementar sus ganancias. Así, las empresas innovadoras han orientado sus esfuerzos para desarrollar técnicas reductoras de energía utilizada y reutilizar los desperdicios de materias primas utilizadas. Los esfuerzos innovativos se inscriben también en objetivos de tipo ambientalistas con el fin de reducir los niveles de contaminación y así atender a las cada vez más rigurosas legislaciones de los países. La adaptación de sistemas automatizados y de computadoras ha sido de gran utilidad en esta tarea.

A continuación mencionamos algunas de las innovaciones recientes en este tenor:¹⁵¹

- Energy Optimizing Furnace (EOF), del grupo brasileño KORE, es un proceso de producción de acero por soplo combinado y oxígeno, poscombustión y precalentamiento de chatarra en un único sistema. Esta técnica permite recuperar alrededor del 30 por ciento de energía generada en la poscombustión y además permite utilizar las materias primas con una gran flexibilidad.
- Proceso de optimización de sistema experto de hornos (ESOP) de la compañía canadiense Goodfellow Technologies Inc. Esta técnica consiste en el control en circuito cerrado de una cantidad de variables del proceso incluyendo inyección de sólidos y gas. Se logran reducciones del consumo de energía eléctrica por tonelada de acero producido de 830 kwt a 410 kwh/t y se mejora notablemente la eficiencia de la operación.
- Sistema de automatización y control de acerías. Este sistema puesto en marcha en la planta 1 de Usiminas, Brasil, utiliza una red de microcomputadoras norma PC para las funciones de cálculo y supervisión enlazadas con una red de PCs para el secuenciamiento e interrelación de los equipos. El sistema hace posible incrementos de 10 por ciento de la productividad de la acería; 20 por ciento en la vida del revestimiento refrac-

¹⁵¹ Estas innovaciones fueron presentadas en el Seminario ILAFA de *Innovaciones Tecnológicas en Acería y Colada Continua*, Santiago de Chile, mayo de 1998.

tario y reducciones del 30 por ciento en el consumo de cal, dolomita y florita, además de reducciones en el tiempo de colada y el índice de resoplado.

Desarrollo y diversificación de los productos acereros

Las empresas acereras se enfrentaron en cada segmento de sus mercados con la competencia de materiales sustitutos desde finales de los setenta y ochenta.¹⁵² Estos materiales representaron para el cliente opciones de disminución de costos. A continuación presentamos algunas de las industrias y sectores económicos que han sido mercados tradicionales para los diversos productos del acero y los productos competidores:¹⁵³

- Industria automovilística: plásticos, aluminio, fibras, conjugados, aleaciones livianas.
- Utilidades domésticas y comerciales: plásticos, aluminio, vidrio, mármoles y granito.
- Construcción civil: concreto, aluminio, plásticos, madera, fibrocemento, mármoles y granitos, vidrios.
- Embalajes y recipientes: vidrio, plásticos, aluminio, multirevestidos.
- Transportes: aluminio, plásticos, maderas, fibras, concreto.
- Máquinas y equipos: aluminio, cerámicas, plásticos, resinas, aleaciones especiales, conjugados y fibras.
- Agricultura y pecuaria: concreto, plásticos, aluminio y madera.
- Industria bélica: fibras, aleaciones especiales y conjugados.

Desde la segunda mitad de los setenta, la I&D en la siderurgia de diversos países dirigió sus esfuerzos en la creación de nuevas calidades de acero y diversificación de productos.

¹⁵² Véase J. Gana, 1986.

¹⁵³ *Ibidem*, p. 13.

El desarrollo tecnológico de productos ha sido la respuesta a la rápida evolución tecnológica de materiales sustitutos. Nuevos aceros especializados y de alta resistencia han permitido frenar la disminución del consumo aparente de acero en los mercados tradicionales.

Más de la mitad de los aceros empleados hoy en la fabricación de vehículos en países industrializados no estaban disponibles hace cinco años. Aceros de alta resistencia (refosforados, bifásicos), aceros del tipo *bake hardening*, aceros de elevadísima limpieza interna (*ultra clean*) y aceros revestidos con aleaciones de ferro-zinc, zinc-níquel, materiales orgánicos/zinc níquel, son ejemplo de las respuestas de las siderúrgicas.¹⁵⁴

Otra característica de los aceros utilizados en la industria automotriz es el menor espesor (aceros más finos y revestidos para resistir a la corrosión). Para hacer frente a las latas de aluminio, las botellas de polietileno y los contenedores de cartón en la industria de embalaje, se ha utilizado hojalata de lámina y hierro sin estaño, los cuales permiten producir aceros más ligeros y más delgados. En la industria de la construcción, los aceros de alta resistencia han significado una oportunidad de reducir costos y mejorar sus técnicas. También el avance tecnológico en otras ramas ha inducido la demanda de otros tipos de acero. Tal es el caso de la industria del petróleo, en la cual la explotación de crudo y gas en plataformas marinas y la construcción de gasoductos ha inducido la demanda de nuevos aceros para la fabricación de tubos.¹⁵⁵

LAS TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN LOS PAÍSES INDUSTRIALIZADOS Y DE RECIENTE INDUSTRIALIZACIÓN

LA DINÁMICA del cambio tecnológico varía entre los países productores de acero. Pese a la fuerte brecha productiva y tecnológica

¹⁵⁴ *Ibidem*, p. 14.

¹⁵⁵ Naciones Unidas, 1989, p. 9.

existente entre países industrializados y en desarrollo, hay en unos y otros una tendencia a convergir en la incorporación del mismo tipo de tecnologías para producir acero. El alcance (*catching up*) tecnológico ha ocurrido especialmente en países que han logrado acumular capacidades tecnológicas en un contexto de integración de los sistemas productivo, financiero, educativo y de políticas de gobierno. La convergencia tecnológica se profundiza a la luz del proceso de globalización de las empresas siderúrgicas y de las industrias consumidoras de acero, particularmente la automotriz. El acceso, el conocimiento y la asimilación de las nuevas tecnologías por parte de los países de reciente industrialización han sido posibles gracias a la ágil difusión de la información tecnológica derivada de las alianzas estratégicas, el avance de las telecomunicaciones y los sistemas informatizados, los congresos internacionales y, notablemente, al creciente intercambio comercial. Adicionalmente, los países industrializados, que se han orientado fundamentalmente hacia los sectores industriales que conforman el nuevo paradigma tecnológico (electrónica, aeronáutica, farmacéutica, etcétera), en el sector siderúrgico concentran su especialización en la producción de una gama de nuevos aceros e importan el acero y productos semiterminados. Por tanto, los empresarios de los países de reciente industrialización se han visto obligados a acceder al progreso tecnológico como base ineludible de su competitividad en los mercados internacionales.

En este apartado se analizarán las diferencias en el patrón de difusión de innovaciones en la industria siderúrgica en países industrializados y en economías de industrialización reciente, entre ella la de México, desde mediados de los años setenta a principios de los noventa. En otras palabras, se trata de contrastar las diversas formas de asimilación de innovaciones entre estos dos bloques de países. Primeramente, se comparan los avances tecnológicos incorporados a la siderurgia de países industrializados (Estados Unidos, Japón y de la Unión Europea) y, posteriormente, de cinco países de reciente industrialización (Brasil, Corea, México, Taiwan y Venezuela). Finalmente, se examinan las tendencias tecnológicas

en la siderurgia de los países de reciente industrialización con respecto a los países industrializados.

Evolución tecnológica en la siderurgia de los países industrializados

A pesar que el sector siderúrgico perdió dinamismo en Estados Unidos, Japón y los países de la Unión Europea, la contribución de éstos a la producción mundial de acero es aún significativa. En dichos países se pueden observar, a lo largo del siglo xx, ciclos diferenciados de crecimiento, maduración y declinación de su actividad siderúrgica, aunque se aprecia una relativa convergencia. Ello parece estar asociado a la especificidad del progreso tecnológico que cada país desarrolló.

Estados Unidos se mantuvo como líder mundial de la industria siderúrgica por más de cuatro décadas, entre 1920 y 1960, en virtud de la magnitud de su capacidad productiva, su tecnología y su provisión de insumos básicos.¹⁵⁶

Cuando la industria siderúrgica japonesa despegó de manera sorprendente en los años sesenta, la estadounidense empezó a desacelerar su crecimiento. Entre 1960 y 1970 Japón registró un crecimiento promedio anual de 15.0 por ciento en su producción de acero, al pasar de 22.1 a 93.4 millones de toneladas de acero. Tal crecimiento, inédito en la historia de los países productores de acero, continuó en las dos décadas posteriores, lo cual le valió a Japón desplazar a Estados Unidos como primer productor mundial de acero. El éxito de las empresas japonesas del acero parece vincularse al hecho de que éstas maduraron con nuevas tecnologías, sin

¹⁵⁶La siderurgia estadounidense contribuyó decisivamente al incremento de la producción de acero mundial durante y después de la Segunda Guerra Mundial. Entre 1937 y 1942 Estados Unidos incrementó su producción 8.7 por ciento promedio anual y produjo en este último año 59.5 por ciento del acero mundial. Enormes complejos siderúrgicos ubicados especialmente en el norte de los Estados Unidos superaron récords mundiales de producción. Esta tendencia se asocia al auge de la tecnología Siemens-Martin. En los años de posguerra, Estados Unidos continúa con el liderazgo pero con un ritmo menor de crecimiento. IISI, 1992.

pasar de manera importante por las tecnologías que favorecieron el liderazgo de Estados Unidos, pero que comenzaban a ser obsoletas.

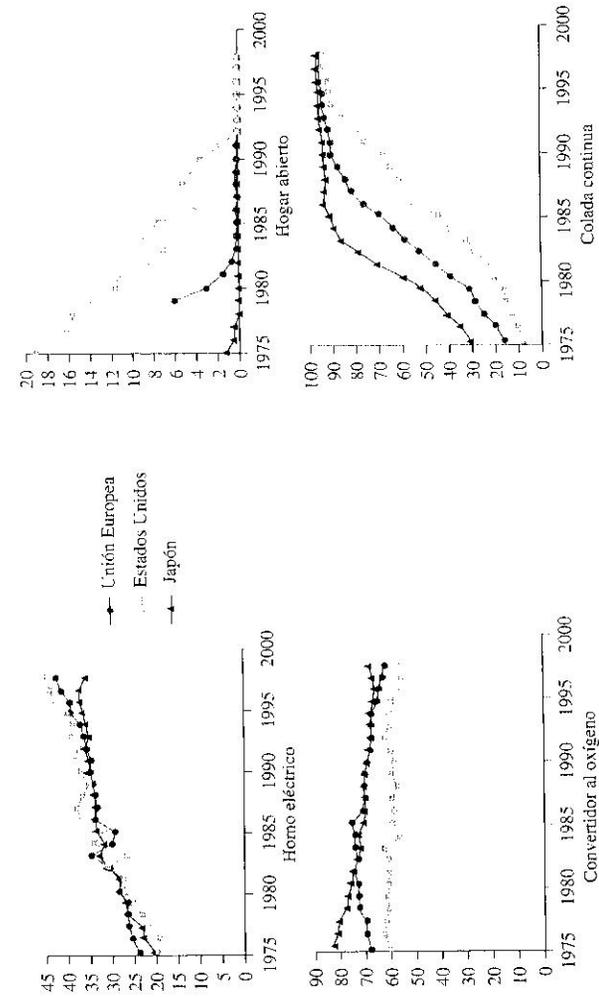
La declinación de las tecnologías obsoletas y la incorporación de nuevas tecnologías no ocurrieron con la misma velocidad en los países industrializados. En 1976, Estados Unidos produjo 18 por ciento de su acero en hornos de Hogar Abierto (Siemens-Martin). En contraste, en este mismo año, los países de la Comunidad Europea (hoy Unión Europea) utilizaron este procedimiento tecnológico en 10.8 por ciento y Japón de manera marginal (0.9 por ciento). Mientras que los países de la Unión Europea y Japón prescindieron totalmente del uso de los hornos de Hogar Abierto en 1978 y 1983 respectivamente, Estados Unidos desplazó lentamente la tecnología obsoleta en esos años. En 1983 los hornos Siemens-Martin participaron en las plantas siderúrgicas estadounidenses con un porcentaje relativamente elevado (9.0 por ciento) de la producción de acero si se le compara con las tendencias de otros países de la OCDE. Aún en 1989 Estados Unidos mantenía 4.5 por ciento la producción de acero con tecnología obsoleta. Actualmente ningún país de la OCDE utiliza más este proceso tecnológico.¹⁵⁷

El incremento productivo de los países industrializados desde la década de los setenta se asocia esencialmente a la difusión de tres nuevos procesos tecnológicos: el convertidor al oxígeno (BOF), los hornos eléctricos y la colada continua, y a un conjunto de mejoras incrementales; asimismo, al desplazamiento de la tecnología predominante anterior: los hornos Siemens-Martin.

Convertidores al oxígeno -BOF- y los hornos eléctricos. En los países industrializados, la difusión y el uso del convertidor al oxígeno (BOF) ocurrió con relativa rapidez en los años setenta. La tecnología BOF alcanza su madurez en los años ochenta. Con el uso de esta tecnología se produjeron tres quintas partes del acero en Esta-

¹⁵⁷ Sin embargo, en varios países de Europa del Este (el ex bloque de países de economía planificada) los hornos Siemens-Martin producen una parte sustantiva del acero; Rusia produjo en 1996 el 35.9 por ciento con este proceso y Ucrania el 50.4 por ciento. IISI, 1997.

GRÁFICA 14
EVOLUCIÓN DEL EMPLEO DE PROCESOS DE FABRICACIÓN DE ACERO POR PAÍSES INDUSTRIALIZADOS (Porcentaje)



dos Unidos, desde mediados de los setenta hasta mediados de los noventa. A partir de 1995 la importancia relativa de la tecnología BOF disminuye, llegando en 1998 a una participación de 55.4 por ciento en la producción del acero, para dar paso a los hornos eléctricos (véase gráfica 14).

En cambio, en Japón, los convertidores al oxígeno tuvieron mayor importancia durante los setenta y principios de los ochenta. Aunque en años posteriores se desplaza paulatinamente esta tecnología por el uso de hornos eléctricos. Sus plantas maduraron con la tecnología BOF y en menor medida con los hornos eléctricos. En 1976 los convertidores al oxígeno produjeron cuatro quintas partes del acero japonés y casi una cuarta parte los hornos eléctricos. Merece especial atención la decisión tomada por los empresarios japoneses de incorporar la aceración al oxígeno (BOF) desde principios de los años cincuenta "en circunstancias en que este proceso recientemente se estaba industrializando".¹⁵⁸ En el contexto del trabajo desarrollado en I&D, Japón importó este proceso tecnológico que consideró adecuado a su desarrollo, lo adaptó y lo explotó como tecnología propia.

Los países europeos de la CE sustituyeron de forma paulatina la tecnología Siemens-Martin por convertidores al oxígeno o por hornos eléctricos durante los setenta. Aunque desde los años sesenta el incremento de la capacidad productiva en las acerías integradas se explica por la presencia de los convertidores al oxígeno. A principios de los ochenta se cerraron definitivamente las plantas Siemens-Martin y los hornos Thomas y Bessemer que aún operaban. En 1983, ya finiquitada la tecnología obsoleta en el conjunto de países de la Unión Europea, la participación de los nuevos procesos fue de 74 por ciento del BOF y 26 por ciento de hornos eléctricos. Entre Francia y Alemania se observa una relativa convergencia tecnológica durante los años setenta y ochenta; aunque en los noventa, en Francia, aumenta la importancia relativa de los hornos eléctricos más que en Alemania. En contraste, en

¹⁵⁸CEPAL, 1984, p. 155.

Inglaterra, los convertidores contribuyeron menos en la producción de acero en las dos décadas pasadas y mayormente en los noventa, disminuyendo el peso de la acería eléctrica. Los países europeos registran una tendencia convergente en el uso de BOF con respecto a Japón durante los años ochenta y noventa. Desde mediados de los noventa la importancia de los convertidores se redujo en el conjunto de países de la Unión Europea y en menor medida en Japón.

En referencia al uso de los hornos eléctricos, en 1976 Estados Unidos, Japón y Unión Europea registraron un nivel similar de utilización en la producción de acero (una quinta parte de la producción total en promedio). Sin embargo, desde finales de los setenta se trazó la brecha en el uso de este procedimiento en los países referidos. De un lado, Estados Unidos incorporó de manera más dinámica los hornos eléctricos para la producción de acero; en 1991 casi duplica su participación y en 1996 la triplica (57.9 por ciento). Por el otro, la Unión Europea y Japón desarrollaron un nivel similar en el uso de este procedimiento tecnológico, y menor que Estados Unidos; la brecha frente a Estados Unidos es menor en 1991, llegó en 1996 a una participación del 34 por ciento aproximadamente. Así, el proceso de difusión y uso de los hornos eléctricos fue más ágil en Estados Unidos que en los países de la Unión Europea y Japón. Entre los países de la Unión Europea, Dinamarca, Grecia e Irlanda son los que utilizan al cien por ciento los hornos eléctricos. Otros países en que las acerías eléctricas son dominantes son Italia y Luxemburgo, en los cuales la presencia de miniacerías es importante. La mayor importancia de los hornos eléctricos en Estados Unidos se explica, probablemente, por el hecho de que las empresas estadounidenses son pioneras en el desarrollo de varios procesos de reducción que se combinan con el horno eléctrico; pero también por el incremento de miniplantas, que utilizan básicamente hornos eléctricos. Un aspecto fundamental en la elección de esta tecnología fue el acceso a fuentes de energía eléctrica a costos relativamente reducidos. Los países con abundancia de gas natural han privilegiado la tecnología de reducción directa a través de gas.

Colada continua. Otro proceso que los empresarios siderúrgicos estadounidenses incorporaron lentamente fue la colada continua. En 1976 sólo 10 por ciento de la producción acerera estadounidense utilizaba este proceso; en 1983 la participación aumentó a más de un tercio, y en 1990 la colada continua producía dos tercios del acero. En estos mismos años, los países de la CE y Japón superaron considerablemente a Estados Unidos en la difusión e incorporación de esta innovación, la cual mejoraba notablemente la reducción de horas laborales para producir el acero. Este hecho contribuyó muy probablemente, entre otros, al rezago de la productividad de la industria siderúrgica estadounidense.¹⁵⁹ En 1996, Estados Unidos experimentó una relativa convergencia con los otros países industrializados.

La siderurgia europea incorporó el proceso de colada continua con mayor dinamismo que Estados Unidos, especialmente Francia, Alemania e Italia. En Inglaterra, la tendencia de incorporación de la colada continua se asemeja a la de Estados Unidos. A mediados de los setenta la colada continua producía 16.5 por ciento del acero; en 1983 casi triplicó su participación, y en 1998 casi fue total.

Por su parte, las empresas siderúrgicas japonesas incorporaron vertiginosamente el proceso de colada continua. En 1976 la colada continua hizo posible más de un tercio de su producción, y en 1983 más de cuatro quintas partes. En 1991 casi la totalidad de la producción de acero se basó en este proceso tecnológico (94.4 por ciento), y se superó ligeramente en los años posteriores, 96.9 por ciento).

Los empresarios japoneses contribuyeron a desarrollar una nueva cultura del trabajo que permitió la mejoría de productividad y la calidad en las siderúrgicas japonesas. Los programas de calidad total fueron inicialmente desarrollados en el país asiático, y posteriormente adoptados en los otros países industrializados.

El patrón de difusión de las nuevas tecnologías en la siderurgia de los países industrializados de la OCDE se realizó a ritmos

¹⁵⁹Un sugerente análisis de las razones del declive de la productividad en esta industria se encuentra en L. Dertouzos *et al.*, 1989.

diferentes, pero con una tendencia convergente desde finales de los ochenta y los noventa. Destaca el dinamismo y la visión de Japón para incorporar las nuevas tecnologías (BOF, hornos eléctricos y colada continua) y flexibilizar el régimen productivo. Esto le valió a Japón una excelente posición competitiva con relación a otros países líderes en la producción de acero. Los de la Unión Europea registraron un proceso de difusión de menor dinamismo que Japón, pero mayor que Estados Unidos. En los países europeos y en Japón, el apoyo gubernamental en los procesos de reestructuración e innovación tecnológica fue decisivo. En Estados Unidos los empresarios retardaron el cambio tecnológico hasta mediados de los ochenta. La pérdida de competitividad en los mercados internacionales e incluso en los domésticos fue un factor que obligó al cambio tecnológico. A mediados de los ochenta aceleraron la difusión de nuevas tecnologías (colada continua y hornos eléctricos).

El gasto destinado por los gobiernos y los empresarios de los países industrializados a la I&D fue vital para innovar los procesos tecnológicos de la siderurgia en los años sesenta. En especial Japón se destacó por su inversión en este rubro: destinó en 1978 el 1.4 por ciento de las ventas brutas de esta industria a la I&D, mientras que Estados Unidos y Alemania 0.7 por ciento cada uno.¹⁶⁰ En 1981 el gasto de I&D en la siderurgia de los países de la OCDE representó el 4.0 por ciento del total en el sector manufacturero y Japón por encima del promedio (8.3 por ciento).¹⁶¹ Una década después, la participación relativa del gasto en I&D de todos los países industrializados se redujo¹⁶² y, en contrapartida,

¹⁶⁰Estos porcentajes equivalen a un gasto de 450 millones de dólares para Japón, 210 millones de dólares para Estados Unidos y 90 millones de dólares para Alemania (CEPAL, *op. cit.*, p. 68).

¹⁶¹Estados Unidos dio prioridad a las industrias aeronáutica (22.6 por ciento), maquinaria, eléctrica (20.2 cada una). Entre los países de la OCDE hay diferencias en la distribución del gasto de I&D, pero en conjunto apoyaron las investigaciones en las industrias, eléctrica (22.0 por ciento), química y maquinaria (17.0 por ciento respectivamente). Japón privilegió el gasto en las industrias eléctrica (24.5 por ciento); química (18.1 por ciento) y transporte (17.2 por ciento). (Fuente: OCDE, citado en F. Fajnzylberg, 1989, p. 41).

¹⁶²La participación de la I&D en 1990 con relación al total en el sector manufacturero fue: Francia 1.4 por ciento; Alemania 0.9 por ciento; Japón 3.4 por ciento; Reino Unido 0.7 por ciento y Estados Unidos 0.3 por ciento. OCDE, 1994a, p. 37.

se privilegiaron otros sectores de mayor dinamismo, según la especialización de cada país (farmacéutica, telecomunicaciones, aeronáutica, automotriz). Sin embargo, la I&D continúa como prioridad en la estrategia competitiva de las empresas siderúrgicas. Las alianzas estratégicas favorecen la cooperación entre empresas para innovar los productos en función de las necesidades de los consumidores: ahorrar, mejorar la eficiencia en el uso de las materias primas, la energía y la productividad laboral.

Las patentes, un indicador de la actividad innovativa de la industria siderúrgica

En la industria siderúrgica, hay un importante número de países representados por empresas o individuos que solicitan el registro de patentes. En cada país, la solicitud de patentes puede ser realizada por residentes (nacionales) o no residentes (extranjeros).

A continuación se estudia el patentamiento de la industria siderúrgica mundial. Sin embargo, en esta investigación sólo se consideran las patentes de la United States Patent & Trademark Office (USPTO). Estados Unidos constituye el mercado tecnológico internacional más importante.¹⁶³ Por esta razón, inventores (empresas o individuos) de muchos países concurren a registrar sus invenciones a la USPTO. El propósito es comparar el dinamismo innovativo en un conjunto de países industrializados; para ello analizamos las tendencias de la evolución de las patentes en los países industrializados seleccionados otorgadas por la USPTO de 1976 a 1999 en seis clasificaciones que corresponden a subgrupos de la actividad siderúrgica (véase cuadro 10).

Existen otras clasificaciones que registran inventos de la siderurgia, pero también incluyen actividades de las metálicas no ferrosas (como el aluminio). Estas últimas no se consideran a fin de evitar la sobrestimación. La gráfica 15 muestra la evolución del total de las patentes de los seis subgrupos seleccionados de 1976 a

¹⁶³Para un estudio más completo de la actividad innovativa de la industria siderúrgica internacional conviene consultar los registros de patentes de varios países industrializados, especialmente en aquellos que destacan en este sector.

CUADRO 10
CAMPOS DE PATENTAMIENTO DE LA INDUSTRIA
SIDERÚRGICA

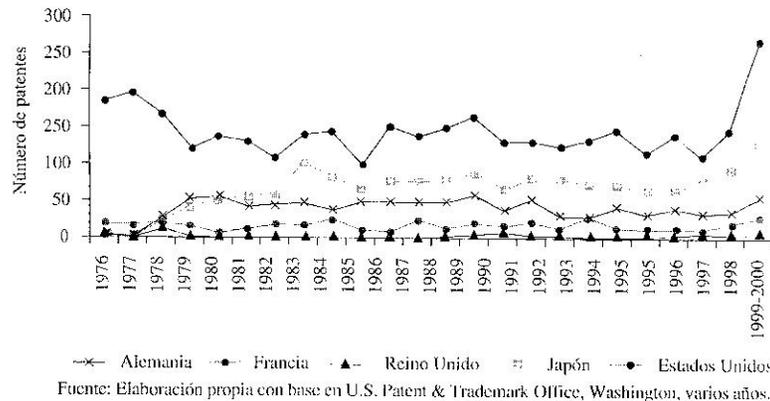
<i>Clasificación</i>	<i>Descripción</i>
B21H	Fabricación de artículos metálicos especiales por laminado
B21J	Hornos de forja
B22C	Moldeo en fundición
C21B	Fabricación de hierro o acero
C21C	Procesos de hierro fundido
C21D	Modificación de la estructura física de los metales ferrosos

Fuente: USPTO, Estados Unidos, 1999.

1999-julio 2000 en cinco países industrializados (tres de la Unión Europea, Estados Unidos y Japón). Se observan tres tendencias. La primera se caracteriza por el importante dinamismo innovativo de Estados Unidos y Japón. Estados Unidos mantiene su liderazgo en el patentamiento a lo largo del periodo considerado, con un promedio de 150 patentes anuales. Japón se sitúa con un nivel menor de patentes otorgadas, en promedio 65 patentes anuales. Pero aún así, este país destaca por su tendencia convergente con Estados Unidos, particularmente en los últimos años de la década del noventa cuando le son concedidas por la USPTO 92 y 129 patentes. Las otras dos tendencias se localizan en los países de la Unión Europea. Por un lado ubicamos a Alemania y Francia con un nivel de patentamiento menor y crecimiento estable (36 y 15 patentes anuales, respectivamente). Por el otro, en el extremo, Reino Unido se distingue por el estancamiento de su patentamiento (2 patentes anuales).

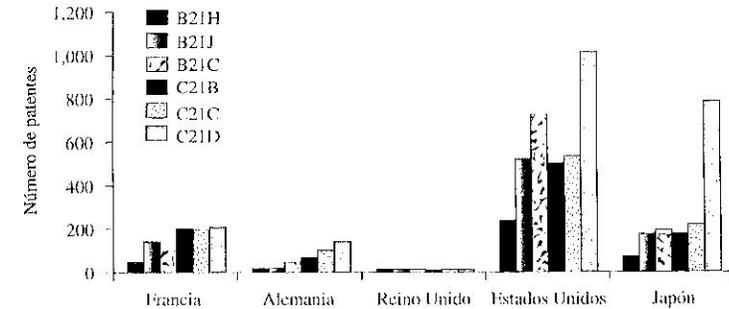
La información de las patentes por subgrupos es útil para confirmar las tendencias de especialización siderúrgica de cada país. En efecto, la mayor actividad inventiva puede vincularse a aquellos subgrupos en los que las empresas tienen un mayor crecimiento y competitividad. ¿En qué subgrupos concentran los países industrializados seleccionados el mayor número de patentes?

GRÁFICA 15
INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
PATENTES DE PAÍSES INDUSTRIALIZADOS
RESIDENTES Y NO RESIDENTES
OTORGADAS EN ESTADOS UNIDOS



En general, la actividad inventiva de la industria siderúrgica de los países industrializados es diversificada, aunque en cada país se tiende a configurar una determinada especialización. En Japón, Francia y Estados Unidos el subgrupo C21D (Modificación de la estructura física de los metales ferrosos) tiene una especial importancia (véase gráfica 16). Esta especialización se asocia a la preocupación de las empresas por mejorar la estructura y la calidad de los aceros especiales. En particular, el país asiático muestra una orientación clara de la invención-innovación hacia este segmento con una participación cercana a 50 por ciento relativa al total de las patentes de los seis subgrupos. En contraste, en Alemania el subgrupo C21D comparte una importancia relativa similar de más de una quinta parte con otros subgrupos C21B y C21C (Fabricación del hierro y Procesos de hierro fundido, respectivamente). Otro campo de importancia de la actividad inventiva siderúrgica de Estados Unidos es el subgrupo B22C (Moldeo de fundición) y de Francia es el C21C (Procesos de hierro fundido). En todos los paí-

GRÁFICA 16
PATENTES DE PAÍSES INDUSTRIALIZADOS OTORGADOS
EN ESTADOS UNIDOS POR SUBGRUPOS
DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA, 1976-2000



Fuente: Elaboración propia con base en U.S. Patent & Trademark Office, Washington, varios años.

B21H: Fab. arts. metálicos esp. por laminado.

B21J: Hornos de forja.

B22C: Moldeo en fundición.

C21B: Fabricación de hierro y acero.

C21C: Procesos de hierro fundido.

C21D: Modif. est. físico de los metales ferrosos.

ses, las patentes del subgrupo B21H (Fabricación de artículos metálicos especiales por laminado) tienen una participación menor con relación al total de patentes de los seis subgrupos de la siderurgia.

Las tendencias de especialización actuales se remontan a las décadas de la posguerra, aunque algunos países han cambiado su orientación. Un estudio comparativo de 16 empresas siderúrgicas europeas y americanas entre 1957 y 1968 (R.E. Miller, 1975) caracterizadas por su dinamismo innovativo, señala que las empresas estadounidenses son fuente importante de innovación tecnológica en lo que corresponde a las Materias primas y a los Nuevos productos (nuevos aceros, otras aleaciones). En contraste, las patentes de las empresas alemanas se concentraron en el desarrollo de la Fabricación de acero, la Reducción directa y la Colada continua. Aunque es importante precisar que el número de patentes en los campos mencionados en Alemania es inferior a 10.

Del estudio antes referido (R.E. Miller, 1975) se desprenden otras observaciones que conviene apuntar para entender la naturaleza de la innovación de la siderurgia en los países industrializados. Primero, cuatro quintas partes de las invenciones tecnológicas aplicadas en la industria siderúrgica del conjunto de los países europeos y estadounidense provinieron de patentes de empresas no siderúrgicas y sólo una cuarta parte de empresas del sector.

Segundo, entre las empresas no siderúrgicas que contribuyeron con sus innovaciones están las constructoras de materiales y sociedades de ingeniería (31.3 por ciento) y las empresas de alto nivel técnico (14.5 por ciento). Aunque también participaron en menor grado los productores de aleaciones y metales no ferrosos (8.8 por ciento), los proveedores de materias primas o componentes (7.5 por ciento), los fabricantes de productos terminados (6.0 por ciento), las asociaciones colectivas de investigación (5.8 por ciento), los organismos públicos de investigación (2.4 por ciento) y los inventores individuales (2.8 por ciento). No se registraron patentes de las empresas comerciales de investigación y desarrollo. El peso relativo de las empresas no siderúrgicas cambia de un país a otro. Por ejemplo, en Alemania los constructores de materiales y sociedades de ingeniería tuvieron una importancia relativa mayor (54.1 por ciento). En cambio, en Estados Unidos la participación de empresas no siderúrgicas en la incorporación de innovaciones fue más diversificada y heterogénea.

Tercero, para las empresas siderúrgicas estadounidenses las dos motivaciones principales de la innovación fueron los rubros Servicio a los clientes y asistencia de investigación y Productos nuevos y mejorados. Por su parte, las europeas se preocuparon por atender la Entrega rápida y la absorción de costos del transporte y también los Productos nuevos y mejorados. Para ambos grupos de empresas el rubro de Mejoras en la calidad de acero estuvo como última fuente de la innovación. En el periodo de posguerra las empresas siderúrgicas no se sentían amenazadas por no incorporar innovaciones a los procesos y generar nuevos productos, aunque sí vislumbraban que en largo plazo éstos les permitirían reducir

costos y, con ello, generar ganancias. Los cambios estaban muy vinculados a las opiniones del cliente, especialmente de la industria automotriz. La mejoría de la calidad del acero fue así una demanda de las industrias consumidoras, en la medida en que ellas también realizaban sus propios procesos de innovación.

Actualmente, las estrategias tecnológicas de las empresas de los países industrializados cambiaron sustancialmente a raíz de la crisis vivida en los años setenta y por la amenaza de los nuevos materiales para el acero. Así, las empresas han incrementado su esfuerzo de investigación y de desarrollo para obtener aceros de mejor calidad en respuesta a los requerimientos del cliente. Sin embargo, la siderurgia se sigue alimentando de manera muy importante de las innovaciones generadas en otros sectores industriales, pero ahora de algunos que constituyen el nuevo paradigma tecnológico, como la electrónica.

Las patentes registradas en los seis subgrupos de nuestro estudio representan menos del 1 por ciento del total de patentes registradas por cada país. Lo anterior confirma el hecho de que la industria siderúrgica no se caracteriza por el dinamismo innovativo que otras industrias de punta (electrónica, farmacéutica, aeronáutica) tienen.

Patrones de difusión e innovación tecnológica en los países de reciente industrialización

La actividad siderúrgica de los países en desarrollo en la posguerra se impulsó en el contexto del crecimiento económico hacia adentro con un fuerte apoyo estatal. Las políticas económicas que concibieron a esta industria como estratégica se inscribieron en el proceso de sustitución de importaciones. Entre 1957 y 1961 la producción media anual de acero de los principales países en desarrollo (Brasil, China, India, Corea, México y Taiwan) fue de 17 millones de toneladas anuales. La producción acerera de estos países

aumentó de 1989 a 1991 a 159 millones de toneladas de acero (J.B. Kaesshaefer, 1996, p. 337).

El relativo desplazamiento de la actividad siderúrgica de los países industrializados hacia países de reciente industrialización (China, Corea, Taiwán, Brasil, Venezuela, México), especialmente en la última década, estuvo asociado a las ventajas comparativas de estos últimos, que favorecieron el proceso de globalización (alianzas estratégicas e incremento de las inversiones extranjeras). Algunos de ellos disponen de materia prima y fuentes de energía barata (México, Brasil y Venezuela). Los bajos salarios de los países de reciente industrialización con relación a los países industrializados, forman parte del perfil competitivo. Un factor esencial en el logro de la competitividad de algunos de estos países, en especial Corea, fue la incorporación de las innovaciones tecnológicas en sus procesos y la importancia dada a la educación capacitación de la fuerza laboral (A.H. Amsden, 1989; J.L. Enos y W.H. Park, 1988).

Los enormes complejos siderúrgicos en países de reciente industrialización encontraron sus límites de crecimiento en los años ochenta debido al alza de las tasas de interés internacional, que derivaron en endeudamiento y crisis financiera de las empresas en varios países, notablemente en América Latina. La crisis de la deuda engendró recesión (la llamada década pérdida en América Latina), que se tradujo en menor demanda de acero. La reestructuración, la modernización de las plantas, el retiro del gobierno de este sector, la privatización, la orientación hacia las exportaciones, dieron lugar a importantes transformaciones tecnológicas, organizativas y comerciales en la industria siderúrgica de los países de reciente industrialización (ILFAFA, varios años; R. Villarreal, 1986).

La naturaleza del cambio tecnológico en la industria siderúrgica de los países de reciente industrialización tiene sus especificidades. Para empezar se observa una gran dependencia tecnológica con respecto a los países industrializados, aunque también algunas de sus empresas registran innovaciones endógenas trascendentes. En efecto, gran parte de la tecnología provino de los países industria-

lizados, debido a la ausencia, en general, de un núcleo generador de este tipo de tecnología (F. Fajnzylber, 1983). Pero, además, el flujo de transferencia tecnológica no ocurrió con la misma velocidad en este bloque de países. Podemos distinguir en general dos tendencias. Por un lado, en los países del Sudeste Asiático, cuyo crecimiento económico fue más dinámico, la incorporación de nuevas tecnologías, y particularmente, el aprendizaje se realizó de forma notable (A.H. Amsden, 1989). Por otro lado, en los países de América Latina, con economías más frágiles y de menor crecimiento, las empresas siderúrgicas, cobijadas por políticas proteccionistas, retardaron la innovación tecnológica (Banco Mundial, 1988). Otro hecho importante a considerar es la forma en que adoptaron la tecnología extranjera. Entre los países que adquieren tecnología del exterior se manifiestan dos actitudes diferenciadas de imitación: la ofensiva y la pasiva (C. Freeman, 1986). Entre las empresas siderúrgicas de los países de reciente industrialización se observan aquellas que compran tecnología externa y, reforzadas por su actividad de I&D, la asimilan, crean sus propias capacidades tecnológicas y son capaces de realizar innovaciones (imitación ofensiva). Otras empresas, en cambio, no solamente no desarrollan mejoras, sino que en muchos casos no están en condiciones de aprovechar la potencialidad que la tecnología proveniente del exterior ofrece. A continuación contrastamos las tendencias de difusión de las nuevas tecnologías de tres países latinoamericanos (Brasil, México y Venezuela) y dos del Sudeste Asiático (Corea y Taiwán).

A principios de los años sesenta, la producción de acero de los países de América Latina provenía esencialmente de las grandes acerías Siemens-Martin de las plantas integradas con alto horno (AHMSA y Fundidora Monterrey en México; Aliperti, Belgo Mineira, CSN, Minerasil en Brasil) (Siderurgia Latinoamericana, 1991). En estos mismos años se empezaron a utilizar los altos hornos a coque combinados con los hornos Siemens-Martin. A principios de los setenta, Venezuela era entre los países en desarrollo el que mayormente dependía de esta tecnología (86 por ciento) y en menor medida, pero aún considerable, México (45 por ciento) y Brasil (34 por ciento). En contraste, en Corea los hornos Siemens-Martin

no tenían una presencia significativa (12 por ciento) y en Taiwan era nula (ISI, varios años).

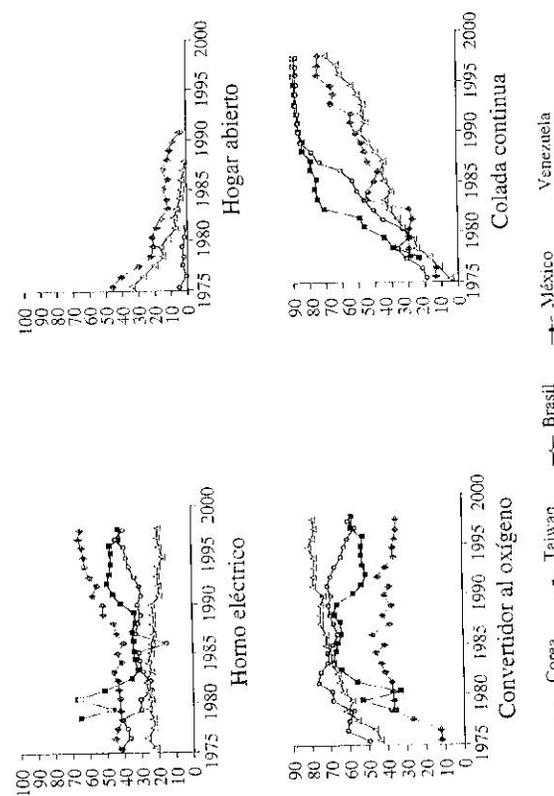
La crisis internacional del petróleo aceleró la obsolescencia de los hornos de Hogar Abierto y la sustitución por nuevas tecnologías desde finales de los setenta y principio de los ochenta. Varias plantas con esta tecnología obsoleta fueron cerradas, con lo cual se redujo su participación. La sustitución de la obsoleta tecnología Siemens-Martin en los países de reciente industrialización se realizó con mayor dinamismo en Corea. En 1982, este último país no utilizó más este proceso tecnológico. Brasil y México registraron una tendencia similar hasta finales de los ochenta y principios de los noventa. En 1989 Brasil prescindió totalmente de este procedimiento, mientras que México lo hizo hasta 1992. Venezuela retrasó la sustitución de esta técnica, pero en 1990 la desechó totalmente. La empresa venezolana Sidor mantuvo uno de los últimos hornos Siemens-Martin abastecido de arrabio, cuya producción provenía de hornos eléctricos de reducción. La empresa brasileña Companhia Siderúrgica Pains desarrolló un proceso nuevo, alternativo a los hornos Siemens-Martin: Energy Optimizing Furnace (EOF). Esta tecnología resultó exitosa en los años setenta (CEPAL, 1984).

Tal como ocurrió en los países desarrollados, algunos países de reciente industrialización privilegiaron el uso del convertidor al oxígeno y otros los hornos eléctricos. La decisión de utilizar una u otra técnica dependió de las ventajas que cada una aportaba a la situación muy particular de cada país. Pero además, muy probablemente contó la influencia de los países industrializados con los cuales se tenía una relación más próxima.

Brasil, Corea y Taiwan incorporaron a sus procesos el convertidor al oxígeno de forma dominante (más de tres quintas partes en 1983) y los hornos eléctricos con un menor peso. Las empresas brasileñas Usiminas y Cosipa fueron pioneras en el uso de convertidores de oxígeno en América Latina. En México, el convertidor al oxígeno y los hornos eléctricos tuvieron una importancia similar en 1983. En la década posterior, los hornos eléctricos aumentaron su participación en casi todos los países, con excep-

GRÁFICA 17

EVOLUCIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE PROCESOS DE FABRICACIÓN DE ACERO POR PAÍSES DE INDUSTRIALIZACIÓN RECIENTE



Fuente: Elaboración propia con base en International Iron and Steel Institute, Bruselas, varios años.

ción de Brasil. En 1991, las plantas mexicanas produjeron casi tres quintas partes con este proceso y superior en 1996 (64.1 por ciento) (véase gráfica 17). En Venezuela se adoptaron los hornos eléctricos, sin utilizar convertidores al oxígeno (OCDE, 1989).

Justamente en los años setenta, cuando se difunden el convertidor al oxígeno, los procesos de reducción y hornos eléctricos en los países de reciente industrialización productores de acero, se expande la capacidad instalada. Grandes complejos siderúrgicos se desarrollan a la luz de estas innovaciones. Ejemplo de ello es la creación de la empresa mexicana Sicartsa, que incorpora procesos tecnológicos avanzados (convertidor al oxígeno, colada continua, sistemas computarizados, etcétera). Las nuevas tecnologías se incorporan también en las viejas plantas. En los años ochenta, nuevas plantas con tecnología moderna inician operaciones en Taiwan (CSC's, núm. 3, 1988), en Corea (Posco's Kwangyang, 1987), en Brasil (CST en Tubarao, 1984, y Açominasen Ouro Branco, 1987) y en México (Sicartsa II, 1989).¹⁶⁴ En Corea, Taiwan y Brasil, el convertidor al oxígeno continua siendo una tecnología dominante a finales de los noventa, aunque los países asiáticos tienden a disminuir su importancia relativa a cambio de incrementar la del horno eléctrico. En México se reafirma la tendencia del uso del horno eléctrico. La influencia de la tecnología de Hylsamex ha sido decisiva para otras empresas del país.

La adopción de la colada continua en los países del Sudeste Asiático (Corea y Taiwan) y, en menor medida, Venezuela tuvo mayor dinamismo que Brasil y México. La proporción de acero producido con el uso de colada continua en Taiwan y Corea fue similar a la registrada en 1986 por los países industrializados, mientras que las de México y Brasil son significativamente inferiores. Durante la década de los noventa Brasil y México desarrollan un esfuerzo importante en la incorporación de la colada continua, logrando en 1998 producir poco más de cuatro quintas partes de los productos siderúrgicos con este proceso tecnológico, lo cual coin-

¹⁶⁴ OCDE, 1989, p. 34.

cide con el promedio mundial. Los países asiáticos desde finales de ochenta producían casi 100 por ciento de sus aceros con colada continua. La tendencia seguida por Taiwan es parecida a la registrada por Japón. La de Corea es similar a la de los países de la Unión Europea; por su parte México y Brasil muestran una semejanza con la trayectoria de Estados Unidos. La instalación de colada continua de palanquilla se realizó especialmente en las miniplantas con acería eléctrica.

La forma en que cada país de reciente industrialización adoptó las nuevas tecnologías en la industria siderúrgica, con su correspondiente asimilación, determinó su ritmo de desarrollo. Esto lo podemos apreciar al contrastar el desarrollo tecnológico seguido por cada país y su desempeño productivo. La difusión de las nuevas tecnologías (BOF, hornos eléctricos y colada continua) se realizó de forma divergente en algunos casos y convergente en otros. Durante la primera mitad de la década de los ochenta, Brasil, Corea y Taiwan siguen un patrón de difusión similar. Sin embargo, en la otra mitad de los ochenta, la tendencia cambia. Brasil privilegia el uso de los convertidores al oxígeno; en menor medida Corea. En cambio, Taiwan favorece la tecnología de los hornos eléctricos. Las siderúrgicas mexicanas, durante los años setenta y hasta finales de los ochenta, favorecen el uso de los convertidores al oxígeno, pero posteriormente, prefieren el uso de los hornos eléctricos.

En las tendencias de difusión de la colada continua existen convergencias entre Taiwan y Corea y en menor medida con Venezuela. Especialmente en estos dos países del Sudeste Asiático se incorporó este procedimiento de manera dinámica. Por otro lado, México y Brasil siguieron tendencias de difusión similares.

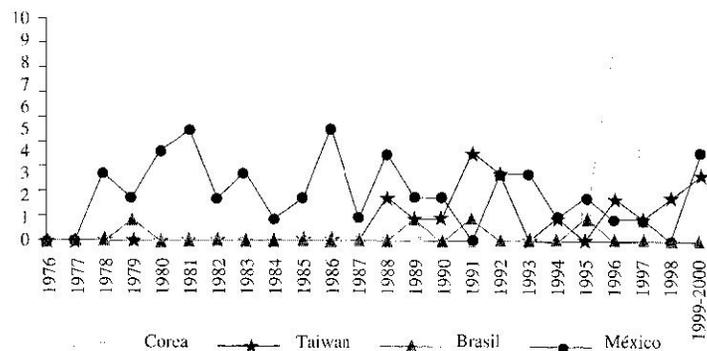
La incorporación de nuevas tecnologías permitió a los países de reciente industrialización referidos acceder a una posición competitiva en los mercados domésticos e internacionales.

Las patentes en los países de reciente industrialización

Los países de reciente industrialización también registran patentes en la USPTO, indicador de su actividad inventiva endógena.

Sin embargo, su escala es considerablemente menor en comparación a los países industrializados. A fin de continuar con el análisis comparativo, consideramos las patentes de seis subgrupos de la industria siderúrgica otorgadas en Estados Unidos a dos países del Sudeste Asiático (Corea y Taiwan) y a dos de América Latina (Brasil y México) en el mismo periodo que para los países industrializados (1976-1999). Hasta finales de los ochenta hay ausencia de patentes en los subgrupos de siderurgia de los países del Sudeste Asiático y casi nula participación de Brasil. En contraste, México registra un promedio de 2.2 patentes por año durante el periodo de estudio y hasta cinco patentes en algunos años (véase gráfica 18). Pero a finales de los ochenta y durante los noventa, la actividad inventiva de los países del Sudeste Asiático empezó a expresarse de manera significativa. Entre 1988 y 1999 Taiwan registra un promedio de 1.7 patentes por año y Corea de 1994 a 1999 un promedio de 5.2 patentes anuales. El dinámico incremento de patentes de Corea y Taiwan rebasó el nivel de patentamiento de México.

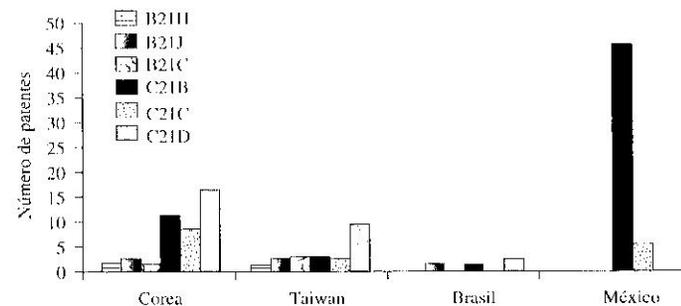
GRÁFICA 18
INDUSTRIA SIDERÚRGICA. PATENTES DE PAÍSES DE RECIENTE INDUSTRIALIZACIÓN OTORGADAS EN ESTADOS UNIDOS



Fuente: Elaboración propia con base en U.S. Patent & Trade Office, Washington, varios años.

Las tendencias de especialización tecnológica de acuerdo con la información de las patentes, muestra que los cuatro países asignan una importancia relativa diferente a cada subgrupo. Las patentes coreanas se concentran especialmente en dos subgrupos. En efecto para Corea poco más de la mitad de las patentes se localizan en C21D (Modificación de la estructura física de los metales ferrosos) y más de un tercio en C21B (Fabricación del hierro o del acero). También para Taiwan y Brasil el subgrupo Modificación de la estructura física de los metales ferrosos tiene un mayor peso relativo, pero el país asiático tiene presencia en todos los demás sectores, en tanto, el país latinoamericano no participa en dos subgrupos y su nivel de patentamiento es muy reducido. La especialización de México en las patentes tiene una clara concentración en Fabricación del hierro o del acero (90.2 por ciento) y el resto en Procesos de hierro fundido (véase gráfica 19). La mayor parte de las

GRÁFICA 19
TOTAL DE PATENTES OTORGADAS EN ESTADOS UNIDOS A PAÍSES DE RECIENTE INDUSTRIALIZACIÓN POR SUGRUPOS DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA, 1976-2000



Fuente: Elaboración propia con base en U.S. Patent & Trademark Office, Washington, varios años.

- B21H: Fab. arts. metálicos esp. por laminado.
- B21J: Hornos de forja.
- B21C: Moldeo en fundición.
- C21B: Fabricación de hierro y acero.
- C21C: Procesos de hierro fundido.
- C21D: Modif. est. físico de los metales ferrosos.

patentes mexicanas refieren al proceso de reducción directa Hyl de la empresa Hylsamex.

Convergencia y divergencia tecnológica entre países industrializados y de reciente industrialización

En los dos apartados anteriores analizamos la evolución tecnológica de los procesos de producción de acero de un conjunto de países industrializados y otro de países de reciente industrialización. Al comparar los dos bloques de países constatamos que la brecha tecnológica se ha reducido en las dos últimas décadas, particularmente con los países del Sudeste Asiático. En las empresas siderúrgicas de estos países se suprimió el uso de tecnologías obsoletas y se accedió a nuevas tecnologías con dinamismos semejantes. La elección de las dos rutas tecnológicas de producción de acero (alto horno-convertidor y reducción directa-horno eléctrico) dependió, entre otros factores, del acceso a las fuentes de energía y de la influencia de las firmas extranjeras en el marco de alianzas estratégicas, inversiones y relaciones comerciales.

Entre los países del Sudeste Asiático se observa una tendencia convergente en la difusión de las nuevas tecnologías. Japón destaca por su dinámico progreso tecnológico y su eficiencia productiva. Corea y Taiwan adoptan en un periodo relativamente corto las innovaciones tecnológicas y desarrollan empresas eficientes comparables a las japonesas (véase J.L. Enos y W.H. Park, 1988).

Al contrastar la evolución del uso de los convertidores al oxígeno entre los países, observamos que, por un lado, Corea y Brasil privilegiaron más el uso de convertidores al oxígeno al igual que los países industrializados durante los ochenta. Por el otro, Taiwan y México disminuyeron, desde la segunda mitad de los ochenta, la participación relativa del proceso BOF y en contrapartida aumentaron la importancia de los hornos eléctricos. En los años noventa, en todos los países se registró un incremento en la participación de los hornos eléctricos (véase cuadro 11).

CUADRO 11
TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN LA PRODUCCIÓN DE ACERO EN VARIOS PAÍSES
(Porcentaje del total de acero producido por proceso tecnológico)

	BOF		HE		SM		Colada continua	
	1980	1998	1980	1998	1980	1998	1980	1998
UE	72.7	61.8	23.8	38.2	3.5	0.0	38.9	95.8
Estados Unidos	61.0	55.4	27.0	44.6	12.0	0.0	20.3	95.3
Japón	76.0	68.1	24.0	31.9	0.0	0.0	59.5	96.9
Brasil	68.8	79.2	27.0	19.3	12.2	0.0	36.4	80.4
Corea	67.0	59.7	31.5	40.3	1.5	0.0	44.3	98.6
México	37.6	34.7	43.6	64.5	18.9	0.0	31.9	84.7
Venezuela	0.0	-	63.0	100.0	37.0	0.0	62.2	100.0
Taiwan	49.0	58.1	51.0	41.9	0.0	0.0	58.5	99.8

Fuente: Elaboración propia con base en IISI, Bruselas; IIAFA, Santiago de Chile, varios años.
BOF = Convertidor al oxígeno. Tecnología moderna.
HE = Horno eléctrico. Tecnología moderna.
SM = Hogar abierto Siemens-Martin. Tecnología obsoleta.
Colada continua. Tecnología moderna.

El patrón de difusión de la colada continua constituye un elemento básico para valorar el avance del progreso técnico de la industria siderúrgica de cada país. Al comparar a los países analizados, distinguimos dos tendencias en el uso de la colada continua. La primera, corresponde a los países asiáticos, cuyo dinamismo fue semejante a Japón y los países de la Comunidad Europea; en menor grado está Venezuela. La velocidad de incorporación de la colada continua en los países del Sudeste Asiático explica en gran medida su considerable crecimiento del producto, el ahorro de energía y la mejoría de la productividad. La segunda concierne a México, Brasil y Estados Unidos, quienes adoptaron el procedimiento más lentamente. Estados Unidos avanzó notoriamente en la adopción de colada continua desde finales de los ochenta, logrando convergir con los demás países industrializados y los dos países

del Sudeste Asiático en 1995. La instalación de colada continua de palanquilla se realizó en el país de América del Norte, fundamentalmente en las miniplantas con acería eléctrica. La eficiencia productiva y la competitividad de la miniaccerías han adicionalmente mejorado con la incorporación de la colada de planchones finos.

La difusión de nuevas tecnologías en la manufactura del acero ha sido un elemento favorable para las empresas de los países de reciente industrialización que se afanan por alcanzar una posición competitiva en los mercados internacionales. Un aspecto fundamental es la asimilación de esas nuevas tecnologías, y también las aportaciones endógenas para mejorar e innovar los procesos. En efecto, si bien es cierto que las ventajas iniciales de los países de reciente industrialización fueron sus reducidos costos salariales, la competitividad de las empresas siderúrgicas se asoció crecientemente a la asimilación de las nuevas tecnologías y a la capacidad de mejorar los procesos tecnológicos.

Entre los países industrializados y los de reciente industrialización existe una relativa convergencia en los procesos de producción de acero. Pero aún existen brechas entre estos países que se localizan en la producción de aceros especiales, inoxidable, altamente resistentes y en general de mayor valor agregado. Justamente en esta gama de aceros, los países industrializados han orientado sus esfuerzos de I&D para realizar sus actividades innovativas. Sin embargo, hay algunas excepciones. Algunas empresas de países de reciente industrialización han iniciado sus actividades de I&D en estos rubros, en alianza estratégica con sus similares de países industrializados, desarrollando así un proceso convergente.

Las especializaciones tecnológicas divergentes o convergentes de los dos bloques de países se constata cuando se contrastan los registros de patentes. Tal como lo indicamos anteriormente, los países industrializados atribuyen una especial importancia al subgrupo C21D (Modificación de la estructura física de los metales ferrosos), actividad vinculada a los nuevos tipos de acero. Pero también observamos que en los países del Sudeste Asiático las patentes de este subgrupo tienen una importancia similar que en Japón. Resulta

interesante subrayar que mientras los países de industrialización patentan en todos los subgrupos, México y Brasil no tienen presencia en varios. En efecto, ambos países latinoamericanos no patentan en B21H (Fabricación de artículos metálicos especiales por laminado) ni en B22C (Moldeo de fundición). Además Brasil no patenta en C21C (Procesos de hierro fundido) y México en C21D (Modificación de la estructura de los metales ferrosos), campo al que los países industrializados destinan una importancia sustantiva (véase cuadro 12). México muestra una especialización concentrada básicamente en Fabricación del hierro o del acero, que contrasta con la actividad innovativa diversificada de los otros países.

Un mecanismo abierto de difusión de la nueva tecnología son los seminarios internacionales organizados regional o mundialmente. Estos eventos constituyen una excelente oportunidad para el intercambio de los avances tecnológicos de las empresas. Las ponencias exponen el progreso tecnológico incorporado tanto en empresas de los países industrializados como los de reciente industrialización. En el cuadro 24 del anexo mostramos algunas de las innovaciones recientes en acería y colada continua presentadas en el Seminario IIAFA de Innovación, que tuvo lugar en mayo de 1998 en Santiago de Chile.

CUADRO 12
IMPORTANCIA RELATIVA DE LAS PATENTES
POR SUBSECTORES DE LA SIDERURGIA EN PAÍSES
INDUSTRIALIZADOS Y DE RECIENTE INDUSTRIALIZACIÓN
(Porcentaje)

I. Países industrializados

<i>Clasificación</i>	<i>Alemania</i>	<i>Francia</i>	<i>Reino Unido</i>	<i>Japón</i>	<i>EE.UU.</i>
B21H. Fabricación de artículos metálicos especiales por laminado.	5.1	3.6	5.6	4.6	28.2
B21J. Hornos de forja.	16.2	3.8	18.9	10.5	20.9
B22C. Moldeo en fundición.	10.6	12.0	18.9	11.6	8.1

CUADRO 12 (Continuación)

<i>I. Países industrializados</i>					
<i>Clasificación</i>	<i>Alemania</i>	<i>Francia</i>	<i>Reino Unido</i>	<i>Japón</i>	<i>EE.UU.</i>
C21B Fabricación del hierro o del acero.	22.5	16.7	17.0	10.6	21.6
C21C Procesos de hierro fundido.	22.1	27.3	20.7	13.6	9.6
C21D Modificación de la estructura física de los metales ferrosos.	23.5	36.6	18.9	49.1	11.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
<i>II. Países de reciente industrialización.</i>					
<i>Clasificación</i>	<i>Corea</i>	<i>Taiwan</i>	<i>Brasil</i>	<i>México</i>	
B21H Fabricación de artículos metálicos especiales por laminado.	3.2	5.0	0	0.0	
B21J Hornos de forja.	6.6	10.0	25.0	0.0	
B22C Moldeo en fundición.	3.2	15.0	0.0	0.0	
C21B Fabricación del hierro o del acero.	35.4	15.0	25.0	90.2	
C21C Procesos de hierro fundido.	0.0	10.0	0.0	9.8	
C21D Modificación de la estructura física de los metales ferrosos.	51.6	45.0	50.0	0.0	
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia con base en U.S. Patent & Trademark Office, Washington, varios años.

CAPÍTULO 4

La industria siderúrgica mexicana: de la sustitución de importaciones a la reestructuración y la promoción de exportaciones

EN ESTE capítulo se estudia el desarrollo de la siderurgia mexicana en dos modelos sucesivos de industrialización: la sustitución de importaciones (1940-1982) y la promoción de exportaciones (1987-1996). En especial, el proceso de reestructuración, la modernización tecnológica y la apertura comercial puesta en marcha en los años ochenta, en el umbral de la globalización. Primeramente se analiza el desarrollo de la siderurgia mexicana durante el periodo sustitutivo de importaciones (1940-1982); en seguida se examina el proceso de reestructuración y modernización tecnológica impulsado por el gobierno mexicano en las principales empresas siderúrgicas mexicanas de 1985 hasta 1991. Finalmente, se evalúa el desempeño de la competitividad y la especialización de productos siderúrgicos mexicanos en los mercados internacionales, a la luz de la apertura comercial decretada en los años ochenta, particularmente en 1987 con la adhesión al GATT y profundizado en 1994 con la entrada en vigor del TLCAN.

En el análisis de la siderurgia mexicana durante el periodo sustitutivo de importaciones se hallan las claves que permiten comprender las condiciones que han determinado, en gran medida, la naturaleza de la competencia y, en consecuencia, el desarrollo y el desempeño de esta industria nacional. En seguida, se ubican los factores que han conducido al agotamiento de este modelo de desarrollo en la siderurgia y se indaga si la reestructuración de la siderurgia mexicana ha hecho posible la modernización de las empresas y la creación de las condiciones competitivas para la

apertura de los mercados a la competencia internacional. Considerando dichos objetivos se plantean las siguientes preguntas: ¿la reestructuración favoreció el cambio tecnológico con relación a las tendencias internacionales? ¿Qué balance hacen las empresas mexicanas de la reestructuración? ¿Cuáles son los efectos para las empresas siderúrgicas, en términos de crecimiento y de competitividad, derivados de la apertura comercial? ¿Cuál fue la base de las ventajas competitivas de los productos siderúrgicos mexicanos desde 1987? ¿La apertura comercial ha impulsado la adquisición de nuevas tecnologías, la difusión y los intercambios de conocimientos para mejorar la calidad de los productos y de la productividad?

LA SIDERURGIA MEXICANA EN EL PERIODO SUSTITUTIVO DE IMPORTACIONES (1950-1982)

PARA CARACTERIZAR el desarrollo de la industria siderúrgica mexicana en el periodo 1950-1982, en el contexto de la industrialización sustitutiva de importaciones (ISI), es importante responder estas cuestiones: ¿qué aspectos favorecieron y cuáles obstaculizaron el desarrollo de la industria siderúrgica mexicana bajo el modelo sustitutivo de importaciones? ¿Qué efectos tuvo la ausencia de la competencia externa en el crecimiento de la industria, en términos de la eficiencia productiva, la diversificación, la calidad y los precios de los productos? ¿Existió alguna política diferenciada hacia la industria siderúrgica paraestatal y la privada? ¿Qué trayectoria siguieron ambas en su nivel tecnológico y su desempeño productivo y comercial?

Con el fin de despejar estas interrogantes, en este apartado analizaremos: la evolución de la siderurgia mexicana en el proceso de industrialización de 1940 a 1987; el proteccionismo estatal y la actividad comercial de la industria siderúrgica mexicana (1940-1987), y el desarrollo de las principales empresas siderúrgicas mexicanas.

Evolución de la siderurgia mexicana en el proceso de industrialización

La actividad siderúrgica en México data de principios del siglo XX (Fundidora Monterrey, 1903).¹⁶⁵ Sin embargo, el crecimiento más apreciable de la siderurgia mexicana ocurrió en el periodo de posguerra. Desde los años cuarenta, el gobierno mexicano impulsó vigorosamente la expansión de la industria siderúrgica para fortalecer al sector industrial nacional.¹⁶⁶ La siderurgia, al igual que las industrias de fertilizantes y papel, fue considerada una industria fundamental en el proceso de industrialización por sustitución de importaciones. La creciente participación estatal en el sector siderúrgico, en las décadas de la posguerra, se justificó por la necesidad de suplir y complementar la actividad siderúrgica privada.¹⁶⁷ En los años sesenta la siderurgia mexicana empieza a tener una mayor integración en el sector industrial. Su participación en el PIB industrial en 1960 fue 3.5 por ciento y en el PIB del sector manufacturero de 5.3 por ciento (INEGI, 1986).

Así, los complejos industriales que se pusieron en funcionamiento durante el periodo de la posguerra, como el de Ciudad Sahagún (donde se desarrollaron sectores tales como el textil, el metalúrgico, el alimentario), estuvieron ligados al desarrollo siderúrgico nacional (F. Zapata, 1987). La industrialización del país avanzó aceleradamente de 1940 a 1950, y la demanda de productos siderúrgicos creció en consecuencia. En las dos siguientes décadas el

¹⁶⁵Véase S.H. Haber, *Industria y subdesarrollo. La industrialización de México 1890-1940*, Alianza Editorial, México, 1992. M. Martínez del Campo, 1985.

¹⁶⁶El gobierno mexicano dio prioridad y financiamiento a la industria del hierro y acero, en el marco del financiamiento a la industria, a través de Nacional Financiera, S.A. (Nafinsa), destinando el 35.8 por ciento de créditos (71.2 millones de pesos). Martínez del Campo, 1985, p. 77.

¹⁶⁷En otras industrias consideradas estratégicas (petróleo, ferrocarriles, electricidad, petroquímica básica), la participación estatal directa buscaba "asegurar la autonomía de las decisiones nacionales". En las industrias agroalimentarias (industrias azucareras, aceites y derivados vegetales, empaquetado de productos alimentarios, rehidratación de leche), la finalidad era apoyar las actividades agrícolas vinculadas a la reforma agraria, y abastecer los artículos esenciales de subsistencia. En industrias cuyas empresas privadas fueron afectadas por crisis económicas (industrias azucareras, textil y metalmeccánica) la participación del Estado se orientaba a mantener las fuentes de empleo (J. Ros, 1990, p. 135).

CUADRO 13
VARIACIÓN MEDIA ANUAL DEL PIB NACIONAL, POR
SECTORES INDUSTRIALES Y DE LA SIDERURGIA
CON BASE EN PRECIOS DE 1960
(Porcentaje)

Periodo	Total	Industria	Minería	Manufacturas	Siderurgia	Construcción	Electricidad
1940-1950	6.0	6.6	3.5	7.1	6.0	10.0	5.7
1950-1960	6.1	7.1	5.8	7.3	6.1	7.2	9.2
1960-1970	7.0	8.8	6.7	8.3	7.0	8.3	13.6

Fuente: Nafinsa, *La economía mexicana en cifras*, México, 1990.

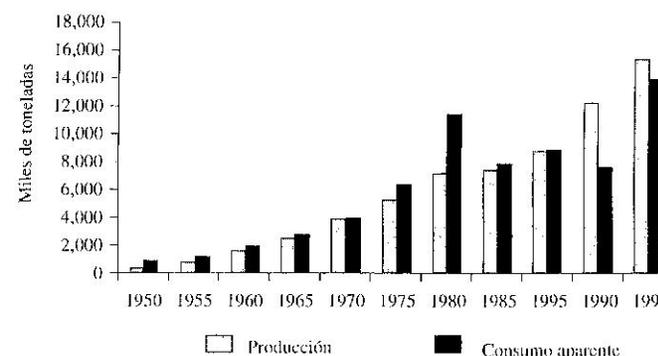
crecimiento también fue dinámico en los diferentes sectores industriales y en la siderurgia.

En los años cuarenta, la producción de acero en lingote sólo cubría la mitad de lo que se consumía, y por tanto, el déficit de acero se cubría por la vía de la importación. El incremento del volumen de producción de acero, especialmente durante la década de los cincuenta, el cual se triplicó en términos absolutos, contribuyó a reducir notablemente las importaciones y a cubrir casi la totalidad de la demanda, en varios años de la década de los sesenta. El crecimiento promedio anual de la producción de acero fue mayor en los años cincuenta, pero también significativo en las dos décadas posteriores. Sin embargo, en los setenta, la tasa anual de crecimiento del consumo fue superior a la de producción (véase gráfica 20), lo que provocó un nuevo incremento de las importaciones.

Entre 1970 y 1975 se registraron enormes inversiones del sector público y privado para incrementar la capacidad instalada y modernizar los equipos de la industria siderúrgica (creación de un nuevo complejo siderúrgico y ampliación de las empresas existentes); sin embargo, el ritmo de crecimiento de la producción fue menor al de años anteriores.¹⁶⁸

¹⁶⁸ Si se considera únicamente el periodo comprendido entre los años de 1973 a 1976, la inversión realizada en la construcción de nuevas plantas y en ampliación de la capacidad instalada de las empresas integradas llegó a los 24.000 millones de pesos, de los que

GRÁFICA 20
MÉXICO: PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE ACERO
(Miles de toneladas)



Fuente: Elaboración propia con base en IISI, Bruselas, varios años.

El sector productor de bienes de consumo no duradero (industria textil, alimentaria, etcétera) fue el eje dinámico de la industrialización del país desde los años cuarenta hasta mediados de los sesenta. La política industrial en este periodo se centró básicamente en la sustitución de importaciones de bienes de consumo y bienes intermedios (R. Villarreal, 1988).

Desde mediados los años sesenta se impulsó el desarrollo de los sectores productores de bienes intermedios, de bienes durables y bienes de capital y éstos comenzaron a cobrar importancia en el proceso de industrialización (véase CEPAL-Nafinsa, 1971; L. Solís 1980 y R. Villarreal, 1976). De 1970 a 1975 la industria manufacturera de Productos metálicos, maquinaria y equipo registró un crecimiento promedio anual superior al de la economía y el mismo sector manufacturero (9.0 por ciento, 7.5 por ciento y 5.9 por ciento respectivamente) y sólo similar al sector de Electricidad, gas y agua (Nafinsa, 1990). En esta segunda fase de la susti-

el sector público aportó aproximadamente las cuatro quintas partes (M. Martínez del Campo, 1985, p. 105).

tución de importaciones, las políticas gubernamentales (monetaria, fiscal, comercial), así como programas de desarrollo aplicados favorecieron la integración industrial hacia adentro de los sectores de bienes durables y de bienes de capital. Entre las acciones de esta política destacan: el *permiso previo* para fomentar e integrar a la industria nacional; el impulso para crear nuevas empresas o líneas de producción, a través de decretos, a fin de sustituir bienes importados (industria de máquinas de escribir -1962- e industria de automóviles -1964-); la integración de diversas industrias de bienes intermedios y de capital, por medio de programas de integración aprobados entre 1965 y 1968 por la Secretaría de Industria y Comercio, tales como varias ramas del sector mecánico, relojes, petroquímica básica y secundaria, artículos eléctricos, etcétera (Martínez del Campo, 1985, pp. 84-85). Complementariamente se instrumentaron las políticas de compras estatales (Plan Nacional de Desarrollo Industrial 1979-1982), a fin de sustituir importaciones y promover la producción nacional de bienes de capital en la demanda total de bienes de capital, y fijación de los precios de los bienes producidos por el sector público, buscando estabilidad interna de precios (J. Ros, 1990, p. 136).

En virtud de la política estatal de fomento industrial, se aceleró la productividad y se registró una recuperación de los salarios reales en el periodo mencionado. Ello condujo a la ampliación y la diversificación del mercado de bienes industriales. Asimismo, se aumentó la inversión extranjera en industrias de mayor dinamismo y se incrementó el financiamiento de largo plazo por sociedades financieras privadas (*ibidem*, p. 122).

Los diversos programas gubernamentales de fomento industrial emprendidos por el Estado mexicano estimularon notablemente la expansión de la rama siderúrgica. En efecto, a medida que nuevos sectores industriales florecían, y se demandaba una mayor infraestructura, el consumo de acero y de productos siderúrgicos crecía, sin la amenaza de la competencia externa. En particular, el decreto presidencial sobre la industria automotriz (1964), en el cual se estableció que 60 por ciento de las partes de un automóvil de-

bían ser hechas por manufacturas nacionales (E. Lifshitz y A. Zottele, 1985), contribuyó al crecimiento de la demanda de productos de acero en la industria automotriz de autopartes. En el cuadro 14 se constata el dinamismo de crecimiento del consumo de aceros planos y en un relativamente menor grado de aceros no planos. La producción y el consumo de tubos también fueron considerables y estuvieron ligados al desarrollo de la industria del petróleo.

CUADRO 14

TASAS DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL DE LA PRODUCCIÓN Y DEL CONSUMO DEL ACERO BRUTO Y DE LOS PRODUCTOS SIDERÚRGICOS EN MÉXICO (Porcentaje)

Periodo	Producción de acero bruto	Consumo de acero bruto	Consumo cubierto por las importaciones			
1940-1950	10.1	10.1	10.1			
1950-1960	14.7	9.0	-2.0			
1960-1970	9.7	7.8	-12.6			
1970-1982	5.1	7.1	21.5			
1982-1987	1.6	6.5	-42.8			
1987-1994	4.3	10.8	43.9			
1994-1999	8.3	0.9	15.0			

Periodo	Productos no planos	Consumo no planos	Productos planos	Consumo planos	Tubos	Consumo tubos
1953-1960	13.3	9.1	17.0	12.4	26.1	15.9
1960-1970	9.4	7.4	10.5	11.5	4.0	8.1
1970-1982	7.0	7.2	4.9	7.8	6.9	10.9
1982-1987	2.9	0.3	-1.4	-7.7	-2.9	-5.6
1987-1994	3.6	7.3	2.6	2.1	2.4	5.7
1994-1999	3.4	1.2	14.3	6.8	-0.2	19.4

Fuente: Estimaciones propias con base en Canacero, *Amarillos*, varios años.

Durante el auge petrolero en México, de 1976 a 1981, la demanda de productos siderúrgicos, especialmente de tubos, creció sus

tancialmente (14.9 por ciento promedio anual). En ese periodo se realizaron cuantiosas inversiones en la construcción de enormes complejos industriales (Pajaritos, La Cangrejera) y en infraestructura, para incrementar la plataforma de producción petrolera. La crisis financiera de 1982 casi frenó esta dinámica de crecimiento. La demanda doméstica de acero se contrajo en 45.0 por ciento, las importaciones en 86.0 por ciento y la producción doméstica en 13 por ciento. El mayor descenso de consumo de productos siderúrgicos se registró en tubos, que coincide con el fin del periodo conocido como *boom petrolero* (Banco Mundial, 1988). La recesión en el sector manufacturero, y en particular en las industrias consumidoras de acero durante los ochenta, agudizó la caída de la demanda interna de acero.¹⁶⁹

Empleo

El dinamismo de la industria siderúrgica mexicana de los años cincuenta y sesenta, cuya tasa de crecimiento promedio anual del PIB fue superior a 6 por ciento, favoreció la generación de empleo en esta rama industrial. Incluso, en los setenta, cuando en los países industrializados ocurría una severa crisis en este sector industrial y miles de trabajadores perdían su empleo (véase capítulo 2), en México la siderurgia aumentó su capacidad productiva y su personal ocupado. En las industrias Metálicas básicas, en la cual se incluye la del hierro y el acero, el empleo creció con mayor dinamismo entre 1950 y 1960 (7.7 por ciento promedio anual), y en las siguientes dos décadas fue menor el ritmo de crecimiento, pero aún significativo (5.0 por ciento). Entre 1970 y 1980 se considera a las Metálicas básicas, la quinta división industrial con mayor dinamismo en el empleo manufacturero, con una participación del 3.7 y 5.5 por ciento en el PIB manufacturero, mientras en varias ramas industriales el empleo descendió significativamente. La generación de empleo en esta división industrial, en el

¹⁶⁹Entre 1982 y 1986 el PIB de la industria manufacturera decreció en promedio anual -0.7 y en la industria de Productos metálicos y equipo -4.7 por ciento. La caída fue mayor en Construcción (otra industria consumidora de acero), -5.9 por ciento (Nafinsa, 1993).

mismo periodo, estuvo por abajo de varias ramas químicas y de productos metálicos (automotriz, transporte), pero fue superior al conjunto del sector manufacturero (J. Casar, S. Kurczyn y C. Márquez P., 1984). Si se considera a la siderurgia únicamente, la tasa de crecimiento promedio anual del empleo fue mayor (6.4 por ciento entre 1970 y 1979). En 1970 el personal ocupado en la siderurgia ascendió a 42,019, llegando a su máximo nivel en 1981 con 67,373 trabajadores. En los años posteriores a la crisis financiera de 1982, el empleo se redujo abruptamente, al igual que los salarios reales de los trabajadores.¹⁷⁰ En 1990 el número de obreros y empleados fue de 48,033, es decir, una reducción de -3.7 por ciento entre 1981 y 1990 (INEGI, *La industria siderúrgica en México*, 1987).

Productividad

La productividad media laboral de las industrias Metálicas básicas del hierro y el acero no creció durante los cincuenta, pero entre 1960 y 1967, se incrementó 3.5 por ciento promedio anual.¹⁷¹ En la década siguiente (1970-1980) la productividad fue menor (2.5 por ciento promedio anual) y similar a la de Productos metálicos, automotriz entre otras, y del sector manufacturero en su conjunto. En los años ochenta la productividad laboral mejoró, especialmente después de la apertura comercial.¹⁷²

¹⁷⁰Según los datos de un estudio acerca de los salarios (G. González, 1994), la remuneración media anual por persona ocupada en las industrias metálicas básicas entre 1985 y 1990 fue significativamente superior al conjunto del sector manufacturero y al de cada una de las industrias manufactureras. Por ejemplo, en 1990, se reportó 24,412 millones de pesos del rubro salarial referido en las industrias metálicas básicas contra 13'582,000 pesos corrientes del sector manufacturero. Aunque es probable que en estas cifras también se está incluyendo la liquidación recibida por los trabajadores.

¹⁷¹El cálculo se realizó a partir de los índices de productividad parcial del trabajo 1950=100.0 y precios constantes de 1960 (E. Hernández Laos, 1973).

¹⁷²Según E. Hernández Laos, 1994, p. 47, la industria básica del hierro y el acero registró una variación promedio anual en la productividad laboral de 4.26 por ciento entre 1981 y 1986, muy superior al conjunto del sector manufacturero (0.26 por ciento) y en el periodo 1987-1991, el ritmo de crecimiento de productividad se mejoró ligeramente (4.94 por ciento), en el marco de una recuperación generalizada de la productividad del sector manufacturero.

La siderurgia se caracteriza por su elevada intensidad de capital por hombre ocupado. En México se realizaron importantes inversiones en maquinaria y equipo desde los años cuarenta. En 1977, este indicador se elevó sustantivamente (49.4 por ciento con respecto al año anterior) debido a la puesta en marcha de la empresa Sicartsa. Sin embargo, desde mediados de los ochenta el capital neto por hombre ocupado disminuyó y la obsolescencia de los equipos aumentó, debido a que el ritmo de inversiones hacia ese sector se estancó por la crisis de 1982, la considerable deuda de las empresas y la recesión ulterior. Según los cálculos de E. Hernández Laos (1994, p. 160), las industrias Metálicas básicas registraron en 1970 un índice de obsolescencia de 0.47; menor en 1981 (0.39), pero después de 1986 rebasa el 50 por ciento, lo cual coincide con la tendencia del sector manufacturero en su conjunto.

El desarrollo de la siderurgia mexicana durante el ISI dependió en gran medida del dinamismo de la economía mexicana (con tasas anuales de crecimiento superiores a 6 por ciento), y en particular, del sector industrial. Pero su desempeño productivo y de competitividad, desde los años cuarenta hasta los setenta, está muy ligado a los efectos de las políticas proteccionistas que se aplicaron en este sector. Aunque otros factores, tales como la ausencia de un sector endógeno productor de bienes de capital, y en general los problemas tecnológicos de la industrialización en el país parecen haber influido en la eficiencia industrial de la siderurgia. En el siguiente apartado, nos referiremos a los rasgos característicos de la política proteccionista en general y en el sector siderúrgico en particular; posteriormente analizaremos a las empresas.

Política proteccionista estatal y actividad comercial de la industria siderúrgica

La política proteccionista estatal

Un rasgo característico de la política económica que se aplicó durante el periodo sustitutivo de importaciones fue el fuerte pro-

teccionismo industrial y comercial. Los programas de integración industrial, mencionados anteriormente; el financiamiento a largo plazo a través de Nafinsa, la creación de empresas estatales y estímulos fiscales en el marco de la Ley de Industrias Nuevas y Necesarias (1955) formaron parte de esa política proteccionista. Pero el núcleo central del proteccionismo se aplicó a través de las políticas arancelaria y no arancelaria. El arancel y el permiso a la importación, los instrumentos de estas políticas, se hicieron valer indirectamente en las industrias protegidas, "a través de la influencia que éstos ejercen sobre el sistema de precios".¹⁷³ En efecto, con las elevadas tarifas arancelarias y la complicada reglamentación en los permisos de un gran número de productos de importación, no se estimulaba directamente las actividades industriales protegidas, pero se lograba restringir las importaciones y con ello incrementar los precios internos de dichos productos, lo cual alentaba la producción doméstica.¹⁷⁴

Las variaciones de los precios internos a consecuencia de la política proteccionista ocurrieron mediante la protección nominal.¹⁷⁵ G. Bueno (1972) estima la protección nominal de los diferentes sectores económicos durante los años sesenta y R.B. Wallace y A. Ten Kate (1979) hacen lo propio para los años setenta. Ambos estudios coinciden en detectar una jerarquización del proteccionismo, que tiende a favorecer a las industrias de incipiente creación (bienes de consumo duradero y de capital), por encima del sector primario y de las industrias de bienes intermedios.¹⁷⁶

¹⁷³R.B. Wallace, A. Ten Kate A. Waarts y M.D. Ramírez, 1979, p. 21.

¹⁷⁴R.B. Wallace *et al.*, 1979, p. 21, subraya la importante influencia de la protección sobre la producción interna a través de los precios, por encima de la misma "injerencia directa en el comercio exterior", considerando que sólo "menos del 10 por ciento de la demanda de productos comerciables proviene del exterior".

¹⁷⁵"La protección nominal por producto se define como el cambio porcentual del precio interno debido al sistema de protección" $w = (\text{pint} - \text{phip}/\text{phip}) \cdot 100$ donde: w = tasa de protección nominal del producto considerado; pint = precio interior del mismo, y phip = precio hipotético que tendría vigencia en ausencia de una política proteccionista. R.B. Wallace *et al.*, *op. cit.*, p. 99.

¹⁷⁶R.B. Wallace y A. Ten Kate, 1979, calcularon el siguiente promedio ponderado de protección nominal en diferentes sectores económicos: productos primarios alimentarios 0.8 por ciento; sector minero -8.7 por ciento; bienes de consumo no duradero 18.1 por ciento; bienes intermedios 11.1 por ciento; bienes de consumo duradero y de capital 34.4 por ciento.

En la política económica estatal se distinguieron dos etapas, asociadas a las dos fases de sustitución de importaciones (J. Ros, 1990, pp. 122-123). En la primera, de 1940 a mediados de 1950, los estímulos a la sustitución de importaciones provinieron fundamentalmente de:

- la protección arancelaria y de la política cambiaria (devaluaciones 1948, 1949, 1954);
- la inflación moderada (11 por ciento promedio entre 1940 y 1955);
- la progresiva reducción de salarios reales;
- la intervención muy activa del Estado en la promoción y la diversificación industrial (financiamiento de la banca de fomento, inversión pública en industrias básicas (siderurgia, equipo de transporte y fertilizantes); y
- el incremento al gasto público.

En la segunda, de mediados de los cincuenta hasta 1970, la política económica se caracterizó por:

- la intensificación del uso de instrumentos no arancelarios en detrimento de los arancelarios (controles cuantitativos a la importación en coordinación con los programas de fabricación e integración industrial);
- el tipo de cambio fijo a partir de 1954;
- la estabilidad de precios y el rápido crecimiento económico;
- la estrategia a través de mantenimiento de una elevada tasa de rentabilidad para inversión privada a través de la política de precios de los bienes suministrados por el sector público;
- las inversiones públicas en infraestructura; y
- una estructura fiscal no progresiva en la que se otorgaba un tratamiento preferencial a las utilidades, rentas e intereses (Solís, 1980).

Posteriormente, en los setenta, al diversificarse los objetivos de la política de industrialización,¹⁷⁷ se inició una apertura gradual de las importaciones, a través de la reducción de los aranceles a finales de 1978, buscando "aumentar la eficiencia de la industria y reducir el sesgo antiexportador" (CEPAL, 1979; Brailovsky, 1981; Balassa, 1983, citado en J. Ros, 1990). Sin embargo, la apreciación real del tipo de cambio parece haber sido un obstáculo a dicho proceso de liberalización, el cual concluye en 1981.

A raíz de la crisis financiera de 1982, la política económica se reorientó. Entre los cambios que se registraron en la política económica están:

- la promoción de exportaciones manufacturadas no petroleras, a través de política cambiaria y de la reducción del sesgo antiexportador, y un conjunto de estímulos fiscales y subsidios, y
- la reforma al sistema de protección. La liberalización comercial se profundizó a la luz del acuerdo comercial con Estados Unidos en mayo de 1985 y la decisión de México de ingresar al GATT.

El proteccionismo hacia la siderurgia

El apoyo estatal a la siderurgia, concretado en cuantiosas inversiones, transferencias presupuestarias, subsidios a la energía y los insumos y la política de protección comercial, fue decisivo en su desarrollo. La intervención del Estado en esta rama industrial creció sustancialmente en los años sesenta y alcanzó su nivel máximo en los años setenta y mediados de los ochenta. En este periodo, la siderurgia se encuentra entre las industrias más favorecidas por subsidios financieros, transferencias corrientes—subsidios directos a empresas— (M. Martínez del Campo, pp. 311-312). Sin embargo, la protección arancelaria y nominal tendió a disminuir en la segunda fase del ISI.

¹⁷⁷Crecimiento de las exportaciones manufactureras, desarrollo de la industria de bienes de capital, descentralización regional de la actividad industrial y la regulación de la actividad extranjera (Ros, 1990, p. 123).

En los años sesenta la protección nominal para los productos comerciables en el conjunto de las industrias metálicas básicas fue de 26.7 por ciento; en 1970 descendió a 8.9 por ciento y en 1980 a 5.0 por ciento. Contrastada con el promedio ponderado de las ramas económicas de bienes intermedios, la tasa nominal de las industrias metálicas básicas fue superior en los sesenta e inferior en los setenta (14.6 y 11.1 por ciento). El hecho de que la protección nominal en las industrias metálicas básicas, al igual que en otras industrias de insumos intermedios (petróleo y petroquímicos básicos), fuese relativamente más baja que en las industrias de bienes de consumo y de capital, obedeció a la política gubernamental deliberada de mantener bajos los precios para favorecer a los productores de bienes finales. En efecto, a través de precios reducidos se subsidió a estas últimas industrias, a costa de los fabricantes de insumos intermedios, entre ellos el hierro y el acero (R.B. Wallace y A. Ten Kate, 1979, pp. 120-121). A través de la empresa estatal Ahmsa, el gobierno reguló los precios nacionales del acero; posteriormente, en los años ochenta lo haría por conducto de Sidermex.

La protección nominal efectiva, la cual "pretende medir la modificación del valor agregado de la actividad económica generadora del producto, debido a la política proteccionista", de las *Industrias metálicas básicas*, en 1960 y 1970 fue de 71.7 y 22.9 por ciento respectivamente.¹⁷⁸ Esta disminución se corresponde también con el descenso de la tasa de la protección nominal, que implicó un sistema de precios bajos para los productos comerciables y por tanto menor efecto del proteccionismo. En 1980 la protección nominal efectiva se incrementó a 38.0 por ciento (Banco Mundial, 1988).

De acuerdo con los estudios de R. Villarreal (1976) y M.D. Ramírez y A. Ten Kate (1979), se estima que el efecto de la deman-

¹⁷⁸ "La protección efectiva se define como el porcentaje en que el valor agregado generado en la producción de una unidad del producto considerado a precios interiores excede al valor agregado hipotético que se habría obtenido en ausencia de la protección" (R.B. Wallace y A. Ten Kate, 1979, p. 107).

da interna contribuyó de manera sustantiva al crecimiento de las Industrias metálicas básicas entre 1950 y 1970, y en menor grado la sustitución de importación y la sustitución neta. El efecto normal de exportación es marginal, y negativo en el caso de la reorientación de las exportaciones. Sin embargo, en los años cincuenta, el efecto de la sustitución de importación tuvo un mayor peso que en la siguiente década.

CUADRO 15

FUENTES DEL CRECIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN EN LAS INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS

	1950-1958	1960-1965	1965-1970	1960-1970
Crecimiento de la producción	100.0	100.0	100.0	100.0
Efecto de la demanda interna	70.4	84.3	92.5	87.3
Efecto normal de exportación	2.1	1.9	4.3	1.9
Sustitución de importaciones	27.5	8.0	5.8	8.8
Reorientación de exportaciones		-5.6	2.8	-1.8
Sustitución neta		13.7	3.0	10.7

Fuente: 1950-1958: R. Villarreal. 1976; 1960-1970: M.D. Ramírez de Wallace y A. Ten Kate, 1979.

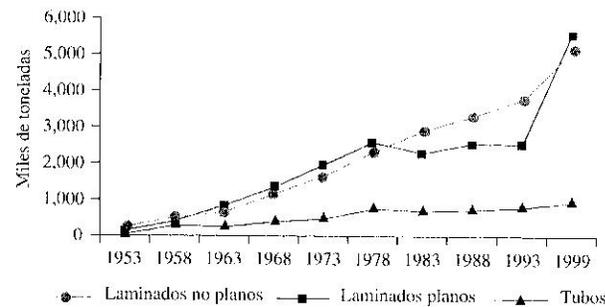
Los datos anteriores muestran la importancia primordial de la demanda interna en el crecimiento de la siderurgia mexicana y, de manera secundaria, de la sustitución de importación. Aunque el crecimiento de la demanda interna estaba vinculado a los efectos de la sustitución de importaciones en otras industrias, en los años sesenta dicha demanda tuvo un peso aún mayor como fuente de crecimiento y menor de la sustitución de importación. El agotamiento del ISI en los años setenta, repercutió en el desarrollo de la industria siderúrgica, la cual, pese a las cuantiosas inversiones estatales en los setenta registró un menor ritmo de crecimiento y un gran incremento de las importaciones. Adicionalmente, la crisis mundial de la siderurgia marcaba límites en su expansión y dinamismo.

La actividad comercial

El comportamiento de las importaciones de productos siderúrgicos durante los setenta y parte de los ochenta fue muy fluctuante. La importación de los productos planos o intermedios y de productos finales creció notablemente entre 1974 y 1975, y nuevamente en 1980-1981. De 3.9 millones de toneladas de productos siderúrgicos que se importaron en 1974, la mitad correspondió a productos planos, poco más de dos quintas partes a productos finales y 5.9 por ciento a productos primarios. Los datos anteriores indican que el mayor déficit se observó en productos planos.

GRÁFICA 21

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LAMINADOS PLANOS, NO PLANOS Y TUBOS
(Miles de toneladas)



Fuente: Elaboración propia con base en Canacero, *Informes anuales y Diez años de estadística siderúrgica*, México, varios años.

La crisis financiera de 1982 se expresó en una aguda recesión económica en 1983. Fue entonces, notorio el descenso de importaciones totales. En 1985 nuevamente se incrementaron las importaciones intermedias, lo cual coincidió con el repunte del sector manufacturero y su orientación hacia las exportaciones. Las exportaciones del hierro y acero estuvieron controladas durante los cincuenta y sesenta con el objetivo de asegurar el abastecimiento interno. Las

exportaciones del hierro y el carbón estaban “definitivamente prohibidas” (R.B. Wallace, 1979, p. 58).

De 1960 a 1970 las exportaciones primarias (chatarra, arrabio, acero en lingote y ferroaleaciones) crecieron a una tasa promedio anual de 1.9 por ciento. Entre 1970 y 1976 decrecieron (-29.3 por ciento promedio anual), debido a que se destinaron mayores cantidades de estos productos primarios al mercado doméstico, en virtud de la expansión del sector industrial. De 1976 a 1982, las exportaciones de productos siderúrgicos primarios crecieron poco más del 50 por ciento en promedio anual. La recesión de la economía y la reorientación del modelo de desarrollo influyeron en el notable crecimiento de las exportaciones en los años ochenta. Algunas empresas no sólo incrementaron el volumen de sus exportaciones: sino también diversificaron sus mercados (hacia Medio Oriente y el Sudeste Asiático).¹⁷⁹

Las exportaciones intermedias (lámina, hoja de lata, cintas, tiras y flejes) tuvieron un crecimiento promedio del 53.4 por ciento durante los años setenta. En 1970 se exportaban 151,000 toneladas. En los años setenta disminuyeron sensiblemente exportaciones de estos productos; de 1973 a 1982 el nivel de exportaciones fue bajo, debido quizás al déficit de la oferta nacional de los laminados planos. Después de 1982, las exportaciones de estos productos crecieron significativamente.

Las exportaciones de productos siderúrgicos finales (varilla, barras, perfiles, alambón, rieles, tubos, alambre, cable) crecieron a una tasa promedio de 2.9 por ciento anual de 1960 a 1970. En 1970 se exportaban 54,000 toneladas de estos productos. En los años setenta las exportaciones aumentaron sustantivamente. Al igual que en los otros tipos de productos, después de 1982, el crecimiento de las exportaciones fue exponencial.

Las políticas estatales hacia el sector siderúrgico influyeron decisivamente en su naturaleza competitiva y productiva. Según

¹⁷⁹Por ejemplo, las exportaciones de la empresa Sicartsa en 1983 se incrementaron en un 100 por ciento con respecto al año anterior. Así, se colocaron en los mercados internacionales (Argelia, Canadá, China, Egipto, Estados Unidos, Filipinas, Guatemala, Irak, Siria, entre otros) 300,000 toneladas, entre varilla y alambón (Sicartsa, 1986, p. 84).

M. Martínez del Campo (1985), los efectos de las políticas proteccionistas dependen en gran medida de su intensidad y pueden valorarse desde dos aristas.

Una alta protección da lugar a que se desarrolle la industria y a que prolifere, pero no propicia la eficiencia, pues al amparo de aquella todo resulta fácil para el productor y no requiere esfuerzos de superación; por el contrario, un nivel de proteccionismo bajo no permite un desarrollo industrial alguno, pues aun aquellas actividades que disfrutaban de una ventaja comparativa natural, precisan de algún tiempo para madurar y poder ser rentables (M. Martínez del Campo, *op. cit.*, p. 306).

El control de precios de los productos siderúrgicos parece haber inhibido la inversión privada en este sector, por lo cual el Estado justificó su creciente participación. Las cuantiosas inversiones, los subsidios y las transferencias gubernamentales contribuyeron a la expansión de la actividad siderúrgica, pero el desempeño productivo en las empresas siderúrgicas no fue del todo eficiente, especialmente en las del sector estatal. A continuación analizaremos la evolución de las principales empresas siderúrgicas integradas durante el ISI.

Empresas siderúrgicas mexicanas

Las empresas integradas con cuya producción se hizo posible la expansión de esta actividad industrial, en los años de posguerra, fueron FFMSA (Fundidora de Fierro Monterrey, S.A.), AHMSA (Altos Hornos de México), Hylsa (Hojalata y Lámina, S.A.) y TAMSAs (Tubos de Acero de México, S.A.). Dichas empresas contribuyeron durante los años sesenta con un promedio superior al 85 por ciento en la producción total de acero del país. AHMSA ha sido la empresa con mayor participación en la producción nacional de acero desde 1951 hasta 1998 (véase cuadro 31 del anexo). En 1970, AHMSA contribuyó con casi la mitad de la pro-

ducción nacional de acero total, en tanto que FFMSA e Hylsa con más de una quinta parte cada una y TAMSAs con el 8 por ciento; el resto correspondió a empresas relaminadoras. En los años setenta el gobierno inició la construcción de una nueva empresa siderúrgica, Sicartsa I, en Lázaro Cárdenas, Michoacán, a fin cubrir en una primera etapa, el déficit de productos no planos, y posteriormente con Sicartsa II la demanda interna de aceros planos. Sicartsa I inició sus actividades en 1976 y Sicartsa II empezó a operar en 1989. Esta nueva empresa incrementó su participación en una cuarta parte en los noventa, mientras FFMSA cerró desde finales de los ochenta (véase gráfica 22).

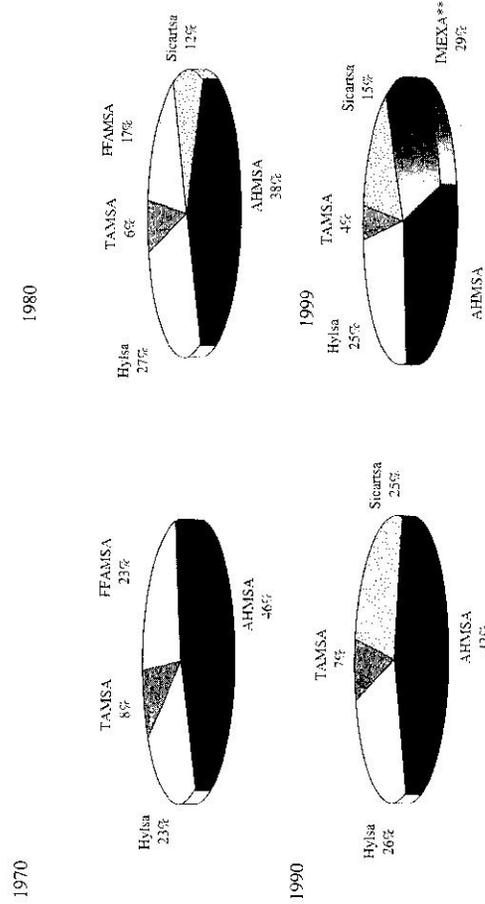
A partir de 1979 las empresas integradas AHMSA, Fumosa y Sicartsa y 77 empresas ligadas a diversas actividades que van desde la extracción y beneficio del mineral del hierro, hasta la elaboración de bienes manufacturados y su comercialización, se agruparon en el grupo paraestatal Sidermex.¹⁸⁰ A través de Sidermex, administradora de las siderúrgicas paraestatales, se buscaba optimizar el uso de los recursos (humanos, financieros y materiales), mantener el crecimiento de la producción y del empleo. En el largo plazo, Sidermex se proponía desarrollar sus capacidades tecnológicas a fin de producir su maquinaria y diversificar su producción (Nafinsa, 1972). En 1980, el conjunto de empresas de Sidermex poseía el 60.3 por ciento de la capacidad total instalada en el país. Sidermex aportó 57.5 por ciento del acero crudo interno y 51.8 por ciento de los productos laminados (Canacero).

En un estudio sobre la estructura de la industria estatal (1965-1975), W. Peres (1982) demuestra que la producción de hierro en el sector estatal tenía una estructura de oligopolio puro concentrado. Es decir, "un reducido número de empresas controla toda la pro-

¹⁸⁰En referencia a Sidermex, E. Jacobs y W. Peres, 1982, subrayan los orígenes distintos de las tres empresas, lo cual refleja la heterogeneidad en el momento de constituirse como conglomerado el sector paraestatal nacional. AHMSA "...fue mixta (con participación mayoritaria estatal) iniciada a principios de los cuarenta"; Sicartsa "...respondió a un intento de expansión de la industria a finales de los sesenta"; y Fumosa "...es una empresa de origen privado que fue estatizada a raíz de sus graves problemas operativos financieros" (p. 113).

GRÁFICA 22

MÉXICO: PARTICIPACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ACERO POR EMPRESA, 1970, 1980, 1990 Y 1999 (Porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con base en Nafinsa-CEPAL, "El sector industrial en el desarrollo económico de México" y Canacero. *Informes anuales*, México, varios años.

ducción o su mayor parte" (p. 129). Algunas de las características de la estructura industrial oligopólica, señaladas por el autor, son:

- la producción de "insumos industriales de uso generalizado, que no están vinculados a la demanda final";
- la presencia de fuertes economías de escala, discontinuidades tecnológicas y elevados volúmenes mínimos de inversión requerida;¹⁸¹
- la elevada intensidad del capital; y
- la alta productividad por trabajador.

A esto debe agregarse que el control de precios "afecta la realización de beneficios por parte de esas empresas estatales, lo que a su vez incide sobre la capacidad de autofinanciamiento de su inversión" (*idem*). Por último, el crecimiento de estas empresas está en función del crecimiento de las industrias que satisfacen la demanda final o del nivel de exportaciones de esos insumos.¹⁸²

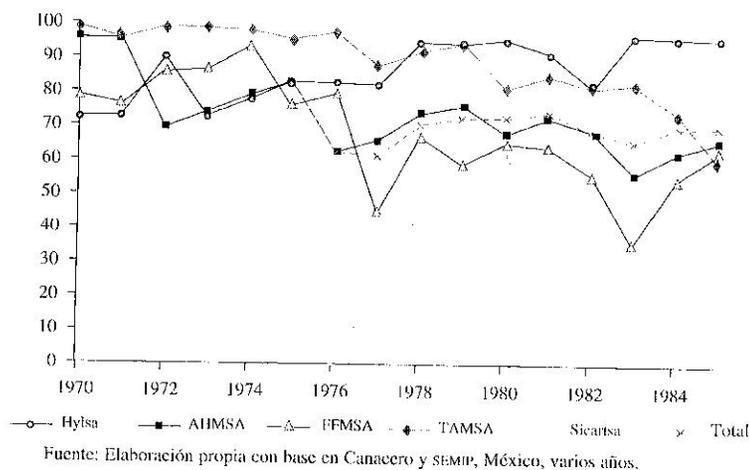
Las empresas paraestatales agrupadas en Sidermex se diferenciaron de las otras dos empresas privadas integradas Hylsa y Tamsa, por: sus enormes economías de escala, sus menores niveles de utilización de la capacidad instalada y, en algunos casos, menores niveles de eficiencia productiva. Ambos grupos de empresas recibieron apoyo estatal mediante de créditos, subsidios directos e indirectos (a través de los insumos). Sin embargo, encontramos dos trayectorias diferenciadas de eficiencia y desarrollo de capacidades tecnológicas. Mientras las empresas del sector público sólo transferían tecnología, el sector privado, en particular Hylsa, se caracterizó por su trayectoria innovativa, que le permitió desarrollar tecnologías endógenas (Hyl, Hyl 3).

¹⁸¹ Dichos factores constituyen obstáculos o "barreras a la entrada" de nuevos productores de la industria siderúrgica integrada (W. Peres, 1982, p. 129).

¹⁸² Al respecto, W. Peres, 1982, p. 129, señala que "...estas empresas estatales no pueden presentar una conducta autónoma o anticíclica sin enfrentar el riesgo de un exceso no planeado de capacidad. Su política de crecimiento puede llevarlas a expandir su capacidad instalada, anticipándose a la demanda final, pero no pueden separarse de ésta en el largo plazo".

A principios de los setenta, la utilización de la capacidad instalada en el conjunto de empresas de Sidermex fue de 87.2 por ciento, pero en 1977 decayó a 51.1 por ciento, debido al descenso de la actividad de Fundidora Monterrey y el inicio de operaciones de Sicartsa (véase gráfica 23). En los siguientes años, pese a que Si-

GRÁFICA 23
NIVEL DE UTILIZACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LAS
EMPRESAS SIDERÚRGICAS INTEGRADAS, 1970-1986
(Porcentaje)



cartsa aumentó su utilización, Sidermex no recuperó los niveles logrados al inicio de los setenta. En contraste, en las empresas privadas, Hylsa y TAMSA, cuya capacidad equivalía a un tercio de Sidermex y un quinto de la nacional en 1980, superaron su utilización 80 y 90 por ciento, respectivamente, en las décadas referidas.¹⁸³ Particularmente, Hylsa mejoró en los años ochenta la utilización de sus recursos y Tamsa tendió a incrementar ligeramente su

¹⁸³La utilización de la capacidad instalada de las empresas siderúrgicas privadas en 1980 fue muy alta y superior a Sidermex; en Hylsa el 95.3 por ciento y en TAMSA el 81.1 por ciento (Canacero y SEMIP, varios años).

capacidad ociosa en razón de la contracción de la demanda de sus productos (tubos para la industria del petróleo). En conjunto, las dos empresas aportaron a la producción nacional en el mismo año 27.6 por ciento de acero bruto y 28.7 por ciento de laminados.

El 15 por ciento de acero bruto y 19.5 por ciento de productos laminados fue cubierto entre más de 200 empresas de tamaño medio, no integradas en 1980, con un nivel de aprovechamiento de la capacidad instalada de 71.7 por ciento (SEMIP).

Entre los aspectos más significativos de las principales empresas siderúrgicas mexicanas, durante el periodo sustitutivo de importaciones destaca lo siguiente.

La Fundidora de Fierro Monterrey, S.A. (FFMSA) inició sus actividades en el norte del país (Monterrey, Nuevo León) a principios del siglo xx.¹⁸⁴ Esta empresa se orientó hacia la producción de aceros planos desde los años sesenta con la fábrica de *Aceros Planos* (80 por ciento de su producción de laminados). Fue entonces cuando se efectuaron inversiones para ampliar la capacidad y superar el problema de altos costos derivados de los *desequilibrios departamentales* (en los departamentos de aceración, coquería y de laminación) relacionados con la heterogeneidad tecnológica y el predominio de métodos atrasados con respecto a los mundiales. Un estudio de la Fundidora Monterrey al comienzo de los setenta (Nafinsa, 1972, pp. 29-34) asocia los problemas de baja productividad con la obsolescencia de la maquinaria. Un ejemplo de ello se ubicaba en la producción de arrabio, donde cuatro de los ocho hornos Siemens-Martin, tenían, en conjunto, una reducida capacidad productiva (300,000 toneladas), lo cual incidía en la baja productividad. Asimismo, el estudio mencionado señala los desfases en la producción debido a la coexistencia de maquinaria moderna y muy antigua (tren 32"/28" para perfiles con capacidad de 200,000 toneladas anuales

¹⁸⁴La siderúrgica regiomontana Fundidora de Fierro y Acero Monterrey nace en 1900 ligada al grupo de industriales Monterrey de la Cervecería Cuauhtémoc y empieza a operar en 1903. En los años cuarenta, la empresa FFMSA constituye uno de los dos grandes subgrupos del grupo industrial Monterrey; el otro subgrupo es Cuauhtémoc-Vidriera (S. Haber, 1992).

y propulsado por una máquina de vapor de 1903). Así, en cada departamento se registraba obsolescencia de maquinaria o procesos, que retardaban o no cubrían las necesidades globales para la producción de acero y laminados. Durante la primera mitad de los setenta Ffinsa contrajo cuantiosos empréstitos con Nafinsa, bancos extranjeros y nacionales, a fin de expandirse y modernizarse. Sin embargo, la situación financiera de la siderúrgica regiomonterreña se deterioró, agudizada por la devaluación del peso mexicano en 1976. En tales condiciones, el gobierno mexicano absorbió la deuda financiera de la Fundidora Monterrey y la incorporó al sector estatal en 1977 (Fumosa, después de su absorción). La Fundidora Monterrey fue cerrada definitivamente en mayo de 1986, por serios problemas financieros, baja productividad (75 toneladas por año/hombre), elevado consumo de coque, problemas en el abastecimiento de materias primas y excesiva contaminación en el centro de la ciudad de Monterrey (Plan Hiriart, 1986; E. Quintana, 1986; R. Villarreal, 1988).¹⁸⁵

AHMSA fue un proyecto concebido en 1941 por un grupo de industriales y apoyado financieramente por Nacional Financiera, S.A. La empresa empezó a funcionar en Monclova, Coahuila en 1944. La planta siderúrgica fue construida con tecnología de segunda mano, lo cual constituyó un elemento determinante de la brecha tecnológica y de productividad de este sector de la economía mexicana con respecto a las siderúrgicas de los países industrializados, durante varias décadas.¹⁸⁶ A lo largo de los años cuarenta y

¹⁸⁵ La disminución de los ingresos gubernamentales, consecuencia de la caída de los precios del petróleo en 1986, se tradujo en recortes en la inversión y el gasto público. Considerando los problemas estructurales de Fumosa, el gobierno decidió cerrarla definitivamente.

¹⁸⁶ En efecto, la planta siderúrgica fue construida con un horno, un molino universal para plancha y tira y otros equipos de desuso, proveniente de una planta estadounidense. El desmantelamiento y rediseño fue realizado por técnicos mexicanos y estadounidenses (AHMSA-Avante, órgano bimestral de Altos Hornos de México, S.A., noviembre-diciembre de 1973). El alto horno fue construido con la chatarra de un alto horno que había dejado de funcionar después de la Primera Guerra Mundial en el estado de Missouri en Estados Unidos. "El molino de placa universal se compró a Youngtown Sheet and Tube Company y la grúa de 65 toneladas de capacidad se adquirió de la Lukens Steel Company de Coatsville, Pensilvania (T. Gutiérrez, 1982, p. 105).

cincuenta AHMSA se expandió con la adquisición de otros altos hornos, hornos de aceración, molinos y un conjunto de maquinaria para diversificar su producción de laminados.¹⁸⁷ El dinámico crecimiento de esta empresa correspondía al crecimiento de la demanda interna de los productos acereros derivada de la industrialización del país. El empleo y el salario de los trabajadores se incrementó a medida que la empresa prosperaba.

Durante los sesenta y los setenta, en AHMSA se hicieron nuevas inversiones. Se reemplazaron equipos obsoletos, se modernizaron los sistemas de operación y se instalaron nuevas plantas con nuevos equipos, con lo cual se aumentó la capacidad productiva. La empresa Consolidada fue absorbida por AHMSA en 1962. La expansión y modernización de AHMSA contribuyeron a rebasar el millón de toneladas de acero en 1964 y, a mediados de los setenta, a duplicar esta producción. Las inversiones realizadas desde 1974 en la construcción de la segunda planta de Monclova, que inició operaciones en 1976, incorporaron modernas tecnologías —maquinaria automatizada y colada continua— (Villarreal, 1988). Pese al importante incremento de su capacidad productiva, desde 1976 ésta no fue utilizada óptimamente; en efecto, entre un cuarto y un tercio se mantuvo ociosa desde ese año hasta finales de los ochenta. La empresa AHMSA creció como un fuerte grupo siderúrgico, por la integración que logró con empresas que aseguraban el abastecimiento de materias primas.¹⁸⁸

Sicartsa fue un proyecto estatal orientado a "satisfacer la demanda interna de los productos siderúrgicos y exportar el excedente".¹⁸⁹ Este proyecto corresponde a las tendencias mundiales de reorientar a la industria siderúrgica cerca de los puertos marítimos para

¹⁸⁷ AHMSA producía subproductos de coque, arrabio, lingote de acero, plancha de acero, lámina, hojalata, palanquilla, alambre de acero, malla de acero, clavos, tuercas, clavos para vía, resortes, anclas, alambón, varilla corrugada, perfiles comerciales, tubería negra y galvanizada.

¹⁸⁸ Las empresas que se constituyeron e integraron en torno a AHMSA fueron: La Perla, Minas de Hierro, Carbonífera Unidad de Palau, S.A. Mexicana de Coque y Derivados, S.A., entre otras.

¹⁸⁹ Una amplia explicación de la creación y los objetivos del proyecto Sicartsa se encuentran en N. Minello, 1982; Nafinsa, 1972; F. Zapata *et al.*, 1978.

facilitar los intercambios comerciales, en el contexto de la internacionalización de esta actividad (véase F. Zapata, 1987; Revel Muroz, 1987), y formaba parte de la creación de un polo de desarrollo (I. Restrepo, 1984). Así, Sicartsa contó con varias ventajas: la ubicación (en puerto marítimo, lo cual facilitaba la fluidez de las operaciones comerciales); la disponibilidad de recursos (yacimientos de mineral del hierro de las Truchas, agua del Río Balsas y energía eléctrica de la presa La Villita), y el acceso a la tecnología moderna. El financiamiento provino del Banco Mundial y del Banco Interamericano de Desarrollo, entre otros (N. Minello, 1982). La planta siderúrgica fue equipada con moderna tecnología (dos convertidores al oxígeno BOF, colada continua, laminadores, sistemas computarizados etcétera) proveniente de varios países industrializados y para su instalación contó con asesoría extranjera. Sicartsa I empezó a operar en 1976, con una capacidad de 1.3 millones de acero y 1.2 millones de toneladas de productos no planos. En 1981, año considerado teóricamente como el inicio del periodo de maduración de la capacidad instalada, se logró un nivel de producción 904,000 toneladas, equivalente al 69.9 por ciento de dicha capacidad. En los años posteriores, Sicartsa incrementó su actividad y su participación en la producción nacional de acero y productos no planos. La construcción de Sicartsa II fue afectada por las recurrentes crisis financieras del gobierno (1976, 1982, 1985). Después de un largo periodo de construcción de la planta, Sicartsa II empezó a funcionar en 1989.

A diferencia del grupo Fundidora, cuya diversificación industrial ocurrió, entre 1940 y 1970, únicamente en empresas ligadas a la siderurgia,¹⁹⁰ Hylsa provenía de un conglomerado industrial,

¹⁹⁰"La diversificación industrial del Grupo Fundidora ocurre a lo largo del periodo 1940-1970, concierne casi únicamente a las empresas donde la actividad está ligada estrechamente a la siderurgia, de manera horizontal y vertical de la producción de acero. Horizontal refiere a la producción de materias primas para la siderurgia: la producción de carbón (Hullera Mexicana, S.A., Carbon y Cok, S.A.), de hierro (Cerro del Mercado, S.A.), de materiales refractarios (Refractarios Harbison Walker Flir) o aun de ferroaleaciones (Ferroaleaciones de México S.A.). Vertical corresponde a empresas de transformación de acero (Tubería Nacional, Estructuras de Acero, S.A., etcétera) o de comercialización (Internacional de Aceros, S.A.)." G. Fourt, 1985, p. 10.

Cauhtémoc Vidriera, donde la diversificación industrial abarcaba varias actividades industriales y de servicios (cerveza, vidrio, siderúrgico, papel, químico, metalmecánica, financiero y comercial).¹⁹¹ Hylsa, siderúrgica regiomontana fue creada por este grupo industrial en 1942, como una industria relaminadora. Durante los sesenta tuvo una capacidad de 500 toneladas diarias. En 1960 se expandió la empresa en calidad de siderúrgica integrada, con la construcción de una planta productora de hierro esponja. En 1967 efectuó una cuantiosa inversión para la construcción de otra planta productora de hierro esponja y de aceros no planos, en Xoxtla, Puebla.¹⁹² Hylsa logró un dinámico crecimiento (de 1960 a 1979, la tasa de crecimiento media anual en la producción fue de 11.1 por ciento), pero sus economías de escala fueron más pequeñas con relación a las de AHMSA. Esta situación favoreció a Hylsa, entre otros factores, a operar con una mayor utilización de la capacidad instalada desde los años sesenta y flexibilidad frente a las fluctuaciones de la demanda, en comparación con las siderúrgicas paraestatales integradas. El éxito de Hojalata y Lámina, S.A. está ligado a su actividad tecnológica innovativa. En efecto, destaca el trabajo de I&D desarrollado por esta empresa siderúrgica. El esfuerzo destinado a la I&D se tradujo en próspera actividad innovadora registrada en patentes de proceso y producto. En 1957, Hylsa desarrolló y puso en marcha en su planta de Monterrey un proceso de reducción directa con reductor gaseoso en escala industrial (Hyl) y posteriormente adicionó mejoras a su procedimiento (Hyl 3).¹⁹³ El éxito de esta innovación trascendió mundialmente, lo cual le

¹⁹¹ Para un análisis detallado de la evolución de este grupo véase G. Fourt (1985).

¹⁹² Hylsa produce acero utilizando como materia prima el hierro esponja en un porcentaje elevado; éste constituye una innovación tecnológica de la empresa. El bajo porcentaje utilizado de chatarra, los subsidios del gobierno a través de gas natural (Pemex) y transporte (Ferrocarreiles Nacionales) permitieron a la empresa reducir sus costos y posibilitar así, la eficiencia productiva (Nafinsa, 1972, p. 52).

¹⁹³ El proceso Hyl recibió en los años sesenta y setenta "un subsidio importante en el precio de su insumo básico, el gas natural, indispensable para la obtención de hierro esponja", con tarifas muy abajo de "los costos de producción y conducción de Pemex" (Nafinsa, 1972, p. 38).

permitió exportar su tecnología a varios países.¹⁹⁴ En el capítulo 6 nos referiremos más ampliamente al progreso tecnológico de Hylsa y sus repercusiones en la eficiencia productiva.

TAMSA, empresa privada, principal abastecedor de Pemex de tubos con y sin costura, fue la cuarta empresa en importancia a partir de la década de los sesenta. Fue creada en 1952 con 80 por ciento de capital privado y 20 por ciento de Nacional Financiera. La producción de acero se realizó a través de hornos eléctricos.¹⁹⁵ En 1963 compró la patente Hyl (método de la producción de acero a través de fierro esponja) a Hylsa, que le permitió producir acero a partir de fierro esponja. Este método evitó el alza de los costos de instalación y producción. La empresa se benefició de los precios subsidiados del gas natural de Pemex. TAMSA operó con la base de la máxima rentabilidad.

Un aspecto que destaca al revisar el desarrollo de las principales empresas siderúrgicas es su heterogeneidad tecnológica. En algunos casos, existió un importante atraso con respecto a los avances tecnológicos mundiales, desde su adquisición.¹⁹⁶ Ello coincide con el análisis hecho en el capítulo anterior de las tendencias tecnológicas en la producción de acero de países industrializados y de reciente industrialización seleccionados, entre ellos México. Ahí, advertimos una marcada brecha tecnológica de México con respecto a los países de la OCDE en los años setenta, pero una tendencia convergente en el uso de modernas tecnologías para producir acero en los años noventa.

Cuando nos referimos a la heterogeneidad tecnológica, consideramos que en la industria siderúrgica mexicana existían segmentos con tecnología moderna y segmentos con tecnología más atrasada. Suponemos que la brecha entre los diferentes segmentos de tecnología tendió a ampliarse, a medida que esta industria se abría al exterior y tenía que competir con productos de menor

¹⁹⁴ CEPAL, 1984, pp. 81-82.

¹⁹⁵ TAMSA consideró que resultaba muy costoso introducir un alto horno debido a que la producción era muy especializada y su tamaño mediano.

¹⁹⁶ Un caso ilustrativo de la adquisición de tecnología y maquinaria es el caso de AHMSA, en 1940.

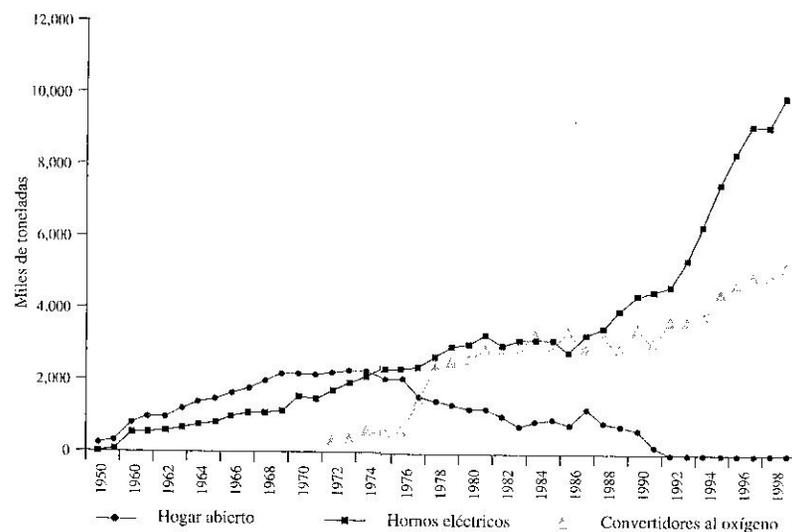
precio y de mejor calidad. Es en el contexto de la competencia internacional que las tecnologías más atrasadas evidenciaron su obsolescencia por sus efectos en términos de productividad y costos. El cambio tecnológico de las empresas siderúrgicas era indispensable si se quería recuperar los niveles de productividad y poder penetrar en los mercados mundiales, los cuales habían limitado su crecimiento y su importancia relativa.

La declinación en el uso de los hornos Siemens-Martin en las empresas siderúrgicas mexicanas estuvo ligada a la incorporación de los Convertidores al Oxígeno (BOF), en AHMSA y al arranque de la siderúrgica Sicartsa. La operación de esta tecnología moderna puso en evidencia la obsolescencia de los hornos Siemens-Martin de algunas plantas de AHMSA y Fumosa. En efecto, las nuevas tecnologías posibilitaron la mejoría de la productividad y la calidad del acero, pero limitada por la curva de aprendizaje de los trabajadores.¹⁹⁷ Sin embargo, la ruta tecnológica reducción directa-horno eléctrico seguida por las siderúrgicas privadas fue una opción que tuvo mayor impacto frente al alto horno-convertidor al oxígeno, desde la segunda mitad de los ochenta, porque resultaba más rentable para las empresas. En efecto, en esta segunda opción tecnológica, el uso del gas y de la electricidad era energéticamente más costeable para la producción de acero en México, más adecuado para economías de escala menores. Sicartsa II operó con esta última tecnología, pese a que el proyecto original planeaba utilizar alto-horno y convertidores. En la gráfica 24 se aprecian la declinación de los hornos Siemens-Martin y el auge del BOF en los ochenta y la creciente participación de los hornos eléctricos en la producción de acero en los noventa. La tendencia mexicana de privilegiar los hornos eléctricos coincide con la de otros países en donde hay disponibilidad de recursos hidroeléctricos. La elección de procesos de reducción directa se asocia, como lo apuntamos en el capítulo 3, al abastecimiento de gas barato y a la apertura de miniacerías.

¹⁹⁷ "Deficiente control de diferentes procesos, principalmente en los de colada continua y de laminación, y el desperdicio o el uso ineficiente de energía" (R. Villarreal, 1988).

El desarrollo tecnológico de las empresas mexicanas del acero provino fundamentalmente de transferencias del exterior, pese a las innovaciones endógenas (Hylsa, Instituto Mexicano de Investigaciones Siderúrgicas -IMIS-, Departamento de Ingeniería Metalúrgica del Politécnico Nacional) que contribuyeron a la eficacia de los procesos. Este hecho afectó desfavorablemente a la balanza de pagos. La deuda de las empresas siderúrgicas, derivada de la adquisición de equipos y maquinaria del exterior, se incrementó desorbitadamente con las devaluaciones del peso en 1982.¹⁹⁸ La crisis económica de 1982 agudizó los problemas financieros de las empresas y ello propició el rezago tecnológico y de mantenimiento de las plantas en los años posteriores (Banco Mundial, 1988), tal

GRÁFICA 24
MÉXICO, PRODUCCIÓN DE ACERO POR TIPO DE PROCESO
(Miles de toneladas)



Fuente: Elaboración propia con base en Cniit, 1956, Ilafa, 1970 y Canacero, 2000.

¹⁹⁸ El sobreendeudamiento externo y las dificultades para contratar nuevos créditos y la dependencia tecnológica del sector manufacturero con el exterior fueron algunos de los factores que desembocaron en la crisis financiera de 1982.

como lo sugieren los índices de obsolescencia del capital estimados por E. Hernández Laos (1994) y referidos anteriormente. En el siguiente apartado examinamos los cambios operados en la siderurgia en el contexto de la reestructuración industrial promovida por el gobierno mexicano en 1983.

REESTRUCTURACIÓN Y MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LOS AÑOS OCHENTA Y PRINCIPIOS DE LOS NOVENTA

EL PROCESO de reestructuración puesto en marcha en la industria siderúrgica de los países industrializados dio lugar a una reorganización industrial y comercial de las empresas del ramo. El progreso tecnológico fue un aspecto central de la reestructuración industrial y fue la base de una nueva competitividad entre los países industrializados productores de acero. En México, la reestructuración se llevó a cabo desde mediados de los ochenta, casi una década después de ocurrida en los países industrializados. Este retraso obedece, entre otras razones, al hecho de que mientras los países industrializados eran afectados severamente por la crisis petrolera en los años setenta, para México este periodo significó un *boom* de riqueza y el gobierno mexicano efectuó cuantiosas inversiones en complejos industriales. En consecuencia, la demanda interna de acero estimulaba el crecimiento de la industria siderúrgica y justificaba la construcción de plantas con grandes economías de escala (Sicartsa).

En el estudio de la reestructuración de la siderurgia mexicana, es importante dilucidar en qué medida los cambios en la política económica hacia ese sector industrial favorecieron la modernización de las empresas y su incorporación a un nuevo tipo de competitividad, en el contexto de la globalización. Primeramente, se analiza el cambio de política económica en función de una industrialización orientada hacia la promoción de exportaciones, al comienzo de los ochenta. Enseguida se evalúan los principales problemas de las empresas siderúrgicas y la forma cómo en éstas operó la reestructuración, incluyendo la modernización tecnológica.

Finalmente, se hace referencia a la privatización de las empresas siderúrgicas estatales y un balance de los cambios más significativos ocurridos en la siderurgia integrada desde mediados de los ochenta al principio de los noventa.

Transición del ISI hacia la industrialización basada en las exportaciones

El ISI mostró signos de agotamiento desde los años setenta. Varios estudios coinciden en señalar algunos de los problemas que afectaron el desarrollo de la industria en este periodo:

la heterogeneidad productiva y la desarticulación de la industria con otros sectores económicos (particularmente la agricultura); la desigual e insuficiente generación e incorporación de progreso técnico; el subdesarrollo relativo de la industria de bienes de capital; la falta de competitividad internacional y el deficiente desempeño de las exportaciones manufactureras, y la fuerte desigualdad en la distribución personal, funcional y regional de los ingresos (J. Ros, 1990, p. 120).

Aunque existen diferentes interpretaciones sobre las causas que contribuyeron a los problemas mencionados, algunos autores señalan que la distorsión de la estructura de precios, las políticas de protección comercial, de los incentivos fiscales y de los ingresos generaron ineficiencia, inhibieron la competitividad y el desarrollo tecnológico y contribuyeron a la concentración geográfica (R. Villarreal, 1976; Aspra, 1977; Banco Mundial, 1988; L. Solís, 1980). Otra interpretación (CEPAL, 1979; Ayala *et al.*, 1979; Blanco, 1980) se centra en la desigual distribución del ingreso vinculada al tipo de industrialización, la cual limitó el crecimiento del mercado interno y tuvo sus efectos multiplicadores en la demanda, la inversión, el empleo y el mismo desarrollo industrial; asimismo, identifica la desarticulación de las industrias intensivas en capital con el resto de la economía, que reforzó la heterogeneidad productiva y la permanen-

cia de los sectores atrasados. Finalmente, otro conjunto de investigadores (Fajnzylberg, 1989; Casar y Ros, 1983; Boltvinik y Hernández Laos, 1981) subrayan las limitaciones derivadas de la ausencia de un sector de bienes de producción y la balanza de pagos deficitaria, en el desarrollo económico, la innovación tecnológica y, por tanto, en la eficiencia y en la competitividad internacional del sector industrial.

En un enfoque sistémico, la crisis del modelo de industrialización se explicaría por la ausencia o la fragilidad del sistema nacional de innovación. En México, el Estado desempeñó un papel esencial en la inversión y la promoción de la industrialización, pero su política económica durante el ISI no favoreció un entorno institucional capaz de generar un núcleo endógeno de tecnología, lo cual a su vez inhibió el desarrollo de las capacidades tecnológicas,¹⁹⁹ la eficiencia industrial y la competitividad internacional. Así, un problema central de la industrialización en México fue, en el enfoque sistémico, la ausencia de fuentes endógenas de inversión, innovación y crecimiento económico (P. Guerreri, 1994, p. 171).

A raíz de la crisis de 1982, el gobierno mexicano reorientó su política industrial (Plan Nacional de Desarrollo 1983; Pronafice, 1984-1988). Tales programas se sustentaron en el enfoque monetarista, para el cual la competitividad se consigue esencialmente por medio del ajuste del nivel general de precios. En efecto, la nueva política económica hacia la industria buscaba:

- el cambio radical en la relación de precios entre bienes comerciables y no comerciables, debido a los ajustes cambiarios, nuevo régimen arancelario, a fin de eliminar el sesgo antiexportador y promover crecimiento de exportaciones no petroleras; medidas fiscales y financieras de apoyo a las exportaciones;
- la corrección de los precios públicos, las tasas reales de interés, los impuestos y los subsidios con el fin de aumentar la tasa de ahorro interno;

¹⁹⁹ "Technological capability is a combination of the knowledge, skills, organisational and institutional structures needed to generate and manage technical change." P. Guerreri, 1994, p. 172.

- la reducción y la racionalización de la participación directa del Estado en la producción;
- la modificación de los precios relativos de los factores, con el fin de aumentar la capacidad de absorción de la economía mexicana.

El ISI se sustituía por la industrialización basada en la promoción de exportaciones, la cual tenía el antecedente de las exitosas experiencias de los países del Sudeste Asiático (Corea y Taiwan).

En esa política hacia la promoción de exportaciones de la economía mexicana, se puso en marcha un proceso gradual de sustitución de aranceles, de 1983 a 1987, en materias primas básicas, bienes intermedios y semielaborados, y de mantenimiento del permiso previo para bienes intermedios y de capital de nueva fabricación. El proceso de liberación comercial se aceleró en 1985, en virtud de que la tasa de inflación fue superior a lo esperado, lo cual no favorecía a las exportaciones no petroleras (C. Schatan, 1986).

La reestructuración industrial de las empresas del sector estatal fue justificada por la necesidad de modernizar la industria, articular las cadenas productivas, elevar la eficiencia productiva, reducir la magnitud de la intervención estatal y reformar las políticas monetaria y comercial, de cara a una nueva inserción en los mercados internacionales. Tal propuesta consideraba las tendencias de mundialización de las actividades industriales y de servicios de los años setenta y ochenta.

Reestructuración y modernización de la siderurgia mexicana

Las empresas siderúrgicas resultaron severamente afectadas a raíz de la crisis financiera de 1982. Su deuda externa creció explosivamente durante los años subsiguientes, debido en parte a sus altos costos financieros.²⁰⁰ Ante la crisis de la deuda, las empresas

²⁰⁰La deuda pública externa de las siderúrgicas estatales ascendía en 1981 a 965 millones de dólares y creció en 1984 a 1,344 millones de dólares; dos quintas partes corres-

frenaron el ritmo de inversiones registradas en los años precedentes, para el mantenimiento y modernización de sus instalaciones, agudizándose así el problema de la obsolescencia.²⁰¹

Sin embargo, el extremo endeudamiento de las empresas y su incapacidad de pago expresaban otros problemas de índole estructural. Por un lado, las políticas proteccionistas habían favorecido la expansión de la industria siderúrgica, pero esas mismas políticas habían limitado la mejoría de la eficiencia industrial, según ciertos análisis. En la visión del Banco Mundial (1988, p. 80), el ISI dio lugar a

un bajo crecimiento de la productividad, limitada especialización, baja competitividad, a menudo ineficiente inversión física, y un efecto negativo en las industrias consumidoras de acero, las cuales fueron forzadas a utilizar productos siderúrgicos domésticos de baja calidad y caros.

La rígida política de control oficial de precios se mantenía cada vez más lejana de los costos, los cuales tenían una espiral ascendente debido a la inflación, "al alto apalancamiento financiero y a las pérdidas cambiarias derivadas de sus deudas en monedas extranjeras" (R. Villarreal, 1988, p. 166). Aun cuando hubo ciertos ajustes en los precios, éstos siempre fueron menores a los costos. Ello causó "daños severos en la estructura financiera de las empresas y obligó a mayores transferencias fiscales del gobier-

pondían a Sicartsa, más de un cuarto a FEMSA y un tercio a AHMSA (J. José Kochen, "Las para-estatales, trasfondo de la crisis financiera de México", *Excelsior*, 21 de abril de 1986, citado en L. Álvarez Mosso *et al.*, 1988).

²⁰¹La crisis financiera de las empresas se agudizó aún más en 1985, debido a la baja de los precios del petróleo, las altas tasas de interés y la elevada deuda externa. A principios de 1986 la deuda de Sidermex era de 2,104.6 millones de dólares y fundamentalmente correspondía a AHMSA y Sicartsa II y en menor medida de Fumosa y Sicartsa I. En los ochenta, mientras en los países industrializados el pago de intereses que realizaban las empresas siderúrgicas representaban alrededor de 15 por ciento de sus ingresos, en México, las empresas utilizaban más de la mitad de sus ingresos a estos pagos (R. Villarreal, 1988, p. 167).

no federal” (R. Villarreal, 1988, p. 163). Por otro lado, los segmentos de tecnología atrasada, con su entorno de relaciones obrero-patronales construidas en concordancia con el ISI, mostraban un agotamiento que se expresaba en baja productividad e incapacidad de mejorar la calidad. Pese a las cuantiosas inversiones realizadas para modernizar parcialmente la planta productiva siderúrgica, la coexistencia con equipos obsoletos, la baja capacitación laboral, las rigideces de la legislación laboral y las deficiencias de la gestión administrativa y de comercialización, representaban obstáculos para lograr competitividad.²⁰² Otro problema, no exclusivo de la industria siderúrgica, fue la ausencia de empresarios emprendedores (tipo schumpeterianos), salvo pocas excepciones —Hylsa—, que se preocuparan por desarrollar las innovaciones de proceso y producto y la calidad de la mano de obra, como fuente de competitividad en los mercados domésticos e internacionales. Adicionalmente, la ausencia de un núcleo endógeno generador de tecnología contribuía a la dependencia externa y a la balanza comercial deficitaria en la industria de Metales básicos del hierro y el acero. El entorno institucional (educativo, financiero, político) parece no haber favorecido el desarrollo de la innovación como fuente de competitividad en el conjunto de esta industria nacional, proveedora de insumos intermedios para las industrias de consumo final.

En el cuadro 16 se muestra comparativamente el desempeño productivo y de competitividad de las empresas siderúrgicas integradas mexicanas contra la industria siderúrgica de países industrializados (Estados Unidos y Japón) y de reciente industrialización (Brasil y Corea) en 1985. En este cuadro advertimos importantes contrastes en la eficiencia entre las empresas mexicanas y entre éstas con los demás países. El desempeño de productividad, eficiencia y competitividad de las empresas mexicanas más

²⁰² Las inversiones realizadas por el sector estatal al parecer se caracterizaron por ineficientes y, en algunos casos, con prácticas de corrupción. En México, a diferencia de Corea (véase A. Amsden, 1989), las inversiones en capital se realizaron con mucha ineficiencia técnica. Así, se explica que la construcción de Sicartsa II se hubiese prolongado tanto.

pobre corresponde a FFMSA y, en el otro extremo, Hylsa registró niveles comparables con Brasil y Estados Unidos, aunque no con los países del Sudeste Asiático (Corea y Japón).

El rendimiento bruto de la producción siderúrgica de México se ve disminuido a causa del bajo rendimiento de FFMSA. En el caso de AHMSA se supone que el menor rendimiento, con respecto a Sicartsa e Hylsa, se asocia a la falta de inversión en el mantenimiento y el mejoramiento continuo de sus equipos y maquinaria.

La tasa de utilización de coque es un indicador de eficiencia en el uso de energía, en el caso de industrias que utilizan la ruta del alto horno-convertidor. FFMSA y AHMSA (planta 1) tuvieron una mayor tasa de utilización de coque debido a las técnicas atrasadas, pero Sicartsa mostró un nivel de eficiencia en el consumo de energía, tal como Estados Unidos y Brasil.²⁰³ Hylsa no consume coque sino gas.

En lo que refiere a la productividad laboral, Hylsa también registró el mayor desempeño: casi cinco veces más que FFMSA, poco más del doble de AHMSA y 2.7 veces que Sicartsa.²⁰⁴ FFMSA registró las mayores desventajas en términos de baja productividad laboral y mayores costos laborales por tonelada de acero. El nivel de productividad laboral de Hylsa fue cercano al de Estados Unidos y muy lejano al de Corea y Japón.²⁰⁵ Pero en lo que refiere a los costos laborales por tonelada, Hylsa se compara con Brasil y Japón y se sitúa muy por abajo de Estados Unidos.

Entre los países mencionados, conviene resaltar la trayectoria de la empresa coreana Posco (cuyos datos no están en el cuadro). Esta empresa estatal, al igual que las mexicanas AHMSA, FFMSA y

²⁰³ En India, en las empresas Sail el nivel es de 841 y en Tisco de 785; en Zimbabwe de 775 (Banco Mundial, 1988).

²⁰⁴ En el caso de Sicartsa registró en 1985 una disminución significativa de su productividad debido a que el alto horno fue apagado para reparaciones. Al año siguiente, Sicartsa recuperó su ritmo de productividad de los años precedentes (145 toneladas por hombre ocupado). A.C. Laurell y M. Noriega, 1989, p. 99.

²⁰⁵ Según I. Rueda, 1994, la baja productividad de la siderurgia mexicana con respecto a otros países en los años ochenta “además de otras causas, se debe a que entre las actividades realizadas por las empresas siderúrgicas se cuentan algunas que en los países industrializados están a cargo de otras empresas”.

CUADRO 16

DESEMPEÑO PRODUCTIVO EN LAS EMPRESAS
SIDERÚRGICAS MEXICANAS CON RELACIÓN A LA SIDERURGIA
DE LOS PAÍSES SELECCIONADOS, 1985

	AFMSA	FFMSA	Sicartsa	Hylsa	México	Brasil	Estados Unidos	Corea	Japón
I. Producción									
Producción de acero bruto (miles de toneladas)	2,603	943	613	1,631	5,790	14,000	57,800	9,200	76,800
Acero terminado (miles de toneladas)	1,860	500	530	1,390	4,280	13,200	45,300	8,200	72,700
Rendimiento bruto (%)	71.5	53.2	86.9	85.3	74	80	78.4	89.1	94.7
Capacidad de acero bruto (miles de toneladas)	3,950	1,500	1,300	1,700	10,083	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
% de utilización de la capacidad	65.9	62.8	47.2	95.9	70.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
II. Energía									
Tasa de utilización de coque	560	657	525	-	625	550	500	480	450
III. Trabajo									
Número de trabajadores	18,000	12,755	7,522	7,195	67,072	31,300	214,200	13,800	167,400
Toneladas de acero por trabajador	96.1	39.9	70.3	193.2	101	102.2	211	594	434
Costo del trabajo por tonelada embarcada (US\$)	79.7	120.3	61.8	61.5	n.d.	65.6	186.8	15	57.8
Costo anual por trabajador (US\$)	4,542	4,800	4,345	11,877	n.d.	6,700	39,400	8,900	25,100

Fuente: SEMIP, Banco Mundial, 1988.
n.d.: no disponible.

Sicartsa, también fue beneficiaria de inversiones, subsidios y proteccionismo gubernamentales en los años setenta. Sin embargo, su rápido crecimiento y desempeño favorable le permitieron gradualmente prescindir de los subsidios y asumir los costos derivados de la energía eléctrica y otros insumos, y orientarse exitosamente hacia las exportaciones. Además de sus bajos costos salariales, la importancia que Posco dio a las inversiones en capital tangible y capital humano, fueron la base de su estrategia competitiva frente a siderurgias tan eficientes como la japonesa.²⁰⁶ La eficiencia, la honestidad y la disciplina de la gestión estatal coreana en la empresa POSCO también marca una gran diferencia con la gestión gubernamental en las empresas siderúrgicas mexicanas.²⁰⁷

El desempeño heterogéneo de las empresas integradas de la siderurgia mexicana, a principios de los ochenta, se traducían en debilidades y fortalezas, que limitaban la competitividad doméstica e internacional, pero que también ofrecían perspectivas favorables. El Banco Mundial (1988) hizo el siguiente balance de la siderurgia mexicana:

- El proteccionismo fomentó un crecimiento hacia adentro con una débil competencia hacia al exterior. Esto repercutió desfavorablemente en las industrias consumidoras, al no tener acceso a aceros de mejor calidad y a menores precios.
- El control de precios de los productos siderúrgicos no estimuló a los productores a mejorar su calidad y el servicio a los clientes. Adicionalmente, la baja rentabilidad y la recuperación de la inversión inhibieron la entrada de nuevas inversiones.

²⁰⁶ Un dato que nos permite apreciar las curvas dinámicas de aprendizaje en la empresa coreana Posco es el siguiente. La tasa de utilización del primer convertidor al oxígeno (BOF) fue 44 por ciento en 1973 y de 112 por ciento en 1974. Ello contrasta fuertemente con el tiempo que tomó a la empresa Sicartsa, también con tecnología BOF, elevar la utilización de la capacidad instalada; el primer año en 1976 fue 0.4 por ciento y ocho años después fue cercana a cuatro quintas partes.

²⁰⁷ Para un análisis más detallado sobre la gestión de las empresas siderúrgicas paracatales véase I. Rueda, 1996, para el caso de AFMSA y A.C. Laurell, 1989, para Sicartsa.

- La ausencia de una política global y una estrategia de largo plazo para la siderurgia que defirieron en el papel de los sectores privado y público, y consideran las necesidades esperadas del mercado.
- Ineficiente gestión de Sidermex, en la comercialización y distribución de los productos.
- La producción de aceros no planos se realiza con técnicas modernas, por lo cual éstos son competitivos internacionalmente en costos y calidad, con excepción de AHMSA.
- La principal debilidad se detecta en la producción de aceros planos, donde los precios y la calidad de Hylsa y AHMSA no son competitivos.

En 1984 se inició el proyecto de reconversión industrial en el sector siderúrgico estatal (Sidermex), como parte de la política gubernamental de cambio estructural (Pronafice 1984-1988). La actividad siderúrgica seguía considerándose entonces una industria estratégica, en la medida en que se proyectaba su integración a las industrias metalmeccánica y de bienes de capital y su actividad exportadora, lo cual generaría crecimiento y captaría divisas. Por tanto, la mejoría de la eficiencia productiva y de la competitividad internacional del sector siderúrgico paraestatal se planteaba como tarea indispensable.²⁰⁸

La reestructuración de la siderurgia paraestatal distinguía dos etapas. En la primera se buscaba redimensionar al sector paraestatal. En ese sentido, muchas empresas ligadas a Sidermex, cuyas actividades no eran propiamente del ramo siderúrgico, fueron vendidas, liquidadas, fusionadas o desincorporadas, quedando así 35 de las 91 empresas asociadas. Posteriormente estas últimas fueron reducidas a 27 y finalmente en los años noventa totalmente privatizadas. La segunda etapa de la reestructuración comprendía cinco aspectos:

²⁰⁸ Para analizar el proceso de reestructuración nos basamos en R. Villarreal, 1988; el Banco Mundial, 1988, y diversos documentos de la SEMIP.

- la modernización técnico productiva;
- la modernización comercial;
- la modernización de la administración de la gestión directiva y de la capacitación;
- el saneamiento financiero; y
- la programación de las inversiones y el crecimiento.

Con relación a la modernización técnico productiva, la reestructuración se centraba en tres medidas:

- el ajuste del tamaño de las plantas a escalas competitivas, por la vía de la liquidación de plantas obsoletas o la fusión de varias plantas para lograr tamaños óptimos;
- la incorporación de los avances tecnológicos mundiales; y
- la reducción de la planta laboral en función del tamaño de la planta.

De acuerdo a estos objetivos, se redujo la dimensión de Sidermex²⁰⁹ y se liquidó la empresa FEMSA por sus graves problemas de ineficiencia y rentabilidad. El cierre de FEMSA en 1986 causó la disminución del empleo en este sector industrial en alrededor de 14 por ciento, con más de 10,000 despedidos. En AHMSA, "los hornos Siemens-Martin y los talleres de Piedras Negras fueron clausurados por órdenes de la Secretaria de Desarrollo Urbano (Sedue)". También se eliminaron varios departamentos, entre ellos el de construcción en operación (S. Chávez, 1994, p. 78). Estos cierres fueron acompañados de recortes laborales desde 1988 a 1992 a una tasa promedio anual de -17.0 por ciento, con alrededor de 9,000 trabajadores liquidados. En el conjunto del sector siderúrgico, en 1985 laboraban 67,072 trabajadores (75 por ciento obreros y 25 por ciento empleados) y en 1990 disminuyó a 48,033 trabajado-

²⁰⁹ "Con la reestructuración, Sidermex disminuyó su personal de 1021 trabajadores en diciembre de 1985, a menos de 800 en 1987; cambió su estructura orgánica y sus funciones, de manera que las 11 direcciones corporativas se redujeron a 6". R. Villarreal, 1988, p. 178.

res (71.0 por ciento obreros y 28.9 por ciento empleados) (INEGI, 1995); es decir, una reducción de 6.4 por ciento promedio anual y de mayor magnitud en obreros.²¹⁰ A partir de 1988, el financiamiento del Banco Mundial y otros bancos internacionales permitió a las empresas realizar importantes inversiones en tecnología moderna para incrementar su capacidad productiva y optimizar su capacidad instalada; extender la automatización y los sistemas y equipos para el control de calidad y culminar los proyectos inconclusos (Sicartsa II, con financiamiento del Eximbank de Japón). Además de la transferencia tecnológica efectuada por las empresas, el desarrollo tecnológico se apoyó en las investigaciones del Instituto Mexicano de Investigaciones Siderúrgicas (IMIS), cuyas patentes mejoraban el control del proceso y calidad del acero, reduciendo el consumo de energía y los costos.

La modernización comercial implicaba reformas en las políticas de precios, de aranceles y de permisos, orientadas hacia la liberalización comercial. En el siguiente apartado analizamos este aspecto.

La modernización de la administración de la gestión directiva y de la capacitación buscaba transformar las prácticas viciadas de la gestión centralizada de Sidermex y de cada una de las empresas, a fin de adecuarlas al nuevo entorno de competitividad.²¹¹ La modernización también se extendió a las relaciones laborales. En las diferentes empresas se efectuaron cambios drásticos en los contratos colectivos de trabajo, para modificar la legislación laboral de tipo fordista por una más flexible, que permitiera la polivalencia laboral y la mejoría de la productividad (flexibilidad funcional).²¹² Entre los cambios más significativos a las cláusulas de los Contratos Colectivos de AHMSA en 1989 estaban:

²¹⁰Según las series STAN de la OCDE, 1995, las cifras del empleo de la siderurgia son de mayor magnitud, pese a que éstas son proporcionadas por el INEGI.

²¹¹Un estudio sobre Sicartsa (A.C. Laurell y M. Noriega, 1989, p. 129) señala la existencia de una excesiva centralización de la planeación del trabajo, sin tener en cuenta las necesidades de cada departamento, ni la experiencia de los trabajadores sobre el proceso de trabajo, lo cual deriva a menudo en rebeldía de los obreros y posteriormente en conflicto obrero patronal.

²¹²R. Rodríguez e I. Rueda, 1994, hacen un recuento del desarrollo de las relaciones laborales de la empresa Altos Hornos desde sus inicios, e incluyen los cambios en el periodo

- la reducción del ausentismo;
- la libertad de la empresa para cubrir vacantes temporales;
- el derecho para determinar el número de plazas y categorías para trabajos de recepción;
- la prueba y la experimentación de equipos correspondientes a nuevas instalaciones;
- una amplia libertad para contratar servicios de terceros para las obras de rehabilitación, optimización y modernización;
- la flexibilidad para efectuar movimientos temporales o transitorios de personal sindicalista;
- la responsabilidad de los trabajadores con la categoría de oficiales en cuanto al rendimiento de su trabajo.²¹³

En otras empresas del ramo se hicieron cambios similares a los Contratos Colectivos de Trabajo. Pero algunas cerraron y reabrieron contratando nuevos trabajadores y estableciendo nuevas condiciones laborales, basadas en la flexibilidad numérica (reducción de trabajadores) y funcional (polivalencia laboral). Las nuevas relaciones laborales rompían así con las rigideces de un modelo de trabajo que al parecer obstaculizaba la modernización tecnológica.²¹⁴

Asimismo, la capacitación laboral se consideraba elemento crucial para asimilar las nuevas tecnologías. A fin de mejorar la

de reestructuración y privatización. Las investigadoras explican con detalle los conflictos obrero-patronales a causa de los cambios contractuales y los despidos efectuados durante los años ochenta.

²¹³G. González, 1994, p. 148. En este estudio, se analizan los cambios de contrato colectivo y la evolución salarial de los trabajadores de AHMSA de 1970 a 1993.

²¹⁴Para un análisis más detallado de la flexibilización laboral del sector manufacturero mexicano véase E. Hernández Laos y J. Aboites, 1994. Los investigadores estudian el proceso de flexibilización de la mano de obra de un conjunto de industrias manufactureras exportadoras y potencialmente exportadoras durante los ochenta, a través de los cambios de las relaciones de trabajo contractuales. Asimismo identifican los obstáculos que impiden en algunas industrias la transformación de las relaciones laborales. En los países industrializados, el sector industrial también fue escenario de cambios en la legislación laboral que condujeron a la flexibilización numérica y funcional. Existe una amplia bibliografía que analiza este proceso en general; véase R. Boyer, 1986; G. Standing, 1989, entre otros.

calidad de los productos, en AHMSA, en Sicartsa, Hylsa, y TAMSA se adoptaron los sistemas de *calidad total* desde los ochenta.²¹⁵ Sicartsa incorporó en 1984 sistemas de control estadístico y de proceso, pero hasta 1987 adoptó el sistema de *calidad total*. Entonces, la International Standar Organization (ISO) emitió la Norma Internacional de Calidad (ISO 9002). Este sistema asegura a los clientes internacionales la calidad de los productos siderúrgicos. Por su parte Hylsa lo instrumentó desde 1984. En ambas empresas se reconoce que este sistema ha permitido mejorar la eficiencia, la calidad de los productos y el volumen de la producción, la utilización de la capacidad instalada y la reducción de costos debido a la disminución en los consumos de coque (en el caso de Sicartsa) y de energía en general. La instrumentación de los sistemas de control de calidad ha modificado la organización industrial y laboral.

Finalmente, el saneamiento de las finanzas de las empresas (AHMSA, Sicartsa, Hylsa y TAMSA) se planteaba como una condición necesaria para continuar con nuevas inversiones y evitar el círculo perverso, impuesto por el pago de intereses de la deuda. Además, el deterioro de las finanzas públicas no permitía al gobierno continuar financiando a estas empresas. No obstante, en 1986 el gobierno asumió el 42.0 por ciento de los pasivos de las empresas a través de un convenio con Sidermex.²¹⁶ Esta medida se reflejó en una mejoría de las finanzas de las empresas, pasando de una situación contable de pérdidas a otra de utilidades (véase cuadro 16). Así, las empresas estuvieron en condiciones de destinar recursos a la inversión, aunque éstos resultaban insuficientes dada la descapitalización de varios años.

²¹⁵Según el ingeniero E. Laris Alanís, ex directivo de AHMSA, "La calidad total es una filosofía, un concepto y un método de trabajo orientado a garantizar la satisfacción plena de los clientes a través de una nueva cultura de trabajo, el uso de herramientas gerenciales y estadísticas y una acción permanente de mejora continua. Binomio Fructífero: acero y "calidad total", *Siderurgia*, enero de 1991.

²¹⁶El gobierno mexicano asumió los pasivos de las empresas en la siguiente forma: en AHMSA el 56.1 por ciento de 962 millones de dólares; Sicartsa I en 31.6 por ciento de 187.6 millones de dólares; Sicartsa II 29.7 por ciento de 955.0 millones de dólares. En total, el gobierno pasó a la deuda pública 882.8 millones de dólares, correspondientes a la deuda de las empresas siderúrgicas paraestatales. R. Villarreal, 1988, p. 182.

En el periodo del saneamiento financiero, el Banco Mundial aprobó en 1988 un programa de financiamiento de 400 millones de dólares para reestructurar a las empresas siderúrgicas estatales y la empresa privada Hylsa e instrumentar la transformación de la siderurgia mexicana en una industria competitiva internacionalmente.²¹⁷

En el cuadro 17 se presenta de manera resumida los principales cambios derivados del proceso de reestructuración iniciado en 1984.

CUADRO 17
LA RECONVERSIÓN INDUSTRIAL EN SIDERMEX.
LOS PRIMEROS RESULTADOS

1984-1985	1986-1987
<ul style="list-style-type: none"> • 3 empresas integradas • 87 empresas asociadas • 50,589 trabajadores • 103 toneladas anuales de acero por trabajador • Centralización de todas las operaciones comerciales • Precios controlados 52 por ciento fracciones controladas; 14.30 tasa promedio aduanera • 345,000 toneladas productos siderúrgicos de exportaciones • Pasivos: 2,104.6 millones US dls • Por ciento costos financieros con relación a los ingresos: AHMSA 75, Fumosa 75 y Sicartsa I 59.4 • Pérdidas de 101 millones de US dls. (de las cuales 21 AHMSA, 56 Fumosa, 25 Sicartsa I) -1985- 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 empresas integradas (cierre de FEMSA) • 35 empresas asociadas • 42,299 trabajadores • 129 toneladas anuales de acero por trabajador • Autonomía comercial de cada empresa • Ajuste 95 por ciento de precios de acuerdo al índice de precios al consumidor. De 1988 en función del mercado, variación de los costos y desempeño de las industrias • Todos los productos liberados; 17.2 por ciento tasa promedio aduanera (0 a 32 por ciento) 800,000 toneladas productos siderúrgicos de exportaciones • Pasivos: 1,221.8 millones US dls. • Por ciento costos financieros son relación a los ingresos: Ahmsa 23.4 y Sicartsa I 20.2 • Pérdidas 26.2 millones de US dls. (de las cuales 8.4 AHMSA y 17.4 Sicartsa I).-1986-

Fuente: INEGI, 1990; R. Villarreal, 1988.

²¹⁷Desde 1972, el Banco Mundial había diseñado un programa que prefiguraba la apertura comercial del sector siderúrgico mexicano. El financiamiento de 1987 inicia sus

Las medidas que el Banco Mundial (1988) recomendó para mejorar la situación de la siderurgia mexicana reforzaban las iniciadas por el gobierno en 1984. A continuación presentamos las más importantes:

- reducir gradualmente y eliminar eventualmente subsidios y transferencias al sector siderúrgico paraestatal;
- eliminar el control oficial de precios domésticos, homogeneizando los precios del acero, en función del índice de precios al consumidor;
- cerrar las plantas incosteables, reduciendo o eliminando las ineficiencias de la producción, optimizando las existentes, y desarrollar nuevas estrategias de producto y mercado;
- realizar inversiones para mejorar el mantenimiento, la productividad y el control de calidad;
- hacer estudios técnicos y de mercado para invertir en las necesidades de largo plazo del sector;
- mejorar la gestión y organización de Sidermex, descentralizando muchas de sus decisiones;
- mejorar la situación financiera de las empresas por la vía de reestructurar sus deudas;
- reducción del 25 por ciento de la planta laboral de Sidermex y posteriormente más;
- desarrollar una cierta especialización entre las plantas del sector público y privado. Por ejemplo, aceros planos en Ahmsa e Hylsa y aceros no planos en Sicartsa I y el sector privado.

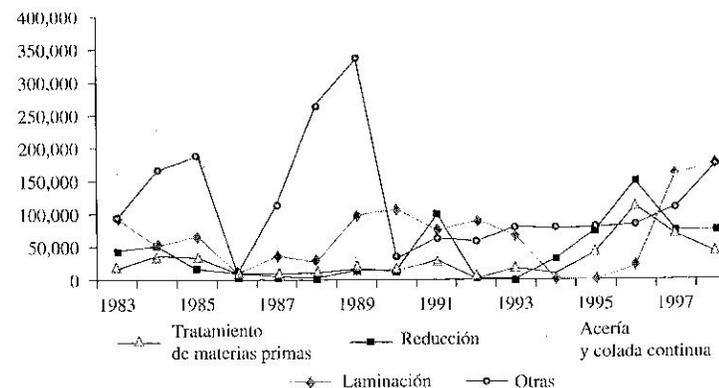
negociaciones en 1985. El programa de reestructuración tenía los siguientes propósitos: i) asistir y apoyar al gobierno mexicano en la puesta en marcha de la reestructuración; ii) dar asistencia a los principales productores para mejorar la eficiencia productiva, financiera, administrativa, de información y de mantenimiento, optimizando el uso de la capacidad instalada (del equipo con una viabilidad demostrada), aumentando la calidad de los productos y desarrollando los recursos humanos para enfrentar los retos de la competitividad y necesidades del mercado, y iii) asistir al gobierno en la elaboración de estrategias de desarrollo y políticas de largo plazo en el sector siderúrgico conforme a los objetivos del desarrollo del país (Banco Mundial, 1988).

La necesidad de mejorar la eficiencia de la producción de aceros planos de alta calidad se planteó prioritaria con la apertura comercial. Se identificaba la incapacidad de la industria nacional para cubrir la demanda de este tipo de aceros a las industrias de bienes de capital y productos metálicos (automotriz), cuyo crecimiento se orientaba a la exportación.

El financiamiento del Banco Mundial se canalizó en la inversión de nueva maquinaria y la aplicación de programas para modernizar la gestión administrativa y de comercialización. Las transformaciones ocurridas en las empresas siderúrgicas estatales a instancias de la reestructuración sirvieron de base a una segunda fase del cambio estructural de la economía mexicana. La privatización de las siderúrgicas estatales devenía necesaria para el proceso de liberalización comercial.

En la gráfica 25 se aprecia la evolución de las inversiones hechas en la industria siderúrgica desde 1983 a 1995. Las significativas inversiones registradas de 1984 a 1987 su ubicaron en

GRÁFICA 25
MÉXICO: INVERSIÓN EN LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA,
1983-1998
(Dólares)



Fuente: Elaboración propia con base en I.A.F.A., Chile, varios años.

acería y colada continua, y estuvieron muy probablemente ligadas a la construcción de Sicartsa II, y en el rubro Otros. Con el financiamiento del Banco Mundial, las inversiones realizadas en 1988-1989 se destinaron en poco más de dos terceras partes al rubro Otros, pero también en laminación (una quinta parte) y un 3.1 por ciento en el tratamiento de materias primas. Esto último esta asociado con programas para recuperar o mejorar el uso de insumos o energía en el proceso de producción acero y sus productos. El reciclaje de los desechos industriales ha sido fundamental para reducir la contaminación ambiental. La privatización en 1991 activó la inversión. De 1993 a 1995 la inversión en la siderurgia registró una variación media anual de 49.3 por ciento y la capacidad productiva 9.1 por ciento. Asimismo, la utilización de la capacidad instalada fue significativa (89.0 por ciento en promedio). Hylsa explica en gran medida este importante flujo de inversiones que realizó para su modernización y expansión. Dichas inversiones no se redujeron al capital físico, sino también se destinaron a la Investigación y Desarrollo y capacitación laboral, lo cual se tradujo en exitosa actividad exportadora de tecnología. La tecnología Hyl III es la segunda en importancia mundial, en los procesos de reducción. En el capítulo 6 abordaremos el análisis más detallado de Hylsa.

Privatización de las empresas siderúrgicas estatales y modernización de las empresas en los años noventa

En 1990 el gobierno mexicano anunció la venta de las dos empresas siderúrgicas integradas estatales: AHMSA y Sicartsa. Además de otras 20 empresas agrupadas en Sidermex: cinco firmas de minas de carbón, tres de refractarios, una de ferroaleaciones, tres comercializadoras y una inmobiliaria.²¹⁸

²¹⁸“Gran expectativa por la venta de AHMSA y Sicartsa”, *Siderurgia*, núm. 1, octubre de 1990, p. 21.

A finales de 1991 se concluyó el proceso de privatización de las empresas siderúrgicas estatales. Básicamente identificamos a tres nuevos propietarios de las empresas más importantes. El *Grupo Acerero del Norte* (Javier Autrey y Carlos Ancira) adquirió: las plantas 1 y 2 de AHMSA, Aceros Planos, 29 por ciento de la planta de pelets de Peña Colorada, la máquina de colada continua de Sicartsa y las minas de carbón ubicadas en Coahuila. El grupo *Villacero* (Julio Villarreal) se adjudicó 80 por ciento del capital accionario de Sicartsa y 20 por ciento permaneció en manos del gobierno. Finalmente, la empresa indú *Caribbean ISPAT* adquirió Sibalsa (conocida como etapa II de Sicartsa) y 29 por ciento de participación en Peña Colorada.²¹⁹

La privatización se acompañó de convenios o alianzas estratégicas, en un contexto de globalización. Por ejemplo, la empresa AHMSA estableció acuerdos de cooperación y asesoría tecnológica con la empresa holandesa Hoveens. Pero también las empresas privadas estrecharon sus vínculos con empresas extranjeras siderúrgicas, como Hylsa con una empresa norteamericana y otra japonesa, y TAMSa con una empresa argentina. Ello ha contribuido notoriamente al avance de la modernización tecnológica de las empresas (véase cuadro 6).

La siderurgia mexicana registró grandes transformaciones a raíz de su reestructuración productiva y de su privatización. Uno de los aspectos más relevantes de la reestructuración fue el cierre de las plantas con la tecnología Siemens-Martin, cuya obsolescencia y baja productividad era reconocida mundialmente, así como su reorganización administrativa y laboral. La utilización de la maquinaria moderna, adquirida años antes (convertidores al oxígeno, colada continua), se efectuó con mayor eficiencia a través del uso generalizado de sistemas computarizados y su correspondiente capacitación, que permitieron reducir los tiempos de fabricación del acero y sus productos y mejorar la calidad de ellos. Mientras las empresas instrumentaban estrategias para modernizarse, con

²¹⁹“Informativo Regional”, *Siderurgia Latinoamericana*, núm. 380, diciembre de 1991, p. 30.

los límites derivados de sus deudas financieras correspondientes, la apertura comercial ocurría de manera vertiginosa, pese a las políticas proteccionistas de otros países hacia este sector (Estados Unidos, Comunidad Económica Europea). Por tanto, las empresas siderúrgicas mexicanas se enfrentaron a la competencia externa en su propio mercado, con las ventajas que ofrecía la reestructuración laboral, con los sistemas de producción flexible, el incremento de la productividad y los salarios bajos. La modernización tecnológica, incluyendo el aprendizaje, se fortaleció en los años noventa con el proceso de privatización. Dos aspectos resaltan en el progreso tecnológico: las nuevas inversiones hechas por los nuevos propietarios y los convenios o alianzas estratégicas de las empresas mexicanas con empresas extranjeras para mejorar sus capacidades tecnológicas. Tal como ha ocurrido en gran parte de los países productores de acero según vimos en el capítulo 2.

En el siguiente apartado analizamos cómo se expresaron los cambios ocurridos en el proceso de reestructuración, en términos de su inserción en los mercados internacionales.

APERTURA COMERCIAL, ESPECIALIZACIÓN Y COMPETITIVIDAD DEL ACERO MEXICANO

DURANTE las dos últimas décadas, México ha registrado importantes mutaciones en la especialización de su comercio exterior. En efecto, durante los años sesenta, México era fundamentalmente exportador de productos agrícolas y gran importador de productos industriales. En los setenta, las exportaciones de energéticos desplazaron a las agrícolas; su importancia relativa fue aún mayor, hasta mediados de los ochenta.²²⁰ La caída de los precios del petróleo afectó este perfil exportador y propició la búsqueda de vías para

²²⁰La drástica pérdida de los productos agrícolas mexicanos en los mercados internacionales está vinculada al relativo rezago tecnológico en la agricultura en relación con el progreso en los países industrializados (véase J. Aboites, *Industrialización y desarrollo agrícola en México*, Plaza y Valdés-UAM-X, México, 1989). Para un análisis del cambio de la especialización del comercio de México y de otros países latinoamericanos de 1970 a 1990 véase P. Guerrero, 1994.

la diversificación de las exportaciones manufactureras. La severa crisis financiera de México en 1982 obligó al gobierno a ajustar el déficit de la cuenta comercial manufacturera a través de una "recesión inducida en 1982-1983 por la política fiscal y apoyada por la devaluación del tipo de cambio real" (J.I. Casar, 1989, p. 45), y a impulsar reestructuraciones productivas y comerciales, a fin de orientar el desarrollo hacia la promoción de exportaciones.²²¹ Estimuladas por esa política, las exportaciones manufactureras crecieron vertiginosamente durante los ochenta y los noventa, especialmente después de la apertura comercial.²²² En efecto, mientras en 1982, éstas representaron poco más de un cuarto de las exportaciones totales; en 1985 su participación creció a 43.1 por ciento; cinco años después a 70.7 por ciento, y en 1995 rebasaron las cuatro quintas partes (véase cuadro 42 del anexo). Una característica del nuevo perfil de especialización comercial es la elevada proporción de bienes industriales de media y alta intensidad tecnológica orientados hacia mercados dinámicos. Las exportaciones siderúrgicas han contribuido de manera modesta a este auge de las exportaciones manufactureras mexicanas de los últimos diez años.

Al reflexionar sobre el proceso de apertura comercial en la industria siderúrgica, es necesario precisar cuáles son las tendencias de especialización y de competitividad de la siderurgia mexicana en los mercados mundiales de 1985 a 1995. En el contexto de la apertura comercial de esta rama industrial ¿qué perfil de especialización y competitividad mantiene México frente a sus socios comerciales de América del Norte (Estados Unidos y Canadá) y frente a otras regiones comerciales (Europa, Asia, América Latina)? A fin de responder primeramente reflexionamos sobre el proceso de apertura comercial en la industria siderúrgica. En seguida, evalua-

²²¹Estas medidas fueron acompañadas de un programa de ajuste financiero y estructural (véase P. Aspe, 1993).

²²²Los alcances del ajuste de la balanza comercial se aprecian si se comparan dos años. En 1983 la balanza comercial manufacturera observó un déficit de 1,000 millones de dólares; en 1987 esa misma balanza registró un superávit de casi 1,500 millones de dólares (J.I. Casar, *op. cit.*, p. 45).

mos las tendencias de especialización y de competitividad de la siderurgia mexicana en la región de América del Norte y en otras regiones comerciales.

Apertura comercial (1985-1998)

El proceso de apertura comercial de la siderurgia mexicana empezó a sentar sus bases con la reestructuración industrial (1983-1991) cuyas medidas se encaminaron a fortalecer a las empresas para mejorar su competitividad doméstica (calidad y precio) y promover su actividad exportadora. Tal como lo indicamos anteriormente, las industrias básicas del hierro y del acero, escasamente habían explorado los mercados de exportación, debido a que básicamente abastecían la demanda doméstica, de acuerdo a las políticas del ISI. Además, sus niveles de competitividad estaban muy por abajo de los estándares mundiales, salvo excepciones. Lo anterior se corrobora con la clasificación por tipo de comercio exterior realizado en 1978-1983 por las industrias metálicas básicas del hierro y el acero. Las industrias de Laminación secundaria y de Tubos y postes se ubicaban entre las ramas de comercio interindustrial importadoras netas, y la de Fundición y laminación primaria en el sector de bajo volumen de comercio exterior.²²³ En ambas industrias se registraba una participación en la producción de las empresas transnacionales de 11.2 por ciento, porcentaje menor si se compara con la elevada presencia de éstas en algunas industrias de Metales básicos no ferrosos (aluminio, plomo, estaño y zinc), o en un amplio número de industrias de productos metálicos, eléctricos, no eléctricos, automotriz, equipo electrónico, etcétera. En especial, la industria mexicana de Fundición y laminación primaria se caracterizaba por su alta concentración (81.1 por ciento), muy por encima de la estadounidense (57.0 por ciento). En un menor nivel de concentración, la de Laminación secundaria y Tubos y

²²³ Esta clasificación corresponde a la tipología propuesta por J. Casar, 1989. Las industrias se identifican en cuatro sectores de comercio en función de su actividad comercial exterior realizada: i) intraindustrial; ii) interindustrial importadores netos; iii) interindustrial exportadores netos, y iv) de bajo volumen de comercio exterior.

Postes mantenía un nivel similar al estadounidense (58.9 y 57.0 por ciento).

El incremento sustancial de la actividad exportadora de la siderurgia se registró desde 1983. La orientación de la industria siderúrgica hacia los mercados de exportación se asoció al fuerte descenso de la demanda interna de acero a raíz de la recesión económica en 1983-1984 y se apoyó en la política de promoción de las exportaciones de manufactureras a través de diversos programas, estímulos fiscales y apoyos (Bancomext, etcétera). En 1983 las exportaciones de las industrias Metálicas ferrosas sobre duplicaron su crecimiento con relación al año anterior.²²⁴ La mercancía siderúrgica destinada al exterior fue principalmente aceros no planos, planos y tubos, representando 6.3 por ciento de las exportaciones totales manufactureras. Algunos productos siderúrgicos de menor valor agregado (hierro o acero manufacturado en diversas formas, hierro en barras y lingotes) registraron un dinamismo semejante entre 1983 y 1984. Las empresas del sector público incrementaron su actividad exportadora en 23.3 por ciento. La devaluación de la moneda mexicana de 1982 favoreció este desempeño competitivo de los aceros mexicanos (W. Peres Núñez, 1985).

La siderurgia se cuenta entre las cinco ramas manufactureras que más contribuyeron al aumento de las exportaciones de 1981 a 1987. Las otras cuatro ramas realizaban comercio intraindustrial (industria de autopartes, automotriz terminal, industrias básicas de metales no ferrosos y petroquímica secundaria y química básica).²²⁵ Pese a que la siderurgia no registraba presencia importante de empresas transnacionales y el comportamiento de las exportacio-

²²⁴ El crecimiento en 1983 con respecto al año anterior fue de 224.5 por ciento en volumen (toneladas) y de 280.6 por ciento en valor (dólares), aunque en valores absolutos éste fue modesto.

²²⁵ La rápida respuesta a la actividad exportadora de estas cuatro industrias de comercio intraindustrial es asociada "a la existencia previa de canales de exportación y de experiencia en la materia por parte de las empresas. En este marco, y dada la depresión del mercado interno y el cambio en la rentabilidad relativa de la exportación, las ventas al exterior se expanden rápidamente". Varias empresas no sólo se limitaban al comercio intraindustrial, sino en varios casos se trataba de flujos comerciales intrafirma (J.I. Casar, 1989, p. 46).

nes se suponía inverso al ciclo, (tal como en las ramas de comercio interindustrial), la magnitud de las exportaciones fue mayor a la profundidad de la recesión entre 1985 y 1987.²²⁶ Esto presagia el inicio de la transformación del tipo de inserción comercial internacional de las ramas siderúrgicas. El ritmo de crecimiento de las exportaciones se mantiene hasta los noventa, con algunas fluctuaciones. Pero en esta última década aumentó enormemente la importancia relativa de desbastes de arrabio, lingotes y palanquilla. A raíz de la macro devaluación del peso en 1994, las exportaciones crecieron explosivamente al siguiente año, en especial los aceros no planos, seguido de aceros planos y tubos.

A partir de 1985 se dispusieron medidas tendientes liberalizar el comercio del acero mexicano, lo cual implicó una desregulación de la protección comercial hacia las importaciones. Esta liberalización comercial se profundizó, en una segunda etapa, en 1987 con el ingreso de México al GAIT y en 1994 con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). La apertura de la industria del acero en 1985 no ocurrió de manera gradual sino que por el contrario, "las importaciones tanto por origen como por destino fueron liberadas en su totalidad". Mientras en 1982 la importación de todos los productos requería permiso previo y cubrir tarifas arancelarias hasta del 100 por ciento, en 1985, algunos de los rubros siderúrgicos, como Otros productos, "fueron exentos del permiso previo de importaciones en un sólo día" (C. Schatan, 1986, p. 83). En junio de 1987 se eliminaron los precios oficiales de referencia y en diciembre del mismo año se redujeron los aranceles sustantivamente. La protección a los productos siderúrgicos en México se redujo entonces a un arancel promedio de 15 por ciento para los de mayor valor agregado, 10 por ciento para la mayoría de los productos, materias primas para 5 por ciento y

²²⁶Entre 1981 y 1983, el incremento porcentual de las exportaciones de las industrias básicas del hierro y el acero fue 18.22 por ciento. En cambio, de 1983 a 1985 la variación es negativa (-12.65). Nuevamente, en otro periodo de recesión causado por la disminución de los precios del petróleo, el crecimiento fue significativo (7.58 por ciento) (J.I. Casar, p. 51).

exentos aquellos no elaborados en el país (aceros inoxidable). En 1991, sólo 3 por ciento se hacían con permiso previo y la tasa arancelaria era en promedio ponderado de 9.5 por ciento.²²⁷ Estos aranceles quedaban por abajo de los fijados en los países en desarrollo y muy cercanos a los países industrializados.

En el TLCAN con Estados Unidos, Canadá y México, "la desgracia siderúrgica se pactó a un periodo de 10 años, con reducciones uniformes anuales iguales".²²⁸

El efecto de la liberalización para las Industrias metálicas ferrosas mexicanas se reflejó en el incremento significativo del monto de las importaciones de un amplio conjunto de productos siderúrgicos después de 1987 (desde materias primas -carbón y chatarra-, material relaminable, lingotes, laminados planos, no planos y tubos, y especialmente productos de consumo final) (véase cuadro 39 del anexo). El explosivo comportamiento de las importaciones en este sector respondía también a la creciente demanda de acero de otras industrias exportadoras. Por ejemplo, las importaciones de aceros planos se asocian a la actividad exportadora de la industria automotriz, que requería de cierto tipo de aceros especiales galvanizados, inoxidable, los cuales no se fabrican en México.

Al hacer el balance entre exportaciones e importaciones, nos percatamos de que las segundas tuvieron un ritmo de crecimiento mayor, especialmente en la segunda mitad de los ochenta y en los noventa (véase gráfica 26), lo que contribuyó a una balanza comercial deficitaria, comparable a la de inicios de los ochenta. El fuerte déficit que el sector siderúrgico reportaba al comenzar esa década se redujo de manera importante de 1982 a 1984. Sin embargo, la

²²⁷"Panel análisis del comercio internacional", *Siderurgia Latinoamericana*, núm. 374, junio de 1991.

²²⁸Las diferencias entre los aranceles al momento de pactar el TLCAN no eran significativas. "En México se tiene un nivel máximo de 15 por ciento y el grueso de los productos siderúrgicos está en 10 por ciento. Estados Unidos, por su parte, tiene aranceles que van de 0.9 por ciento hasta 11.6 por ciento en algunos aceros inoxidable; su promedio se ubica alrededor de 5 por ciento. Canadá, por su parte, tiene un arancel ponderado del 8 por ciento" (R. Rubio, 1993, pp. 24-26).

GRÁFICA 26

MÉXICO: EVOLUCIÓN DE LAS EXPORTACIONES
Y LAS IMPORTACIONES DE PRODUCTOS SIDERÚRGICOS*
(Toneladas)



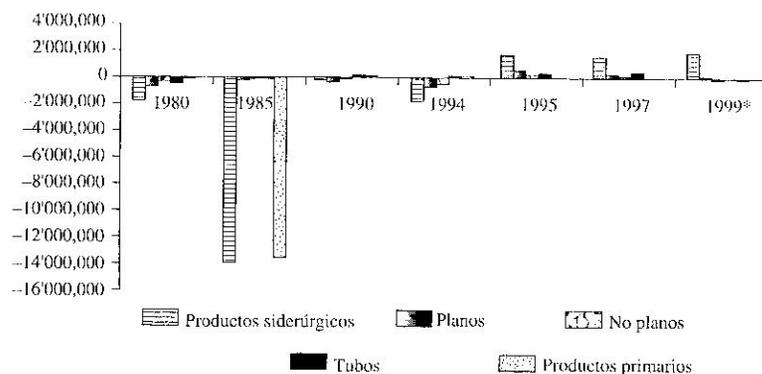
Fuente: INEGI, *La industria siderúrgica en México*, varios años; Canacero, *Diez años de estadística siderúrgica, 1990-1999*.

* Comprende aceros planos, no planos, tubos y postes.

** Los años de 1998 y 1999 no incluyen materias primas.

GRÁFICA 27

MÉXICO: BALANZA COMERCIAL DE LA INDUSTRIA
SIDERÚRGICA POR GRUPO DE PRODUCTOS
(Miles de dólares)



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *La industria siderúrgica en México*, varios años; Canacero, *Diez años de estadística siderúrgica, 1990-1999*.

* Los datos para 1999 no comprenden materias primas.

balanza comercial nuevamente reportó saldos negativos desde 1988, y se deterioró más agudamente en los años noventa, debido a las importaciones de aceros planos, pero también de aceros no planos (véase gráfica 27). Más adelante analizamos la evolución de la competitividad de esta rama industrial frente a sus socios comerciales.

Así, la apertura comercial de la industria siderúrgica ocurrió al tiempo que las empresas realizaban su reestructuración y su modernización tecnológica. Varias de ellas, especialmente pequeñas y medianas, no fueron capaces de afrontar la competencia externa y cerraron. A continuación abordamos la competitividad de los productos siderúrgicos mexicanos.

*Tendencias de la competitividad y especialización
de la siderurgia mexicana en el marco del TLCAN
y otros mercados internacionales*

Una de las características más sobresalientes del comercio exterior mexicano es su elevada concentración geográfica. Alrededor de 75 a 85 por ciento de los flujos comerciales de México se realizan con Estados Unidos. Dicha concentración se ha fortalecido todavía más a raíz de la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de Norteamérica (TLCAN), en tanto ha decrecido la presencia en otras regiones comerciales. Las exportaciones manufactureras mexicanas (incluyendo maquiladoras) hacia los países europeos en 1990 representaba 9.3 por ciento. Dicha participación relativa disminuyó a la mitad en 1995. También hacia los mercados de América Latina y de Asia, el nivel relativo de exportaciones se redujo.²²⁹

La exportaciones siderúrgicas han tendido a diversificarse hacia otros mercados, especialmente asiáticos. Estados Unidos ha sido el principal destino de los productos siderúrgicos mexicanos, en especial los de consumo intermedio, pero su la importancia rela-

²²⁹ Las exportaciones manufactureras hacia América Latina ascendían a un décimo de las totales y en 1995 disminuyeron a 6.8 por ciento. Hacia los mercados asiáticos representaron 3.7 y 2.4, en los mismos años (Banco Nacional de Comercio Exterior, 1996).

tiva disminuyó en los noventa. En 1981, 89.1 por ciento de las exportaciones mexicanas de productos siderúrgicos se destinaron hacia Estados Unidos, una décima parte hacia países de América Latina y 0.9 por ciento a diversos países del mundo. A raíz de la apertura comercial, los mercados de exportación se diversificaron. Así, entre 1990 y 1991 dos terceras partes de productos siderúrgicos se dirigieron hacia el mercado estadounidense. Al momento de la entrada en vigor del TLCAN (1994-1995), el mercado estadounidense continuaba siendo el principal para los productos siderúrgicos mexicanos, pero su importancia relativa se había reducido (57.6 por ciento) y, en contraparte, la de los mercados asiáticos había crecido. Los flujos comerciales hacia Asia se vieron frenados por la crisis en los países asiáticos de 1997 (conocida como efecto Dragón). La crisis rusa (efecto dominó o vodka) en 1998 agudizó aun más la recesión asiática, y sus excedentes de acero aumentaron y por tanto, se prevé una avalancha de exportaciones siderúrgicas asiáticas hacia el mercado del TLCAN, entre otros.

Con el propósito de esclarecer qué nivel de inserción comercial mantiene la industria siderúrgica en los diferentes mercados mundiales, ubicando la competitividad de grupos de productos con base en sus ventajas comparativas reveladas, primeramente examinamos la evolución de las ventajas y desventajas comparativas reveladas de las categorías de productos siderúrgicos a nivel de tres dígitos CTCI (Classification Type du Commerce International), con relación a los mercados de la OCDE, durante el periodo 1961-1991.²³⁰ Posteriormente, analizamos las tendencias de especialización y competitividad de la siderurgia en el TLCAN, Europa, Asia y América Latina en el periodo 1990-1995.²³¹

²³⁰Tomamos los resultados obtenidos en el estudio sobre la competitividad de los países de América Latina frente a los mercados de la Unión Europea, financiado por la Comunidad Económica Europea y SELA (C. Quenan *et al.*, 1994).

²³¹Nos basamos en las estimaciones de un estudio sobre la competitividad y la especialización del sector manufacturero 1990-1995 (E. Hernández Laos, 2000).

El indicador de ventajas comparativas reveladas permite medir la tendencia de especialización internacional de un país, así como identificar las ventajas o desventajas que posibilitan los productos de un país ganar mercados (véase cuadro 18).

CUADRO 18
LAS VENTAJAS COMPARATIVAS REVELADAS

Las ventajas comparativas reveladas (VCR) es un indicador que mide la especialización internacional.²³²

Las ventajas comparativas reveladas son un indicador utilizado para medir la competitividad relativa de cada sector. Se considera en relación a la participación relativa del país en el mercado mundial por sector y su participación en el comercio mundial total o cierta región. Esta se define como:

$$VCR = (X_{ij} / X_j) / (X_{iz} / X_z)$$

donde: en cada uno de los sectores *i* se verifica si la participación en las exportaciones *x* del país *j* (X_{ij} es más o menos elevado con relación a las exportaciones de un zona de referencia $z(x_{iz}/x_z)$).

Por tanto, el indicador VCR basado en el análisis sur de las exportaciones. El estudio es completado con el indicador de contribución al saldo. Este indicador da una medición más precisa de competitividad, en tanto que ella incluye a las importaciones. Su utilización muestra que ciertos países están dotados de sectores competitivos y de otros que lo son menos. De tal manera que la pérdida o al contrario del crecimiento de la competitividad debe de explicarse en cada sector y no en la economía en general.²³³

$$ICSCij = ((X_i + M_i) - (X - M) * (X_i + M_i)) / 100 \\ (X + M)/2 - (X + M)/2 - (X + M)$$

Si $ICSCij > 0$, estamos entonces en presencia de ventajas comparativas reveladas; si $ICSCij < 0$ se constata la presencia de desventajas.

En el cuadro 19 se muestra la evolución del desempeño competitivo de un conjunto de categorías de productos siderúrgicos frente a los países de la OCDE, clasificados a nivel de tres dígitos, en treinta años desde 1961. Sólo el CTCI 671 se ubica dentro de los productos siderúrgicos que reportaron ventajas comparativas,

²³²Este indicador fue utilizado por primera vez por B. Balassa, 1965. Citado por C. Quenan *et al.*, 1995.

²³³Esta idea es ampliamente desarrollada por M. Porter, 1991.

en la medida que su contribución al saldo comercial fue positivo. La participación de esta categoría en las exportaciones totales de productos aumenta a lo largo del periodo. Dichos productos pasan de una situación de desventajas en 1961 a una de modestas ventajas desde 1983.

Los datos de variabilidad muestran una ventaja no consolidada, con una tendencia no propiamente creciente hasta 1991.²³⁴ La mayoría de productos siderúrgicos, desde materias primas hasta productos no planos y planos, mostraron desventajas para México, al ser importadores netos, lo cual corrobora su clasificación (véase cuadro 19).

Al comparar la tendencia comercial de la siderurgia mexicana con relación a otras ramas del sector manufacturero nacional, nos percatamos en los años ochenta, especialmente de 1987 a 1991, de una creciente importancia relativa de VCR por su contribución al saldo, de los sectores manufactureros intensivos en economías de escala (automotores, radios, televisores); proveedores especializados (motores a explosión, equipos de distribución de electricidad), e intensivos en I&D (máquinas y aparatos eléctricos, máquinas informáticas, lectores magnéticos u ópticos). Las desventajas localizadas en varios productos siderúrgicos tienen en contrapartida el exitoso desempeño comercial de la industria automotriz, entre otras. Es decir, las exportaciones en otras industrias se han basado en mayores importaciones de insumos intermedios y entre ellos, el acero (aceros planos, inoxidables, galvanizados, etcétera).

²³⁴Para evaluar la solidez de la evolución de las ventajas comparativas reveladas, se emplean dos indicadores: el coeficiente de variabilidad y el coeficiente de tendencia. El coeficiente de variabilidad se define como la relación entre la varianza y la media de las ventajas comparativas reveladas para cada subperiodo. A través de este coeficiente, se determina el grado de estabilidad de la especialización en el tiempo. Existe una tendencia según la cual entre menos el indicador de contribución al saldo sea importante (ventajas comparativas reveladas), mayor es la variabilidad. Estamos entonces en presencia de una ventaja no consolidada. Con el coeficiente de tendencia, se mide para cada subperiodo de la serie por años (un periodo de largo plazo), el carácter creciente o decreciente de las ventajas comparativas. El procedimiento utilizado se basa en el ajuste por el método de mínimos cuadrados (C. Quenan *et al.*, 1994).

CUADRO 19

MÉXICO: VENTAJAS Y DESVENTAJAS COMPARATIVAS REVELADAS EN LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA, 1961-1991

	1961-1972		1973-1982		1983-1986		1987-1991		Exportaciones 1989-1991	
	%		%		%		%		dis.	%
I Ventajas comparativas reveladas (media)										
CTCI										
671 Fundición de hierro, arrabio y hierro esponja	-0.06	0.02	-0.01	0.11	0.05	0.09	0.08	0.14	54,193.00	0.15
Variabilidad/tendencia	-98.20	-0.01	-2.361	0.03	46.3	0.00	33.00	6.00		
II Desventajas comparativas reveladas										
672 Lingotes de hierro o acero	-0.09		-0.38			-0.27		-0.25	62,300.00	0.17
675 Láminas y acero	-0.15		-0.22			-0.15		-0.21	106,911.00	.029
673 Barras y perfiles de acero	-0.21		-0.32			-0.05		-0.21	144,868.00	0.40
282 Chatarra y acero	-1.28		-0.72			-0.25		-0.2	65,462.00	0.18
677 Hierro o acero, salvo cable para electricidad	-0.15		-0.16			-0.15		-0.09	33,240.00	0.09
679 Productos de fundición, fierro o acero bruto	-0.08		-0.05			-0.01		-0.04	22,894.00	0.06

En el cuadro 20 se puede apreciar que la siderurgia en su conjunto ha registrado desventajas comparativas reveladas (VCR) con relación a sus mercados mundiales entre 1990 y 1995, incluso de mayor magnitud que las reportadas por el sector manufacturero.²³⁵ Sin embargo, este desempeño comercial poco competitivo tendió a disminuir, al tiempo que la participación relativa en las exportaciones manufactureras totales se redujo.

La competitividad de la siderurgia mexicana en el TLCAN

El Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) es una expresión de la tendencia a la globalización y regionalización de los mercados.²³⁶ El TLCAN es resultado de un proceso progresivo de integración económica que comenzó implícitamente de manera bilateral (Estados Unidos-México, Estados Unidos-Canadá). A principio de los años noventa, los tres países mantenían relaciones estrechas de comercialización y de inversión. Canadá realizaba las tres cuartas partes de su comercio exterior con estos dos países. A su vez, este comercio interregional representaba 60 por ciento de las exportaciones de los países de la Unión Europea

²³⁵ El indicador de competitividad que utiliza E. Hernández Laos *et al.*, es el propuesto por A. Ten Kate:

$$kn = \frac{X_i^{kn} (P_i^n/P_i^k) - M_i^{kn} (P_i^k/P_i^n)}{(X_i^{kn} + M_i^{kn})}$$

donde: X_i^{kn} es el valor en dólares de las exportaciones del producto (rama) "i" provenientes del país "k" enviadas al país "n"; M_i^{kn} el valor de las importaciones del producto (rama) "i" provenientes del país "k" enviadas al país "n"; P_i^n el precio doméstico del producto "i" en el país "n" expresado en dólares; P_i^k es el precio doméstico del producto "i" en el país "k" expresado en dólares. "el primer término del numerador puede ser interpretado como el valor de la canasta de exportaciones en el país de destino y el segundo como el valor de la canasta de importaciones en el país importador" (A. Ten Kate, "Measuring Trade Competitiveness. The case of Mexico's Manufacturing Industry", mimeo., México, 1996, pp. 7-8).

²³⁶ La iniciativa de establecer un Tratado de Libre Comercio entre Estados Unidos, Canadá y México fue tomada por los gobiernos de los tres países en junio de 1990. Un año más tarde comenzaron las negociaciones del TLCAN. Los objetivos de este Tratado son: i) la eliminación de las barreras comerciales; ii) la promoción de las condiciones para un intercambio más justo; iii) la promoción de condiciones favorables para las inversiones; iv) la protección de derechos relativos a la propiedad intelectual; v) el establecimiento de los procedimientos relativos a la aplicación del TLCAN y la solución de los litigios, y vi) impulsar la cooperación trilateral, regional y multilateral.

CUADRO 20
VENTAJAS COMPARATIVAS REVELADAS (VCR)
Y LA PARTICIPACIÓN DE LAS EXPORTACIONES
DE LA SIDERURGIA Y LA INDUSTRIA
MANUFACTURERA MEXICANA, 1990-1995

	VCR		Por ciento exportaciones	
	Siderurgia	Manufacturas	Siderurgia	Manufacturas
1990-91	-0.337	-0.188	3.385	100.0
1992-93	-0.404	-0.144	2.102	100.0
1994-95	-0.041	-0.039	3.094	100.0
1990-95	-0.229	-0.104	2.822	100.0

Fuente: E. Hernández Laos, 2000.

(J. Schott, 1991). Entre los tres países existe un flujo enorme y diversificado de inversiones. Estados Unidos tenía inversiones directas en Canadá y en México y también Estados Unidos registraba inversiones directas de Canadá e inversiones portafolio de México (C. Hufbauer y J. Schott, 1992, p. 6). Las exportaciones manufactureras mexicanas hacia Canadá son marginales.

En cambio, cobra gran relevancia la penetración de las exportaciones manufactureras mexicanas en los mercados estadounidenses en los últimos diez años. La presencia de los productos manufactureros mexicanos en ese país del norte se incrementó de 1989 a 1995, en 2.6 por ciento, al tiempo que se registró un decremento de los japoneses (-2.5 por ciento). En 1995, México ocupó "la tercera posición como abastecedor internacional de productos manufacturados en el mercado de Estados Unidos (7.8 por ciento), incluyendo maquiladoras, después de Canadá (18.9 por ciento) y Japón (18.6 por ciento)" (E. Hernández Laos, *op. cit.*, p. 4.30). Esta tendencia sugiere la mejoría de las VCR en los mercados estadounidenses.

El intercambio comercial de acero también ocurre de manera bilateral: Estados Unidos-Canadá, Estados Unidos-México. Tanto para Canadá como para México, el mercado estadounidense es

fundamental por su tamaño. Aunque los flujos comerciales de mayor magnitud se realizan de Canadá a Estados Unidos (82.7 por ciento de las exportaciones en 1992) y Estados Unidos a Canadá (65.6 por ciento). Este dinámico y cuantioso intercambio bilateral entre los dos países anglosajones de América del Norte fue posible por la exclusión de cuotas de exportación de acero a Canadá, a raíz de los Acuerdos de Restricción Voluntaria (ARV), impuestas a México al igual que otros países.²³⁷ En 1995, el intercambio regional del TLCAN registró 58.8 por ciento de exportaciones y 29.5 por ciento de importaciones, nivel inferior al logrado en otras regiones (Unión Europea, Sudeste Asiático). Dos años después el comercio intraregional del acero se fortaleció con más de tres cuartas partes de exportaciones intra-región, aunque las importaciones se diversificaron y sólo una quinta parte provino de la región como consta en el capítulo 2.

Las negociaciones relativas a la siderurgia en el TLCAN

En las negociaciones del TLCAN concernientes a la siderurgia, la industria mexicana mostraba desventajas frente a la estadounidense y la canadiense. En principio, la siderurgia mexicana aun se encontraba en proceso de modernización y con un mercado prácticamente abierto; en contraste, los siderurgistas estadounidenses culminaban su modernización, amparados por sus políticas proteccionistas (Acuerdos de Restricción Voluntaria -ACR-).²³⁸ Otro factor desfavorable para México es el tamaño de la demanda y la escala operativa. En efecto, por un lado, el consumo aparente de acero de Estados Unidos es 10.5 veces mayor que el de México. Por

²³⁷ *Acero*, revista de la Canacero, agosto-septiembre de 1994, p. 14.

²³⁸ En los capítulos 2 y 3 nos referimos a los cambios de la siderurgia estadounidense a raíz de su reestructuración y modernización. "Si se considera la tasa de protección efectiva que tiene el acero en Estados Unidos, por las barreras no arancelarias, apoyos gubernamentales y financieros, su arancel se acercaría al 30 por ciento. La mayor protección de la industria siderúrgica del vecino país es posible debido a que esta actividad es de las mejor organizadas para defender sus intereses ante la administración federal y el Congreso, pues existe una fuerte alianza industria-gobierno para enfrentar la creciente competencia". *Acero*, revista de la Canacero, agosto-septiembre de 1994, p. 15.

otro, Estados Unidos cuenta con más de 20 plantas con una capacidad mayor a 2 millones de toneladas y una producción anual cercana a los 90 millones de toneladas; en cambio, México sólo tiene una planta con las características mencionadas y una producción de acero diez veces menor. En el fondo de todos estos factores están las enormes diferencias de productividad y desarrollo tecnológico entre los dos países.

Por consiguiente la relación comercial establecida entre la industria del acero de Estados Unidos y de México fue fundamentalmente asimétrica. Al inicio de los noventa, tres cuartas partes de las exportaciones siderúrgicas mexicanas se destinaron a Estados Unidos, las cuales representaron sólo 3 por ciento de las importaciones del último país. México, por su lado, absorbió 10 por ciento de las exportaciones estadounidenses. La balanza comercial total entre estos dos países ha sido ampliamente favorable para Estados Unidos. El saldo superavitario de Estados Unidos con relación a su comercio con México, pasó de 82 millones de dólares en 1985 a 1097 millones de dólares en 1991 (R. Rubio, 1993).

Entre los aspectos considerados en el TLCAN para la industria siderúrgica están:

- el acceso al mercado;
- las reglas de origen;
- las salvaguardas o cláusulas de escape;
- las prácticas desleales de comercio; y
- las compras de gobierno.

Con relación al acceso al mercado, se aceptó una desgravación arancelaria en un periodo de diez años, con reducciones uniformes anuales iguales e inmediata para los productos no elaborados en el país. Además, las barreras arancelarias (permisos, cuotas o cualquier restricción cuantitativa) quedan eliminadas; no se aceptan discriminaciones del acero mexicano por parte de estados o provincias estadounidenses o canadienses; quedan prohibidos los impuestos comerciales entre los tres países; los programas de devolución de impuestos quedarán eliminados hasta el año 2001.

La discusión sobre las reglas de origen concluyó considerando acero norteamericano, al vaciado y laminado en México, Estados Unidos y Canadá. Asimismo, se aceptó favorecer el uso de acero de la región y limitar la incorporación de materia prima de terceros países en la exportación trilateral.

Se aprobaron dos tipos de salvaguardas ante "el crecimiento repentino y súbito de importaciones que cause daño". La primera (bilateral) ocurrirá una sola vez en un periodo de tres años cuando las importaciones se eleven considerablemente, como consecuencia de la reducción de aranceles, a cambio de una compensación del país que la aplique. La segunda salvaguarda (global) se aplicará ante el incremento de importaciones provenientes de todo el mundo, quedando excluidos los otros dos países socios, siempre y cuando no figuren entre los cinco países proveedores del producto y sus exportaciones no rebasen el promedio de las exportaciones totales recibidas por el país afectado.

La discusión sobre las prácticas desleales de comercio fue un punto conflictivo. México buscaba unificar criterios con la intención de evitar acciones unilaterales y mecanismos de exclusión de los procesos de acumulación aplicados por Estados Unidos. Finalmente, el acuerdo fue que cada país mantenga su legislación propia al respecto, pero se aceptó la conformación de tribunales arbitrales independientes para analizar los casos de comercio *dumping*. El intercambio comercial de acero entre Estados Unidos y México ha tropezado con prácticas desleales, según la apreciación de cada país. En consecuencia, ambos han gravado las importaciones de algunos productos siderúrgicos con precios subsidiados.²³⁹

En las compras gubernamentales de los países del TLCAN mayores a 50,000 dólares de bienes y servicios y 6.5 millones de dólares

²³⁹"Informativo Regional", *Siderurgia Latinoamericana*, núm. 398, junio de 1993. Entre las importaciones estadounidenses que han sido gravadas con aranceles compensatorios a causa de acciones *dumping* por parte de México están: placa en hoja (de 3.86 a 78.48 por ciento de cuota) de las empresas usx, United States Steel, United Steel International, Bethlehem Steel, Lukens Steel Company y Geneva Steel y lámina galvanizada (38.21 por ciento) de las compañías usx, New Process Steel, Mitsui & Co. World Metals Inc., *Acero*, revista de la Canacero, agosto-septiembre de 1994, p. 13.

para obra pública, podrán ser convocadas empresas de los tres países, dándoles trato nacional y sin discriminación alguna.

Pese a las enormes brechas entre la siderurgia mexicana y las de los países socios, las negociaciones del TLCAN abrieron para México la posibilidad de "consolidar las acciones de modernización iniciadas por las empresas mexicanas" (R. Rubio, *op. cit.*, p. 27). La liberalización comercial con los vecinos del norte, en especial Estados Unidos, uno de los principales consumidores e importadores en el mundo, representaba para México una valiosa oportunidad de expansión y desarrollo. Al iniciar el TLCAN, se preveía que nuestro país tendría ventajas en costos, en los productos de escaso valor agregado como la varilla. Por su parte, Estados Unidos tenía ventajas en tubos, porque los hechos en México eran entre 25 y 30 por ciento más caros, y además en aceros eléctricos y aceros inoxidable (los cuales fueron eximidos inmediatamente de arancel). Los relativos bajos costos salariales de la mano de obra mexicana en la industria siderúrgica frente a estadounidense y canadiense representan una ventaja comparativa para los productos mexicanos en el mercado del TLCAN, pero esta ventaja se ve contrarrestada por los elevados costos financieros (créditos) y del transporte. Veamos a continuación cómo se perfila la competitividad de los productos siderúrgicos mexicanos en el mercado estadounidense.

Las desventajas comparativas reveladas de los productos siderúrgicos mexicanos de exportación en el TLCAN se fueron reduciendo a lo largo de los años noventa, a la vez que también disminuía el nivel de exportaciones hacia Estados Unidos, como lo señalamos antes. Refiriéndonos al mercado estadounidense, las tendencias fueron similares al TLCAN, puesto que la actividad comercial se realiza fundamentalmente con Estados Unidos y de manera marginal con Canadá (véase gráfica 28).

Resulta conveniente analizar la competitividad en función del dinamismo del mercado, porque de esa manera podemos apreciar cuáles son las tendencias de la especialización. Se establecen cua-

tro zonas que relacionan la competitividad y el dinamismo de los mercados.²⁴⁰

No competitivos en mercados dinámicos	Competitivos en mercados dinámicos
No competitivos en mercados estancados	Competitivos en mercados estancado

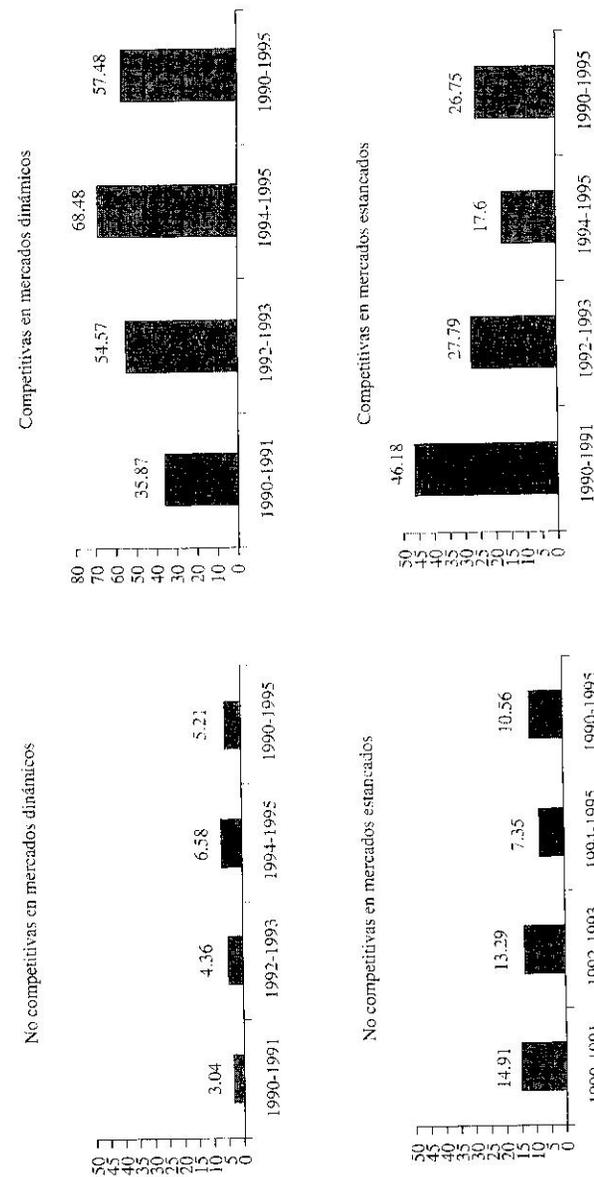
En la gráfica 28 se puede observar la participación de las exportaciones siderúrgicas a Estados Unidos de 1990 a 1995, entre las cuales destaca el grupo de productos competitivos en los mercados dinámicos. En contrapartida, disminuyeron los competitivos en mercados estancados y los no competitivos en mercados estancados, aunque de forma moderada aumentaron los no competitivos en mercados dinámicos. El porcentaje de las exportaciones siderúrgicas preferentemente competitivas en mercados dinámicos de Estados Unidos aumentó de 1990 a 1995; asimismo, su grado de penetración en un promedio de 7.9 por ciento.²⁴¹ Esta vinculación con el exterior les valió a las Industrias básicas del hierro y el acero ser consideradas exportadoras netas. La siderurgia mexicana de exportación de productos competitivos en mercados dinámicos ocupó en Estados Unidos el quinto lugar entre los países abastecedores.²⁴² Las exportaciones de las Metálicas básicas del hierro y el acero hechas por maquiladoras entre 1990 y 1995 ascendieron a 8.38 por ciento; 1.41 por ciento de las exportaciones manufactureras mexicanas a Estados Unidos y, correspondió a productos no competitivos en mercados estancados de Estados Unidos.

²⁴⁰Según C. Quenan *et al.*, 1994, se establecen cinco niveles de dinamismo del mercado. Los mercados *muy dinámicos* observan un crecimiento superior a 17 por ciento; en los *dinámicos* de 12 a 17 por ciento; *intermedios* de 7 y 12 por ciento; en *regresión* de 2 y 7 por ciento, y en *decadencia* inferior a 2 por ciento.

²⁴¹En 1990-1991 el grado de penetración fue de 6.33 por ciento con una participación de las exportaciones mexicanas hacia Estados Unidos de 1.42 por ciento; en 1994-1995, el grado de penetración había crecido a 9.85 por ciento y la participación a 1.58 por ciento (E. Hernández Laos *et al.*, 2000).

²⁴²Otras ramas manufactureras que también registraron un comportamiento competitivo en mercados dinámicos estadounidenses, pero con un grado de penetración mayor y además, con una contribución sustantiva de las maquiladoras son: Equipos y aparatos electrónicos; Maquinaria y aparatos eléctricos; Otros equipos y material de transporte y Muebles y accesorios metálicos.

GRÁFICA 28
PARTICIPACIÓN DE LAS EXPORTACIONES SIDERÚRGICAS MEXICANAS
SEGÚN EL DINAMISMO DEL MERCADO DE LOS ESTADOS UNIDOS, 1990-1995
(Porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con base en E. Hernández Laos, 1997.

El análisis de la pérdida o del crecimiento de la competitividad por sector o por grupo de productos tiene gran pertinencia porque nos permite identificar en qué categoría de productos se están creando ventajas competitivas y, por tanto, qué tipo de especialización se desarrolla. Entre las fracciones arancelarias a seis dígitos, que sobresalen por su penetración en los mercados estadounidenses son

720712 Productos semimanufacturados de hierro o de acero sin alear.

721933 Productos laminados planos de acero inoxidable anchura > 600 mm; espesor < 3 > 1 mm.

721934 Productos laminados planos de acero inoxidable anchura > 600 mm; espesor 1 mm > 0.5 mm.

721420 Barras de hierro sin alear, simplemente forjadas laminadas o extruidas con muescas, cordones surcos o relieves producidos durante el laminado o sometidas a la torsión después.

721440 Barras de hierro o de acero sin alear, simplemente forjadas laminadas o extruidas. Con contenido de carbono en peso inferior a 0.25 por ciento.

721932 Productos de acero inoxidable de anchura superior o igual a 600 mm. De espesor > 3 mm y < 4.75 mm.

730799 Accesorios de tubería, de fundición de hierro o de acero.

721935 Productos laminados planos de acero inoxidable, de anchura > 600 mm y de espesor < 0.5 mm.

721650 Perfiles de hierro sin alear. Los demás perfiles simplemente laminados o extruidos (incluso estirados) en caliente.

721660 Perfiles de hierro sin alear. Los demás perfiles simplemente obtenidos o acabados en frío.

Una característica que sobresale entre estos productos es su grado de especialización y valor agregado, lo cual confirmaría las tendencias de ventajas comparativas reveladas positivas en los mercados dinámicos. En especial, es interesante observar que

dentro de los productos de mayor penetración están los de acero inoxidable. En México no se produce acero inoxidable, sino que es importado por la empresa Merinox, la cual tiene alianza estratégica con la empresa alemana Tyssen, y es trabajado en diversos productos posteriormente exportados. En el cuadro 21 se muestran las tendencias competitivas de los productos mencionados en el mercado estadounidense.

Productividad laboral comparativa en el TLCAN

Las tendencias de la especialización de la siderurgia mexicana coinciden con la mejoría de la productividad laboral relativa con respecto a Estados Unidos y Canadá en los años noventa. En efecto, la medición comparativa de la productividad laboral del sector manufacturero en los países del TLCAN que realizamos para el periodo 1972-1994, con base en la paridad cambiaria, muestra una tendencia convergente por parte de las Industrias metálicas básicas de México en relación a Estados Unidos y Canadá en los años noventa (véase gráfica 29).

La productividad laboral por división industrial de México contra la de Estados Unidos registró entre 1972 y 1994 una evolución muy heterogénea. A lo largo de los veintidós años comprendidos en el estudio, los niveles relativos de la productividad laboral por industria de México y de Canadá observan importantes modificaciones que parecen estar relacionados con los cambios en la especialización. Es muy probable que, en ciertos casos, éstos sean el resultado de las reestructuraciones productivas y de las políticas de flexibilización laboral puestas en marcha en ciertas industrias, entre ellas la siderúrgica. Pero también al desarrollo de las capacidades innovadoras o imitativas de algunas empresas.

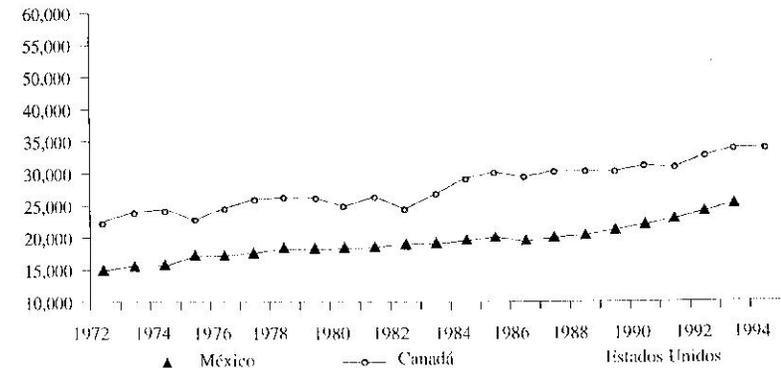
En los sectores tradicionales de México, intensivos en mano de obra y débil tecnología (textiles, vestido y cuero), se constata un proceso crecientemente divergente, particularmente a partir de los años ochenta. Contrariamente, las Industrias metálicas básicas se ubican entre los sectores industriales que registraron una mejoría sensible al igual que Productos químicos (véase cuadro 22).

CUADRO 21
COMPETITIVIDAD DE LOS PRINCIPALES GRUPOS DE PRODUCTOS SIDERÚRGICOS MEXICANOS
EN LOS ESTADOS UNIDOS, 1990-1995

Fracción	Penetración en los Estados Unidos			Especialización			Participación de las exportaciones %		
	1990-1991	1992-1993	1994-1995	1990-1991	1992-1993	1994-1995	1990-1991	1992-1993	1994-1995
720712	10.824	9.573	25.859	1.6527	1.3022	2.9691	0.1716	0.1902	0.6281
721933	21.363	24.610	27.642	3.2619	3.3475	3.1738	0.1203	0.1534	0.1485
721934	23.383	28.691	31.358	3.5704	3.9026	3.6004	0.0577	0.0973	0.0902
721420	3.355	5.506	27.586	0.5123	0.7490	3.1673	0.0550	0.0054	0.0557
721440	4.512	4.679	15.082	0.6890	0.6364	1.7317	0.0057	0.0078	0.0335
721932	13.205	17.474	19.812	2.0163	2.3769	2.2748	0.0238	0.0334	0.0280
730799	29.055	20.751	17.398	4.4364	2.8225	1.9976	0.0507	0.0276	0.0241
721935	19.429	34.407	30.209	2.9667	4.6801	3.4686	0.0162	0.0314	0.0230
721650	7.647	1.474	13.688	1.1676	0.2005	1.5717	0.0131	0.0022	0.0209
721660	18.931	25.504	51.928	2.8905	3.4690	5.9623	0.0058	0.0096	0.0179

Fuente: Elaboración propia con base en E. Hernández Laos, 1997.

GRÁFICA 29
EVOLUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO
EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA.
MÉXICO, ESTADOS UNIDOS Y CANADÁ, 1970-1994
(Dólares, por trabajador con base en la PPA de cada país
a precios de 1985)



Fuente: Elaboración propia con base en datos de *Stan para el análisis de la industria*, OCDE, París, 1994 y 1995.

CUADRO 22
ÍNDICES DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA POR RAMA:
MÉXICO/ESTADOS UNIDOS; CANADÁ/ESTADOS UNIDOS
VALOR AGREGADO POR PERSONA EMPLEADA CON BASE
EN LA PPA,* EN AÑOS SELECCIONADOS, 1972-1994
(Estados Unidos = 100.0)

	1972	1975	1980	1985	1990	1994
México-Estados Unidos**						
Total industria manufacturera	50.6	50.0	53.8	49.5	48.4	50.2
1. Alimentos, bebidas y tabaco	63.1	67.2	62.8	57.2	61.4	67.2
2. Textiles, vestido y cuero	53.3	55.1	48.0	41.5	35.8	32.2
3. Madera y sus productos	25.4	28.7	27.4	27.4	27.3	29.9
4. Imprenta y editoriales	27.1	31.6	33.6	36.3	40.1	41.2
5. Química y sus productos	43.0	63.2	72.2	60.2	56.9	65.0
6. Productos minerales no metálicos	41.8	48.8	52.6	45.1	43.4	50.4
7. Industrias metálicas básicas	53.1	54.0	58.2	56.9	81.1	90.5

CUADRO 22 (Continuación)

	1972	1975	1980	1985	1990	1994
8. Productos metálicos, maquinaria y equipo	38.1	32.1	37.5	32.8	32.0	34.9
9. Otras industrias manufactureras Canadá-Estados Unidos	1.5	41.9	65.4	44.6	26.2	23.8
Total industria manufacturera	78.8	69.6	75.1	76.3	68.3	66.7
1. Alimentos, bebidas y tabaco	73.0	73.2	66.6	64.0	63.2	65.7
2. Textiles, vestido y cuero	84.9	66.4	75.1	70.5	62.6	54.6
3. Madera y sus productos	68.3	65.9	76.1	81.7	75.7	69.5
4. Imprenta y editoriales	72.1	63.5	77.4	76.7	73.2	73.7
5. Química y sus productos	81.7	70.5	86.0	82.0	73.3	74.0
6. Productos minerales no metálicos	94.3	105.5	101.2	95.8	81.9	88.7
7. Industrias metálicas básicas	62.1	77.8	66.6	94.0	98.0	103.4
8. Productos metálicos, maquinaria y equipo	82.8	68.0	72.3	78.7	68.1	66.4
9. Otras industrias manufactureras	102.9	62.5	79.7	66.2	48.0	46.5

Fuente: Elaboración propia con base en datos de *Stan de la OCDE para el análisis de la industria 1975-1994*, OCDE, París, 1995.

* Se calculó la PPA para cada país a precios de 1985.

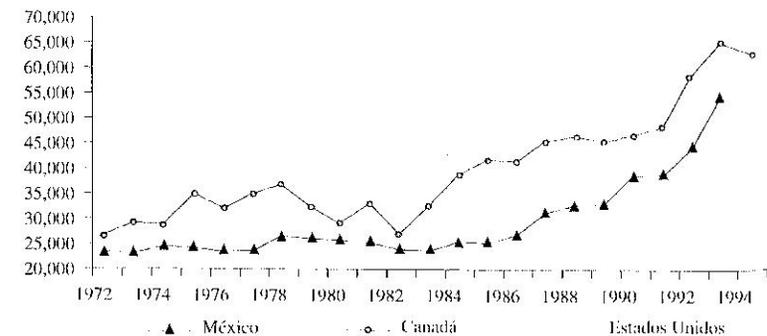
** Para México es 1993.

La mejoría de las Industrias metálicas básicas tuvo lugar después de 1987, y principalmente en la industria siderúrgica (véase gráfica 30). El periodo de apertura comercial comienza precisamente cuando el sector conoce una tendencia convergente con su similar de Estados Unidos.²⁴³ Es importante observar, por un lado, la mejoría de la eficacia productiva en las industrias caracterizadas por sus economías de escala y que orientaron su crecimiento a la promoción de las exportaciones en la segunda mitad de los años ochenta (química, siderúrgica, automotriz). Por el otro, la reducción relativa de la productividad de las industrias textiles, del vestido y del calzado que es considerable.

²⁴³ Aunque también hay que destacar que la tendencia convergente de la industria siderúrgica de México con respecto a la de Estados Unidos, también tiene que ver con la desaceleración de la productividad de este segundo país. Ello se constata al comparar la evolución de la productividad con otros países industrializados (véase van Ark y Pillat, 1994).

GRÁFICA 30

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO EN LAS INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS: MÉXICO, ESTADOS UNIDOS Y CANADÁ, 1970-1994 (Dólares, por trabajador con base en la PPA de cada país a precios de 1985)



Fuente: Elaboración propia con base en datos de *Stan para el análisis de la industria*, OCDE, París, 1994 y 1995.

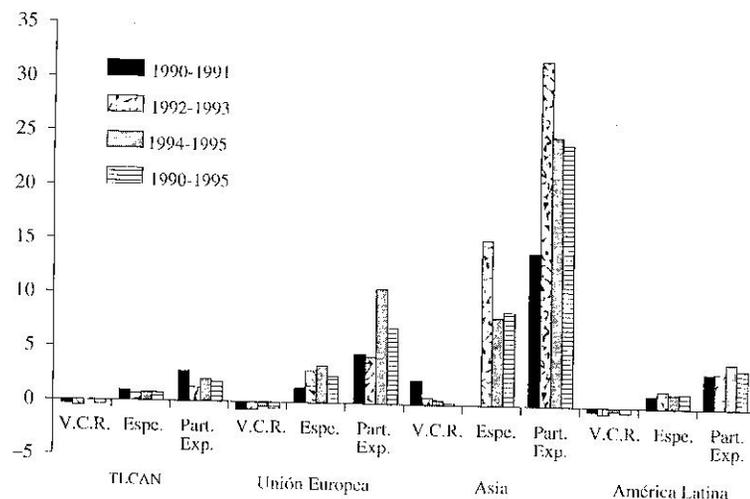
VCR en los mercados europeos, asiático y latinoamericanos

Con respecto a los mercados asiáticos se reportaron ventajas comparativas reveladas modestas pero crecientes y la participación relativa de las exportaciones tendió a incrementarse, ocupando casi una quinta parte del total de las exportaciones manufactureras hacia esos países del Sudeste Asiático. Hacia América Latina las desventajas fueron similares que con el TLCAN, aunque la mejoría fue menor. Esto quizá se explica por el desempeño competitivo de la siderurgia brasileña (véase gráfica 31).

Las ventajas comparativas reveladas, especialmente las de contribución al saldo, constituyen un indicador importante para valorar el perfil de competitividad y de especialización de las industrias. Con base en el análisis de la VCR de la siderurgia mexicana de los últimos treinta años, y especialmente de 1990 a 1995, nos percatamos

GRÁFICA 31

COMPETITIVIDAD Y ESPECIALIZACIÓN DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA MEXICANA POR ZONAS COMERCIALES



Fuente: Elaboración propia con base en E. Hernández Laos, 1997.

mos de un cambio parcial en el perfil de especialización y de competitividad de esta industria. En efecto, en los años ochenta sólo un reducido grupo de productos de bajo valor agregado registraba ventajas, pero en los noventa el grupo de productos con ventajas comparativas reveladas se incrementó, así como la mayor participación en las exportaciones manufactureras y el grado de penetración en el mercado estadounidense. Al parecer la apertura comercial favoreció este desempeño competitivo.

La apertura de la economía es a menudo considerada como una de las condiciones necesarias para una estrategia exitosa de desarrollo. En principio, la existencia de rendimientos crecientes está en el origen de la mayor rentabilidad de una producción de gran escala, y justifica la apertura de los mercados. El éxito de la apertura comercial depende entonces no solamente de su amplitud, sino también de la naturaleza de la especialización donde se afirma

la estrategia de desarrollo. La especialización intraindustrial tiene efectos positivos para el crecimiento sostenido y la productividad total de los factores, según las teorías del crecimiento endógeno, en la medida en que se favorece la adquisición de bienes de equipo, nuevas tecnologías y avanzados conocimientos. Asimismo la especialización inter-industrial puede ser exitosa, si los productos de exportación se orientan a mercados dinámicos.

Las ventajas comparativas reportadas por un grupo de productos siderúrgicos en los años noventa reflejan la mejoría de los diferentes tipos de competitividad, asociada a diversos factores:

- La competitividad-costo derivada conjuntamente de una mejoría de la productividad laboral, la reducción de los costos salariales y las variaciones en el tipo de cambio.
- La competitividad-precio, por el efecto de las devaluaciones del peso mexicano con respecto al dólar, en la medida en que impactaron los precios relativos de los bienes (comerciables y no comerciables). De acuerdo a los programas económicos de corte monetarista aplicados en México durante los ochenta, el ajuste del nivel general de precios, por el mecanismo de la variación del tipo de cambio, permitiría mejorar la competitividad precio, reduciendo la balanza comercial deficitaria. Las devaluaciones favorecieron temporalmente la competitividad-precio, registrándose un superávit comercial; sin embargo, al final se redujeron las ventajas adquiridas al principio. Este doble efecto, según el enfoque francés (Aglieta, Orlean, Oudiz, 1980), expresa las heterogeneidades estructurales, tales como el grado de especialización o las formas de regulación salarial, la evolución de los precios (ligada al desempeño de la productividad), de los ingresos reales y de la balanza de pagos.
- La competitividad-tecnológica, producto de la modernización tecnológica, programas de capacitación laboral y el gasto destinado a la I&D en algunas empresas, que contribuyó a mejorar la productividad y la calidad de los aceros mexicanos.
- La competitividad estructural, y un mejor aprovechamiento de las economías de escala.

REFLEXIONES

Del examen de la evolución de la industria siderúrgica mexicana durante dos periodos de desarrollo económico diferentes (ISI y promoción de exportaciones), destacamos las siete conclusiones más relevantes.

Primera. El notable desarrollo de la industria siderúrgica mexicana en las décadas de la posguerra está asociado a las políticas proteccionistas del ISI y al dinamismo del sector industrial. Paradójicamente, el prolongado proteccionismo comercial e industrial incidió en la ineficiencia de la siderurgia mexicana (baja productividad, altos costos, baja calidad de los productos). La ausencia de la competencia externa en los mercados domésticos permitía el crecimiento a las empresas siderúrgicas estatales y privadas, pero al mismo tiempo inhibía la eficiencia productiva, la mejoría tecnológica y la innovación de productos. Aunque la trayectoria de las empresas siderúrgicas integradas privadas (Hylsa y TAMSA), de mayor eficiencia y capacidad de innovación frente a las empresas estatales, sugiere que otros problemas de índole estructural contribuyeron al bajo perfil competitivo de la siderurgia mexicana durante los años setenta.

Segunda. Las políticas proteccionistas hacia las industrias incipientes, durante el periodo del ISI, han sido totalmente justificadas en todos los países en vías de industrialización. Durante esta etapa las empresas supuestamente deben esforzarse por crecer y consolidarse, para posteriormente competir con las industrias maduras de otros países. Sin embargo, el éxito o el fracaso de esta estrategia de crecimiento depende de las políticas industriales específicas asociadas a las políticas macroeconómicas y al proyecto institucional de largo plazo. Las experiencias exitosas, en los países del Sudeste Asiático (Corea y Taiwan), de industrias que transitaron del proteccionismo del ISI hacia un crecimiento orientado al exterior, muestran una interacción dinámica de los sistemas de producción, financiero, educativo, gubernamental y de innovación, favorable al desarrollo de las capacidades tecnológicas. En México,

la industria manufacturera careció de políticas de crecimiento de largo plazo que impulsaran la integración y el desarrollo tecnológico, aunque hubo algunos intentos al respecto.

La expansión y el desarrollo eficiente de la industria del acero enfrentó obstáculos derivados de la fragilidad de las capacidades tecnológicas, durante el prolongado periodo del ISI. México, al igual que Corea, importó maquinaria y tecnología para instalar las plantas siderúrgicas. Pero este país asiático, a diferencia de México, desplegó un importante esfuerzo en el desarrollo de habilidades para el aprendizaje y asimilación de las tecnologías extranjeras. Asimismo, invirtió en I&D para mejorar la tecnología y desarrollar innovaciones. Las curvas de incorporación de nuevas tecnologías confirman el dinamismo de la siderurgia coreana frente a la mexicana (véase el capítulo 3).

Tercera. Pese a la modernización parcial y la expansión de la siderurgia mexicana en los años setenta, no se logró satisfacer plenamente, ni en cantidad ni en calidad, las necesidades de las industrias consumidoras, lo cual se corrobora en los significativos saldos negativos de la balanza comercial desde mediados de los setenta a principios de los ochenta. Asimismo, el agotamiento del crecimiento industrial basado en la sustitución de importaciones, en el mismo periodo también se reflejó en la creciente balanza deficitaria.

Cuarta. La reestructuración de la siderurgia mexicana formó parte de la política de ajuste y cambio estructural de la economía mexicana en los años ochenta. El cambio de rumbo hacia una industrialización basada en la promoción de exportaciones se apoyó en las políticas neoliberales y tenía por referencia las exitosas experiencias de los países asiáticos. La inserción de la siderurgia mexicana a los mercados internacionales, en la década de los ochenta, ocurrió en virtud de que la siderurgia mundial había disminuido su dinamismo de crecimiento; los países industrializados habían puesto en marcha rigurosos procesos de reestructuración y modernización tecnológica y aplicaban políticas proteccionistas comerciales. Asimismo, varios países de reciente industrialización contaban con una significativa capacidad productiva de acero (Corea, Taiwan,

Brasil) y se iniciaban procesos de alianzas estratégicas, adquisiciones, mayores flujos de inversión extranjera en el contexto de la globalización y la regionalización. Este nuevo entorno competitivo de la siderurgia internacional se acompañaba de importantes cambios del comercio internacional asociados a un nuevo paradigma tecnológico. En la nueva competitividad internacional se asignaba un papel esencial a las innovaciones y al cambio tecnológico.

Quinta. La apertura comercial de la siderurgia mexicana ocurrió de manera abrupta después de un prolongado predominio del modelo de desarrollo hacia adentro, durante la etapa de reestructuración. Las empresas mexicanas se enfrentaron a la competencia externa con una modernización tecnológica inconclusa y con una pesada carga financiera derivada de la deuda externa. Pese a ello, la flexibilización laboral impuesta durante los ochenta mediante modificaciones en los Contratos Colectivos de Trabajo contribuyó a un mejor aprovechamiento de los cambios tecnológicos al incremento de la productividad. La privatización y el contacto con empresas extranjeras, a través de alianzas estratégicas, etcétera, cuyo eje de competitividad es la innovación tecnológica, así como el avance en la modernización en las empresas mexicanas en los noventa, tuvo efectos positivos en la mejoría tecnológica de las empresas mexicanas en dichos años.

Sexta. Si el desempeño exportador de las empresas siderúrgicas mexicanas permitió disminuir las desventajas comparativas reveladas de un conjunto de productos, la pérdida de competitividad doméstica contribuyó nuevamente al saldo deficitario desde finales de los ochenta. El déficit de aceros planos y la ausencia de aceros de mayor valor agregado (galvanizados, inoxidable, etcétera) para industrias mexicanas de crecimiento dinámico y perfil exportador como la automotriz, explican el comportamiento explosivo de las importaciones siderúrgicas. No obstante, la penetración y competitividad de los productos siderúrgicos hacia Estados Unidos, su principal mercado, sugiere un cambio parcial en la especialización comercial. La tendencia convergente de la productividad laboral de la siderurgia mexicana en relación con Estados

Unidos parece confirmarlo. El mercado estadounidense, en el marco del TLCAN, constituye para la siderurgia mexicana un desafío por las significativas brechas de escala, tecnológicas y de productividad, pero a la vez una excelente oportunidad de expansión.

Séptima. El reto de la siderurgia mexicana consiste en profundizar el progreso tecnológico y la especialización en productos de mayor valor agregado que respondan a las necesidades domésticas y de los mercados internacionales. Frente al bajo dinamismo de la demanda mundial de acero, la competencia de materiales sustitutos y las crisis económicas recurrentes (asiática, rusa y posiblemente internacional), la competitividad de las empresas mexicanas debe perfilarse, hoy más que nunca, al ámbito tecnológico. La mejoría de la productividad y de calidad de los productos debe ser una expresión de ello.

CAPÍTULO 5

Productividad y crecimiento de la industria siderúrgica mexicana (1984-1997)

EVALUAREMOS en este capítulo el desempeño de la productividad de las empresas siderúrgicas durante el periodo de transición hacia la apertura comercial y la promoción de exportaciones como eje de su desarrollo. Nos interesa conocer la evolución de la eficiencia conjunta de los factores de la producción (capital y trabajo) en cada una de las Industrias básicas del hierro y el acero, a la luz de la reestructuración industrial y la modernización tecnológica. Asimismo, indagaremos en torno a las fuentes que explican el crecimiento del producto en la industria siderúrgica. ¿Cuál es la contribución de los insumos y de la PTF a dicho crecimiento? ¿Existe alguna relación entre el comportamiento de la PTF y la actividad exportadora de estas Industrias metálicas ferrosas? La hipótesis central de este capítulo es que la modernización productiva y comercial de la siderurgia mexicana (estudiada en el capítulo 4) contribuyó a la mejoría de la eficiencia productiva de las plantas siderúrgicas. Especialmente en las empresas integradas (grandes y gigantes), con significativas economías de escala y mayor grado de modernización, el desempeño exportador fue considerable. Pero también algunas empresas medianas aprovecharon sus menores economías de escala frente a las fluctuaciones de la demanda y se beneficiaron, en el contexto de la apertura, de las innovaciones provenientes de otras ramas manufactureras (cómputo) y de servicios de empresas transnacionales, para modernizarse y lograr una mayor eficiencia productiva y de comercialización. En contraste, otras empresas similares fueron cerradas definitivamente.

En este capítulo realizamos la medición y el análisis de la productividad total de los factores (PTF) de 1984 a 1994 por industria y por tamaño del establecimiento. Dividido en tres partes, en la primera se explica la metodología utilizada para medir la productividad total de los factores (PTF) y la productividad parcial del capital y del trabajo. En la segunda se presentan los resultados de los cálculos de la PTF de la industria de Fundición y laminación primaria (3411), Laminación secundaria (3412) y Tubos y postes (3413), por tamaño del establecimiento durante 1984-1994. Finalmente, en la tercera parte se estudian los posibles factores que explican el desempeño de la productividad y el crecimiento de productos siderúrgicos durante el periodo analizado.

METODOLOGÍA DE LA MEDICIÓN DE
LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS
FACTORES (PTF) DE LA INDUSTRIA
SIDERÚRGICA MEXICANA (1984-1997)

EN ESTE apartado precisamos la metodología empleada en la medición de la PTF de las Industrias básicas del hierro y el acero de México (1984-1994). Primeramente, se presentan algunas consideraciones conceptuales de la PTF como indicador de la eficiencia industrial y la expresión del cambio técnico. Enseguida se expone el método utilizado para medir la productividad total de los factores por industria y por tamaño de las Industrias básicas del hierro y el acero. Finalmente, detallamos las fuentes de datos que sirvieron de base para la construcción de todos los indicadores.

*El concepto de productividad
total de los factores*

La productividad constituye uno de los principales indicadores del crecimiento económico. Su aumento refleja una utilización eficiente de los recursos productivos de una nación y se traduce en un crecimiento del producto interior bruto (PIB), compensando así los

efectos de la inflación. El crecimiento de la productividad corrobora la eficiencia obtenida por el conjunto de las industrias y sectores económicos, por las unidades productivas del país y, muy particularmente, por los individuos (J.W. Kendrick, 1993, pp. 1-3).

El aumento de la productividad en una empresa posibilita la disminución de costos y, en consecuencia, de los precios. Esto constituye un primer elemento de competitividad y de presencia en los mercados nacionales, debido a que permite a las empresas líderes crecer más rápido que el promedio. En el caso de una economía abierta, la rentabilidad y la presencia de las empresas en los mercados depende de la productividad industrial media nacional e internacional. Entre más aumente la empresa su productividad, con relación a la media nacional, mayor será la tasa de beneficio. En el otro extremo, resultados magros de productividad pueden conducir a la pérdida de los mercados y, eventualmente, a la bancarrota.

La medición de la productividad tiene el propósito de evaluar la eficiencia con la que se utilizan los recursos en la producción (trabajo, capital, materias primas).²⁴⁴ Las formas de evaluar el desempeño de la productividad industrial dependen en gran medida de las concepciones teóricas sobre los determinantes de la productividad.

Las mediciones de productividad pueden ser clasificadas en dos grandes grupos: de productividad parcial y de productividad multifactorial (que a su vez se subdivide en productividad total y productividad total de los factores).

Las mediciones de productividad parcial expresan la relación de la producción y un sólo insumo (trabajo o capital). Sin embargo,

²⁴⁴Para evaluar la productividad de las Industrias básicas del hierro y el acero utilizaremos el concepto de eficiencia como sinónimo de productividad. En la teoría neoclásica, el concepto eficiencia se utiliza cuando se está tratando de maximizar las cantidades de producto o satisfacción para el productor o consumidor, en la asignación de cantidades fijas de recursos. El concepto de eficiencia técnica es usado más específicamente para "determinar y medir el desempeño de la planta o de la empresa como un todo, independiente de los posibles efectos de diferencias en las variables ambientales". E. Hernández Laos, 1985, pp. 120-121.

al considerar sólo uno de los factores, estas mediciones "no reflejan correctamente, ellas mismas, los cambios reales de la eficiencia de la producción" (OCDE, 1996b, p. 62). La aplicación de mediciones parciales se generalizó en las industrias debido a la sencillez de sus cálculos y de su aplicación en la medición y evaluación de los costos unitarios de los insumos.

Uno de los indicadores de la productividad parcial, tradicionalmente utilizado, es la relación del producto por hora/hombre empleada (productividad laboral). Ésta contabiliza únicamente el incremento del producto por horas de trabajo e ignora el insumo de capital utilizado. En esa medida, no identifica el efecto de la incorporación de nueva tecnología, en términos de la sustitución del trabajo por el capital.²⁴⁵ En la siderurgia, el indicador de productividad más común es la relación de toneladas de acero por horas/hombre, o el número de horas/hombre por tonelada de acero.

La productividad total de los factores (PTF) es considerada una medición multifactorial y resulta más apropiada para evaluar la mejora o la pérdida de la eficiencia en un periodo determinado (R. Solow, 1957; J.W. Kendrick, 1961; E. Denison, 1967; H. Lydall, 1969). Ésta expresa la relación de la producción y de los insumos de trabajo y del capital ponderados por sus respectivos precios. La ventaja de la PTF reside en la posibilidad de contabilizar la sustitución del capital por el trabajo. Su principal desventaja es la dificultad de su medición y su análisis.²⁴⁶ Pero la PTF también puede evaluar la eficiencia global de la producción de una industria considerando varios insumos de producción. Cuando se incluyen todos los bienes intermedios (materias primas y energía), la medición también se denomina productividad total (PT). Desde el punto de vista conceptual, su aplicación es más conveniente en el nivel de la compañía aunque, en los hechos, la productividad total de los factores (PTF) igualmente es aceptada. El cálculo de la productividad

²⁴⁵Las mediciones parciales se generalizaron en las industrias debido a la sencillez de sus cálculos y de su aplicación en la medición y evaluación de los costos unitarios de los insumos.

²⁴⁶E. Grossman, *op. cit.*, pp. 6-1.5.

multifactorial es mucho más complejo, especialmente en lo que se refiere a la medición del capital.²⁴⁷

Además de evaluar la eficiencia productiva, la medición de la PTF es una herramienta útil para explicar las fuentes del crecimiento económico. En efecto, el análisis de la PTF permite evaluar la contribución al crecimiento del producto de:

- el incremento del empleo;
- la inversión de capital; y
- el progreso técnico.

De estas tres fuentes de crecimiento, la última ha sido la más debatida por los especialistas, desde distintos enfoques teóricos (neoclásico, schumpeteriano, nuevas teorías del crecimiento endógeno). La importancia de la PTF radica en el hecho de que constituye un indicador asociado al progreso técnico inmaterial. En especial, *las nuevas teorías del crecimiento* consideran la PTF "como el resultado del esfuerzo de innovación más bien que como residuo". En algunos estudios, la medición de la PTF tiene el propósito de "examinar más de cerca el efecto de la I&D y de la difusión de la tecnología en el crecimiento de la productividad", pese a los problemas que representa la disponibilidad de información y las limitaciones metodológicas (OCDE, 1996b, pp. 62-63).

La medición de la PTF

La productividad manifiesta la eficiencia del ciclo productivo. Por tanto, la medición de cambios en la eficiencia productiva general debe considerar la relación entre el producto generado y los insumos que participan en la producción. Dicha relación se expresa de la siguiente manera:

²⁴⁷Debe realizarse una serie de cálculos para transformar los activos de capital en precios constantes, en capital bruto, en capital neto (de depreciación), costos originales y costos sustitutos y otras variantes de la valoración del capital. También es complicado convertir el capital, de una medición de stock a una medición de flujo, de la misma forma que el trabajo. E. Grossman, 1993, pp. 6-1.5.

$$\pi = Q / (K + L + R)$$

donde: π = eficiencia productiva; Q = producto generado; K = capital; L = trabajo, y R = materias primas.

Esta relación revela el ahorro neto obtenido en el consumo de los factores de la producción y, consecuentemente, el ritmo de evolución en la eficiencia del ciclo productor (E. Hernández Laos, 1993).

En los estudios sobre productividad industrial, los índices utilizados para medir y contrastar la eficiencia productiva entre empresas se elaboran generalmente a partir del uso de las funciones neoclásicas de producción.²⁴⁸ El uso de las funciones de producción es justificado bajo el supuesto de que "éstas representan una relación técnica entre insumos y producto que permite ponderar los diferentes insumos y resumir una medida consolidada".²⁴⁹ Dichas funciones involucran condiciones de mercado del tipo de competencia perfecta, de rendimientos constantes y de homogeneidad en la tecnología utilizada. En este tipo de mediciones se considera que las desviaciones de la función producción son resultado de una ineficiencia de carácter aleatorio. Asimismo, existe confusión para determinar en qué medida la eficiencia es producto de la carencia de ciertos factores y cuál es el resultado de errores aleatorios.

Los métodos de la PTF propuestos por los autores neoclásicos (R. Solow, 1957; J.W. Kendrick, 1961; E. Denison, 1967), hunden sus raíces en la teoría neoclásica tradicional. En sus modelos se toman en cuenta los supuestos:

- competencia perfecta tanto en el mercado de producto como de factores, y por tanto, igualación del producto marginal de cada factor con su remuneración correspondiente y la sustitución entre capital y trabajo;

²⁴⁸ Particularmente, la función de producción del tipo Cobb Douglas.

²⁴⁹ E. Hernández Laos, 1985, p. 408.

- progreso técnico neutral;²⁵⁰ y
- rendimientos constantes a escala.

Solow (1957) identifica el crecimiento del producto, no explicado por el incremento de los insumos, como la parte atribuida al cambio tecnológico, y propone un índice de la PTF, con base en una función de producción. En este modelo no es necesario especificar dicha función, si los supuestos de existencia de equilibrio en los factores y los productos se cumplen. Kendrick (1961) retoma los supuestos de Solow, pero incluye algunos de la teoría de la distribución, y construye una función de producción lineal²⁵¹ homogénea. La construcción de los índices de productividad, en el modelo de Kendrick, considera la combinación de factores y estructura tecnológica en un año base, expresada en los precios relativos de los productos y factores. Por tanto, el crecimiento del producto y de los insumos es expresado en términos del año base. Asimismo, las ponderaciones de la tasa de crecimiento de los insumos con respecto al año base son iguales a las participaciones de cada factor en el producto. Éstas se mantienen fijas, a diferencia del modelo de Solow. Las variaciones de la PTF, en los años posteriores al año base, según este modelo, reflejan el cambio tecnológico. Su identificación con respecto a los desplazamientos de la función requiere de que los supuestos se mantengan.

$$PTF = \frac{Q_1 / Q_0}{(W_0 L_0 / P_0 Q_0) (L_1 / L_0) + (1 - (W_0 L_0 / P_0 Q_0)) (K_1 / K_0)}$$

donde:

PTF = Productividad total de los factores expresada como índice relativo al periodo base (0);

²⁵⁰ El cambio tecnológico neutral afecta por igual a los factores de la producción. Es decir, incrementa en la misma proporción la productividad marginal del trabajo y del capital.

²⁵¹ La función de producción lineal posibilita la agregación entre empresas, industrias y sectores.

Q_t/Q_0 = Índice del valor agregado de la producción relativo al periodo base;

L_t/L_0 = Índice del insumo trabajo relativo a un periodo base;

K_t/K_0 = Índice del insumo de capital relativo al periodo base;

w_0L_0/p_0Q_0 = Participación del trabajo en el periodo base;

$(1-(w_0L_0/p_0Q_0))$ = Participación del capital en el periodo base;

w_0L_0 = Gasto nominal del trabajo en el periodo base;

p_0Q_0 = Valor del valor agregado de la producción en el periodo base.

Según E. Hernández Laos (1993) y F. Brown (1994), los métodos de Kendrick y de Solow, desde un punto de vista paramétrico, conducen a resultados similares, a condición de que las variaciones en el producto y en los insumos sean pequeñas.

W. Diewert (1978) propone otro índice de PTF, basado en los supuestos neoclásicos, en el cual la PTF o cambio técnico se expresa por los desplazamientos de la función de producción. Al igual que Solow, dicho cambio técnico se manifiesta en el crecimiento no explicado por el incremento de los insumos. El índice superlativo del cambio técnico, construido por Diewert no requiere de una función de producción específica, ni supuestos de existencia de rendimientos constantes a escala para identificar el crecimiento de la PTF con el cambio tecnológico; pero sí el supuesto de existencia del equilibrio del productor para la medición de la PTF.²⁵²

El supuesto del progreso técnico como la derivada en el tiempo de la función de producción implícita, en los métodos de Solow y Kendrick, plantea restricciones en la medición de la PTF a través de los números índices.²⁵³ Estas restricciones son superadas con la

²⁵² El índice Diewert se expresa: $A_t/A_{t-1} = (\ln Y_t - \ln Y_{t-1}) - (1/2)(S_{it} + S_{it-1})(\ln x_{it} - \ln x_{it-1})$, donde: A_t = cambio técnico en el año t ; A_{t-1} = cambio técnico en el año previo; $\ln Y_t$ = logaritmo del producto en el año t ; $\ln x_{it}$ = logaritmo del producto en el año previo; S_{it} = participación del costo del insumo i en el producto en el año t ; S_{it-1} = participación del costo del insumo i en el producto en el año previo; $\ln x_{it}$ = logaritmo del insumo i en el año t ; $\ln x_{it-1}$ = logaritmo del insumo i en el año $t-1$.

²⁵³ La razón de ello estriba en que los números índices generalmente implican comparaciones utilizando datos de carácter discreto, lo que obliga a establecer una aproximación discreta a la derivada de la función de producción en el tiempo. Ello hace que sólo según supuestos muy restrictivos el índice resulte invariante del punto (año) seleccionado como

propuesta de funciones translogarítmicas de producción,²⁵⁴ acompañadas de una medición flexible de los insumos, los productos y la productividad, los cuales “no se derivan de representaciones teóricas basadas en el tiempo continuo” y “no requieren de la cuantificación de los parámetros de la función de producción implícita” (E. Hernández Laos, 1993, p. 9).

H. Lydall (1969) desarrolla por primera vez un modelo empírico basado en los números índices exactos de Diewert. Posteriormente, Jorgenson, Christensen y Griliches (1982), retomando a Diewert, desarrollan un índice de PTF, considerando los siguientes supuestos: competencia perfecta, rendimientos constantes a escala y funciones de producción translogarítmicas de grado uno para cada sector productivo.

El índice de productividad total de los factores propuesto por Lydall es similar al de Kendrick, pero elimina los supuestos sobre el equilibrio de productores y la estructura de mercado. A partir de Lydall, Hernández Laos (1985) construye un índice para evaluar comparativamente la productividad total de los factores entre empresas en el sector manufacturero de México.

En el índice de PTF desarrollado por Hernández Laos (1985) no es necesario la existencia de competencia perfecta en el mercado de productos y de factores, ni la existencia de una función homogénea de producción. Asimismo, este índice de eficiencia “admite la existencia de rendimientos no constantes a escala si los procesos están especificados por distintos niveles de producción” (E. Hernández Laos, 1985).

En este trabajo utilizamos la propuesta metodológica de E. Hernández Laos (1993). El procedimiento es el siguiente:

base para el análisis” (E. Hernández Laos, 1993, p. 8). Para un mayor análisis de este tema véase D.W. Caves y L.R. Christensen y E. Diewert, “The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output & Productivity”, *Econometrica*, vol. 50, núm. 6, noviembre de 1982.

²⁵⁴ Véase R. Siegel, “On the design of Consistent Output and Input Indexes for Productivity Measurement”, NBER, *Output Input and Productivity Measurement*, Princeton University Press, 1961.

Se inicia con la identidad contable del valor agregado neto de la industria, en el año base de la comparación:

$$(1) Y_0 = W_0 + U_0$$

donde:

Y_0 = valor agregado neto de la industria;
 W_0 = remuneración a asalariados de la industria;
 U_0 = beneficios netos de la industria.

Al considerar el quantum y los precios, la anterior igualdad (1) se puede expresar así, igualmente en el periodo base:

$$(2) Q_0 * P_0 = [w_0 + L_0] + [r_0 * K_0]$$

donde:

Q_0 = quantum de producción;
 P_0 = precio unitario del valor agregado neto;
 w_0 = mide el salario promedio por obrero; ocupado en la industria;
 r_0 = tasa promedio de beneficio neto de la industria;
 K_0 = valor de los acervos de capital fijo neto utilizados por la industria.

Despejando P_0 en (2) para obtener el precio promedio del valor agregado neto de la industria en el periodo base de comparación, tenemos:

$$P_0 = w_0 * [L_0/Q_0] + r_0 * [K_0/Q_0]$$

la cual también se puede expresar así:

$$(3) P_0 = [w_0 * A_0] + [r_0 * B_0]$$

donde:

$$A_0 = [L_0/Q_0] \text{ y } B_0 = [K_0/Q_0]$$

Para valorar el producto de la industria en el año t a los precios del año 0 se plantea la siguiente ecuación:

$$Q_t * P_0 = Q_t * [w_0 * A_0 + r_0 B_0] \\ = [w_0 + A_0 * Q_t] + [r_0 * B_0 * Q_t]$$

Considerando que:

$$Q_t = [K_t/B_t] = [L_t/A_t], \text{ se obtiene:}$$

$$(4) Q_t * P_0 = [w_0 * (A_0/A_t) * L_t] + [r_0 * (B_0/B_t) * K_t]$$

donde:

(A_0/A_t) = al inverso de la evolución de los requerimientos del empleo por unidad de valor agregado, y permite medir la evolución de la productividad parcial del trabajo;

$$\pi = (A_0/A_t)$$

(B_0/B_t) = al inverso de la evolución de los requerimientos del capital fijo por unidad de valor agregado, y permite medir la evolución de la productividad parcial del capital

$$\pi_k = (B_0/B_t)$$

Así, la ecuación (4) se expresa:

$$(5) Q_t * P_0 = [w_0 * \pi_t * L_t] + [r_0 * \pi_k * K_t]$$

El índice de PTF (π) se construye como un promedio ponderado de la productividad media del capital (π_k) y de la productividad media de la mano de obra (π_t), por tanto, de la ecuación (5) se obtiene:

$$Q_t * P_0 = \pi * [(w_0 * L_t) + (r_0 * K_t)] \\ = \pi * [(w_0 * L_0 * L_t/L_0) + (r_0 * K_0 * K_t/K_0)]$$

$$(6) = \pi * [(w_0 * L_t/L_0) + (U_0 * K_t/K_0)]$$

al dividir (6) por $Q_0P_0 = Y_0$, se obtiene:

$$Q/Q_0 = \pi * [(w_0/Y_0) * (L/L_0) + (U_0/Y_0) * (K/K_0)]$$

entonces, el índice de Productividad Total de los Factores π se expresa:

$$(7) \pi = (Q/Q_0) / [(\alpha * L/L_0) + (\beta * K/K_0)]$$

donde:

Q_t y Q_0 = índice del volumen del pib al costo de los factores de la industria, en el periodo t y 0 , respectivamente;

K_t y K_0 = índice de los insumos del trabajo en el periodo t y 0 , respectivamente;

$\alpha = (W_0/Y_0)$ es la ponderación de los insumos del trabajo en los insumos totales, o dicho de otra manera, la participación de las remuneraciones de los asalariados en el PIB al costo de factores, en el año base

$\beta = (U_0/Y_0)$ es la ponderación de los insumos del capital en los insumos totales, o dicho de otra manera, es $1 - \alpha$, la participación del insumo capital en el PIB al costo de factores, en el año base.

Fuentes de datos

Los datos que sirvieron de base para la medición de la PTF de las industrias metálicas básicas en el periodo 1984-1994 provienen de la Encuesta Industrial Anual aplicada por el INEGI en 92 establecimientos industriales de las Industrias básicas del hierro y del acero. Esta lista se depuró debido a que las series de información de ciertos establecimientos eran incompletas en algunas variables. Suponemos que, en algunos casos, la interrupción de las series de información se asocia al cierre de establecimientos, especialmente en la pequeña industria. Tampoco, no fueron con-

siderados los establecimientos que abrieron en años recientes, por no contarse con la información para todo el periodo. Por tanto, se redujo a 80 el número de establecimientos industriales para este estudio.

Los 80 establecimientos se distribuyen en tres ramas industriales a nivel de cuatro dígitos: Industria de la fundición y laminación primaria (3411); Industria de laminación secundaria (3412) y Industria de tubos y postes (3413). Consideramos esta muestra representativa, al contabilizar el 62.6 por ciento del valor agregado producido por las Industrias metálicas básicas en su conjunto en 1993, según las Cuentas Nacionales. La clasificación de los 80 establecimientos industriales por tamaño se realizó con base en el promedio del número de empleados en el periodo 1984-1994. La muestra está más sesgada hacia los establecimientos medianos, grandes y gigantes.

CUADRO 23
MÉXICO: MUESTRA DE LAS INDUSTRIAS BÁSICAS
DEL HIERRO Y EL ACERO.
DISTRIBUCIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS
POR INDUSTRIA Y POR TAMAÑO

Tamaño del establecimiento por número de trabajadores	Industria de fundición y laminación primaria (3411)	Industria de laminación secundaria (3412)	Industria de tubos y postes (3413)	Total	%
Pequeño (1 a 100)	2	4	5	11	13.7
Mediano (101 a 250)	7	14	10	31	38.7
Grande (251 a 500)	6	8	3	17	21.3
Gigante (más de 500)	6	9	6	21	26.3
Total	21	35	24	80	100.0

Fuente: Muestra seleccionada con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*. México, varios años.

El valor agregado

La producción puede expresarse en tres formas: producción bruta, valor agregado y ventas. En el ámbito de la empresa es común utilizar la producción bruta para la medición de la productividad, porque ésta necesita valorar la eficiencia del uso de los insumos de materias primas y energía. Asimismo, en el ámbito sectorial, conviene considerar todos los insumos utilizados a fin de evaluar la productividad de cada uno. Sin embargo, en un nivel de mayor agregación, existe un debate en torno a la conveniencia o no de utilizar las series de producción bruta.²⁵⁵ Algunos autores señalan la ventaja de utilizar el valor agregado para evitar una doble contabilidad.²⁵⁶

La medición de la producción real de la empresa puede también derivarse de la deflatación de las ventas (ajustada a un cambio de inventario). Esta medición se complica cuando la empresa cuenta con una gran variedad de productos y rápidamente los cambia. Los productos discontinuados, las nuevas operaciones, las adquisiciones y las diversificaciones también afectan la medición (E. Grossman, 1993, p. 6-1.15).

En esta investigación elegimos como indicador de producto el valor agregado debido a que centramos nuestro análisis en la eficiencia en el uso de los insumos: trabajo y capital. No obstante, hubiese resultado conveniente evaluar la eficiencia en el uso de las materias primas (chatarra, carbón, mineral del hierro, etcétera) y la energía (electricidad, gasolina, coque, etcétera), pero desafortunadamente no dispusimos de la información desagregada para ello. El valor agregado (VA) se estimó restándole al valor bruto de la producción (VBP) el valor de los insumos intermedios y posteriormente el valor de los impuestos indirectos (IVA). El valor agregado a precios corrientes fue deflactado con base en los precios de 1980, utilizando los índices de precios al productor. Así, obtuvimos una serie de valor agregado a precios constantes, es decir en términos reales.

²⁵⁵Véase W.D. Jorgenson y Z. Griliches, 1967; J. Kendrick, 1961.

²⁵⁶El producto de una industria puede ser insumo de otra industria.

Trabajo

La unidad de insumo de trabajo más común es el tiempo de trabajo (horas trabajadas).²⁵⁷ También se utilizan las series de empleo (número de trabajadores) y las remuneraciones en precios constantes. Varios aspectos deben considerarse en la medición del insumo trabajo:

- la heterogeneidad en la fuerza de trabajo;²⁵⁸
- la diferencia entre las horas pagadas, registradas en la contabilidad de la compañía, y las horas realmente trabajadas;
- los trabajadores de tiempo completo y los de tiempo parcial deben contabilizarse en distintas bases; y
- la medición en precios constantes.

La falta de información detallada es un obstáculo para poder contabilizar con mayor precisión este insumo. En este trabajo utilizamos el número de empleados remunerados (obreros y empleados), ponderado por la participación de las remuneraciones (salarios y sueldos), según el Sistema de Cuentas Nacionales en el año base (1984).

Capital

La mayor dificultad para calcular la productividad se presenta con la medición del insumo de capital.²⁵⁹ Los problemas se derivan de:

²⁵⁷Una de las formas usuales de contabilizar cualquier insumo, es considerar el servicio del insumo por unidad de tiempo.

²⁵⁸Esto se refiere a las diferencias entre el trabajo por hora desempeñado por un obrero o por un empleado. También se incluyen las diferencias derivadas del sexo, edad, educación, capacitación y profesión de los trabajadores.

²⁵⁹Existen tres componentes del capital: *stock de capital fijo* (bruto o neto), el cual incluye maquinaria y equipo; *capital de trabajo*, el cual incluye el stock de inventarios, dinero líquido y cuentas por cobrar, y *tierra*. La inclusión de dinero y cuentas por cobrar es apropiada en el nivel de la compañía, en la medida que forman parte de la habilidad de la compañía para producir (E. Grossman, *op. cit.*, pp. 6-1.15).

- su conceptualización;
- su inadecuado registro en los libros de activos fijos y la depreciación acumulada; y
- las complicadas operaciones para transformar el capital de una medida de stock a una medida de flujo.²⁶⁰

Es necesario diferenciar los conceptos de capital fijo bruto y capital fijo neto. El primero incluye depreciación en su medición y su utilización depende del supuesto de que la maquinaria o equipo es tan productiva en el último año de operación como en el inicial.²⁶¹ El capital fijo neto asume que cierta proporción de la capacidad productiva del capital se ha perdido en el último año de su operación. Esta pérdida se mide a través de la depreciación.

Para estimar el stock de capital en un flujo se utilizan varios métodos, incluyendo el del inventario perpetuo, y la transformación del valor en libros a activos reales fijos.

El método del inventario perpetuo está basado en una identidad muy simple:²⁶²

$$GS_t = GS_{t-1} * (1 - r) + GI_t$$

donde:

- GS_t = stock de capital bruto en el periodo t;
- GS_{t-1} = stock de capital bruto en el periodo t-1;
- r = tasa de retorno de cada periodo;
- GI_t = inventarios brutos en el periodo t.

²⁶⁰El Centro Americano de Productividad y Calidad se refiere al uso de los stocks como un método de "activo empleado", y a las estimaciones directas de los flujos como un método de "activos consumidos" (E. Grossman, *op. cit.*, pp. 6-1.15).

²⁶¹Este concepto es conocido como *one-hoss shay*. Grossman lo utiliza para la medición del capital (E. Grossman, *op. cit.*).

²⁶²Este método está tomado de E. Grossman, *op. cit.*, pp. 6-1.16-1.17.

El cálculo de los stocks netos podría ser similar, excepto porque la tasa de depreciación podría ser sustituida por la tasa de retorno.

Para desarrollar las series basadas en este método se debe estimar el retorno, el flujo de los inventarios y una estimación inicial del stock de capital.

El costo de los servicios de capital es la compensación requerida para su uso durante un periodo dado:

- la recuperación del capital, que incluye recuperación de la inversión inicial; y
- el retorno del capital, que significa el pago por el uso del dinero de la inversión después de las depreciaciones.

Existen dos grandes fuentes para calcular el costo de los servicios de capital: la evaluación del stock de capital, y la tasa de retorno del capital que debe ser cargada.

La estimación del retorno de capital puede hacerse en las siguientes formas:

- la tasa de retorno en el año base;
- la tasa de *target* u obstáculo;
- el costo de los intereses en el mercado de capital tal como la tasa prima;
- la tasa de retorno promedio industrial; y
- la tasa de retorno promedio de la economía.²⁶³

El índice de acervos de capital fijo neto de depreciación en esta investigación se calculó con base en los activos fijos a costo de reposición y el monto de las inversiones brutas anuales en activos (cons-

²⁶³La elección de cualquiera de éstas presentan dificultades. La primera opción se deriva de los datos de la compañía (y su desempeño), pero es sensible a la evaluación del capital fijo. La tasa del mercado sólo refleja los costos financieros corrientes y no sus costos de oportunidad verdaderamente representativos. Las tasas de retorno promedio son quizá mediciones más cercanas a los costos de oportunidad del capital (E. Grossman, *op. cit.*, pp. 6-1, 17).

trucciones e instalaciones; maquinaria y equipo, equipo de transportes y mobiliario y equipo de oficina) contenidos en la Encuesta Industrial Anual del INEGI de varios años. En esta estimación, se utilizó el método del inventario perpetuo que supone una vida útil promedio que varía según el tipo de activo fijo. Para los edificios y construcciones el promedio es de 40 años, el de equipo y maquinaria es de 11 años; el de equipos de transporte es de cinco años y otros activos es de 11 años. Las adiciones netas al capital están consideradas a su valor de reposición, convertidas a precios constantes de 1980, por medio de la deflactación con el índice de precios de la formación bruta de capital fijo (en el ámbito nacional).²⁶⁴

Índices de PTF

Los índices de los insumos de trabajo y de capital se sumaron, ponderados por sus respectivas participaciones. Las ponderaciones del trabajo (30 por ciento) y del capital (70 por ciento) corresponden a la participación de las remuneraciones al trabajo y las remuneraciones al capital, respecto del producto interno de las Industrias metálicas básicas en 1984, según el Sistema de Cuentas Nacionales.

DESEMPEÑO DE LA PTF EN LA SIDERURGIA MEXICANA (1984-1997)

EN EL ANÁLISIS de los resultados de la medición de la PTF de las tres industrias metálicas básicas del hierro y el acero [Fundición y laminación primaria (3411); Laminación secundaria (3412) y Tubos y postes (3413)] de 1984 a 1994, consideramos cuatro aspectos. El primero, la evolución del producto (valor agregado) y los insumos (capital y trabajo). El segundo, el desempeño de las productividades parciales del trabajo y del capital. El tercero, las tendencias de la PTF en el periodo de análisis, y finalmente, las fuentes del crecimiento del producto.

²⁶⁴ Cabe destacar que al consultar la información de capital del Banco de México nos pudimos percatar que la inversión ahí registrada es mucho mayor.

En el cuadro 24 se observan los índices de crecimiento del valor agregado, los insumos y las productividades parciales y total de los factores del agregado de la industria siderúrgica de 1984 a 1994. El producto registra, en efecto, un mayor crecimiento a finales de los ochenta. El capital fijo neto disminuye a lo largo del periodo, especialmente en los noventa. También el nivel de empleo desciende, pero en mayor magnitud desde 1991, año de la privatización de las empresas siderúrgicas estatales. La productividad total de los factores, positiva en todo el periodo, crece de manera importante a partir de 1989, asociada al incremento de las productividades parciales de los factores, especialmente la del capital.

A fin de contrastar el desempeño registrado por las Industrias básicas del hierro y el acero, antes y después de la apertura comercial, consideramos dos subperiodos de análisis. El primero de 1984 a 1987, antes de la apertura comercial, y el segundo, de 1987 a 1994, después de la apertura comercial. En ambos, el crecimiento de la PTF es positivo, pero el segundo se caracteriza por ser más dinámico.

A continuación analizamos las tendencias del crecimiento del producto, de los factores de la producción, de las productividades parciales del capital y trabajo y, finalmente, de la PTF por industria y tamaño de establecimiento.

Valor agregado

En la gráfica 32 se muestran las tendencias de crecimiento del valor agregado por industria y por tamaño del establecimiento. De las tres industrias que conforman las metálicas del hierro y el acero, la de Fundición y laminación primaria (3411) reportó el mayor crecimiento promedio anual del valor agregado. Tal comportamiento se explica fundamentalmente por la actividad productiva del conjunto de los establecimientos gigantes, el cual en ambos subperiodos registró un importante incremento productivo. Las empresas medianas se recuperaron en el segundo periodo, pero las grandes mantuvieron una tendencia más bien de estancamiento. Finalmente, las empresas pequeñas disminuyeron notoriamente su PIB a lo largo de todo el periodo.

CUADRO 24

MÉXICO: INDUSTRIAS METÁLICAS DE HIERRO Y EL ACERO.
ÍNDICES DE PRODUCCIÓN, INSUMOS, PRODUCTIVIDAD
PARCIAL DEL CAPITAL Y DEL TRABAJO
Y TOTAL DE LOS FACTORES
(1984 = 100.0)

Año	Producto		Insumos		Productividad		
	V.A.	Capital (K)	Trabajo (L)	Int.K (K/L)	Capital	Trabajo	PIF π
1984	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1985	134.4	101.0	103.0	99.0	133.4	130.5	126.0
1986	111.4	95.3	95.5	101.0	120.1	116.6	114.0
1987	109.8	89.1	94.0	96.0	126.7	116.9	113.0
1988	101.1	82.6	95.2	87.0	122.3	106.1	111.0
1989	116.6	75.4	91.6	81.0	152.6	127.3	142.0
1990	128.1	69.7	85.5	80.0	181.2	149.8	166.0
1991	116.8	63.8	77.8	80.0	177.6	150.0	166.0
1992	119.6	57.7	69.8	81.0	200.1	171.3	192.0
1993	127.1	53.4	58.5	89.0	236.1	217.4	221.0
1994	141.4	50.1	59.6	82.0	276.5	237.4	244.0

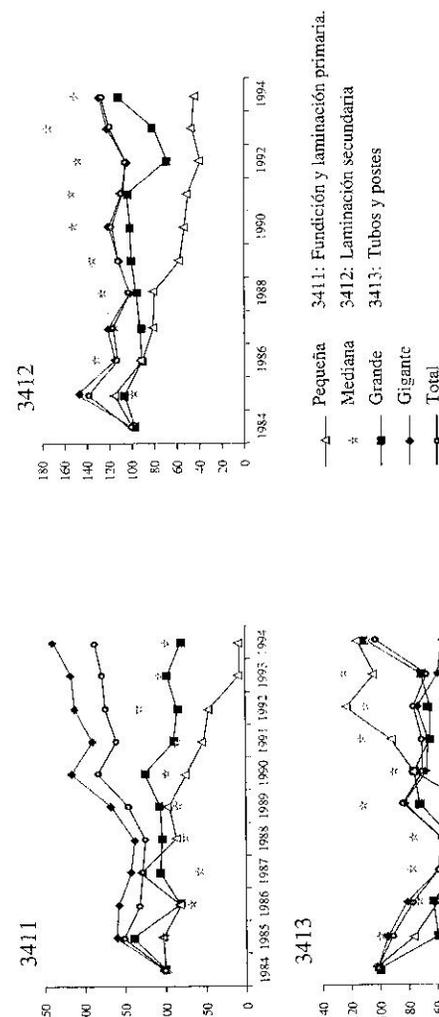
Fuente: Estimaciones propias con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

En la industria de Laminación secundaria (3412), los establecimientos de tamaño mediano reportaron un dinamismo de crecimiento mayor. La pequeña decreció; la gigante se mantuvo estancada y la grande mejoró en el segundo periodo.

En la industria de Tubos y postes (3413), el conjunto de establecimientos observaron, en el primer subperiodo, un decrecimiento en su actividad productiva, con excepción de la empresa mediana. En el segundo subperiodo las pequeñas y grandes industrias recuperaron de manera importante su actividad productiva.

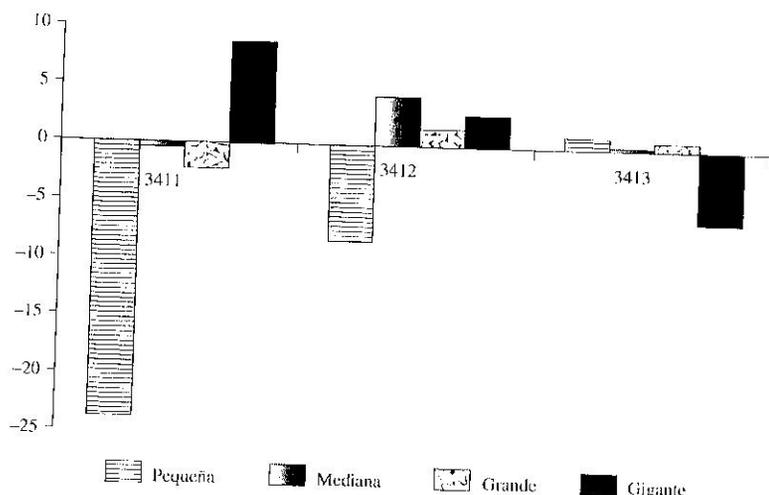
En la gráfica 33 se contrastan las variaciones promedio anual del valor agregado en el total de las tres industrias, en los dos subperiodos. Las 3411 y 3412 observan una tasa de mayor crecimiento en el primer subperiodo, y la 3413 en el segundo subperiodo.

GRÁFICA 32
MÉXICO: INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS DEL HIERRO
Y EL ACERO. EVOLUCIÓN DEL VALOR AGREGADO
POR INDUSTRIA Y TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

GRÁFICA 33
MÉXICO: INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS DEL HIERRO
Y EL ACERO. VARIACIÓN MEDIA ANUAL
DEL VALOR AGREGADO POR INDUSTRIA
Y TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO, 1984-1994
(Porcentaje)



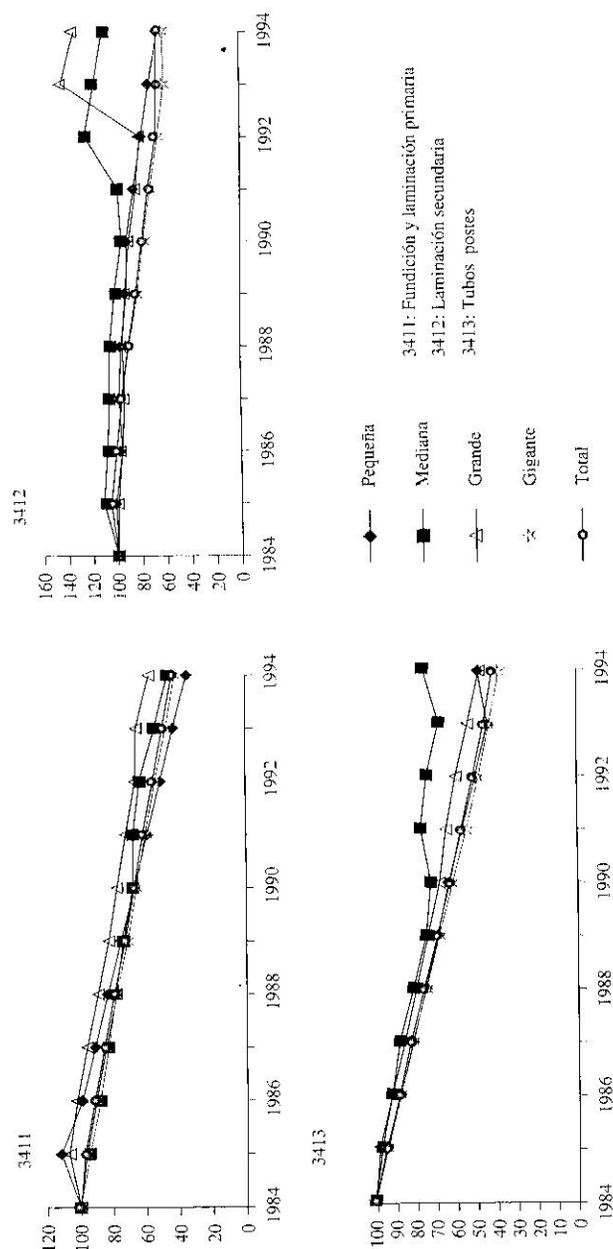
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, varios años.

Capital

Los acervos de capital fijo neto decrecieron de manera considerable en las tres industrias de 1984 a 1994, con excepción de la industria mediana y grande de Laminación secundaria (véase gráfica 34). Esta industria en su conjunto se recuperó de manera importante entre 1992 y 1993, fecha posterior a las privatizaciones. Este fenómeno se vincula a la sustantiva inversión hecha en acería y colada continua en las líneas de laminados planos en los noventa, según se muestran en la gráfica 25 (véase capítulo 4).

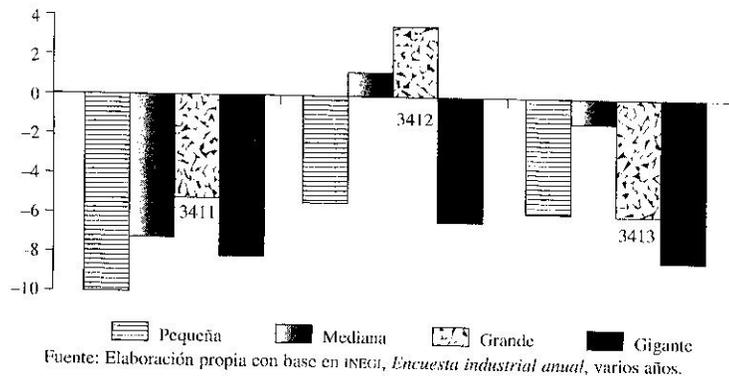
Las tasas negativas de crecimiento del capital en las tres industrias se constatan en la gráfica 35.

GRÁFICA 34
MÉXICO: INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS DEL
HIERRO Y EL ACERO. CRECIMIENTO DEL
CAPITAL FIJO NETO POR INDUSTRIA Y TAMAÑO
(1984 = 100)



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

GRÁFICA 35
MÉXICO: INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS DEL HIERRO
Y EL ACERO. VARIACIÓN MEDIA ANUAL DEL
CAPITAL FIJO NETO POR INDUSTRIA Y
TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO, 1984-1994
(Porcentaje)



Empleo

El insumo trabajo también decreció en las tres industrias a lo largo del periodo estudiado (véase gráfica 36). La industria de la Fundición y laminación primaria mostró una importante caída en el empleo en los establecimientos de tamaño pequeño casi desde el inicio del periodo. Contrariamente, la industria mediana incrementó el empleo después de la apertura y posteriormente lo desaceleró. En la industria de Laminación secundaria, los establecimientos grandes y gigantes redujeron, en mayor magnitud, el empleo después de 1988; en tanto, los otros mantuvieron una tendencia de estancamiento. La disminución del empleo en la industria de Tubos y postes tuvo mayor impacto en los establecimientos gigantes, y en el otro extremo, los establecimientos pequeños se recuperaron desde 1987 de la pérdida registrada en el primer subperiodo.

Por tanto, el empleo reportó también tasas negativas de crecimiento en todo el periodo y de magnitud mayor de 1989 a 1994 en las tres industrias que conforman la siderurgia mexicana (véase gráfica 37).

Productividad media laboral

El crecimiento de la productividad media laboral en la industria de Fundición y laminación primaria se identifica fundamentalmente con los establecimientos de tamaño gigante, y se asocia tanto al significativo incremento del producto como a la importante reducción del empleo. En efecto, el conjunto de los establecimientos gigantes de la 3411 registró en 1984 452.52 miles de pesos de 1980 por personal ocupado y en 1994 se cuadruplicó este indicador de productividad laboral (véase cuadro 58 del anexo y gráfica 38). En el otro extremo, en el conjunto de establecimientos pequeños de la misma industria, la productividad laboral fluctuó hacia la baja y de forma drástica a partir de 1993, como reflejo del descenso del producto, pero también del empleo.

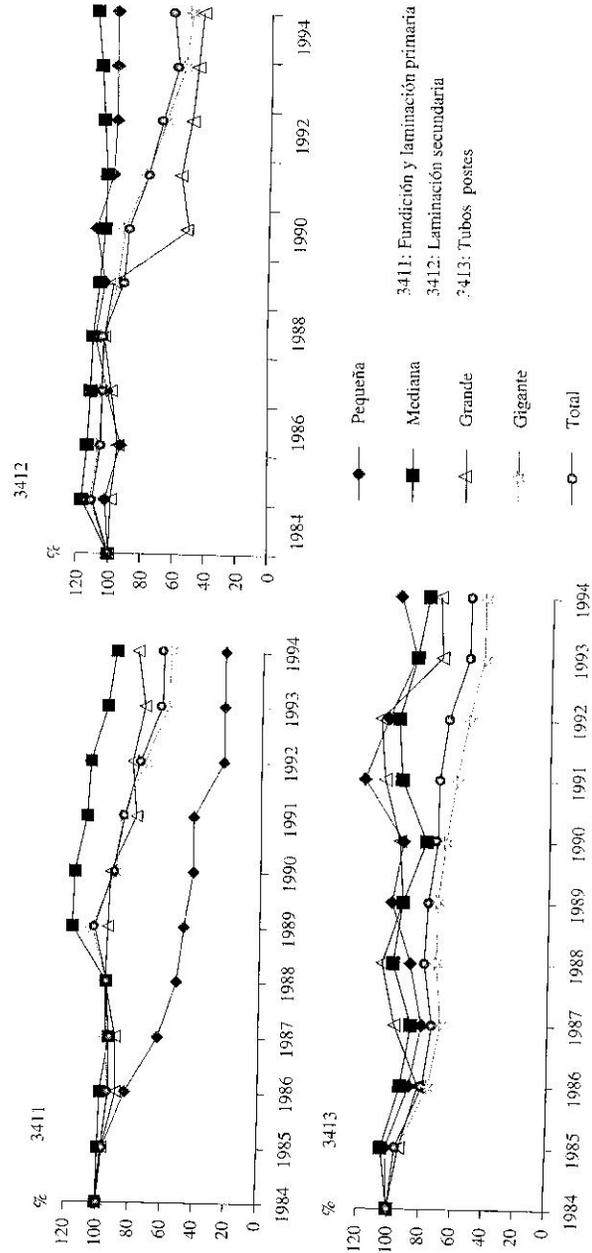
La tendencia decreciente ocurrió también en los establecimientos pequeños de la industria de Laminación secundaria (3412), básicamente por la drástica reducción del producto. En los demás tamaños de esta última industria, el crecimiento de 1980 a 1994 fue favorable, y significativo en la gigante y grande, en contraste con el periodo previo. En la industria de Tubos y postes, la productividad laboral descendió de 1984 a 1987 y en los años posteriores se registró una mejoría, notoriamente en la gran industria, cuya productividad media laboral se expresó en 815.93 pesos por personal ocupado en 1994. En la gráfica 39 se aprecia una mayor variación promedio de la productividad laboral en la 3411 y 3412 en el segundo subperiodo, aunque el de la 3413 también es significativo.

Intensidad del capital fijo neto por hombre ocupado

La siderurgia se caracteriza por los enormes montos de inversión en capital y en consecuencia, por la intensidad de capital por trabajador. Los acervos de capital fijo neto por hombre ocupado

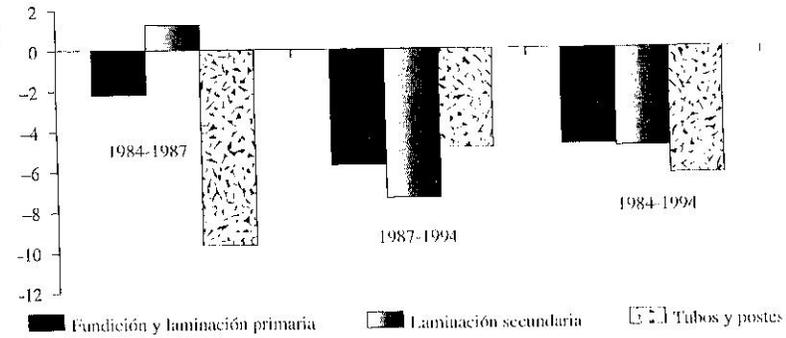
GRÁFICA 36

MÉXICO: INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS DEL HIERRO Y EL ACERO. EVOLUCIÓN DEL EMPLEO POR INDUSTRIA Y TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO (1984 = 100)



GRÁFICA 37

MÉXICO: INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS DEL HIERRO Y EL ACERO. VARIACIÓN MEDIA ANUAL DEL EMPLEO POR INDUSTRIA Y TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO, 1984-1994 (Porcentaje)



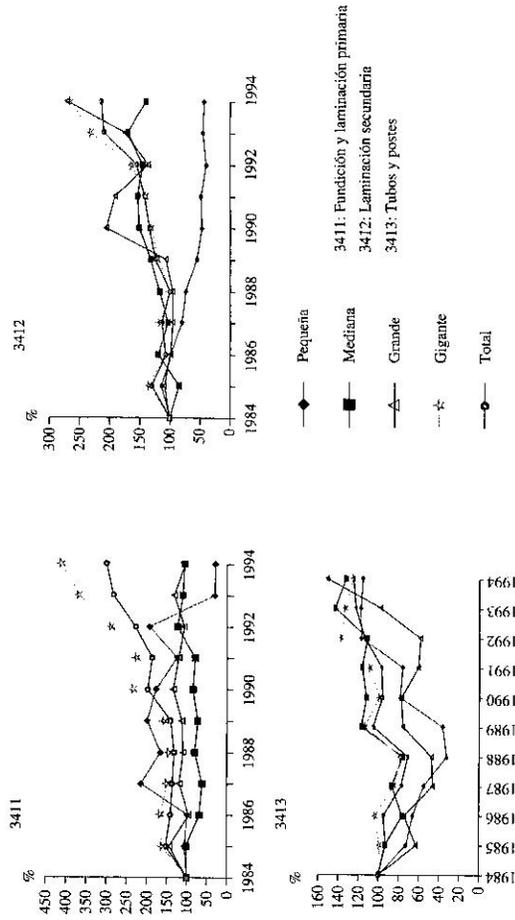
Fuente: elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*.

fueron de mayor magnitud en la industria de Fundición y laminación primaria, en los establecimientos de tamaño grande y gigante. Sin embargo, esta proporción se redujo desde 1986 a 1992, debido a la abrupta caída en inversiones de capital, mencionada anteriormente. En 1984 se reportó un monto de tres millones de pesos de 1980 de capital fijo neto por trabajador ocupado en el conjunto de las tres Industrias básicas del hierro y el acero. Diez años después, la relación de capital por trabajador ocupado disminuyó a 2.4 millones de pesos de 1980 y esta reducción fue mayor en la primera industria (véase gráfica 40).

En Laminación secundaria, la gran industria duplicó su intensidad de capital por hombre ocupado en 1993 con relación al año anterior (1.5 millones de capital fijo neto por hombre ocupado) y creció un promedio anual de 12.8 por ciento entre 1984 y 1994. En tanto que en la industria gigante descendió ligeramente (-0.4 por ciento en el mismo periodo) y en la pequeña disminuyó notoriamente (-40.5 por ciento).

GRÁFICA 38

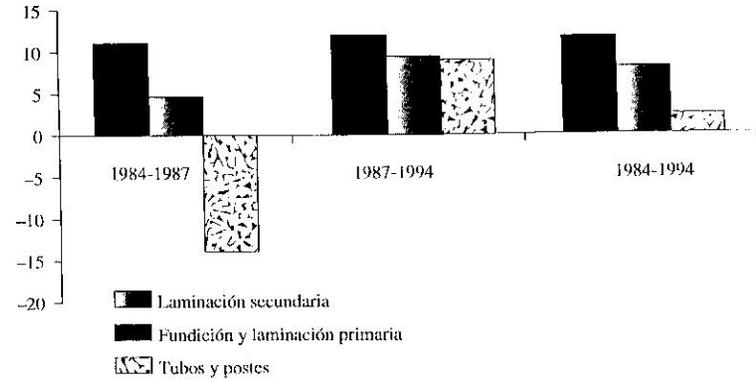
MÉXICO: INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS DEL HIERRO Y EL ACERO.
EVOLUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIA DEL TRABAJO POR INDUSTRIA
Y TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO
(1984 = 100)



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

GRÁFICA 39

MÉXICO: INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS DEL HIERRO
Y EL ACERO. VARIACIÓN MEDIA ANUAL DE LA
PRODUCTIVIDAD MEDIA DEL TRABAJO POR
INDUSTRIA Y TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO, 1984-1994
(Porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

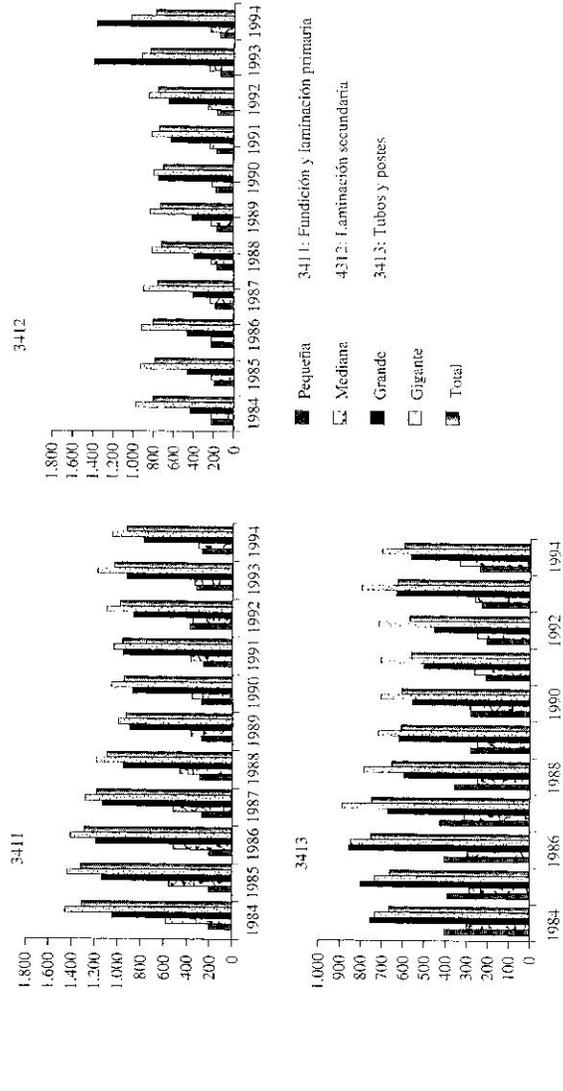
En los establecimientos gigantes de la industria de Tubos y postes también la intensidad de capital-trabajo fue de mayor magnitud (0.7 millones de pesos de capital por trabajador). En todos los establecimientos de esta industria se registró la reducción de este indicador a lo largo del periodo.

Productividad parcial del capital

La evolución de la productividad del capital fue, al igual que la productividad laboral, muy dinámica en el segundo subperiodo en las tres industrias, especialmente en los establecimientos gigantes. Este comportamiento se asocia a la importante reducción de los acervos de capital, a lo largo del periodo estudiado, pero esencialmente al incremento sustantivo del producto. La tendencia positiva de la P_k respondió a una mayor utilización de la capacidad instalada, derivada del crecimiento de la demanda externa y la

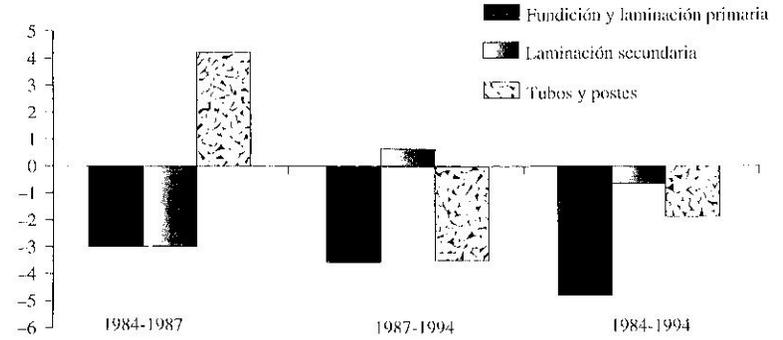
GRÁFICA 40

MÉXICO: INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS DEL HIERRO Y EL ACERO.
INTENSIDAD DEL CAPITAL FIJO NETO POR TRABAJADOR
(Miles de pesos mexicanos por trabajador a precios de 1980)



GRÁFICA 41

MÉXICO: INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS DEL HIERRO Y EL ACERO. VARIACIÓN MEDIA ANUAL DE LA INTENSIDAD DE CAPITAL FIJO NETO POR TRABAJADOR POR INDUSTRIA Y TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO, 1984-1994 (Porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

recuperación de la demanda doméstica. Pese a la reducción de las inversiones de capital, dos hechos que parecen haber sido esenciales en la mejoría de la eficiencia en el uso del capital fueron el retiro de tecnología obsoleta (como los hornos Siemens-Martin) y la mayor participación de la colada continua en la producción de acero y de los sistemas computarizados. En la industria de Fundición y laminación primaria, el incremento de la productividad parcial del capital en el tamaño gigante fue notable en los años noventa. En el extremo, el importante decremento de este indicador en los establecimientos pequeños se vincula a la reducción del producto y también del capital.

Productividad total de los factores

Tal como observamos anteriormente, las tres industrias registraron tasas anuales de crecimiento de la PTF positivas entre 1984 y 1994; de mayor magnitud en la industria de Fundición y lami-

nación primaria, aunque también, en las otras dos el crecimiento fue significativo. En la 3411 y la 3412, la industria gigante mostró un nivel mayor de desempeño. En el lado opuesto, la industria pequeña resultó ser la más ineficiente. La mediana, en ambas industrias, se desempeñó eficientemente; con un nivel menor, pero con una tasa positiva, está la gran industria. En la 3413, todos los establecimientos registraron tasas de crecimiento medio anual negativas en el primer periodo (1984-1987). Sin embargo, en el segundo subperiodo, la recuperación fue notoria, especialmente en los establecimientos de tamaño pequeño y grande (véase gráfica 42).

Crecimiento de la PTF entre 1984 y 1987

La industria de la Fundición y laminación primaria (3411), en especial, incrementó la PTF sustantivamente, en virtud del desempeño del conjunto de establecimientos de tamaño gigante (véase cuadro 25). Con excepción de la mediana, la pequeña y la gran industria también registran un importante crecimiento. El incremento de la PTF en la industria pequeña, comparable a la registrada en la gigante, obedece fundamentalmente a un establecimiento que incrementa notoriamente su índice de valor agregado y reduce su índice laboral.

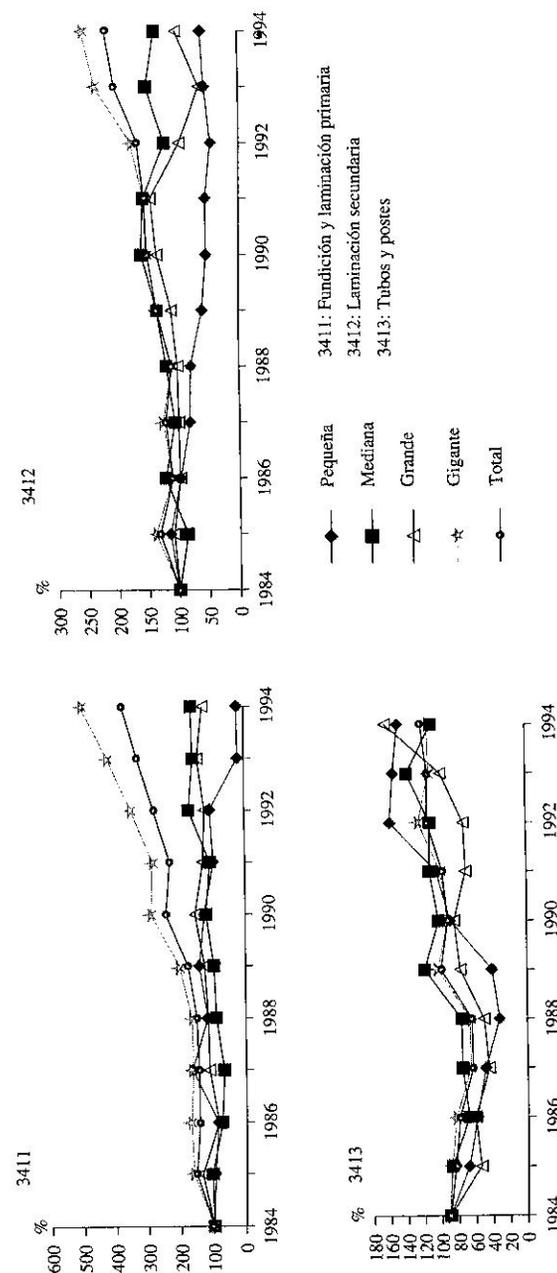
En la industria de Laminación secundaria los establecimientos medianos y gigantes tuvieron el mejor desempeño, en tanto que la pequeña observa un importante deterioro de la PTF. En conjunto, esta industria crece a 6.8 por ciento entre 1984 y 1987.

La industria de Tubos y postes registra un crecimiento negativo de la PTF (-10.7) y se localiza en cada tamaño de establecimiento.

Crecimiento de la PTF entre 1987 y 1994

En el segundo periodo, también en la industria de Fundición y laminación primaria la evolución de la PTF fue más dinámica, superior a la del primer subperiodo, y se localizó fundamentalmente en la industria gigante. La tendencia creciente de la PTF en este conjunto de establecimientos de la 3411 obedeció a un favorable desempeño de las productividades parciales del capital y del

GRÁFICA 42
MÉXICO: INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS DEL HIERRO Y EL ACERO. EVOLUCIÓN
DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES POR INDUSTRIA Y TAMAÑO
(1984 = 100)



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

trabajo. La industria mediana mostró un desempeño notorio y la grande tendió al estancamiento. Contrariamente al primer periodo, la industria pequeña registró un fuerte descenso en sus niveles de PTF, asociados a la evolución negativa de las productividades del trabajo y del capital.

Igualmente, en Laminación secundaria, la industria gigante tuvo un mayor nivel de eficiencia, debido esencialmente a la productividad del capital. La empresa pequeña agudizó su deterioro, originado por la reducción de la productividad laboral y en menor medida la del capital; la mediana aumentó moderadamente su nivel de PTF y la gran industria tiende al estancamiento. En conjunto la industria incrementó 1.3 veces su tasa de crecimiento promedio anual, con relación al primer subperiodo.

En la de Tubos y postes se registró una notable mejoría de la PTF y se asoció a la gran recuperación de ambas productividades parciales (capital y trabajo). Esta mejoría se localizó, especialmente, en el conjunto de establecimientos pequeños y grandes, aunque también la gigante y la mediana se desempeñaron muy bien.

Con el propósito de tener una referencia comparativa del crecimiento de la PTF en las Industrias metálicas básicas de otros países mencionamos las siguientes tasas de variación promedio anual, aunque no son precisamente del mismo periodo e incluyen metales no ferrosos. Entre 1970 y 1990 para Japón fue 1.2 por ciento; Francia de 1972-1990 registra 1.5 por ciento; Inglaterra entre 1968 y 1990 logra 1.9 por ciento; Canadá 0.9 por ciento entre 1971 y 1990 y finalmente México 1.4 por ciento. Si se considera sólo la rama de Hierro y acero para México, la variación promedio anual fue de 2.3 por ciento en el mismo periodo. Para los otros países no contamos con datos para la rama siderúrgica.²⁶⁵

²⁶⁵ Para Estados Unidos y Alemania no hay datos porque las Industrias metálicas básicas no figuran entre las 10 industrias con mayor crecimiento de la PTF. Esto constata la pérdida de dinamismo del sector siderúrgico en los países industrializados, mientras que otras industrias de alta tecnología reportan mayor crecimiento, OCDE, 1996b, p. 68. Para el caso de México: E. Hernández Laos, 1994, pp. 50 y 79.

CUADRO 25
MÉXICO. INDUSTRIAS BÁSICAS DEL HIERRO Y EL ACERO.
VARIACIÓN MEDIA ANUAL DE LA PTF POR INDUSTRIA Y
TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO
(Porcentaje)

	Tamaño	1984-1987	1987-1994	1984-1994
Industria de fundición y laminación primaria (3411)	Pequeño	17.87	-25.03	-14.13
	Mediano	-12.60	13.52	4.95
	Grande	4.34	1.75	2.52
	Gigante	17.44	17.61	17.56
	Total	13.29	14.57	14.19
Industria de laminación secundaria (3412)	Pequeño	-6.11	-4.15	-4.74
	Mediano	2.12	3.83	3.32
	Grande	0.02	0.45	0.32
	Gigante	7.95	10.81	9.94
	Total	6.84	8.85	8.30
Industria de tubos y postes (3413)	Pequeño	-18.51	17.40	5.22
	Mediano	-5.41	5.45	2.07
	Grande	-20.81	20.45	6.21
	Gigante	-9.68	8.20	2.49
	Total	10.70	9.61	9.35

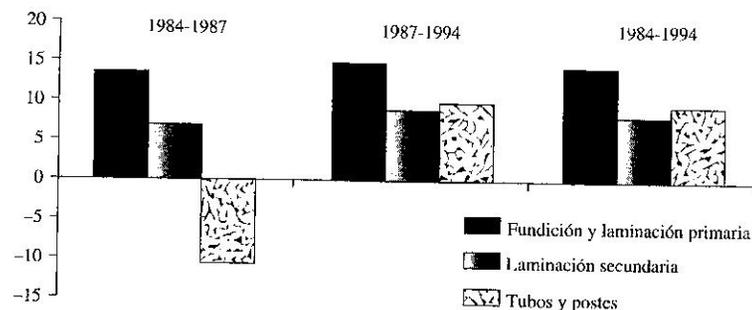
Fuente: Estimaciones propias con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

Enseguida analizamos la aportación de los insumos primarios (capital y trabajo) y de la PTF al crecimiento del producto en la industria siderúrgica.

Fuentes del crecimiento de la industria siderúrgica mexicana

En el cuadro 26 se observa el incremento absoluto del producto (valor agregado) en las industrias de Fundición y laminación primaria y Laminación secundaria de 86.6 por ciento y 30.5 por ciento respectivamente, entre 1984 y 1994. Contrariamente, la industria de Tubos y postes registró un decremento (-0.4 por ciento), en el mismo periodo. El crecimiento de las dos primeras industrias tuvo su origen fundamentalmente, de acuerdo

GRÁFICA 43
MÉXICO: INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS DEL HIERRO
Y EL ACERO. VARIACIÓN MEDIA ANUAL
DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES
POR INDUSTRIA DEL ESTABLECIMIENTO, 1984-1994
(Porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

con las estimaciones hechas en esta investigación, en la contribución de la PTF, la cual aumentó en términos absolutos en todo el periodo, 137.1 y 71.3 por ciento, respectivamente. Este incremento significó un ahorro del uso de los insumos y representó ganancias de productividad, cuyo porcentaje de participación en la generación de la producción de las industrias 3411 y 3412 registró 158.3 y 233.8 por ciento. Los insumos, tanto el capital como el trabajo, registraron decrementos en las tres industrias; por lo tanto, no determinaron el incremento del producto. Esta relación nos indica que la utilización productiva de los insumos se realizó en términos de eficiencia en la 3411 y la 3412. Ambas industrias mostraron un ahorro de los recursos utilizados, que derivó en el incremento de la PTF. En la industria de Tubos y postes, la PTF tiene una importancia sustantiva, pese al fuerte decremento de los insumos: capital y trabajo. Ésa es probablemente la razón por la cual la disminución del producto no fuese aún más fuerte.

CUADRO 26
FUENTES DEL CRECIMIENTO DEL PIB SIDERÚRGICO.
APORTACIÓN DE K, L, PTF
(Porcentaje)

1984-1994	Producto	Crecimiento absoluto				Importancia relativa en el crecimiento del PIB			
		Insumos				K	L	K + L	PTF
V.A	K	L	K + L	PTF					
3411	86.6	-56.0	-37.7	-50.5	137.1	-64.7	-43.5	-58.3	158.3
3412	30.5	-41.8	-38.7	-40.8	71.3	1.4	-1.3	-133.8	233.8
3413	-0.4	-53.7	-47.6	-51.6	51.2	-134.3	-119.0	-129.7	229.7
Total	41.4	-49.9	-40.5	-46.3	-4.9	-1.2	-97.8	-111.8	211.8

Fuente: Estimaciones propias con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

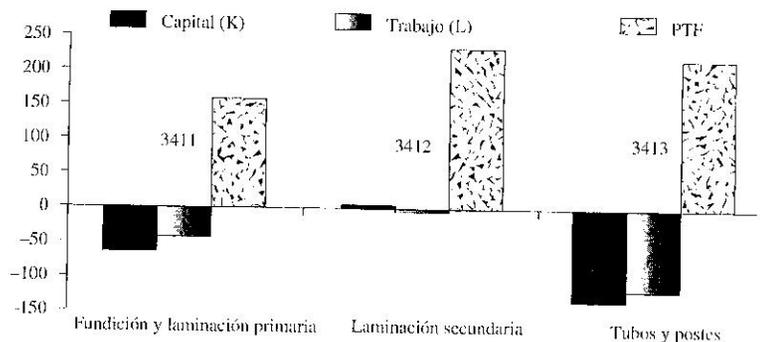
El análisis de las fuentes de crecimiento permite destacar la importancia relativa de la PTF en el incremento del valor agregado en la industria siderúrgica en el periodo 1984-1994. Esta tendencia contrasta con el crecimiento de la siderurgia de las décadas precedentes, caracterizado por ser extensivo, es decir, basado en el incremento de los insumos, especialmente de capital.

FACTORES EXPLICATIVOS DE LA EVOLUCIÓN DE LA PTF DE LA SIDERURGIA MEXICANA (1984-1997)

VARIOS factores se asocian al crecimiento de la productividad total de los factores. Según la OCDE (1996b, p. 57), entre los más relevantes están:

- los gastos en I&D y la innovación;
- la acumulación del capital físico y humano;
- la infraestructura;
- las economías de escala;
- la estructura del mercado;
- la evolución demográfica;

GRÁFICA 44
MÉXICO: INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS DEL HIERRO
Y EL ACERO. FUENTES DEL CRECIMIENTO DEL VALOR
AGREGADO. CONTRIBUCIÓN DEL K, L Y PTF,
1984-1994



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

- los cambios cualitativos del capital y del trabajo;
- los factores del alcance o de la convergencia tecnológica como la imitación de tecnologías o del conocimiento tácito extranjeros; y
- el comercio internacional y el grado de competencia.

En esta investigación no medimos la correlación existente entre cada factor mencionado y el desempeño de la PTF, debido a la falta de datos. Aunque convendría, posteriormente, profundizar dicho estudio. Pese a la ausencia de estas mediciones econométricas, es válido suponer que el notable incremento de la PTF de la siderurgia mexicana desde finales de los ochenta hasta 1994, no se vincule a un solo factor; más bien es resultado de un conjunto de factores que influyeron en la mejoría de la eficiencia productiva. Entre esos factores están: la disminución de los niveles de obsolescencia del capital físico y la incorporación de innovaciones tecnológicas; la mejoría en los niveles educativos, la capacitación

y el adiestramiento de los trabajadores; la flexibilización de la organización productiva; la mejoría de los índices de la utilización de la capacidad instalada; la realización de economías de escala potenciales; la mejoría en la calidad de los productos, la creciente actividad exportadora y la recuperación del mercado interno. De estos aspectos, los cambios en la calidad de los insumos utilizados tienen una relevancia fundamental.

Impacto de la modernización tecnológica en la PTF de la siderurgia

Diferentes estudios empíricos han constatado que el progreso tecnológico tiene un importante impacto en el crecimiento del producto y la productividad.²⁶⁶

La inversión es fuente del crecimiento, tanto en los modelos neoclásicos como en los de crecimiento endógeno (Romer, 1986). Pero el capital, en los últimos modelos, es considerado un bien no homogéneo, sino un conjunto de insumos de producción diferenciados. Entre estos insumos están los que provienen de la investigación y desarrollo (I&D), los cuales son producidos con rendimientos crecientes, debido a que éstos se acumulan. Así, el uso de estos insumos provenientes del sector de la investigación tendrá efectos crecientes en la productividad del sector de bienes finales. Adicionalmente, los conocimientos de una empresa innovadora se difunden hacia otras empresas, las cuales enriquecen su experiencia y aprendizaje. La innovación, producto de la investigación y desarrollo (I&D) se convierte así en una fuente del crecimiento exponencial del producto y de la productividad (Romer, 1990).

Las innovaciones tecnológicas se difunden de manera importante a través de los bienes de capital (maquinaria y equipo), los cuales han incorporado el esfuerzo realizado en I&D. Sea por la vía de compra de bienes capital domésticos o por la vía de su importación, las empresas adquieren nuevas máquinas para mejorar el nivel de producción y de productividad. La importación de

²⁶⁶ Véase E.F. Denison, 1967; J.W. Kendrick y E. S. Grossman, 1980; Z. Griliches y D.W. Jorgenson, 1967.

maquinaria tiene especial relevancia para los países en vías de desarrollo porque es un mecanismo de difusión de nuevos conocimientos y nuevas técnicas internacionales, producto de la I&D extranjera y posibilitan, dado el nivel de capacidades tecnológicas del país, el alcance tecnológico y la convergencia del crecimiento, la PTF y la competitividad con respecto a los países industrializados.²⁶⁷ Además, en una economía abierta, la tasa de obsolescencia de la maquinaria tiende a aumentar con mayor velocidad, debido a la mayor fluidez en el acceso de nuevas maquinarias. La necesidad de reducir el segmento de las tecnologías atrasadas significa un desafío para la competitividad de los países de reciente industrialización. Incluso en los países industrializados, la importación de nuevas tecnologías es sustantiva en ciertos sectores. Tal es el caso de la importación de tecnologías de la información, las cuales rebasan desde un tercio hasta el 50 por ciento de las adquisiciones totales en los diferentes países (OCDE, 1996b, p. 187).

Sin embargo, no todo el progreso técnico se traduce en la mejoría de la PTF, hecho que se conoce como Paradoja de Solow. En efecto, la dinámica de la actividad innovativa en varios países no se ve reflejada en la misma magnitud en la evolución de la PTF. Este fenómeno es atribuido a las siguientes razones:

- la inadecuada medición del cambio técnico (la tasa de obsolescencia del capital y la tasa de crecimiento del stock de capital e incluye los bienes provenientes del sector servicios) y por tanto, de la productividad;
- los retrasos en la adaptación asociados al aprendizaje;
- la ausencia en la contabilidad nacional de aspectos que constituyen la nueva naturaleza del progreso técnico (diferenciación de los productos, el crecimiento de la calidad, la introducción rápida de las innovaciones, o la entrega *just in time*) y que generan externalidades (*spillovers*) (OCDE, 1996b, p. 65).

²⁶⁷J. Fagerberg, 1987 y 1988, estudia el tema de la convergencia tecnológica, de productividad y de competitividad.

Pese a estas limitaciones, algunos estudios se han esforzado por incluir en sus mediciones de manera más precisa el factor de la innovación tecnológica.²⁶⁸

Según la OIT (1986), el crecimiento de la productividad en la siderurgia de los países industrializados en la década de los ochenta está vinculado a la incorporación de nuevas tecnologías y mejoras en las técnicas ya utilizadas. De acuerdo con un estudio acerca de los factores que influyeron en la productividad laboral de la siderurgia de los países industrializados entre 1980 y 1985 (D.F. Barnett, 1996, p. 3), dos desarrollos tecnológicos fueron clave en la reducción de la capacidad y la mejoría de la eficiencia productiva y la calidad del producto en las industrias básicas del hierro y el acero. El primero se refiere a la expansión en el uso de la colada continua, y el segundo, al aumento de la importancia relativa de los hornos eléctricos, particularmente a través de las mini-acerías altamente eficientes.

Estas dos innovaciones de la siderurgia se difundieron de manera más dinámica en los países industrializados, pero algunos países de reciente industrialización lograron convergir en estas tendencias. En el caso de México, la incorporación de la colada continua fue más lenta que con respecto a los países del Sudeste Asiático, pero desde la segunda mitad de los ochenta la importancia de esta técnica tendió a crecer. Con respecto a los hornos eléctricos, México fue privilegiando paulatinamente esta tecnología, debido a la disponibilidad de gas y electricidad y a la complementariedad con la tecnología de Hyl de fierro esponja. Con el cierre de plantas Siemens-Martín, los hornos eléctricos ganaron presencia.

La reducción en el uso de la tecnología obsoleta, los hornos Siemens-Martín, desde finales de los ochenta y su desplazamiento total en 1992 y la creciente participación de los convertidores al oxígeno y de los hornos eléctricos en la producción de acero en

²⁶⁸Entre los estudios que se han preocupado en medir los efectos de la I&D en el desempeño de la PTF están: Z. Griliches, 1967 y 1993; J. Máiresse, 1991; P. Mohnen, 1990.

México, coincidió con el incremento de la PTF de 1989 a 1994. En 1992, la PTF de la industria de Fundición y laminación primaria (3411) se incrementó 37.9 por ciento con relación al año precedente. Adicionalmente, la mayor participación de los hornos eléctricos se reflejó en el notorio crecimiento de la PTF desde 1989 y especialmente en 1994 cuando su contribución a la producción de toneladas de acero fue más de tres quintas partes; entonces, la PTF en la 3411 aumentó 14.2 por ciento en respecto al año anterior (véase gráfica 42).

Los nuevos procesos tecnológicos se basaron en una amplia incorporación de equipos automatizados. Este hecho transformó los procesos productivos de la siderurgia mexicana y parece haber incidido favorablemente en el crecimiento de la productividad de acero por hombre empleado en México.

La siderurgia nacional en su conjunto continúa nutriéndose mayoritariamente de las innovaciones tecnológicas exteriores, no obstante la actividad innovadora de la empresa Hylsa. El impulso dado a la I&D y a la formación profesional sigue siendo limitado. Se calcula que un promedio del 0.7 por ciento de los ingresos de las empresas de la división de Industrias metálicas básicas se destinan a la I&D (H.E. Sobarzo, 1997, p. 36). La investigación científica en la siderurgia permite fortalecer las alternativas tecnológicas que pueden adaptarse a las condiciones específicas de cada país. En ese sentido es importante retomar la experiencia de Japón, donde la investigación sistemática fue la base de la importación de las tecnologías más apropiadas para su desarrollo, su adopción, su asimilación y, finalmente, el desarrollo de tecnologías propias.

Importancia del capital humano

Otra fuente de crecimiento endógeno es la acumulación del capital humano que también opera bajo el supuesto de rendimientos crecientes (Lucas, 1988). El capital humano tiene que ver con el nivel de escolaridad, pero también con el proceso de aprendizaje logrado a través del proceso productivo (*learning by doing*) y la capacitación.

El relativo éxito de la estrategia competitiva de Corea, Taiwan y Brasil en el desempeño productivo de sus empresas siderúrgicas está asociado a la importancia que estos países atribuyen a la educación tecnológica y especialmente a la capacitación. En efecto, para ellos es importante la capacitación y, aún más, la educación tecnológica, es decir, la preparación de ingenieros que dirigirán los procesos productivos en las plantas siderúrgicas (véase A. Amsden, 1989).

De acuerdo con un estudio del perfil de la mano de obra en el sector manufacturero mexicano, en las Industrias metálicas básicas se emplea a trabajadores con mayor preparación relativa que en otras industrias manufactureras. El nivel educativo es superior en la Industria química, derivados del petróleo y caucho en secundaria completa, profesional y posgrado, no así en preparatoria. Su nivel relativo de instrucción es superior a la Industria de productos metálicos, maquinaria y equipo en preparatoria, profesional y posgrado. Pese a ello, este nivel es insuficiente si se le compara con los niveles educativos de los países de la OCDE, Corea y Taiwan. Se calcula en 6.7 por ciento la ausencia de personal no calificado en esta división industrial de México.

La influencia de los cambios en la organización industrial y en la calidad del producto en la PTF

Las empresas siderúrgicas mexicanas, después de un proceso de reestructuración y modernización, compiten internacionalmente y participan de la mundialización. Su desempeño favorable parece estar asociado al cambio tecnológico, pero también a los cambios organizacionales e institucionales efectuados desde mediados de los ochenta.

La obsolescencia de la siderurgia no sólo era obvia en maquinarias viejas, sino también en prácticas organizacionales e institucionales caducas. Ambas obstaculizaban la modernización y la competitividad de las empresas siderúrgicas en el mercado exterior, pero también en el interior. La destrucción del tejido de la política proteccionista y las prácticas ineficientes en el sector siderúrgico

CUADRO 27

MÉXICO: NIVEL DE ESCOLARIDAD DE LOS TRABAJADORES
POR DIVISIÓN MANUFACTURERA, 1992
(100% del empleo)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Total
Sin instrucción/										
primaria incompleta	14.6	13.0	16.9	3.7	4.8	19.3	6.5	5.4	8.3	10.2
Primaria completa	38.0	40.6	33.0	28.1	28.0	34.3	26.0	34.8	42.5	35.1
Capacitación laboral	7.7	11.3	4.1	10.6	7.8	9.3	6.5	8.4	5.6	8.5
Secundaria completa	21.3	21.4	18.3	27.5	27.4	19.3	31.5	26.7	21.6	24.0
Bachillerato	11.4	8.7	11.9	17.5	17.2	8.7	14.1	14.4	14.0	12.9
Profesional	6.0	3.8	14.2	10.0	12.9	6.8	11.9	9.3	7.5	8.6
Posgrado	1.0	1.2	1.6	2.6	1.9	2.3	3.5	1.0	0.5	0.7
Nivel de instrucción	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: H.E. Sobarzo Fimbres, *Cambio tecnológico y perfil de la mano de obra en el sector manufacturero en México*, México, STYPS, 1997.

I Alimentos, bebidas y tabaco.

II Textiles, vestido y cuero.

III Madera y sus productos.

IV Imprenta y editoriales.

V Química y sus productos.

VI Productos minerales no metálicos.

VII Industrias metálicas básicas.

VIII Productos metálicos, maquinaria y equipo.

IX Otras industrias manufactureras.

fue un paso importante en su modernización y en el desarrollo de nuevas formas de competencia.

La flexibilización laboral numérica (recorte de trabajadores) y funcional (trabajo polivalente), a través del cambio de los contratos colectivos, la introducción de programas de calidad desde la segunda mitad de los ochenta, también contribuyeron en la mejoría de productividad laboral, y en consecuencia de la PTF. Los cambios en la organización laboral posibilitaron una curva más elevada de adopción y aprendizaje de las nuevas tecnologías y la mejoría de la calidad de los productos.

Apertura comercial, demanda interna y externa

Otro factor que influyó en el crecimiento económico y la productividad de las naciones es la apertura comercial. Este fenómeno

no se analiza en los modelos de crecimiento endógeno en economía abierta (véase G.M. Grossman y E. Helpman, 1992). Un país en vías de desarrollo tiene en general mayores beneficios de productividad en su sector abierto que en el protegido (P. Villa, 1996, p. 2). La adquisición de maquinaria y de equipo tiende a mejorar la eficiencia productiva. También, los flujos de tecnología y de patentes contribuyen a acelerar el crecimiento. Además, la formación de regiones comerciales donde prevalece entre los países la libre circulación de los factores, de los bienes y de las ideas, puede favorecer el crecimiento, en la medida que la acumulación de la tecnología y de I&D se desarrollan (B. Amable y D. Guillec, 1992, p. 318).

El aprovechamiento de las oportunidades derivadas de la apertura comercial depende, en gran medida, del grado de integración y desarrollo de los sistemas nacionales de innovación. Es decir, del grado de desarrollo y articulación de los sistemas educativo, productivo, financiero e institucional (véase B.A. Lundvall, 1992).

En otro escenario, la apertura comercial puede acentuar las brechas competitivas con otros países. Las balanzas comerciales deficitarias son una expresión de ello. Los problemas de estabilidad financiera en el país y de crecimiento de la demanda interna y externa pueden afectar coyunturalmente o a largo plazo las tendencias de crecimiento del producto y la productividad.

La apertura comercial de México iniciada en 1987 y profundizada con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (1994), transformó de manera radical la naturaleza de la competencia nacional e internacional para las empresas mexicanas. En efecto, los empresarios acostumbrados durante las décadas previas a competir en mercados nacionales protegidos de la competencia externa, enfrentaron a finales de los ochenta y principios de los noventa la invasión de productos de importación con menor precio y en ocasiones con mayor calidad. Asimismo, las empresas orientadas a la exportación incursionaron en mercados internacionales altamente competitivos, en los que han ocurrido mutacio-

nes importantes ligadas a los nuevos paradigmas tecnológicos y a los procesos de globalización y regionalización.

La apertura comercial significó para las empresas siderúrgicas mexicanas nuevas oportunidades de incorporar y desarrollar nuevas tecnologías a través de acuerdos, alianzas y el mismo intercambio comercial.

El crecimiento de la siderurgia mexicana y la PTF están muy asociados a la expansión de la demanda. Tal es el caso del fuerte incremento de la PTF en la industria de Tubos y postes en el segundo periodo y en los establecimientos gigantes de las otras dos industrias. Entre 1984 y 1989 la demanda interna de acero creció negativamente, no así la externa, la cual varió en promedio anual 204.12 por ciento.²⁶⁹ La demanda doméstica de acero mexicano registró una importante recuperación en los años siguientes y un nivel menor en lo que refiere a la demanda externa pero igualmente importante. En efecto, el consumo doméstico de acero creció en promedio anual 11.9 por ciento de 1989 a 1994. En el mismo periodo, las exportaciones de acero, crecieron a una tasa anual de 42.4 por ciento.²⁷⁰ No ocurrió lo mismo con las exportaciones de productos planos, no planos, en tanto que las importaciones crecieron en ambos periodos.

Los productos siderúrgicos mexicanos de menor valor agregado han mostrado ventajas en costo y precios a partir de la apertura comercial. Las exportaciones de acero bruto crecieron con la apertura justamente en la industria que registró mayor crecimiento de la PTF.

Así, el acceso a nuevos mercados y el incremento de las exportaciones conllevaron una mejor utilización de la capacidad instalada en las empresas siderúrgicas. En efecto, a medida que la demanda externa aumentaba, se observaba un aprovechamiento más intensivo de los recursos existentes (mayores índices de la utilización de la capacidad instalada y explotación de crecientes

²⁶⁹ Estimaciones propias con base en INEGI, varios años.

²⁷⁰ *Idem.*

economías de escala). Un mayor nivel de eficiencia es posible gracias a una expansión de la demanda de productos y servicios. Si la demanda disminuye y la PTF aumenta, entonces un ajuste en la utilización de los insumos aumenta la eficiencia, aun con tendencias recesivas de la demanda (E. Hernández Laos, 1993).

Debido a la lenta maduración de las inversiones en la siderurgia, es muy probable que la PTF creció conforme a la utilización de la capacidad instalada. Esta tendencia se vincula al aumento de la producción y éste a su vez al aumento en la demanda efectiva (Ley Verdoon).

REFLEXIONES

LA PTF CRECIÓ en las tres industrias que conforman las Metálicas básicas del hierro y el acero, especialmente de 1987 a 1994. En la industria de Fundición y laminación primaria y la industria de Laminación secundaria, la empresa gigante registró mayores niveles de eficiencia productiva, en tanto que la pequeña redujo sustantivamente su productividad en el periodo de la apertura comercial. La Industria de Tubos y postes redujo su PTF de 1984 a 1988. La apertura comercial contribuyó al apreciable crecimiento de su productividad en los años posteriores.

El crecimiento en la industria siderúrgica se explica, según nuestras estimaciones, por el crecimiento de la PTF no por los incrementos de capital o del empleo. Estos insumos registraron tasas de crecimiento negativas en el periodo de estudio.

La importancia relativa de la PTF en el crecimiento del producto siderúrgico obliga a revisar el impacto del cambio tecnológico, la reorganización administrativa y el aumento de la demanda externa, a raíz de la política de promoción de las exportaciones. La difusión y el uso de las nuevas tecnologías en la manufactura del acero y el retiro de tecnologías obsoletas contribuyeron a la mejora de la PTF. También la reestructuración productiva comercial y financiera fue un factor esencial en la mejora de los niveles de eficiencia de la industria del acero. Adicionalmente, la privatización de las

empresas paraestatales profundizó las modificaciones de las relaciones laborales y la organización productiva, emprendidas con la reestructuración en 1983.

La apertura comercial puso en evidencia las fortalezas y debilidades de esta industria nacional. La libre competencia en los mercados internacionales y en especial en el estadounidense, con el TLC, obligó a los productores de acero nacionales a mejorar la productividad a fin de lograr precios competitivos. Algunas empresas decidieron fortalecer las líneas de producción de aceros planos y especializados y láminas galvanizadas para la industria automotriz nacional.

La competitividad internacional en esta industria nacional es un desafío de largo plazo, que se afrontará no devaluando la moneda sino fortaleciendo el proceso de innovación endógena y creando las condiciones para la asimilación de transferencia tecnológica externa. Ése es el reto no sólo de México sino de los países de reciente industrialización productores de acero.

CAPÍTULO 6

Hylsamex: la acumulación de las capacidades tecnológicas, la innovación y la competitividad

EN ESTE capítulo se estudia el caso de una empresa siderúrgica mexicana que ha basado su estrategia de crecimiento y de competitividad en el desarrollo de sus capacidades tecnológicas. La siderúrgica mexicana Hylsamex fue pionera desde los años cincuenta y sesenta en la inversión en Investigación y desarrollo, en la invención y el patentamiento de tecnología de reducción directa Hyl. Hylsamex se cuenta entre las empresas que han contribuido a la expansión productiva, la mejoría de la productividad y la calidad de los productos de la siderurgia nacional durante el periodo de la apertura comercial y la promoción de las exportaciones. Además, esta empresa mexicana se caracteriza, de manera atípica en el país, por su capacidad de exportación y su liderazgo mundial de tecnología en el segmento de reducción directa, compitiendo muy cercanamente con la tecnología Midrex de Estados Unidos.²⁷¹

Hylsa nació y creció durante el periodo de industrialización sustitutiva de importaciones, al igual que la empresa estatal AHMSA. Sin embargo las dos empresas tuvieron senderos de desarrollo y de desempeño disímiles. ¿Cómo explicar el desarrollo de Hylsa en el contexto de un sector industrial caracterizado por su dependencia tecnológica? ¿Qué factores determinaron la formación de las capacidades tecnológicas de la siderúrgica? ¿Cómo logró Hylsamex transformar en una fortaleza la transferencia tecnológica? ¿En qué circunstancias se desarrollaron las capacidades tecnológicas endógenas? ¿Cuál ha sido la contribución del capital humano? ¿Qué

²⁷¹ Actualmente ha sido absorbida por la empresa japonesa Kobe.

marco institucional regional, nacional o internacional favoreció la dinámica innovativa de la empresa? ¿La globalización refuerza el dinamismo innovador de Hylsamex y las tendencias de convergencia tecnológica con países industrializados? Éstas son algunas de las interrogantes que nos planteamos en este estudio.

El capítulo tiene tres partes. La primera parte se refiere al desempeño productivo y comercial de Hylsamex. La segunda aborda el estudio de las fuentes exógenas (transferencia tecnológica) y endógenas (actividad innovativa) del desarrollo de las capacidades tecnológicas de la empresa siderúrgica. En la tercera se analiza la competitividad internacional de la tecnología Hyl.

Las fuentes de información de que dispusimos para este capítulo son:

- los reportes anuales de Hylsamex de diversos años;
- la página de Internet (<http://www.hylsamex.com.mx>);
- archivos de contratos de transferencia tecnológica de la Secofi (1972-1989);
- Banco Nacional de Patentes (Banapa) de la Secofi-DGT (1980-1992), actualizado hasta 1999 por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI);
- Banco de Patentes de la United States Patent and Trade Mark Office (USPTO); y
- las entrevistas a funcionarios e informantes calificados de la empresa.

EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y COMERCIAL DE HYSAMEX

Antecedentes

Durante la Segunda Guerra Mundial se registró escasez de acero en México y en el país abastecedor más próximo, Estados Unidos. La incipiente industria nacional de Alimentos y bebidas padecía el desabasto de envases de acero. En particular, la cervecería Cuauh-témoc, empresa fundadora del grupo Alfa, demandaba hojalata

para la fabricación de envases y corcholatas de cerveza. En ese contexto y a instancias del grupo industrial Monterrey se crea en 1942 la empresa relaminadora Hylsa en la ciudad de Monterrey, al noreste de México, y empieza a operar en 1943.

Una vez concluido el conflicto bélico mundial, Hylsa²⁷² se enfrentó a la pérdida del mercado por la calidad superior de la hojalata importada de origen estadounidense. Este hecho alentó a la empresa a proyectar a finales de la década de los cuarenta la construcción de una siderurgia integrada con tecnología moderna. En diferentes etapas la empresa ha expandido su capacidad productiva con la construcción de nuevas plantas.

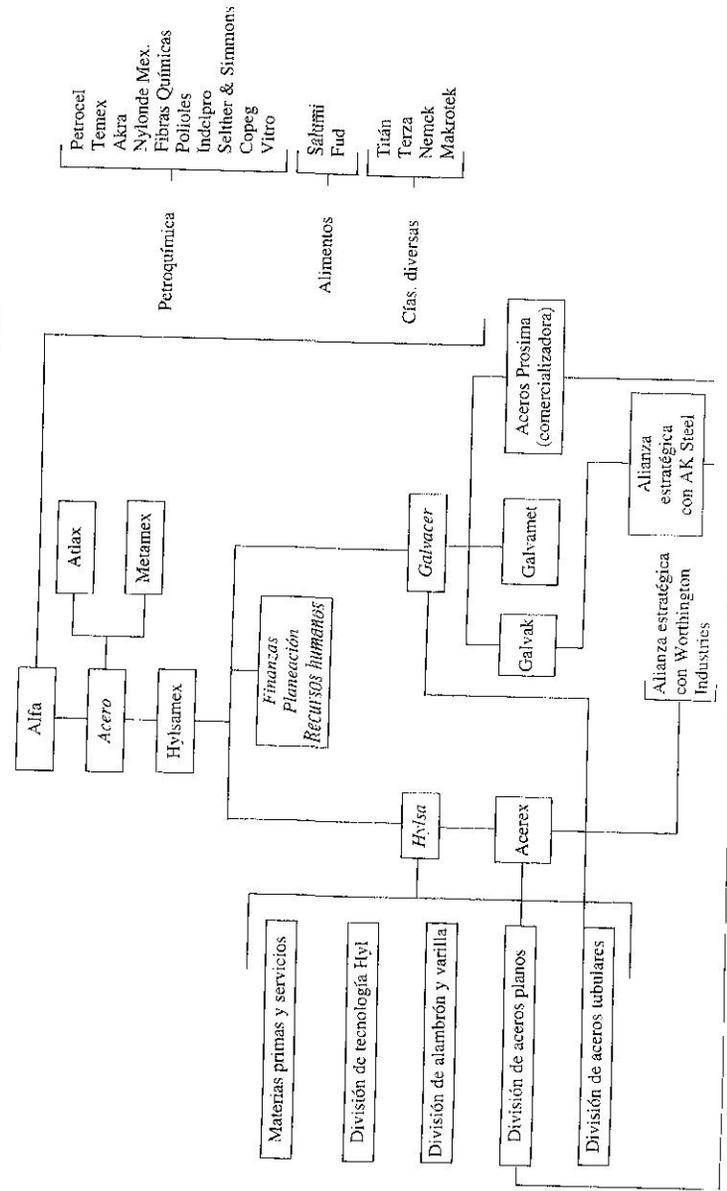
Organización productiva

Las actividades de Hylsamex están vinculadas a la producción y la comercialización de acero y sus productos. La gráfica 45 muestra las unidades organizacionales y divisiones o unidades de operación que conforman el *holding* Hylsamex, sociedad anónima de capital variable, subsidiaria del conglomerado Alfa. Las tres unidades organizacionales de Hylsamex se ubican en los ámbitos gerencial y administrativo (finanzas, planeación y recursos humanos), de la producción y la tecnología (Hylsa) y de la comercialización de productos de mayor valor agregado (Galvacer).

La división de materias primas coordina la extracción del mineral del hierro de las minas, propiedad de Hylsamex: El Encino, Cerro Nauhuatl, Aquila y la copropiedad Peña Colorada. La división de aceros planos está vinculada a dos unidades operativas, Acerex y Aceros Proxima; la primera realiza todos los servicios concernientes al soporte técnico, la entrega *just in time* y la calidad de los aceros planos, y la segunda comercializa los productos planos a clientes medianos y pequeños, en mercados no cubiertos por otras divisiones de Hylsamex. Acerex mantiene una alianza estratégica con la firma estadounidense Worthington Industries para

²⁷²Nos referimos a Hylsa hasta antes de la expansión en los años sesenta. Posteriormente la llamamos Hylsamex.

GRÁFICA 45
DIAGRAMA ORGANIZATIVO DE HYL SAMEX



la comercialización de los aceros en el sur de los Estados Unidos (Hylsamex, reporte anual, 1999). Galvak, creada en 1980, desarrolla la línea de galvanización del acero con moderna tecnología; produce aceros recubiertos (galvanizados y pintados), tubería y perfiles industriales en diferentes presentaciones y acabados. A su vez, la empresa estadounidense AK Steel estableció una alianza estratégica con Hylsamex desde finales de 1998; en esta alianza participan la División de Aceros Planos de Hylsa y Galvak con el propósito de comercializar diversos productos especializados de AK Steel en México y asimismo ofrecer los servicios de procesamiento, logística y soporte para productos planos. El convenio entre estas dos empresas contribuye a fortalecer la línea de productos ofrecidos por Hylsamex en el mercado interno.

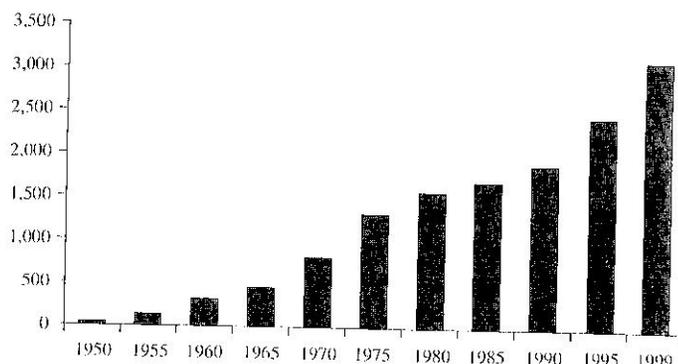
Producción

La producción de acero líquido de Hylsamex representa la cuarta parte de la producción nacional, con poco más de tres millones de toneladas en 1999²⁷³ (véase gráfica 46). Por su dimensión y costos de producción, las plantas de Hylsamex pueden considerarse miniplantas (miniacerías), aunque su capacidad es mayor y su sistema de producción de acero es totalmente integrado (Hyl, Reporte 9, verano de 1996).

El nivel de producción de Hylsa durante los años cincuenta fue reducido (35,000 toneladas de acero en 1950). Pese a su crecimiento en la década posterior, no fue sino hasta los años setenta que Hylsa logró expandir su nivel de producción a más de un millón de toneladas de acero. Las cuantiosas inversiones realizadas durante los años noventa en nuevas plantas, maquinaria y tecnología moderna se tradujeron a finales de esta década en la producción de tres millones de toneladas de acero. El crecimiento de la

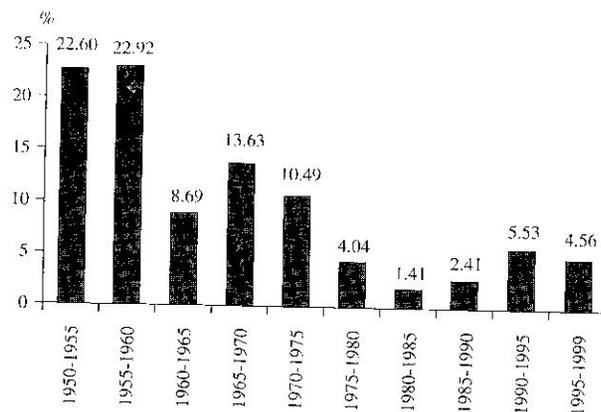
²⁷³ En este último año la empresa se expandió a Sudamérica con la compra de la cuarta parte del capital de la siderúrgica venezolana Sidor (Siderúrgica del Orinoco). Con esta adquisición Hylsamex casi duplicó su capacidad instalada en producción de toneladas de acero líquido por año.

GRÁFICA 46
HYLSA: EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ACERO,
1950-1999
(Miles de toneladas)



Fuente: Canacero, varios años, México.

GRÁFICA 47
HYLSA: TASAS DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL
DE LA PRODUCCIÓN DE ACERO
(Porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con base en Canacero, varios años, México.

empresa siderúrgica regiomontana fue dinámico a lo largo de cinco décadas (véase gráfica 47).

La producción de acero líquido, laminados planos y no planos se realiza en nueve plantas, cada una con una línea de especialización ligada a las diferentes divisiones (véase cuadro 28). En el estado de Nuevo León se ubican cinco plantas y una en el centro del país. Las plantas de mineral de hierro se ubican en Colima y Michoacán.

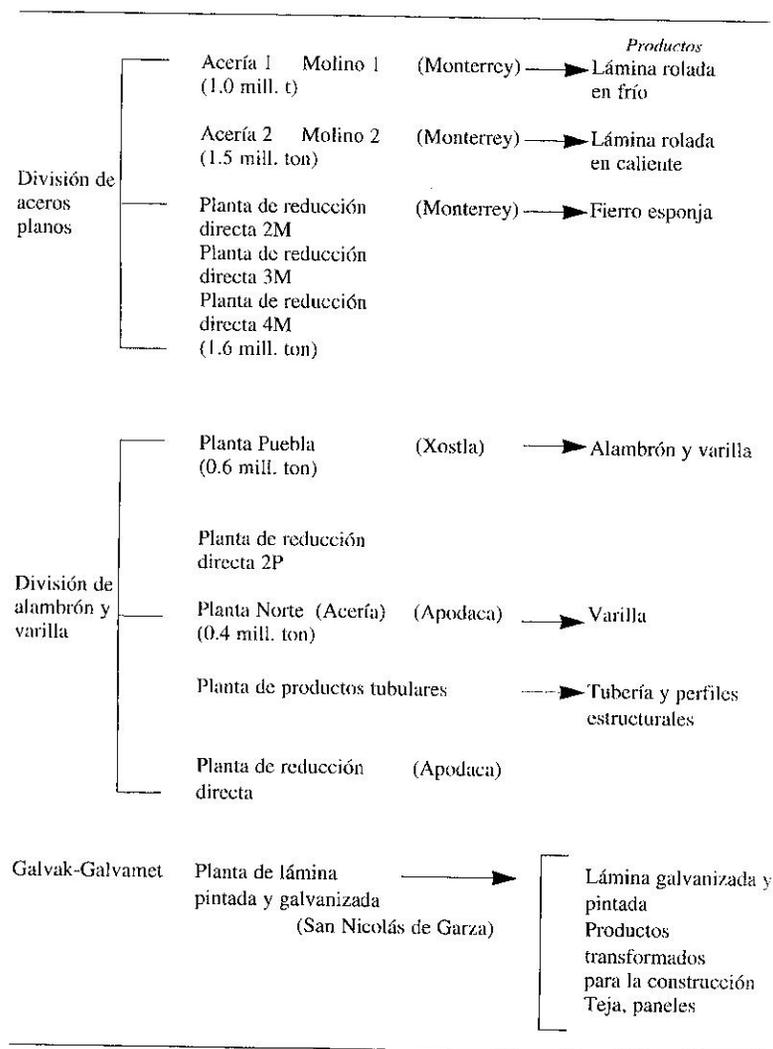
Hylsamex ha desarrollado capacidades tecnológicas para generar fuentes propias de insumos: mineral de hierro, electricidad y tecnología de reducción directa, lo cual le permite funcionar con mayor estabilidad frente a las fluctuaciones de los precios o escasez de estos insumos. Las minas de mineral de hierro operan con las innovaciones tecnológicas que garantizan productividad, seguridad y menores costos.

El conjunto de plantas de Hylsamex funciona con una utilización casi total de la capacidad instalada (95.0 por ciento en promedio). Incluso las nuevas plantas han logrado en un periodo corto niveles de producción cercanos al potencial. Un ejemplo de ello es la Planta de Aceración 2 que produce planchones finos con la tecnología SMS de colada continua. Ésta fue instalada en febrero de 1995 con una capacidad prevista de 750,000 toneladas de lámina rolada en caliente de cinco pulgadas de ancho y de un milímetro de espesor; al finalizar el año operaba al 83 por ciento de su capacidad (Hylsamex, reporte anual, 1999).

En las diversas plantas se transforma un conjunto de productos siderúrgicos de mayor valor agregado. Por ejemplo, las planchas laminadas en caliente se transforman en tubería y perfiles estructurales; plancha laminada en frío en productos galvanizados y pintados; alambre y sus productos y sus derivados; plancha galvanizadas en paneles de poliuretano insulado; plancha de acero cortados al tamaño y dimensiones requeridas por sus clientes.

Los principales productos siderúrgicos fabricados por la empresa son en orden de importancia por sus ventas: láminas (36 por ciento), lámina recubierta (galvanizada) y paneles de acero

CUADRO 28
HYLSAMEX: PLANTAS Y NIVEL DE PRODUCCIÓN



Fuente: Hylsamex, reporte anual, San Nicolás de los Garza, 1999.

(23 por ciento), varilla (15 por ciento), alambón (7 por ciento), tubos (7 por ciento) y otros –mineral de hierro, tecnología– (9 por ciento). La calidad de los productos está certificada con los programas ISO9000.

Empleo

En 1997 Hylsamex contaba con 5,020 trabajadores sindicalizados y 3,076 empleados. El 70 por ciento de esta planta laboral se ubicó en la producción; 2 por ciento en tecnología; 17 por ciento en la producción minera y 11 por ciento en otras actividades. El nivel de empleo se ha reducido durante la década de los noventa; mientras que en 1990 el personal total fue de 10,500 trabajadores y empleados, en 1997 éste se había reducido 22.9 por ciento.

Indicadores de eficiencia

El progreso tecnológico, la calidad del capital humano y el aprendizaje acumulado de los trabajadores de la empresa han contribuido a disminuir el uso de los insumos de energía, mejorar la productividad y la calidad de los productos y asimismo diversificarlos. La mejora de la productividad laboral de Hylsamex es comparable con los estándares mundiales. En 1987 la empresa requería 10 horas/hombre para producir una tonelada de acero; este nivel de productividad se redujo a la mitad en 1994 (5.0 horas/hombre por tonelada), lo que indica una clara convergencia con la productividad registrada por las siderurgias de los países industrializados.²⁷⁴ En 1999 la empresa logró reducir 15 por ciento de las horas hombre por tonelada con respecto al año anterior.

En cada planta los indicadores de productividad laboral han mejorado. En la división de Alambón y varilla la productividad pasó de 3.1 horas-hombre-tonelada en 1995 a 2.2 en 1999, aunque

²⁷⁴Estados Unidos y Japón registraban en 1974 un nivel de productividad de poco más de 10 hh/ton de acero y Francia más de 16 hh/ton de acero. En 1993 la productividad de estos tres países convergió a 7 hh/ton y en 1996 ésta mejoró a 5 hh/ton de acero. Sidor-Ucinor, 1997.

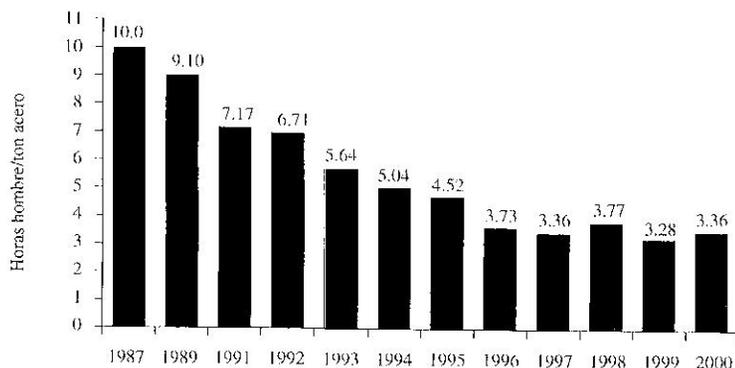
la planta norte de Alambrón y varilla tuvo mejor desempeño con 1.9 horas-hombre-tonelada en 1995.

Las mejoras tecnológicas en los procesos han permitido a Hylsamex reducir el uso de energía y de materias primas. En 1995 la siderúrgica logró disminuir 10 por ciento del consumo de electricidad, 17 por ciento de gas natural y 31 por ciento del costo del mineral de hierro. El ahorro de electricidad en 1999 fue de 5 por ciento y 10 por ciento en electrodos (Hylsamex, reporte anual, 1999).

Las dinámicas curvas de aprendizaje de las nuevas tecnologías han contribuido sin duda a alcanzar los niveles de productividad y de eficiencia en el uso de las materias primas y las fuentes de energía (véase gráfica 48).

GRÁFICA 48

HYLSA: EVOLUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD LABORAL
(Horas hombre/tonelada de acero)



Fuente: Hylsamex, informe anual, San Nicolás de los Garza, 2001.

Comercialización

El principal mercado de Hylsamex es el doméstico. En efecto, cuatro quintas partes de sus ventas se realizan en el mercado interno. Hylsamex abastece fundamentalmente a la industria de la construcción (70 por ciento) y en menor medida a la industria auto-

motriz (15 por ciento), aunque la empresa proyecta ampliar la presencia en este último sector. Las fuertes fluctuaciones de la demanda interna y externa han influido en las estrategias de ventas que sigue la empresa. Con la severa crisis financiera de México en 1995, las ventas de la siderúrgica se dirigieron hacia los mercados externos. Cuando el mercado interno se recuperó y otros países enfrentaban crisis y depresiones económicas, las ventas se concentraron en el interior.

Desde mediados de los ochenta Hylsamex orientó parte de su producción hacia las exportaciones. Estados Unidos ha sido el principal mercado de Hylsamex, pero durante los años noventa la exportación se diversificó hacia Europa y Asia. En 1995 crecieron sustantivamente las exportaciones a Europa (Alemania, España e Italia), Sudamérica (Chile) y Asia (Japón, China), favorecidas por la fuerte devaluación del peso a finales de 1994.²⁷⁵ En los años posteriores ha continuado esta diversificación, pero la crisis en los países del Sudeste Asiático y en Rusia ha limitado las exportaciones hacia esas regiones.

En la gráfica 49 se muestra la evolución de las ventas en los últimos cuatro años por división. En 1998 las ventas se contrajeron, pero en general se aprecia una tendencia de crecimiento, con excepción de los aceros tubulares cuyas ventas se mantienen estancadas.

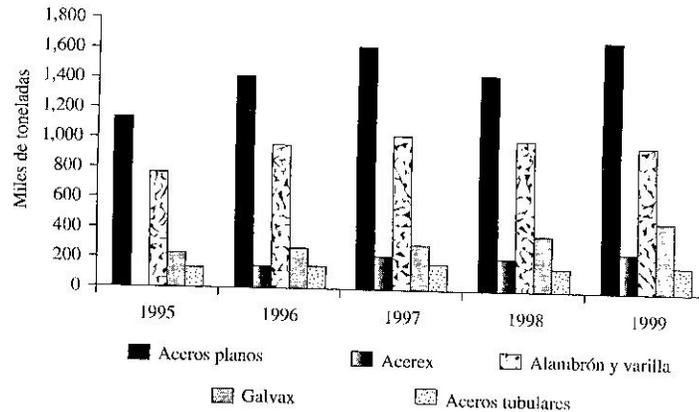
LA FORMACIÓN DE LAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

A LO LARGO de su historia la siderúrgica Hylsamex ha desarrollado las habilidades, los conocimientos, la experiencia y, además, las estructuras y eslabonamientos institucionales para generar y gestionar el cambio técnico.²⁷⁶ La empresa ha atravesado varias etapas complejas en la creación y acumulación de capacidades tecnológicas: desde una primera etapa básica caracterizada por el

²⁷⁵ Las exportaciones de Hylsamex representaron el 35 por ciento de la producción (página Internet de Hylsamex).

²⁷⁶ Utilizamos la definición de *capacidades tecnológicas* de M. Bell y K. Pavitt, 1995.

GRÁFICA 49
HYLSAMEX: VENTAS TOTALES POR DIVISIÓN
(Miles de toneladas)



Fuente: Elaboración propia con base en Hylsamex, informe anual, San Nicolás de los Garza, 1999.

aprendizaje y la asimilación de la tecnología de fabricación del acero hasta una etapa avanzada de innovación basada en la investigación y desarrollo y de difusión de su tecnología. La evolución de las capacidades de producción, de inversión y de vinculación ha ocurrido en un entorno regional muy favorable, pero en un contexto nacional que dista mucho de ser el óptimo para la empresa siderúrgica.²⁷⁷

El conjunto de habilidades y conocimientos acuñados por Hylsamex provienen en gran medida del aprendizaje tecnológico y éste a su vez de la capacidad de absorción que sus trabajadores desarrollaron, basados en conocimientos explícitos y tácitos. Así, el crecimiento de las capacidades tecnológicas de esta empresa

²⁷⁷S. Lall, 1992, señala que las *capacidades tecnológicas* aluden a las habilidades para operar una planta en forma eficiente e innovadora con el soporte de las actividades de I&D; las *capacidades de inversión* se refieren a las habilidades para generar nuevos proyectos de inversión y las *capacidades de vinculación* expresan habilidades para transferir tecnología y conocimiento intra e interempresa en interrelación con la estructura científica y tecnológica del país.

descansa en dos fuentes. La primera es una fuente externa y deriva del conocimiento explícito. La segunda fuente es endógena y proviene del conocimiento tácito, es decir, aquel que se acumula a partir de la experiencia y se expresa en la acción dentro de un contexto específico. La empresa accedió al conocimiento explícito a través de la transferencia tecnológica por mecanismos contractuales (licencias, asesorías, diseños, programas de informática, etcétera) o no contractuales (libros, asistencia a congresos, acceso a maquinaria), y su grado de asimilación dependió de las habilidades adquiridas. El conjunto de habilidades y conocimientos que los trabajadores poseen provienen de la experiencia acumulada en las tareas productivas y forman el conocimiento tácito. Así, la firma mexicana del acero ha accedido al conocimiento explícito en la medida en que ha adquirido un flujo de tecnología de proveedores externos (nacionales o extranjeros) y ha consultado diversas fuentes científicas y tecnológicas. Pero el éxito de la asimilación y la apropiación de la tecnología externa ha sido posible gracias al fortalecimiento de su propio esfuerzo de aprendizaje tecnológico, es decir, al fortalecimiento del conocimiento tácito. A continuación analizamos las fuentes externas de las capacidades tecnológicas a través de los contratos de transferencia tecnológica y posteriormente, las fuentes endógenas con base en el estudio de las actividades de I&D y el patentamiento, indicador de la actividad innovativa.

La transferencia tecnológica

En general, al invertir en capital físico tangible (maquinaria y equipo) y en capital intangible (asesorías, patentes, programas de cómputo, I&D, capacitación laboral, etcétera), las empresas transfieren tecnología del exterior. Según las teorías del crecimiento endógeno (Romer, 1990), la transferencia tecnológica ocurre no sólo con la compra de bienes de capital, sino también con la adquisición de conocimiento tácito, y a través de otras formas de apropiación de los conocimientos y las técnicas, algunos de ellos no codificados o contabilizados. Además, las externalidades derivadas de la adquisición de maquinaria y equipo y los *spillovers* de los

conocimientos de otras firmas o ramas industriales, son fuentes adicionales de creación tecnológica.

Hylsamex se ha caracterizado por sus cuantiosas y continuas inversiones en capital físico, especialmente de bienes de capital importados, y en un conjunto de rubros definidos como capital intangible (i&d, formación de capital humano, capacitación laboral, etcétera). El colapso financiero de la economía mexicana a principios de los ochenta, la crisis de la deuda y la recesión en los años posteriores, fueron factores que mantuvieron estancada la inversión en muchas empresas, entre ellas Hylsamex. La empresa sólo estuvo en condiciones de recuperar sus niveles de inversión una vez renegociada su deuda y el financiamiento del Banco Mundial a finales de los ochenta. La inversión realizada por Hylsamex de 1990 a 1998 se destinó a la modernización en todas sus plantas y ascendió aproximadamente a 1,250 millones de dólares, un promedio anual de 156 millones de dólares. La incorporación de tecnología de punta (colada continua en todos sus procesos de producción, automatización de sus procesos, programas de control de calidad, mejoras tecnológicas en el ahorro de energía, etcétera) contribuyó a aumentar las capacidades tecnológicas en cada una de las plantas de la empresa, intensificando su eficiencia productiva y la calidad de sus productos. Asimismo, permitió diversificar la producción a aceros de mayor valor agregado y especialización.

Aun sin disponer de la información de transferencia tecnológica desde los inicios de la empresa, estudiaremos la forma en que Hylsa fue formando sus capacidades tecnológicas por la vía de la adquisición de maquinaria, la contratación de consultorías extranjeras y, paralelamente, cómo los trabajadores desarrollaron sus habilidades para apropiarse de la tecnología transferida y hacer aportaciones propias de 1943 a 1972. Posteriormente, analizaremos los contratos de transferencia tecnológica (CTT) de 1973 a 1989.

Desarrollo de capacidades tecnológicas de Hylsa

Hojalata y Lámina, S.A. (Hylsa) empieza a operar como relaminadora en 1943 en la ciudad de Monterrey con un capital

inicial de tres millones de pesos, 16 trabajadores, maquinaria y equipo obsoletos adquiridos en el norte de Estados Unidos y el sur de Canadá (véase cuadro 29). El primer equipo inicial de ingenieros y mecánicos, maestros del torno oriundos de Nuevo León, fue esencial para adaptar la maquinaria de desecho en la empresa. Los trabajadores poseían calificación especializada en mecánica, no en siderurgia. La producción inaugural fue de 4,300 toneladas de hojas de acero. Su calidad fue deficiente debido en gran medida a una materia prima (proveniente de la compañía *Koons*, de Estados Unidos) de mala calidad, con alto contenido en carbón, y también por medidas inapropiadas y errores propios del aprendizaje tecnológico.

La adquisición de un horno eléctrico estadounidense por parte de Hylsa en 1945 tenía el propósito de producir internamente la placa de acero para cancelar su importación. Se contrató la asistencia técnica de ingenieros de Estados Unidos para instalar y operar el horno. La instalación se realizó en dos años y una vez puesta en operación la unidad productiva surgieron algunos problemas:

- un costo oneroso de mantenimiento del horno;
- la placa era muy dura y afectaba la maquinaria de laminación.

En 1947 la empresa decide prescindir de la asesoría estadounidense debido a conflictos entre esos ingenieros y los técnicos mexicanos; y toma en sus manos el control del aprendizaje. Sin el apoyo externo, pese a considerables pérdidas, los técnicos mexicanos de Hylsa lograron resolver un conjunto de problemas técnicos, y aumentaron la cantidad y la calidad de la lámina producida.

En los años cincuenta, en vías de modernizar su equipo para mejorar su producción de hojalata, Hylsa importó nuevas máquinas de Estados Unidos con financiamiento del Eximbank. La obra civil y la red de servicios estuvo bajo la dirección del ingeniero mexicano Federico Price Falcón, especialista en siderurgia, y nuevamente se recurrió a la asistencia técnica de Estados Unidos

para instalar y operar la nueva planta. Una vez puesta en marcha la planta, los trabajadores se enfrentaron a continuos paros en las maquinarias y a la ausencia de repuestos de piezas. Los problemas financieros de la empresa constituían otro factor adverso. Al respecto se reporta en las memorias de Hylsa:

[los ingenieros y técnicos] "...dejaron la angustia financiera en los responsables de ella; y sólo se dedicaron a trabajar con total entrega a buscar formas de superar el proceso, ahorrar desperdicios, aumentar productividad... Se adquirió experiencia en las máquinas, sacándoles más producción y evitando desperfectos y roturas. Duraban más las piezas y ya se iban adquiriendo refacciones. Como no había técnicas de adiestramiento, éste acontecía en la práctica, efectuada en común, operarios e ingenieros siempre juntos. Iba creándose una mística, que maduraría lentamente, sobre las ventajas del trabajo en equipo (R. Mendirichaga, 1984, p. 106).

El ingenio de los trabajadores de Hylsa para resolver los problemas técnicos fue apoyado por la empresa mediante la contratación en 1956 de jóvenes ingenieros electricistas recién egresados. La empresa transita así a una nueva fase del desarrollo de sus capacidades tecnológicas que se caracteriza por la adquisición de nueva maquinaria y un proceso de aprendizaje interactivo entre los jóvenes ingenieros y los *viejos* técnicos con experiencia acumulada. "El espíritu era similar, la entrega, la voluntad; sólo que ya no sucederían más las cosas sin tener el antecedente sobre ellas... Se marchaba hacia el fin del empirismo" (*idem*). En ese contexto se fortalece el proceso *learning by doing*, mejorando con ello la eficiencia productiva, aumentando la capacidad para mantener y reparar las descomposturas de la maquinaria y reducir el desperdicio al utilizar el viejo equipo. No obstante, el problema de calidad deficiente del acero aún no se superaba dado que Hylsa utilizaba chatarra para producir acero, y para el tipo de laminados más finos que pretendía fabricar se requería hierro virgen.

Ante tal desafío productivo Hylsa emprende la investigación sistemática de los procesos de reducción directa para producir hierro esponja. Las carencias financieras de la empresa para erigir una siderurgia de grandes dimensiones y los problemas de abastecimiento de chatarra fueron las razones iniciales por las que la empresa adoptó la estrategia de la I&D y de la innovación. Al mismo tiempo, Hylsa entra en una primera etapa de expansión, creando nuevas filiales y diversificando su producción hacia aceros no planos. En el contexto de esa expansión Hylsamex invierte en 1962 en maquinaria: unidad de reducción directa, una acerería y colada continua, una central eléctrica.

En la segunda etapa de expansión y modernización (1964-1967) Hylsamex aumenta la capacidad productiva de hierro esponja y adquiere un nuevo horno eléctrico. El proceso de expansión de Hylsamex continuó en esa misma década con la construcción de una nueva planta siderúrgica en Puebla entre 1968 y 1969, la cual produciría productos no planos para abastecer la demanda de acero de las industrias y la construcción del centro del país. Para esta planta se adquirieron una acerería eléctrica compuesta de tres hornos de 60 toneladas de capacidad, dos máquinas de colada continua, un tren de laminación y equipo mecánico, provenientes de la República de Alemania Federal y equipo eléctrico originario de Suiza (G. Fourt, 1985, p. 6).

La evolución de los contratos de transferencia tecnológica de Hylsamex (CTT)

El acceso a la información de la transferencia tecnológica adquirida durante el periodo 1973-1990 por Hylsamex es posible mediante la consulta de los contratos de transferencia tecnológica (CTT) regulados por la Ley de Transferencia Tecnológica. Esta ley estuvo vigente en México durante 18 años, a partir de 1973; fue publicada el 31 de diciembre de 1972, entró en vigor a partir de enero de 1973 y fue derogada en 1991. Los CTT constituyen un indicador muy valioso para el estudio del flujo exógeno de creación de tecnología. La información contenida en ellos nos permite conocer:

CUADRO 29
 HYLSA: LA FORMACIÓN DE LAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS.
 LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA,
 1942-1956

Año	Etapa	Maquinaria y equipo. Capacidad productiva	Origen de maquinaria	Asesoría externa	Habilidades laborales	Problemas de producción
1942	Búsqueda de tecnología, maquinaria y equipo.					
1943	Puesta en marcha de la planta relaminadora.	Tres molinos, tres calentadores y tres de lámina; tres tijeras; un debastador; cuatro tijeras chicas; máquina lavadora. máq. estañadoras; pulidoras, tres molinos para laminación en frío y una grúa incompleta.	Maquinaria de desecho del norte de Estados Unidos y sur de Canadá.		Mecánicos y maestros del torno adaptan las piezas de desecho.	Se utilizaba placa de acero proveniente de Estados Unidos de mala calidad y se producía lámina deficiente con uso intensivo de mano de obra.
1945	Se sustituye la importación de placa por la producción propia.	Horno eléctrico Q. La instalación se realizó en dos años.	Estados Unidos.	Asistencia técnica de ingenieros de Estados Unidos para instalar y operar el horno.		Producción de placa no es rentable. Elevado costo de mantenimiento. Placa muy dura y averiaba la maquinaria de Fábricas Monterrey. Laminación en frío.
1947	Transición de la asesoría estadounidense al aprendizaje propio.			Relación conflictiva entre asesores técnicos estadounidenses y técnicos mexicanos. Se prescindió de los servicios de asesoría.	Se efectúan cambios técnicos para combinar la acción del nuevo molino y sus motores logrando el control y la presión exacta. Además se obtiene un rolado uniforme; aumenta la cantidad y la calidad de lámina producida.	Las mermas son todavía elevadas.
1949	Gestión técnica para la adquisición de nueva planta.		Estados Unidos. El Eximbank financió 30 millones de pesos para la inversión con el aval de Nafinsa.			
1952	Instalación de nueva planta. Uso del método de rolada de placa cortada. Aumenta el número de empresas filiales, ex-clientes de Hylsa.			Contratación de asistencia técnica de Estados Unidos para instalar y operar la planta.	Dirección de la obra civil y red de servicios a cargo de ingeniero mexicano. Soluciones propias a los errores de operación. Las piezas son adaptadas a los nuevos equipos.	Paros continuos de la maquinaria. Dificultad para conseguir repuestos.
1956	Capacidad productiva baja 100 toneladas diarias.				Contratación de las primeras generaciones de egresados de ingenieros eléctricos, Mecánicos y electricistas de	La calidad del acero producido por Hylsa está por debajo de las exigencias de la industria nacional

CUADRO 29 (Continuación)

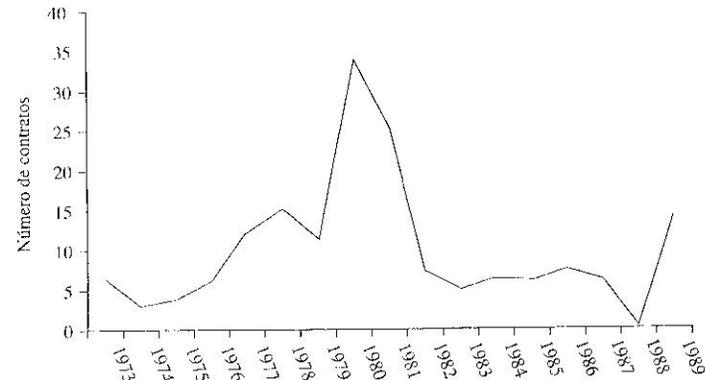
Año	Etapas	Maquinaria y equipo, Capacidad productiva	Origen de maquinaria	Asesoría externa	Habilidades laborales	Problemas de producción
	Incremento paulatino de la capacidad productiva de la planta. Se fortalece el proceso learning by doing.				Hylsa resuelven los constantes paros en las máquinas de acero. Se procesan los sobrantes de las operaciones con el viejo equipo de producción. Interacción de aprendizaje entre profesionistas recién contratados y los técnicos formados en la práctica. Mejoría en la eficiencia productiva.	que demanda acceros más finos, por lo que desciende la demanda. Hylsa utiliza chatarra en la producción de acero y lámina y más bien se requiere hierro virgen.
	Estudio y experimentación de proceso de reducción directa.	Planta piloto.		Consulta de 200 patentes de reducción directa. Se experimenta con el proceso Hoganas modificado. La planta piloto de reducción directa fue diseñada por la Ontario Research Foundation.		La planta piloto presentaría problemas técnicos que exigen soluciones artesanales. El hierro esponja es de calidad pero de alto costo por lo que se destina a producciones especiales.
	Desarrollo de la tecnología de reducción directa.	Construcción de nueva planta de reducción directa productora de fierro esponja. Capacidad productiva 50 ton diarias.		Asistencia en el diseño y la construcción del ingeniero estadounidense Madaras. Posteriormente la empresa Kellogg diseña un reformador adecuado al proceso de reducción directa.		La planta diseñada con la asistencia de Madaras no funcionó. Se tuvo mejoría en la reducción con el apoyo

- el origen y el tipo de titular de la tecnología transferida o contratada;
- el ámbito de aplicación de la tecnología transferida o contratada (producción, mercado y gestión administrativa);
- la duración de los contratos; y
- las formas de pago de la tecnología contratada o transferida.

En la gráfica 50 se aprecian tres tendencias en la contratación de transferencia tecnológica por Hylsamex entre 1973 y 1990. La primera (1973 a 1981) se caracteriza por un dinámico crecimiento de los CTT. En la segunda (1982-1988) se manifiesta el descenso y el estancamiento de los CTT. Finalmente, durante 1989-1990, años hasta los cuales disponemos de información, repuntan de manera importante los CTT.

El creciente registro de los CTT de Hylsamex, en los años 1973-1981, se acompañó de una mejoría en la utilización de la capacidad instalada y, en consecuencia, del aumento de la produc-

GRÁFICA 50
EVOLUCIÓN DE LOS CONTRATOS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE HYLSAMEX, 1973-1989



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de SECOFI-DGTT, 1991.

ción.²⁷⁸ El mejor aprovechamiento de los recursos puede asociarse al impacto de las mejoras tecnológicas a raíz de la transferencia tecnológica, aunque también influyó el crecimiento de la demanda interna generada en el marco del auge petrolero. En efecto, el auge de las exportaciones petroleras mexicanas impactó favorablemente la demanda interna de acero, en especial la de tubos. En esa dinámica apuntamos que el mayor número de CTT adquiridos por Hylsamex coincide con el periodo de expansión de Petroleos Mexicanos (Pemex).²⁷⁹

La disminución sustancial de los CTT entre 1982 y 1988 se enlaza con los problemas financieros de Hylsamex.²⁸⁰ Los enormes costos que representaba el pago de la deuda obstaculizaban las nuevas inversiones. En estos años, la severa recesión de la economía mexicana afectó el consumo interno de acero. Pese a las dificultades financieras, la empresa mantuvo alrededor de seis CTT por año.

En 1989, una vez renegociada su deuda, Hylsamex aumentó nuevamente las transferencias tecnológicas y continúa haciéndolas de manera apreciable en los años noventa, pero de estas últimas no se tiene el registro debido a la derogación de la Ley de Transferencia Tecnológica y los CTT. El proceso de liberalización de la economía mexicana iniciado a finales de los ochenta que condujo a la adhesión al GATT (1987) y finalmente a la negociación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), demandaba el cambio de la intervención estatal en la fijación de precios y las condiciones de los CTT. En ese contexto, en junio de 1991 se derogó la Ley de Transferencia Tecnológica, después de dieciocho años de vigencia.

Hylsamex efectuó entre 1990 y 1997 un cuantioso volumen de transferencia tecnológica, del cual no se tiene registro. No

²⁷⁸Entre 1972 y 1980 Hylsamex registró un crecimiento de su producción de 5.04 por ciento promedio anual y la utilización de la capacidad instalada varió de 89.9 a 95.3 por ciento en el mismo periodo.

²⁷⁹Setenta y dos de los 91 CTT registrados en este subperiodo, 1973-1981, se adquirieron entre 1978 y 1981, años en que la actividad petrolera en México impactó la demanda de acero.

²⁸⁰En 1981-1982 el conglomerado Alfa atravesó por fuertes problemas financieros. El 60 por ciento de la deuda en 1983 de este grupo correspondía a Hylsa.

obstante, la propia empresa declara haber efectuado inversiones en ese periodo que ascienden a 1,250 millones de dólares, de los cuales 738 millones se destinaron a acería.

Origen y tipo de titular de los CTT de Hylsamex

El origen se refiere al país de donde proviene la tecnología transferida y el tipo de titular especifica si el proveedor de la tecnología es un individuo, una empresa o una institución pública.

Durante 1973-1989 se registraron 167 CTT, de los cuales 47.3 por ciento fueron de origen mexicano, 41.9 por ciento de Estados Unidos y 10.8 por ciento de otros países.²⁸¹ En la década de los setenta, especialmente durante el segundo lustro, las principales fuentes de abastecimiento de la tecnología exógena de Hylsamex fueron fundamentalmente del país. Pero a principios de los ochenta la transferencia tecnológica proveniente de Estados Unidos aumentó su importancia relativa. Así, entre 1981 y 1983 más de la mitad de los CTT fueron originarios de Estados Unidos.²⁸² En los años posteriores se redujo la contratación de tecnología de origen estadounidense; también la contratación doméstica de transferencia de tecnología se redujo, y ambas mantuvieron una relativa convergencia.

La participación de otros países en el aprovisionamiento de tecnología a Hylsamex durante los años setenta fue nula, según el registro de CTT. Sólo a partir de los años ochenta se transfirió tecnología de otros países. De 18 contratos registrados por otros países entre 1979 y 1989, siete correspondieron a Japón. Firmas europeas y canadienses participaron con uno o dos contratos de transferencia tecnológica.

A lo largo del periodo analizado Hylsamex tendió a diversificar sus fuentes de aprovisionamiento de tecnología. En principio, durante los setenta los proveedores de tecnología fueron

²⁸¹Esto corresponde a 79 CTT de origen mexicano, 70 provenientes de Estados Unidos y 18 de otros países.

²⁸²La deuda contraída por Hylsamex por la transferencia de tecnología se agravó con la devaluación del peso ocurrida en 1982.

esencialmente de origen mexicano, por razones explicables en el contexto de una economía cerrada, con un férreo proteccionismo industrial. Posteriormente, en los ochenta, la participación de la tecnología estadounidense aumentó. Al final del periodo analizado, caracterizado por la apertura comercial de México y la promoción de las exportaciones, Hylsamex amplió sus contrataciones de tecnología hacia otros países. Ello cuando los procesos de globalización en las industrias y firmas iniciaba en varios países industrializados. La diversificación de fuentes de aprovisionamiento de tecnología enriqueció el stock de conocimientos tecnológicos de Hylsamex.

CUADRO 30
TECNOLOGÍA TRANSFERIDA POR HYSAMEX SEGÚN EL
PAÍS DE ORIGEN Y TIPO DE TITULAR, 1973-1989

País	Empresas		Individuos		Institutos		Total	
	Número contratos	%	Número contratos	%	Número contratos	%	Número contratos	%
México	73	43.7	5	3.0	1	0.6	79	47.3
Estados Unidos	57	34.1	13	7.8	--	--	70	41.9
Japón	7	4.2	--	--	--	--	7	4.2
Canadá	2	1.2	1	0.6	--	--	3	1.8
Suiza	2	1.2	--	--	--	--	2	1.2
Reino Unido	2	1.2	--	--	--	--	2	1.2
Finlandia	2	1.2	--	--	--	--	2	1.2
Países Bajos	1	0.6	--	--	--	--	1	0.6
Alemania	1	0.6	--	--	--	--	1	0.6
Total	147	88.0	19	11.4	1	0.6	167	100.0

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de Secofi-dgit, 1991.

Al revisar el tipo de titular de la tecnología transferida, identificamos a las empresas como las principales proveedoras (88.0 por ciento en todo el periodo). Los individuos aportaron 11.4 por ciento de la tecnología. De ésta, más de dos tercios correspondió a individuos estadounidenses y más de un cuarto a mexicanos. La contribución de los institutos fue marginal (0.6 por ciento). Sólo

se registró en el periodo analizado un contrato con una institución mexicana.

En la actualidad se estima que 30 por ciento de la tecnología para la fabricación de acero y automatización de procesos utilizada en Hylsamex es producida endógenamente y 70 por ciento proviene de empresas extranjeras. Es nula la participación de empresas mexicanas en el aprovisionamiento de este tipo de tecnología. Las firmas proveedoras de tecnología para la fabricación de acero y automatización de procesos en Hylsamex son: Shloemann Siemens y Ferrostal de Alemania; ABB de Suiza, Metecno de Italia y Worthington Industries de Estados Unidos.

Ámbito de la aplicación de la tecnología transferida por Hylsamex

Los tres grandes ámbitos de aplicación de la tecnología transferida o contratada son la producción, el mercado y la gestión administrativa. En el ámbito de la producción, los CTT atañen a la asistencia técnica, los conocimientos técnicos, las patentes, la ingeniería básica y la consultoría. En el dominio del mercado, los CTT corresponden a las marcas. Finalmente, en el ámbito de la administración, los CTT consideran los programas de cómputo y la consultoría en operación administrativa. En cuanto al tipo de tecnología identificamos cinco:

- diseño;
- operación;
- proceso;
- de producto; y
- de gestión administrativa.

El flujo más importante de los CTT recibidos por Hylsamex en el periodo de estudio (1973-1990) se centró en el ámbito de la producción y, particularmente en lo que se refiere al tipo de proceso. En efecto, el cuadro 31 muestra que 85.0 por ciento de los contratos se orientaron al ámbito de la producción y en menor medida a la gestión administrativa (10.2 por ciento) y al mercado

CUADRO 31
CONTRATOS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
DE HYLAMEX POR ÁMBITO DE APLICACIÓN
Y TIPO DE TECNOLOGÍA,
1973-1989
(Total y porcentaje)

Ámbito de aplicación	Tipo de tecnología										Total	%	
	Diseño		Operación		Proceso		Producto		Gestión admva.				Núm.
	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%			
Producción	9	5.4	23	13.8	94	56.3	16	9.6	0	0.0	142	85.0	
Asistencia técnica	1	0.6	6	3.6	33	19.8	3	1.8	0	0.0	43	25.7	
Consultoría	1	0.6	4	2.4	2	1.2	1	0.6	0	0.0	8	4.8	
Conocimientos técnicos	0	0.0	3	1.8	28	16.8	6	3.6	0	0.0	37	22.7	
Patentes	0	0.0	0	0.0	1	0.6	2	1.2	0	0.0	3	1.8	
Ingeniería básica	7	4.2	10	6.0	30	18.0	4	2.4	0	0.0	51	30.6	
Mercado		0.0		0.0		0.0		4.8		0.0		4.8	
Marcas registradas	0	0.0	0	0.0	0	0.0	8	4.8	0	0.0	8	4.8	
Gestión administrativa	0	0.0	2	1.2	0	0.0	0	0.0	15	9.0	17	10.7	
Operación o gestión	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	1.8	3	1.8	
Programas de cómputo	0	0.0	2	1.2	0	0.0	0	0.0	12	7.2	14	8.4	
Total	9	5.4	25	15.0	94	56.3	24	14.4	15	9.0	167	100.0	

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de SICOM-DGIT, 1991.

(4.8 por ciento). Esto sugiere que la empresa modernizó sus procesos de producción incorporando especialmente la asistencia técnica, la ingeniería básica y los conocimientos técnicos. Los CTT en consultoría y en patentes fueron marginales. En el ámbito del mercado los CTT se orientaron a la concesión de marcas registradas. Finalmente, en el caso de la gestión administrativa, la adquisición principal se localizó en los programas de cómputo (8.4 por ciento) y escasamente en operación o gestión.

Con relación a los programas de cómputo, Hylsamex desarrolló durante los años setenta y ochenta sus propios programas de *software* para simplificar los procesos administrativos y de producción, en virtud de que los proveedores no poseían la especialización, la capacidad y los productos requeridos. En 1993 Hylsamex se percató de los rezagos de su *software* financiero con respecto a los desarrollados por empresas internacionales especializadas. Fue entonces cuando decidió contratar los servicios de la empresa alemana SAP, la cual respondía a las necesidades de Hylsamex.²⁸³ La experiencia acumulada por el personal de informática fue esencial en el proceso de aprendizaje y ajustes del nuevo sistema. El problema del soporte técnico fue atendido por las empresas consultoras mexicanas que surgieron o crecieron alrededor de SAP (los grupos de consultoría de IBM de México y Hewlett Packard de México).

Con respecto al tipo de tecnología identificamos, en primer término, a más de la mitad de los CTT correspondientes a proceso. En segundo término, ubicamos a los CTT destinados a operación y producto (con casi una cuarta parte en ambos), y finalmente a diseño (5.4 por ciento). Este conjunto de tecnología se aplicó esencialmente en el ámbito de la producción (véase cuadro 31). Por ejemplo, en lo que concierne a proceso y la asistencia técnica e ingeniería de base, destaca la incorporación de la colada continua, los hornos eléctricos y aquellos aspectos relacionados con la mejora de su tecnología endógena Hyl. En el ámbito del mercado, las marcas registradas estuvieron dirigidas a productos.

Los contratos referentes por programas de cómputo se ubicaron en su mayoría dentro de la gestión administrativa, tanto por ámbito como por tipo, y en menor proporción en la operación.

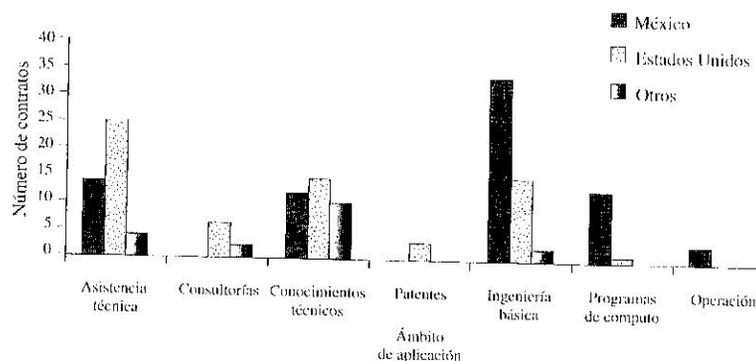
Al relacionar la información del dominio de la aplicación y el país de origen de la tecnología destaca México como la principal fuente de aprovisionamiento de ingeniería de base, durante el periodo de que disponemos de información (véase gráfica 51). De Estados Unidos proviene principalmente la asistencia técnica,

²⁸³ "Hylsamex una revolución sin nombre", *Expansión*, junio de 1996, p. 53.

aunque también los conocimientos técnicos de ingeniería de base. La tecnología adquirida de otros países concierne esencialmente a los conocimientos técnicos (véase cuadro 32). La empresa japonesa Ishikavajima Harima Heavy Industries Co. (IHHI) realizó los trabajos de ingeniería y construcción de una nueva acería al inicio de los ochenta. En ese proyecto, la firma japonesa aprovisionó a Hylsamex de dos hornos eléctricos de arco y una colada continua.²⁸⁴ Las firmas, institutos o individuos mexicanos fueron proveedores importantes de la ingeniería básica. En contraste, los extranjeros fueron fuente de aprovisionamiento en asistencia técnica y conocimientos técnicos, aunque también aportaron tecnología de ingeniería de base. La ausencia de registro de CTT en los años noventa obstaculiza el análisis detallado de la tecnología transferida por Hylsamex.

GRÁFICA 51

HYLSA: CONTRATOS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA POR ÁMBITO DE APLICACIÓN Y PAÍS DE ORIGEN, 1973-1989



Fuente: Elaboración propia con base en los datos de Secofi-DGTT, 1989.

En los años recientes se ha destinado entre 10 y 30 por ciento de los ingresos (ventas) a la inversión, dependiendo de la situación

²⁸⁴G. Fourt, 1985, p. 9.

financiera de la empresa y las condiciones del mercado. La inversión promedio durante 1988-1994 se distribuyó en términos generales así: 7 por ciento a la expansión de Hylsamex (formación o adquisición de nuevas empresas, sin contar la compra de un tercio de la empresa venezolana Sidor); 70 por ciento a la modernización; 5 por ciento al desarrollo tecnológico y 18 por ciento a la conservación y otros.

CUADRO 32

ÁMBITO DE APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA TRANSFERIDA POR HYLSAMEX SEGÚN LOS PAÍSES DE ORIGEN, 1973-1989 (Porcentaje)

Ámbito de aplicación	País			Total
	México	Estados Unidos	Otros	
<i>Producción</i>	35.9	38.3	10.8	85.0
Asistencia tecnológica	8.4	15.0	2.4	25.7
Conocimientos técnicos	7.2	9.0	6.0	22.2
Asesoría	0.0	3.6	1.2	4.8
Patentes	0.0	1.8	0.0	1.8
Ingeniería básica	20.4	9.0	1.2	30.5
<i>Mercado</i>	1.8	3.0	0.0	4.8
Marcas registradas	1.8	3.0	0.0	4.8
<i>Gestión administrativa</i>	9.6	0.6	0.0	10.2
Operación o administración	1.8	0.0	0.0	1.8
Informática	7.8	0.6	0.0	8.4
<i>Total</i>	47.3	41.9	10.8	100

Fuente: Elaboración propia con base en Secofi-DGTT, 1991.

Durante el proceso de privatización de las siderúrgicas estatales en 1991, Hylsamex se postuló para la compra de varias plantas de dichas empresas. Pero sólo obtuvo la licitación para adquirir la división sur de Altos Hornos de México, en coinversión con la empresa belga Bekaert, tomando el nombre de Hylsabek. En 1999 Hylsa vendió su participación de 50 por ciento y destinó las ganancias de esta operación a cubrir los pasivos

(Hylsamex, reporte anual, 2000). Así, el esfuerzo de inversión se orientó a la modernización de sus procesos productivos, especialmente en la División de Productos Planos. Como resultado de la inversión de 400 millones de dólares en esta división, empezó a operar en febrero 1995 una nueva planta que utiliza la tecnología SMS de colada continua para producir planchones finos con una capacidad de 750,000 toneladas de plancha laminada en caliente. En diciembre de 1995 la planta operaba al 83 por ciento de su capacidad instalada, que traza una curva de maduración muy dinámica asociada a la calidad del capital humano. Según Hylsamex "esta es la primera planta en el mundo que produce eficiente y rentablemente". Esta planta se ha convertido en Centro de Adiestramiento para las empresas extranjeras que adquieren esta tecnología.

Asimismo, en alianza estratégica con la firma estadounidense Worthington Industries, Acerex, filial de Hylsamex, invirtió 23 millones de dólares para instalar en la ciudad de Monterrey un Centro de Servicio Internacional. En la división de productos no planos (varilla y alambión) se realizaron inversiones en línea de reducción directa, incorporando el proceso Hyl III con un reactor continuo en la planta de Puebla, a fin de mejorar la calidad y elevar la productividad en 11 por ciento. En esta misma planta se reemplazaron dos coladas continuas por una individual más eficiente. Las

CUADRO 33
HYLSAMEX: INVERSIONES EN ACERÍA, 1990-1998
(Millones de dólares)

<i>Distribución de inversiones</i>	<i>Monto</i>
Reducción directa Hyl III y colada continua en Puebla	20
Acería Planta Norte	60
Planta de productos planos	400
Segunda porción de CSP	140
Planta de reducción directa Monterrey	66
Acería en Puebla	52

Fuente: D. Yáñez, 1998.

otras divisiones también registraron montos importantes de inversión para dar mantenimiento o introducir mejoras tecnológicas.

Duración de la aplicación de los CTT de Hylsamex

La información de la duración de los contratos es una herramienta útil para evaluar el dinamismo de aprovisionamiento en el flujo de tecnología transferida. Para analizar la duración de la aplicación de la tecnología transferida a Hylsamex, según los CTT, consideramos tres subperiodos: hasta un año; de dos a nueve años, y, finalmente, de diez a veintiséis años (véase cuadro 34). A pesar que la Ley de Transferencia Tecnológica tuvo una vigencia de 18 años, el registro de los contratos indica una duración superior, hasta 1999. Esta periodización hace referencia al corto, mediano y largo plazos. Cerca de tres quintas partes de los CTT tuvieron una vigencia de hasta un año; más de una décima parte tuvieron una duración de entre dos y nueve años, y finalmente, menos de un tercio oscilaron entre 10 y 26 años.

Más de la mitad de los CTT son del ámbito de la producción y registraron una duración hasta de un año, especialmente los de asistencia técnica e ingeniería de base. Alrededor del 30 por ciento de éstos se extendieron de 10 a 26 años, en especial en ingeniería de base y consultoría. Sólo 8.4 por ciento de los CTT tuvieron una duración de dos a nueve años.

Los CTT del ámbito del mercado están distribuidos uniformemente en los tres subperiodos. En la gestión administrativa, en particular en los programas de cómputo, la duración de los CTT fue fundamentalmente de 10 a 26 años, y en menor proporción hasta de un año.

En lo que concierne a los tipos de tecnología se desprenden las siguientes observaciones. Alrededor de tres quintas partes de los CTT en los ámbitos de la administración y del diseño tuvieron una duración de largo plazo (10 a 26 años). En cambio, la duración de los CTT de la operación, del proceso y del producto fue fundamentalmente corta (hasta un año) y en menor medida de mediano y largo plazos. Esto hace suponer que varios de éstos fueron reno-

vados periódicamente, pero también sugiere que los cambios tecnológicos se incorporaron sistemáticamente.

La secrecía de la información en los CTT era mantenida por siete años después de terminado el contrato, según se estipulaba en la cláusula correspondiente a este rubro.

El flujo de tecnología transferida, registrado en los CTT, sin duda fue un factor decisivo del progreso tecnológico de Hylsamex. El acceso a fuentes internacionales de tecnología permitió a la empresa incorporar tecnología de punta.

CUADRO 34
DURACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA
TRANSFERIDA POR HYLSAMEX,
1973-1989

Dominio de la aplicación	Duración de los CTT (años)			Total
	0-1	2-9	10-26	
Producción	55.1	8.4	21.6	85.0
Asistencia técnica	19.8	1.8	4.2	25.7
Conocimientos técnicos	12.0	3.0	7.2	22.0
Asesoría	3.0	1.8	0.0	4.8
Patentes	0.0	0.6	1.2	1.8
Ingeniería básica	20.4	1.2	9.0	30.5
Mercado	1.2	1.8	1.8	4.8
Marcas registradas	1.2	1.8	1.8	4.8
Gestión administrativa	3.0	1.2	6.0	10.2
Operación o gestión	0.6	0.6	0.6	1.8
Informática	2.4	0.6	5.4	8.4
Total	59.3	11.4	29.3	100.0

Fuente: Elaboración propia con base en Secofi-DETT, 1991.

La actividad innovativa de Hylsamex

El estudio de las fuentes endógenas de las capacidades tecnológicas comienza con el análisis de la actividad innovativa que desarrolla la División de Tecnología de Hylsamex. En particular, se pondrá la importancia del capital humano y del centro de investigación

y desarrollo en la generación de tecnología endógena. Posteriormente, se examina la evolución de las patentes como indicador de la innovación de Hylsamex.

El capital humano y la investigación y desarrollo

El primer grupo de ingenieros de Hylsa eran egresados de diferentes universidades públicas: el Politécnico Nacional, la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma de Nuevo León.²⁸⁵ A su vez, los primeros trabajadores contratados provenían de la Cervecería Cuauhtémoc y las Fábricas Monterrey (R. Mendirichaga, 1978, p. 47); en aquellos centros de trabajo habían amasado sus conocimientos y su experiencia como mecánicos. Un rasgo común a unos y otros era su entusiasmo por un proyecto que no se vislumbraba fácil, sino que implicaba un total desafío. En efecto, este equipo de profesionistas y técnicos asumió con particular dedicación sus tareas con el fin de adaptar la maquinaria de desecho que Hylsa había adquirido en Estados Unidos y Canadá y poder echar a funcionar la planta relaminadora.

El equipo inicial fue reforzado en 1956 con la contratación de ingenieros electricistas, cuando la empresa también adquirió nueva maquinaria. "La llegada de los jóvenes ingenieros egresados del Instituto Tecnológico de Monterrey, ayudó lentamente a mejorar la eficiencia total" (*idem*). Ellos se responsabilizaron de áreas de producción. En calidad de jefes, estos jóvenes ingenieros, pedían que los trabajadores tuviesen como mínimo la instrucción primaria. Este hecho marcó para la empresa la importancia de contar con una fuerza laboral con una base de estudios que facilitara el aprendizaje y desarrollo de habilidades laborales. Un factor que contribuyó al desempeño eficiente de los trabajadores fue el mejoramiento de las condiciones laborales.

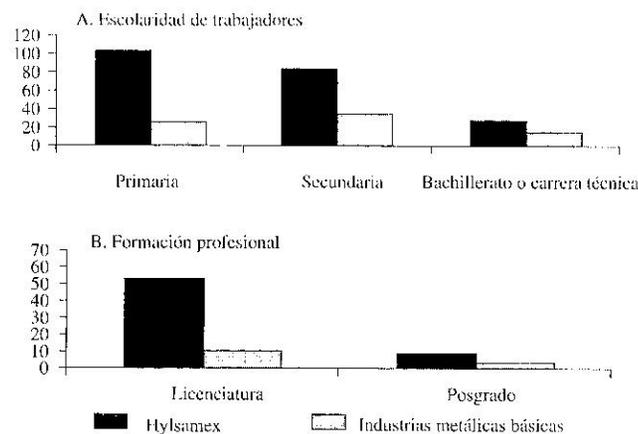
La incorporación de los ingenieros electricistas fue resultado de las previsiones que varios años antes los dueños de la Cervecería

²⁸⁵El ingeniero Celada era egresado de Politécnico Nacional, el ingeniero Villarreal había estudiado en la Universidad Autónoma de Nuevo León y el ingeniero Abraham Leal provenía de la UNAM.

Cuauhtémoc habían tomado para contar con profesionistas capaces de atender las múltiples necesidades de sus empresas. En efecto, estos empresarios, en particular el ingeniero Eugenio Garza Sada, apoyaron la formación del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, tomando como modelo al Massachusetts Institute of Technology (MIT) de Estados Unidos.

Actualmente el nivel de escolaridad de los trabajadores de Hylsamex es relativamente elevado, comparado con el de la gran división metálica básica en México. El 100 por ciento de los obreros de Hylsamex tiene la primaria concluida, 80 por ciento secundaria y 25 por ciento con carrera técnica o bachillerato. A nivel nacional en el conjunto de las industrias metálicas básicas 26 por ciento de los trabajadores concluyó primaria, 31.5 por ciento secundaria y 14.1 por ciento bachillerato (véase gráfica 52). El nivel de escolaridad de Hylsamex es reforzado por un dinámico programa de capacitación.

GRÁFICA 52
NIVEL COMPARATIVO DE ESCOLARIDAD DE
TRABAJADORES Y EMPLEADOS EN HYL SAMEX
Y EN INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS
(Porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con base en H. E. Sobarzo, 1997, Hylsamex, 1999.

En efecto, Hylsamex destina entre 1 y 2 por ciento de sus ingresos a la capacitación de los obreros, técnicos y empleados. Desde finales de los ochenta se institucionalizó el Programa de Multihabilidades a fin de ampliar las capacidades de los trabajadores hacia todas las principales áreas de la producción y la conservación de las plantas. El Centro de Adiestramiento Internacional, instalado por Hylsamex en Monterrey, capacita al personal de la empresa en la tecnología Hyl y la producción de lámina a partir de la colada continua con la tecnología SMS. La capacitación se hace extensiva a los clientes de las dos tecnologías mencionadas; se refuerza a través de los convenios internacionales con empresas como el Instituto Japonés para la Calidad. Desde principios de los años ochenta la empresa envió a 15 ingenieros a Japón para tomar cursos de círculos de calidad. Desde entonces, los círculos de calidad se implantaron en Hylsamex y actualmente se han alcanzado los estándares ISO-9000 y el QS-9000, con lo cual se asegura la excelente calidad de los productos de esta firma siderúrgica.

La importancia del Centro de Adiestramiento Internacional se asocia, además de la capacitación de la tecnología Hyl, al reconocimiento de cliente distinguido otorgado por la empresa de tecnología SMS a Hylsamex. La eficiencia con la que Hylsamex opera dicha tecnología es garantía suficiente para atraer a nuevos clientes y para transmitir el *know how* de la operación. A este centro de capacitación acuden grupos hasta de 300 personas provenientes de China, Alemania, Estados Unidos y España; o bien, los técnicos de Hylsamex son enviados a otros países (Indonesia, Tailandia, Malasia e India) a impartir la capacitación correspondiente.

Adicionalmente, Hylsamex ha desarrollado programas de automatización de las operaciones y de la información para mejorar la eficiencia productiva, de mantenimiento y administrativa. Se calcula que 3 o 4 por ciento de los ejecutivos laboran en informática, aunque también se contratan los servicios profesionistas y técnicos de la IBM México.

En lo que concierne a los empleados, directivos y funcionarios, 60 por ciento de ellos poseen una licenciatura y 10 por ciento ha estudiado un posgrado; el elevado nivel de capital humano de Hylsamex contrasta con el que se registra a nivel nacional en las metálicas básicas: 11.9 por ciento con licenciatura y 3.5 por ciento con posgrado (véase gráfica 52). Los ejecutivos provienen principalmente de universidades privadas mexicanas: el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) y la Universidad de Las Américas de Puebla. La mayoría de los altos ejecutivos poseen maestría del ITESM, de Stanford, Harvard y el MIT. Algunos de estos profesionistas han sido apoyados por la empresa con becas para realizar estudios de posgrado o cursos de actualización. Los técnicos provienen de diferentes instituciones mexicanas públicas, incluyendo los tecnológicos regionales.

Hylsamex mantiene contactos permanentes con el ITESM, la Universidad de Nuevo León y otras universidades para realizar proyectos en común. Los vínculos entre la empresa y las universidades se expresan a través de

- convenios de servicio social de los alumnos en Hylsamex;
- docencia de los ejecutivos de Hylsamex en dichas universidades;
- participación de los ejecutivos de Hylsamex en la revisión de planes de estudio de las universidades;
- estudios puntuales que Hylsa encarga a estudiantes de posgrado —especialmente con la UANL—, incluso financiados por el Conacyt, y otros más.

La División de Tecnología Hyl

En la División de Tecnología de Hylsamex se realiza la investigación y se desarrollan los procesos de ingeniería experimental que dan lugar al conjunto de invenciones-innovaciones de la empresa. Por tanto, esta división constituye el laboratorio de I&D, pero también es el centro de comercialización de la tecnología producida endógenamente por Hylsamex.

La División de Tecnología tuvo como antecedente el área de ingeniería donde los ingenieros y los técnicos realizaban el trabajo de investigación y desarrollo durante los años cincuenta y sesenta. Desde entonces la empresa enfocó su estrategia de crecimiento hacia la inversión en I&D.

En los años setenta se formó esta división como una empresa de tecnología que comercializa los productos de éxito permanente, sin que el objetivo fundamental fuese ser simplemente una empresa comercial. La comercialización de la tecnología Hyl se inició con la venta de la licencia, la ingeniería conceptual, el adiestramiento y la asistencia técnica. Posteriormente en los años noventa esta división incluyó la venta de la ingeniería básica, la instrumentación y el control, el equipo propietario (válvulas) e incluso ingeniería de detalle.

La División de Tecnología de Hyl cuenta con 150 trabajadores, de los cuales 100 son ingenieros y 50 técnicos especializados. De esta planta laboral sólo un ingeniero es extranjero, de origen ruso. Los conocimientos y habilidades de la planta laboral del centro de tecnología de la empresa tienen dos fuentes de retroalimentación. La primera fuente es la empresa misma; los procesos nuevos o mejorados son resultado de las exigencias y las observaciones de los técnicos y los ingenieros en las líneas de producción de Hylsamex, en especial lo que compete al ámbito de la reducción directa; además, es la empresa donde se someten a prueba todas las invenciones. La segunda fuente es la relación cliente-proveedor; los clientes plantean exigencias particulares, tanto en los procesos como en los productos, que los ingenieros y los técnicos están obligados a desarrollar.

La comercialización de la tecnología reporta muchas ventajas para el proceso de innovación. La división Hyl ha desarrollado tecnologías muy flexibles en la medida que busca atender las necesidades específicas planteadas por los clientes. Por ejemplo, al principio de los años noventa, el proyecto de la planta de reducción directa de Grasim en la India planteaba el problema de que en ese país las redes de energía son muy débiles. La División de

Tecnología Hyl resolvió esta carencia a través de calderas para mover los equipos con turbinas.

Las necesidades de los usuarios son para Hylsamex una fuente continua de investigación y desarrollo. La empresa mantiene así una línea de investigación sistemática en torno a su tecnología de reducción directa Hyl, lo cual le ha permitido incorporar continuamente innovaciones incrementales, pero también contribuye al mejoramiento de otras tecnologías de las cuales ella es usuaria. El gasto de Hylsamex destinado a la I&D es de cinco a siete millones de dólares anuales, lo que equivale entre 5 y 7 por ciento de sus ventas (100 millones de dólares anuales). Cuando hay algún proyecto especial el monto es aún mayor. Este porcentaje es alto comparado con el que se destina en los países industrializados.²⁸⁶ La inversión en I&D es valorada positivamente por la empresa por un conjunto de razones:

- es una forma de mantener competitiva a Hylsa en los mercados internacionales;
- es una fuente permanente y creciente de ingresos; y
- permite la diversificación, entre otros.

Las patentes

Los títulos de propiedad intelectual son uno de los principales medios a través de los cuales las empresas protegen sus invenciones. Es decir, las estrategias de protección de la producción endógena de tecnología de las empresas se codifican en este tipo de títulos. Entre los principales se encuentran las patentes, las marcas, el secreto industrial y el diseño industrial. En este apartado nos centramos en el análisis del patentamiento de Hylsamex, como un indicador de producto de la actividad innovadora de la empresa,²⁸⁷ debido a su consistencia y a la información de que en

²⁸⁶En Estados Unidos las empresas siderúrgicas destinan en promedio 0.9 por ciento de su valor agregado a la I&D, Japón 3.1 por ciento y los países de la Unión Europea en conjunto 2.3 por ciento (OCDE, 1999).

²⁸⁷Según la definición de C. Freeman, 1982.

el largo plazo disponen tanto en la oficina de patentes en México (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial), como en la de Estados Unidos (United States Patents and Trade Mark Office).

Las empresas protegen sus invenciones de imitaciones o procesos de ingeniería a la inversa por parte de empresas rivales y, eventualmente aseguran los beneficios que de ellas se deriven. Las empresas solicitan patentar sus invenciones cuando vislumbran expectativas favorables de ganancia. En general, las empresas eligen entre cuatro estrategias de patentamiento en función de la importancia de las invenciones, el nivel de competencia en el mercado y la utilización de otras formas de protección industrial (marcas, diseños industriales, etcétera). Estas estrategias son las siguientes:

- el patentamiento sistemático;
- el patentamiento selectivo;
- el patentamiento de bloqueo; y
- la combinación de las estrategias de patentamiento en el largo plazo (Archibugi y Pianta, 1996).

De acuerdo con la información disponible Hylsamex ha seguido la estrategia de patentamiento selectivo. Es decir, la empresa patenta ciertas invenciones clave del proceso tecnológico Hyl y otros procesos más. En referencia a sus productos, la protección intelectual se hace a través de marcas. Así, Hylsamex utiliza en algunos casos marcas para proteger sus productos en el mercado, y las patentes protegen sus procesos industriales y algunos productos. Esta estrategia tecnológica muestra la dirección y la naturaleza de la actividad innovadora de Hylsamex.

El origen de la actividad innovadora de Hylsamex

Una vez concluido el segundo conflicto bélico mundial, Hylsa se enfrentó a la pérdida del mercado por la calidad superior de la hojalata importada de origen estadounidense. Este hecho condujo a la empresa a proyectar a finales de la década de los cuarenta la construcción de una siderurgia integrada con tecnología moderna.

Los factores que influyeron para que Hylsa optara por la vía tecnológica de reducción directa-horno eléctrico para la producción de acero fueron:

- las restricciones financieras de Hylsa para instalar un alto horno;²⁸⁸
- la clásica ruta del alto horno-horno de Hogar Abierto o convertidor al oxígeno representaba una enorme capacidad productiva que superaba las necesidades productivas de Hylsa; y
- la carencia de chatarra, insumo fundamental en la producción de acero.

Al principio de los años cincuenta, Hylsa probó sin éxito dos procesos industriales de reducción directa, a través de los cuales se obtenía acero de reducción directa (DRI) o fierro esponja: Hoganas y Wiberg. Estos procesos resultaban costosos, con bajos niveles de producción y se destinaban por lo general a las producciones especiales de acero.

El proceso modificado de Hoganas empezó a operar en Hylsa en 1952 y fue suspendido en 1954, pese a que el fierro esponja era bueno, debido a que no resultaba costeable por su pequeña escala de operación, las dificultades para operar el horno de gran tamaño, y porque era insuficiente para las necesidades de la fundición de fierro puro.²⁸⁹ En las memorias de la empresa se asienta:

Era tan poco el fierro esponja, que administraban su utilización con sumo cuidado, destinándolo a las coladas de acero que requería ciertas cualidades, como su troqueabilidad. Quedaba, pues sólo para producciones especiales (Mendirichaga, p. 114).

²⁸⁸Los errores en el cálculo del costo del proyecto de construcción de la siderúrgica tuvieron graves consecuencias financieras para la empresa, la cual estuvo al borde de la quiebra. Hylsa supera esta situación con un crédito del Eximbank de Estados Unidos. G. Fourt, 1985, p. 2.

²⁸⁹Hyl, *Origins and Development of the Hyl Technology*, División de Tecnología de Hylsa, 2000.

La planta piloto consistía en un horno de túnel, diseñado en Canadá por la Ontario Research Foundation. Era larguísimo, de unos cien metros de longitud, por metro y medio de alto y de ancho; era difícil de manejar y sólo producía doce toneladas de fierro esponja.

El procedimiento consistía en revolver mineral con carbón, triturados al tamaño de cuatro o cinco milímetros, metidos en recipientes de 20 centímetros de diámetro por 40 de alto, que primero fueron de cerámica, luego refractarios y finalmente de acero inoxidable. Los recipientes se pasaban por el horno. Primero un precalentamiento, después un calentamiento a 1,100°C, permaneciendo a esa temperatura unas 36 horas, lográndose la reducción al combinarse el carbón con el oxígeno del mineral de hierro, dejando unidades de fierro (p. 113).

La caída de los recipientes en la pared del túnel obstaculizaba la continuidad de las operaciones. El ingeniero Bernardo Garza Sada resolvía el bloqueo accidental con un rifle Magnum con el cual cuidadosamente “disparaba hasta que destruía el recipiente” obstructor (*idem*).

En la búsqueda de procesos de reducción directa adecuados, Hylsa consultó y experimentó el proceso gaseoso de reducción directa, patentado en Estados Unidos por M. Madaras, estadounidense de origen húngaro. Este ingeniero químico ofreció a Hylsa construir una planta de reducción directa con base en su patente y en la experiencia de su planta que operaba en Longview, estado de Texas. La patente “consistía, principalmente, en que al calentar el mineral por medio del gas reductor, se hacía fluctuar la presión” (p. 115). Sin embargo, el compromiso del ingeniero Madaras se limitó a la asesoría para la construcción de la planta con la licencia de la patente. Así, el equipo de ingenieros y técnicos mexicanos con el ingeniero Celada al frente construyeron la unidad piloto siguiendo las indicaciones de M. Madaras.²⁹⁰ La comunicación

²⁹⁰R. Mendirichaga, 1978.

entre Madaras y Celada fluía, en tanto los ingenieros ponían en marcha las ideas:

el ingeniero Celada lo llevaba a comer.... (Madaras), se sentaba como un príncipe, muy derecho, con sus enormes manazas puestas sobre la mesa y comía y bebía espléndidamente. Los diagramas del equipo los iba haciendo ahí mismo, mientras los explicaba y el ingeniero Celada retenía los datos en su mente. Aquellos dibujos informales, confusos y sobrepuestos, se llevaban al Departamento de Ingeniería de la empresa para convertirlos en herramientas útiles (*idem*).

En el proceso de M. Madaras, el mineral del hierro se sometió a una atmósfera reductora obtenida por la combustión parcial del metano, y hacía fluctuar la presión a fin de oxigenar la atmósfera. La planta, construida en un periodo corto, no arrancó cuando se le intentó operar, ni aun después de incorporarle las modificaciones de Madaras. Con el fin de garantizar gas reformado con vapor de agua en lugar de una combustión incompleta del gas natural, los ingenieros y técnicos de Hylsa construyeron un reformador, aprobado por Madaras y diseñado por la compañía americana Kellogg. Este sistema mejoró la reducción pero se estaba lejos del objetivo de lograr un 80 por ciento de metalización. Un problema detectado por Celada era la insuficiencia de temperatura, especialmente en el periodo final de la reducción. El proyecto se suspendió al descubrir que la planta de Madaras de reducción directa en Longview había resultado un completo fracaso. El equipo de Hylsa se desanimó al constatar que Madaras "en Monterrey se encontraba aplicando sus mismas teorías fracasadas, sólo que haciendo los tubos más grandes o cambiando refractarios" (p. 117). Además, se obstinaba en no aceptar las soluciones que Celada proponía.

Los conocimientos transmitidos por Madaras al equipo de Hylsa fueron muy valiosos, pero lo fueron también aquellos que provenían de la consulta, el análisis y la experimentación de otros procesos de reducción directa. En particular, la investigación sistemática y exhaustiva de Juan Celada, ingeniero electricista de

Hylsamex,²⁹¹ durante los años cincuenta, le permitió a éste proponer un nuevo proceso que superaba los problemas presentados en la patente de M. Madaras. La consulta de 200 patentes del proceso de reducción directa permitió al ingeniero Celada y su equipo fortalecer las bases para generar ideas propias. La innovación de Hylsa consistía en inyectar aire en el reactor de lecho fijo a fin de aumentar la temperatura del gas reductor hasta el límite tolerado por el mineral antes de su fusión. Con esa temperatura, el gas reduce el mineral eficientemente. El proceso Hyl estaba formado por un reformador de gas natural con vapor, cuatro rectores de lecho fijo y equipo auxiliar (hornos de gas, compresores, sistemas de agua y equipo eléctrico) (Hyl, 2000). La producción inicial fue de 50 toneladas diarias, superando las 12 toneladas producidas por el horno de túnel del proceso Hoganas modificado.

Celada explica las circunstancias en que se desarrolló la innovación:

Nos metimos a hacer fierro esponja porque no sabíamos que no se podía hacer. Yo había leído más de 200 patentes pero yo no tenía conocimiento de los artículos que relataban sus fracasos sino hasta más tarde. Si sugerí meterle aire al gas -acordaba riendo- es porque soy ingeniero electricista... Un ingeniero químico, como Madaras, tenía que inhibirse para hacerlo por el temor a dañar el equilibrio químico de los gases en cuanto a su actividad para la reducción.²⁹²

La decisión de construir una planta de mayor dimensión para producir 200 toneladas diarias fue tomada por los directivos de Hylsa; cautelosos ante la falta de experiencia para el diseño, solicitaron el apoyo de la empresa Kellogg en Nueva York. El diseño tardó seis meses con la supervisión del ingeniero Celada en lo

²⁹¹ Posteriormente Juan Celada fue nombrado director de ingeniería de Hylsa y más tarde, director técnico de la división de acero del grupo Alfa.

²⁹² R. Mendirichaga, 1978, p. 120.

que concierne al proceso de reducción. El 7 de diciembre de 1957 la planta fue inaugurada por el presidente Adolfo Ruiz Cortines y comenzó sus operaciones con una producción de 120 a 130 toneladas diarias, aunque pronto se lograría la meta de 200 toneladas diarias. Así, en 1957 Hylsa logró producir exitosamente hierro esponja a escala industrial utilizando un proceso innovador (Hyl), de su propia investigación y desarrollo y cuya patente fue solicitada ese mismo año. La primera planta de Hylsa con la tecnología Hyl 1 tenía una capacidad de 90,000 toneladas por año.²⁹³ Este hecho significó para la empresa la posibilidad de controlar parte de sus insumos básicos, logrando así relativa independencia y minimización de costos. La patente de Hyl especificaba:

Un método para reducir mineral de hierro, para producir hierro esponja, que comprende los pasos de calentar un flujo de gas reductor compuesto principalmente de hidróxido y monóxido de carbono a una temperatura de 1,300 a 1,750°, separadamente calentar una corriente de aire a una temperatura de 100 a 1,750 °F mezclando en forma continua el flujo de aire calentado y el flujo de gas calentado en una proporción de 0.1 a 0.25 partes de aire por partes de gas reductor para producir la combustión de una porción solamente de tal hidrógeno y monóxido de carbono para dar lugar a una mezcla de gas que tenga una temperatura de 1,800 a 2,250 °F y pasar de tal mezcla a través de la cama de mineral de hierro para reducirlo a hierro esponja.

El éxito técnico inicial entusiasmó a los ingenieros, que se decidieron a instalar la planta 2 introduciendo innovaciones de diseño, el enfriamiento con que obtener hierro esponja frío para su transporte a la acería, y un depósito de carbón, elemento dúctil en la acería. La planta 2 arrancó con 200,000 toneladas al año, utilizando gas natural relativamente barato. En aquel tiempo no existía la preocupación de diseñar plantas ahorradoras de energía sino

²⁹³ *Idem.*

hasta los años setenta, a raíz de la crisis petrolera. Es a mediados de los setenta que el equipo dirigido por el ingeniero Celada se dio a la tarea de centrar su investigación en el ahorro de energía. En la planta 1 se utilizaban de 800 a 509 m³ de gas por tonelada y actualmente el uso de este energético se redujo a 250 m³.

El éxito industrial del proceso de reducción directa Hyl en 1957, marcó para Hylsa el inicio de una trayectoria de creación endógena de tecnología. En las décadas posteriores, la empresa continuó destinando grandes recursos financieros y humanos al desarrollo de sus capacidades tecnológicas, a fin de incorporar sistemáticamente innovaciones en la tecnología Hyl. El patentamiento fue una estrategia utilizada por la empresa para proteger sus invenciones, las cuales auguraban beneficios.

La estrategia de patentamiento de Hylsamex

En este apartado nos interesa analizar la evolución del patentamiento de Hylsamex en México y en Estados Unidos durante el periodo 1980-2000.

El flujo de los nuevos conocimientos y las invenciones producidos por la División de Tecnología es patentado por Hylsamex de manera selectiva, en función de las expectativas de éxito. Así, Hylsamex es una empresa que utiliza los derechos de propiedad intelectual para proteger su tecnología y apropiarse de los beneficios que de ella se deriven²⁹⁴ Hylsamex presenta su solicitud de patentamiento primeramente en Estados Unidos. Paralelamente, se solicita en la oficina de Propiedad Intelectual en Suiza, quien realiza la investigación del arte previo y decide si la invención es patentable. Posteriormente la empresa puede solicitar el registro en cada país donde tenga una expectativa de negocio. Este procedimiento se apoya en la adhesión de México a la Convención de París en torno a la propiedad intelectual que establece un plazo de un año para solicitar patentes en varios países. Cada país cobra el

²⁹⁴ La División de Tecnología de Hylsamex es propietaria legal de las patentes registradas, en México y en Estados Unidos.

CUADRO 35
 HYL SAMEX: LA ACUMULACIÓN DE LAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS.
 LA INNOVACIÓN, 1957-1980

Año	Etapa	Maquinaria y equipo. Capacidad productiva	Origen de maquinaria	Asesoría externa	Habilidades laborales	Problemas de producción
1956	Investigación y desarrollo propia.			Asistencia técnica de estadounidenses. Pero debido a las fricciones sobre las soluciones técnicas posibles ocurre rompimiento.	Los ingenieros de Hylsa desarrollan la solución técnica.	
1957	Éxito en el nuevo proceso endógeno de reducción directa Hyl. Se solicita la patente.	Se diseña una planta a mayor escala utilizando el método Hyl. La nueva planta es puesta en marcha con una capacidad productiva de 200 t diarias.	México.	En el diseño los ingenieros de Hylsa utilizan las instalaciones de la empresa Kellogg en Nueva York durante seis meses.	La innovación consistió en agregar aire a los gases para elevar la temperatura por encima de la obtenida en los procesos ordinarios de calentamiento. Con dicha temperatura el gas en el reactor redujo el mineral con eficiencia.	
1960	Ampliación de la capacidad instalada de producción de fierro esponja con la tecnología Hyl	Se construye la segunda planta de reducción directa.				
1963	Diversificación de las actividades productivas y administrativas.	Adquisición de la empresa Aceros de México fabricante de productos no planos (varilla y alambón).				
1964	Difusión de la tecnología.			Hylsa se asocia con la empresa Pullman de Estados Unidos para comercializar su tecnología.		
1965	Modernización tecnológica.	Adquisición de planta de reducción directa, colada continua, molino de alta velocidad. Instalación de una planta de productos no planos en Xoxtla, Puebla, con una inversión de 1,100 millones de pesos.	La firma proveedora de la tecnología fue Ferrostal de Alemania.		Esfuerzos para la adaptación, incremento de eficiencia y escala productiva de la tecnología.	
1967	Reingeniería organizacional. Constitución de Hylsa en el corporativo Grupo Acero Hylsa.				Se introdujo la función de <i>staff</i> contratación de doctores en metalurgia y química. Tamsa contrata la construcción de la planta Hyl en Veracruz.	
1969		Inicio de las operaciones de la planta Puebla.				Pérdidas mayores que las esperadas en la planta Puebla.

CUADRO 35 (Continuación)

Año	Etapa	Maquinaria y equipo. Capacidad productiva	Origen de maquinaria	Asesoría externa	Habilidades laborales	Problemas de producción
1970	Estrategia de patentamiento.				Se adopta una estrategia de patentamiento sistemático de sus principales mejoras a procesos.	
1971	Extensión de la difusión de la tecnología Hyl.				Se vende la licencia del proceso Hyl a la Cía. Usiba de Salvador, w)-estado de Bahía, Brasil	
1973					Puesta en marcha de la planta de Usiba, Brasil	
1975					Se vende la licencia del proceso Hyl a la empresa Sidor de Venezuela.	
1976	Apoyo a la capacitación y al desarrollo de las habilidades en el uso de la tecnología Hyl.				Se funda el Centro de Adiestramiento Internacional para el aprendizaje en la operación eficiente del proceso Hyl.	
1977	Innovación: proceso Hyl II				Se desarrolla el proceso Hyl II.	No se comercializa.
1978	Creación de la División de Tecnología Hyl.				La División de Tecnología Hyl se encarga de comercializar y transferir tecnología Hyl a otras empresas y países.	
1980	Joint venture con otras empresas para comercializar la tecnología Hyl en el ámbito internacional.			Asociación con las firmas de ingeniería Davy, de Estados Unidos; Man de Alemania, y Kawasaki Industries, de Japón, para la construcción de plantas.		
	Innovación: proceso Hyl III.				Resuelve el problema del consumo de energía, aumentando la eficiencia del proceso Hyl. Aumenta el nivel de patentamiento en México y Estados Unidos.	

Fuente: R. Mendirichaga, *Una historia para la historia*. Hylsa, Monterrey, 1978.

trámite de patentamiento y la anualidad para mantener el derecho. Hylsamex eroga 300,000 dólares anuales por pago de patentes. Asimismo se efectúa una revisión periódica para ver en que países conviene mantener la patente y en que otros no.

En lo que se refiere a la compra de otras patentes, Hylsamex nunca compra patentes de reducción directa sino de otras tecnologías, que en ocasiones son modificadas. Tal es el caso de las válvulas, las cuales se compran, se modifican y posteriormente se registra la patente de las mejoras incrementales.

Hylsamex se ubica entre las empresas mexicanas con mayor número de patentes en México, pero también en Estados Unidos. Dicho en otros términos, Hylsamex se identifica como una de las empresas mexicanas con mayor actividad innovativa por su registro de patentes en México (en el IMPI) y en Estados Unidos (en Patent and Trade Mark Office).²⁹⁵ Dichas patentes son reconocidas a nivel mundial por la reducción de óxidos de hierro a hierro metálico utilizable en la fabricación de acero.

Evolución de las patentes otorgadas a Hylsamex en México

En la gráfica 53 se aprecia tanto la evolución de solicitudes de patentes como la evolución de las patentes otorgadas a Hylsamex en México (1980-1999). Entre la solicitud y la aprobación de la patente, se registra un periodo que va de cinco a 10 años. En ese periodo la oficina de patentes realiza el examen técnico de la patente solicitada.

Hylsamex presentó 37 solicitudes de patentes ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual (IMPI) en México entre 1977 y 1993. Éstas fueron otorgadas durante 1981-1996.²⁹⁶ A principios de los ochenta Hylsamex presentó el mayor número de

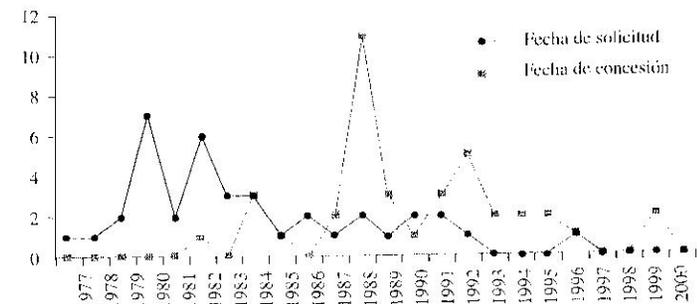
²⁹⁵Entre 1980-1992 el Instituto Mexicano del Petróleo registró 250 patentes, la empresa Vitro Tec Fideicomiso 46 e Hylsa 30 (Patent and Trade Marks Office).

²⁹⁶El 86 por ciento de las patentes de Hylsamex concedidas actualmente podrían tener vigencia, si la empresa continúa pagando los derechos correspondientes.

solicitudes de patentes, lo cual coincide con el importante flujo de tecnología externa que recibió.²⁹⁷ Es notorio el descenso del nivel de patentamiento de esta empresa en la segunda mitad de los ochenta y principios de los noventa, periodo caracterizado por la apertura comercial. Aunque a Hylsamex le fueron otorgadas una o dos patentes por año (véase gráfica 53). Esta tendencia parece asociarse a la estrategia de Hylsamex de privilegiar el patentamiento en Estados Unidos, lo cual analizamos más adelante.

GRÁFICA 53

PATENTES DE HYLSAMEX CONCEDIDAS EN ESTADOS UNIDOS, 1977-2000



Fuente: Elaboración propia con base en la oficina de patentes, Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual (IMPI), 1997.

De las 37 patentes concedidas a Hylsamex en México destaca el trabajo en equipo, en particular de un grupo de 13 ingenieros que registran una frecuencia de dos a 10 invenciones. En 83.8 por ciento de las patentes participaron de dos a cinco inventores y sólo 16.2 por ciento de patentes fue resultado de la investigación y experimentación de un inventor. Otra observación que se desprende de los registros de patentes es la participación mayori-

²⁹⁷Periodo anterior a las reformas a los derechos de la propiedad intelectual en México.

taria de los inventores mexicanos (alrededor del 90 por ciento) y mínima de estadounidenses (10 por ciento) (IMPI). El nombre de los extranjeros en las patentes no obedece a que éstos participen directamente en el proyecto en la I&D, sino al reconocimiento que la División de Tecnología Hyl hace a los ingenieros o técnicos de las empresas americanas o alemanas por sus observaciones en la construcción de las plantas Hyl.

El patentamiento de Hylsamex en Estados Unidos

Estados Unidos constituye el mercado tecnológico más importante a nivel internacional. De tal forma, las firmas interesadas en competir mundialmente buscan patentar sus invenciones en el Patent and Trade Marks Office de Estados Unidos (G. Dosi, P. Pavitt y L. Soette, 1990).

El flujo de patentes registradas por diversos países en Estados Unidos permite contar con un indicador comparativo del dinamismo de la actividad innovativa de las empresas, las industrias y los países.

En particular, México ha registrado 1,131 patentes en los Estados Unidos durante 1969-1994. Más de la mitad de estas patentes corresponden a individuos, cerca de una quinta parte a empresas nacionales, otra quinta parte a empresas transnacionales de Estados Unidos, y una parte marginal a institutos nacionales de investigación superior (2.9 por ciento) y otras empresas transnacionales de otros países (0.88 por ciento).²⁹⁸ Hylsamex es una de las principales empresas mexicanas que patenta en Estados Unidos.²⁹⁹ Durante 1969-1993 Hylsamex registró 66 patentes, que representan el 30 por ciento del total de patentes registradas por las empresas mexicanas y cerca del 6 por ciento del total de patentes mexicanas. Las empresas más cercanas Vitro Tec Fideicomiso y Fabricación

²⁹⁸ Patent and Trade Marks Office.

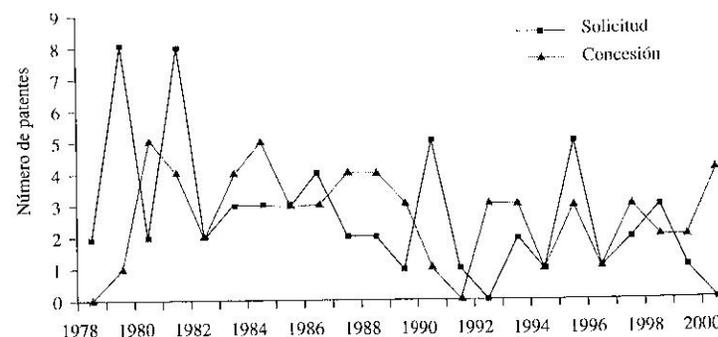
²⁹⁹ Desde el inicio de su actividad innovativa, Hylsamex tuvo un vínculo importante con los Estados Unidos. Recuérdese que la patente madre del proceso Hyl fue el de un estadounidense M. Madaras.

de Máquinas, S.A., participaron con 15.1 y 8.7 por ciento, respectivamente, durante el mismo periodo.³⁰⁰

En la gráfica 54 se observa la evolución de las solicitudes y concesiones de patentes de Hylsamex en Estados Unidos durante 1978-2000. A diferencia del patentamiento en México, en Estados Unidos el periodo entre la solicitud y el otorgamiento es mucho más reducido, por tanto, las curvas de ambas tienen mayor similitud. La prontitud con que se da trámite a la patente en Estados Unidos obedece a la gran cantidad de examinadores (2,000 aproximadamente) que agilizan los trámites. La eficiencia de la USPTO constituye un beneficio para la empresa.

Entre 1979 y 1998 Hylsamex obtuvo en Estados Unidos 54 patentes otorgadas; de éstas 24 fueron paralelamente registradas en México y 30 solamente en Estados Unidos. Al principio de la

GRÁFICA 54
PATENTES CONCEDIDAS A HYLSAMEX
EN ESTADOS UNIDOS,
1978-2000



³⁰⁰ Otras principales empresas e institutos mexicanos que patentan en Estados Unidos (1969-1993) son: Vitro Tec Fideicomiso, Fabricación de Máquinas, S.A., Instituto Mexicano de Investigaciones Siderúrgicas, Instituto Mexicano del Petróleo. Patent and Trade Office Mark, Estados Unidos.

década de los ochenta la empresa siderúrgica mexicana solicitó el mayor número de patentes de todo el periodo analizado. Hylsamex mantuvo aún en los años de crisis financiera su actividad innovadora, expresada en las patentes solicitadas y concedidas en Estados Unidos, tal como se constata en la gráfica 54.

Al comparar el nivel de patentamiento en México y en Estados Unidos observamos que Hylsamex orientó su estrategia de patentamiento hacia Estados Unidos, particularmente en la década de los noventa. Entre las razones probables de dicha tendencia están:

- la importancia de Estados Unidos como mercado tecnológico internacional;
- la presencia en Estados Unidos de su competidor más cercano (proceso de reducción directa Midrex);
- México no representa un mercado tecnológico de riesgo.

Por tanto, el patentamiento en Estados Unidos para Hylsa es una estrategia orientada a proteger sus invenciones, ya que sus competidores también confluyen en este mercado.

Naturaleza de la tecnología patentada por Hylsamex, 1980-1998

Las patentes de Hylsamex se han centrado básicamente en el proceso de reducción directa Hyl, aunque esta empresa también ha desarrollado patentes de otros procesos (en acería como corazas de hornos a base de paneles) y de producto (láminas con diversos recubrimientos).

A continuación analizamos la naturaleza de la tecnología patentada por Hylsamex durante el periodo 1980-1998. Se consideran las 37 patentes registradas en México durante ese periodo, de las cuales 24 lo fueron también en Estados Unidos.³⁰¹

³⁰¹No disponemos de la información de las patentes registradas exclusivamente en Estados Unidos.

Clasificamos a las patentes de Hylsamex en cuatro campos:

- Acero, hierro, metal;
- gasificación horno;
- reducción directa, reactor, transporte y válvulas; y
- procesos químicos y separación de partículas.

Más de la mitad de las patentes registradas paralelamente en México y Estados Unidos correspondieron al proceso de reducción directa y válvulas; casi 30 por ciento a hierro esponja y hierro y 16.7 por ciento a horno; en el último campo no se registró ninguna patente.

Si se consideran sólo las patentes en México, la distribución es diferente debido a que las patentes incluyen más procesos, por ejemplo químicos y de separación de partículas, y en relación con la reducción directa incluye el transporte neumático y el reactor de reducción directa. A este último campo corresponden casi tres quintas partes de las patentes (véase cuadro 36).

En suma, el esfuerzo de Hylsamex en I&D se orientó fundamentalmente a consolidar la tecnología Hyl. En esa medida, las patentes de Hylsamex registradas en Estados Unidos y México, producto de ese esfuerzo innovativo, correspondieron esencialmente a las mejoras incrementales de los diferentes aspectos del proceso de reducción directa Hyl. En los últimos años, Hylsamex ha patentado otros procesos y productos, ligados a su producción de aceros planos. Esta estrategia muestra una clara especialización tecnológica, base sobre la cual se sostiene su competitividad en los mercados internacionales.

La asistencia de ingenieros o ejecutivos de Hylsamex a congresos internacionales auspiciados por el Instituto Latinoamericano de Fierro y el Acero (ILAFA), que agrupa a las empresas siderúrgicas latinoamericanas, o efectuadas en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, constituye una vía de acceso a nuevos conocimientos y experiencias que fortalecen la formación de capacidades tecnológicas de esta empresa.

CUADRO 36
PATENTES DE HYL SAMES REGISTRADAS EN MÉXICO
Y EN ESTADOS-UNIDOS, 1979-1998

	Estados Unidos y México		México		Total	
	(%) Núm.	(%) Núm.	(%) Núm.	(%) Núm.	(%) Núm.	(%) Núm.
<i>Acero, mineral de hierro,</i>						
<i>fundición de hierro</i>	7	29.2	20	15.4	9	24.3
Acero	0	0.0	00	0.0	0	0.0
Mineral de hierro	1	4.2	10	7.7	2	5.4
Fierro esponja	6	25.0	10	7.7	7	18.9
Peso del metal	0	0.0	00	0.0	0	0.0
<i>Gasificación, horno</i>	4	16.7	00	0.0	4	10.8
Gasificación materiales orgánicos	0	0.0	00	0.0	0	0.0
Horno	4	16.7	00	0.0	4	10.8
<i>Reducción directa, reactor,</i>						
<i>transporte, válvulas</i>	13	54.2	90	69.2	22	59.5
Reducción directa mineral de hierro	11	45.8	50	38.5	16	43.2
Reactor reducción directa	0	0.0	10	7.7	1	2.7
Transporte neumático	0	0.0	20	15.4	2	5.4
Válvulas	2	8.3	10	7.7	3	8.1
<i>Procedimientos químicos</i>						
<i>y separación de partículas</i>	0	0.0	20	15.4	2	5.4
Procedimientos químicos	0	0.0	10	7.7	1	2.7
Partículas de materiales conglomerados	0	0.0	10	7.7	1	2.7
Total general	24	100.0	130	100.0	37	100.0

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos del IMPI, 1997 y USPTO, 1998.

LA DIFUSIÓN Y LA COMPETITIVIDAD DE LA TECNOLOGÍA HYL

EN LA DINÁMICA actual de la competencia mundial, caracterizada por la globalización de un conjunto de actividades industriales y de servicios, influye decisivamente la inversión en I&D y el flujo de

innovaciones de las firmas.³⁰² En efecto, la competitividad tecnológica es un factor determinante del crecimiento y la presencia de las empresas en los mercados internacionales, según lo constatan diversos estudios empíricos (J. Fagerberg, 1987; Dosi, Pavitt y Soette, 1990, entre otros). El desarrollo de las capacidades tecnológicas a su vez impacta la competitividad de costos y de precios.

El proceso de globalización de las firmas siderúrgicas, expresado en las alianzas estratégicas, en inversiones conjuntas y en adquisiciones, ha tenido como eje la incorporación del progreso tecnológico. El cambio tecnológico emprendido por las empresas siderúrgicas de los países industrializados y posteriormente en los de reciente industrialización, fue clave para enfrentar la competencia de los nuevos materiales y mantenerse en los mercados.

Hylsames basó gran parte de su estrategia de crecimiento y de competitividad en el desarrollo de sus capacidades tecnológicas. El interés de este apartado es estudiar de qué manera se expresa la competitividad de la tecnología Hyl en el ámbito de los mercados internacionales y cómo ésta retroalimenta el proceso de innovación.³⁰³ El estudio del desempeño competitivo de Hyl considera dos aspectos: la difusión y la comercialización de Hyl; y la competitividad de Hyl frente a su rival más cercano, Midrex.

La difusión y la comercialización de la tecnología Hyl

La innovación del proceso de reducción directa Hyl data de finales de los años cincuenta, periodo en el cual la siderurgia mundial se encontraba en plena expansión. Las innovaciones tecnológicas en la siderurgia estuvieron influidas por la percepción de los procesos productivos a gran escala. En ese sentido, la vía tecnológica alto horno-convertidor al oxígeno (cuya innovación data también de los años cincuenta) estaba asociada a la creación de plantas con enormes capacidades productivas. En contraste, los

³⁰² Este tema es tratado con amplitud en el capítulo 2.

³⁰³ En este apartado no se evalúan las ventajas comparativas reveladas de Hylsames en lo que concierne a la comercialización de su tecnología.

procesos de reducción directa-horno eléctrico más bien se orientaban a la producción de acero a escalas menores.

Probablemente ésa fue una de las razones por la cual la difusión de los procesos de reducción directa fue más lenta. Sin embargo, la crisis en la industria siderúrgica durante los setenta obligó a racionalizar la expansión e incorporar el cambio tecnológico en las empresas. En ese contexto, las miniacerasías, con procesos de reducción directa combinados con hornos eléctricos, representaron una opción para mejorar la productividad y la calidad de los productos y producir con mayor flexibilidad frente a las fluctuaciones de la demanda de acero.

La tecnología Hyl se desarrolló y se puso en marcha al final de la década de los cincuenta, cuando "no menos de 50 diferentes procesos de reducción directa, sea a escala de laboratorio, planta piloto pequeña, planta semiindustrial y planta a escala industrial" operaban.³⁰⁴ La competencia tecnológica en este segmento de la industria se libraba fundamentalmente en los países industrializados, no en los países en vía de desarrollo. La actividad innovadora de una empresa del segundo bloque de países era totalmente atípica. Tal fue el caso de Hylsa que no sólo desarrolló su proceso en la fase experimental sino que de forma pionera lo ubicó como el primer proceso exitoso a escala industrial en el mundo.

Al difundir y al comercializar la tecnología Hyl I y posteriormente Hyl III, desde la venta de la licencia y la asistencia técnica hasta la venta de equipo propietario y la ingeniería de detalle, Hylsamex evolucionó hacia un fase superior de sus capacidades tecnológicas y hacia una nueva esfera de competencia. En efecto, en calidad de empresa transferente de tecnología, asociada a empresas internacionales de ingeniería, se situó como competidora directa de las grandes firmas occidentales de ingeniería en el segmento de la reducción directa. Para la empresa mexicana del acero, la competencia directa con otros procesos de reducción directa ha estimulado el diseño de nuevos y audaces elementos, ha permitido mantenerse en el mercado y, además, ha sido un factor constante

³⁰⁴ *Siderurgia Latinoamericana*, 1991, p. 5.

de innovación tecnológica en sus propias plantas. En un entorno competitivo Hylsa está permanentemente obligada a atender las exigencias de los clientes internacionales y ello conlleva un constante incentivo para la investigación y desarrollo. Las innovaciones son probadas y mejoradas en las plantas de Hylsamex, lo cual fortalece aún más las capacidades tecnológicas de la empresa y contribuye a elevar la productividad y calidad de los productos.

Para la comercialización de la tecnología Hyl, la empresa regiomontana decidió establecer alianzas con empresas internacionales de ingeniería en consideración de los siguientes problemas:

- México carecía de fuentes de financiamiento para la ingeniería y la construcción de las plantas;
- el país no se caracterizaba por producir bienes de capital (equipos de acero inoxidable, compresores de altas capacidades);
- por lo tanto, no existían compañías de ingeniería y de construcción especializadas en la comercialización de productos siderúrgicos, en la construcción de plantas y el acceso a los financiamientos internacionales y además;
- la empresa desconocía cómo funcionaban los mercados internacionales así como la dinámica específica local de los países donde se deseaba comercializar la tecnología.

En esas circunstancias, Hylsa contrató inicialmente los servicios de la empresa Pullman Swindell, de Pittsburgh, Pennsylvania, para el diseño de ingeniería, la adquisición del equipo, en tanto que la mexicana sólo se limitaba a cobrar regalías por su tecnología. La alianza con esta empresa concluyó en 1975.

En la medida que Hylsa se interesó por extender la presencia de su tecnología en los mercados internacionales y vislumbró la conveniencia de tener múltiples colaboradores (joint ventures múltiples), emprendió un estudio exhaustivo de las posibles empresas que participarían en la comercialización, la ingeniería y la construcción de las plantas. De ese estudio se desprendieron

los convenios con distintas firmas de países industrializados. Davy International de Estados Unidos, Mann GHHH de Alemania y Kawasaki Heavy Industries de Japón; recientemente Ferrostal AG del grupo Mann de Alemania y Kvaerner Metals-Hyl de Estados Unidos.³⁰⁵ Las alianzas o los convenios hechos con estas firmas internacionales de ingeniería han sido vitales para la obtención de los contratos y la construcción eficaz de las plantas Hyl en diversos lugares del mundo. Por su grado de internacionalización, su conocimiento de los mercados de tecnología, su experiencia en la ingeniería y su acceso a los financiamientos internacionales, estas empresas de tecnología contribuyeron al éxito competitivo de Hyl. Un ejemplo de ello es la firma alemana Ferrostal, que fabrica equipo, comercializa productos de acero con oficinas en todo el mundo, posee magnífica capacidad de construcción y mantiene relaciones en cada país con los contratistas locales; además, Ferrostal cuenta con un excelente equipo de ingenieros y técnicos poseedores de un importante stock de conocimientos, habilidades e inquietudes. En virtud de este último atractivo, otra ventaja adicional de las alianzas ha sido el contacto permanente entre los ingenieros y los técnicos de Hylsa y las firmas internacionales durante el diseño del proyecto y la construcción de las plantas Hyl, hecho que ha favorecido a los *spillovers* de conocimientos. Los ingenieros de Hylsa han aprendido de sus colegas y han sido receptivos a las nuevas ideas o las sugerencias para incorporarlas a la I&D de la división de tecnología de Hyl. Así, algunas patentes de Hylsa reconocen las aportaciones en ideas de los ingenieros extranjeros.

La participación de Hylsa en la comercialización de su tecnología ha transitado por diferentes etapas. En la primera sólo se recibían regalías por la venta de la licencia de la tecnología. En la segunda, el paquete de comercialización incluía la ingeniería conceptual, la venta del adiestramiento y la asistencia técnica. En la tercera la participación se extendía a los proyectos de ingeniería básica. En la cuarta se adicionaba la venta del equipo propietario

³⁰⁵Hylsamex, 1995, p. 17.

(desarrollado y patentado por Hylsa) y suministro de toda la lógica de instrumentación y control. Finalmente, en algunos proyectos la participación ha sido mayor al incluir la supervisión de ingeniería de detalle y algunas actividades de gestión de entrenamiento en los equipos.

En la ingeniería básica que se realiza en Hylsa se especifican la altura, el diámetro, los aspectos básicos; los planos y el estudio se envían por computadora y las observaciones de los colaboradores se reciben por la misma vía. La interacción directa con los asociados es relativamente sencilla y es favorecida por el desarrollo de las nuevas formas de comunicación, particularmente el internet. La ingeniería de detalle consiste en los espesores, las piezas detalladas que están vinculadas con la construcción de la planta, tales como el detalle de los tubos y el cableado. Para la ingeniería de detalle que se realiza con las firmas locales, Hylsa envía al país donde se construye la planta a tres o cuatro ingenieros para la supervisión durante un periodo de seis meses. Actualmente Hylsamex participa entre 15 y 20 por ciento y recibe un ingreso promedio de 15 por ciento por proyecto, porcentaje considerado por la empresa adecuado con relación a sus capacidades.

Después de la puesta en marcha de la tecnología Hyl I en la planta de Monterrey de Hylsa en 1957, su comercialización empezó incidentalmente en la década posterior. Primeramente en el país, la empresa TAMSA, productora de tubos y aceros del estado de Veracruz, demandó la licencia para el uso del proceso Hyl I en 1967. Posteriormente, en los años setenta, la difusión se extendió a Sudamérica, Asia y Medio Oriente cuando la empresa Usiba de Brasil (1974), Sidor de Venezuela (1976), Ptk de Indonesia (1978) y Seis de Irak (1979) compraron la licencia de operación de Hyl I (véase cuadro 37). La aceptación de la tecnología Hyl en países en desarrollo contribuyó a la formación de un nicho de mercado y ello alentó en los años setenta a transformar el departamento de tecnología de Hylsa en una división. Durante los años ochenta se instalaron nuevas plantas de reducción directa, unas Hyl I y otras Hyl III, en México, Venezuela, Indonesia e Irak.

Durante los años ochenta, la División de Tecnología Hyl maduró sus capacidades tecnológicas en un ambiente de relativa independencia y con estrecha comunicación con sus plantas y las firmas de ingeniería extranjeras; en ese contexto el paquete de comercialización empezó paulatinamente a extenderse a la ingeniería conceptual, el adiestramiento y la asistencia técnica. Conforme fueron evolucionando los proyectos durante los años noventa se descubrieron nuevas áreas de participación hasta llegar a la ingeniería básica, la instrumentación y el control de las plantas de reducción directa tanto con *software* como *hardware*, el equipo propietario (válvulas, dispositivos especiales y exclusivos). De la última década se registran la construcción de las plantas de Grasim en la India (1993), PTKS en Indonesia (1993), PSSB en Malasia (1993), Usiba en Brasil (1994), dos nuevas plantas en Hylsa en México (1994 y 1998), Hadeed en Arabia Saudita (1999) y Lebedinsky en Rusia (1999). Se encuentran en construcción Posveu (Venezuela) y la ampliación de Imexa (México). La capacidad productiva del conjunto de estas plantas es de 4.5 millones de toneladas de DRI (*direct reduction iron*). Las plantas en proceso de contratación son Ausi en Australia, Siderfer en Brasil, Lebedinsky II en Rusia, Previsa en España, Nusantara en Malasia, Petromet en Chile y Sidro en Venezuela con 14.3 millones de toneladas de DRI y HBI previstas.³⁰⁶

Los últimos proyectos muestran que además de los países de reciente industrialización algunos industrializados (Australia y España) han decidido optar por la tecnología Hyl. En general, para los países europeos el precio de la tecnología Hyl no es atractivo, debido que el costo del gas es sumamente caro. Ésa es una razón por la que la tecnología Hyl ha sido elegida en Medio Oriente y en el Sudeste Asiático. La inestabilidad de los precios del gas natural provoca que el empresario no se arriesgue a invertir en tecnología de reducción directa. No obstante, la importancia que han adquirido las miniacerasías, especialmente en Estados Unidos, hace del hierro esponja una opción a considerar. Las miniacerasías en

³⁰⁶Página Internet de Hylsamex, 1998.

Estados Unidos utilizan chatarra, pero como ésta es de recicle, a medida en que se recicla se empobrece más y en consecuencia, se distorsiona el producto en virtud de los materiales residuales como el níquel y el cromo.

La competencia tecnológica: Hyl y Midrex

La principal tecnología rival de Hyl es Midrex. Midrex es una empresa de tecnología que comercializa los productos con éxito, pero no cuenta con plantas propias. Durante los años ochenta Midrex mantuvo el liderazgo en el mercado. En 1990 participó con 60 por ciento de la producción mundial de hierro briqueteado en caliente, en tanto la tecnología Hyl I y III lo hicieron con 29.2 por ciento. SL/RN y Fior tuvieron una reducida participación (4.7 y 2.2 por ciento respectivamente).³⁰⁷ Los demás procesos Codir, DRC, Accar, Tisco, Purofer, DAV, K-M. fueron marginales.³⁰⁸ Sin embargo, el liderazgo tecnológico del proceso Hyl creció entre 1990 y 1995, logrando el 60 por ciento de los proyectos mundiales. En 1994 existían 27 plantas en el mundo utilizando la tecnología de Hyl.³⁰⁹ En los últimos diez años Hyl tiende a dominar el mercado internacional en el segmento de la reducción directa. La razón de este éxito es la innovación Hytemp.

El proceso de reducción directa Midrex se desarrolla en Estados Unidos a principios de los setenta con un reactor continuo y una política de ventas muy agresiva. Desde principios de los años sesenta Hylsa tenía la inquietud de desarrollar un reactor continuo para superar los problemas que planteaban los cuatro reactores de lecho fijo, pero Midrex se adelantó en 1967 con la innovación y se colocó desde entonces como su principal competidor. Su difusión ocurre en países productores de gas (Canadá) o países en vías de desarrollo que no poseían chatarra.

³⁰⁷*Siderurgia Latinoamericana*, 1991, *op. cit.*

³⁰⁸*Idem.*

³⁰⁹La tecnología Hyl permite obtener el hierro reducido en dos presentaciones: hierro de reducción directa (DRI) y hierro briqueteado en caliente (HBI) o hierro HYTEMP (alimentado caliente a la acería).

Las tres primeras plantas de tecnología Midrex fueron instaladas en los años setenta en países industrializados (HSW en Alemania, 1971; GSC en Estados Unidos, 1971, y Sidbec en Canadá, 1973) y, posteriormente, se construyeron Sidbec 2 en Canadá, 1977, y BSC en Reino Unido, 1979. Aunque después este proceso de reducción directa extendería su presencia en países en vías de desarrollo como Argentina, Venezuela y Qatar en los años setenta y Arabia Saudita, Trinidad, Nigeria, Malasia, Irán, Egipto, Libia, India y la ex URSS durante la década de los ochenta. La estrategia de Midrex en estos años se centró en ganar todos los contratos con la finalidad de eliminar a Hyl del mercado. En la década posterior nuevas plantas se abrieron en Venezuela, Irán, India, Estados Unidos, México, Egipto, Sudáfrica y Corea del Sur.

Es interesante observar en el cuadro 37 que algunas de las plantas Midrex fueron instaladas donde ya habían plantas Hyl o viceversa. Tal es el caso de la planta Sidor I, en Matanzas, Venezuela, donde se contaba con el proceso tecnológico Hyl I (1976), se construyen las plantas Midrex, Sidor I (1977) y Sidor II (1979); posteriormente se construye otra planta más con tecnología Hyl I en 1981, Sidor II años más tarde la siderúrgica Sidor sería comprada por Hylsamex en alianza con una empresa brasileña y otra argentina. La planta Haded en Arabia Saudita funcionaba desde 1983 con el proceso Midrex y en 1999 la empresa árabe pone en marcha otra planta con tecnología Hyl III. En Levedinsky, Rusia, Midrex tenía presencia, pero al privatizarse y ampliar su capacidad aceptaron contratar Hyl debido a los menores costos.

Para Midrex era sumamente importante instalar una planta en el país de su principal rival, es decir, en México. En la empresa mexicana ex estatal Sicartsa se habían instalado dos plantas con tecnología Hyl III (Sicartsa I, 1988 y Sicartsa II, 1990). En el marco de la privatización Sicartsa II se vendió a la empresa inglesa-india Ispat y adquirió el nombre de Imexsa; esta empresa en 1997 pone en operación una planta con tecnología Midrex.

La fuerte competencia entre Hylsamex (División de Tecnología Hyl) y Midrex a lo largo de tres décadas por la obtención

CUADRO 37
PLANTAS DE REDUCCIÓN DIRECTA EN EL MUNDO

Puesta en marcha	Tecnología Hyl				Tecnología Midrex			
	Planta	Ubicación	País	Capacidad (mill. ton/año)	Planta	Ubicación	País	Capacidad (mill. ton/año)
1957	Hylsa IM	Monterrey	México	0.10	HSW	Hamburgo	REA	0.40
1967	Tamsa	Veracruz	México	0.24	GSC	Georgetown	EE.UU.	0.40
1971					Sidbec I	Contrecoeur	Canadá	0.40
1973								
1974	Usiba	Bahía	Brasil	0.25	Siderca	Campaña	Argentina	0.33
1976	Sidor I	Matanzas	Venezuela	0.36	Sidor I	Matanzas	Venezuela	0.36
1977	Hylsa 2P	Puebla	México	0.63	Sidbec 2	Contrecoeur	Canadá	0.60
1978	PTKS	Kota Baja	Indonesia	1.00	Acindar	V. Contitución	Argentina	0.60
					Qasco	Umm Said	Qatar	0.40
1979	Seis	Khor Al-Zubair	Irak	0.54	Sidor II	Matanzas	Venezuela	1.28
	Hylsa 2M5	Monterrey	México	0.25	BSC	Hunteston	Reino Unido	0.80
1980	Sidor II	Matanzas	Venezuela	1.41		Point Lisas	Trinidad	0.42
1981	Sidor II	Matanzas	Venezuela	0.70				
1982	PTKS	Kota Baja	Indonesia	1.00	Iscoot (Cil.)			
					Haded	Al-Jubail	Arabia Saudita	0.40
1983	Hylsa 3M5	Monterrey	México	0.50	Iscoot (Cil.)	Point Lisas	Trinidad	0.42
						Wari	Nigeria	1.02
1984					DSC	Al-Jubail	Arabia Saudita	0.40
1985					Haded	Kursk	URSS	0.42
					OEMK	Labuan	Malasia	0.65
					SGI	Kursk	URSS	0.41
					OEMK			

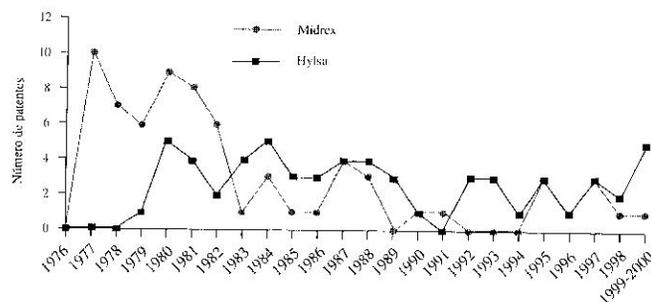
CUADRO 37 (Continuación)

Puesta en marcha	Tecnología Hyl				Tecnología Midrex			
	Planta	Ubicación	País	Capacidad (mill. ton/año)	Planta	Ubicación	País	Capacidad (mill. ton/año)
1986					ASCO	Ahwaz	Irán	0.40
					OEMK	Kursk	URSS	0.42
1987					ANSDK	El Dikhelia	Egipto	0.72
1988	Seis Sicartsa I	Khor Al-Zubair Las Truchas	Irak México	0.93	OEMK	Kursk	URSS	0.41
1989				1.00				
1990	Sicartsa II	Las Truchas	México	1.00	Ebisco	Misurata	Libia	0.55
					Ebisco	Misurata	Libia	0.55
					Asco	Ahwaz	Irán	0.40
					Venprecar	Matanzas	Venezuela	0.60
					Minorca-Opco	Puerto Ordaz	Venezuela	0.83
					Essar Steel	Hazira	India	0.88
					Lisco		Libia	1.75
1991	Imexsa II		México	1.00	Opco		Venezuela	1.00
					Asco	Ahwaz	Irán	0.40
1993	Grasim		India	0.75				
	PTKS		Indonesia	1.35				
	PSSB		Malasia	1.20				
1994	Usiba		Brasil	0.31	National Iranian Steel Co.		Irán	3.20
					Ispat Industries		India	1.00
1995	Hylsa 2P5		México	0.61				
1997					Tuscaloosa		EE.UU.	0.80
					Steel/Mobile DRI			
					Imexsa		México	1.20
					Ansdk II		Egipto	0.80
1998	Hylsa 4M		México	0.68	American Iron Reduction		EE.UU.	1.20
					Comsigua		Venezuela	1.00
1999	Hadeed		Arabia Saudita	1.10	Saldahna Steel		Sudáfrica	0.80
	Lebedinsky		Rusia	0.90	Hanbo Steel Company*		Corea del Sur	0.80

Fuente: Elaboración propia con base en *Siderurgia Latinoamericana*, septiembre de 1991, núm. 377; Midrex e Hylsa, 2000.

* Inconclusa

GRÁFICA 55
EVOLUCIÓN DE LAS PATENTES DE HYLSA Y MIDREX
CONCEDIDAS EN ESTADOS UNIDOS,
1976-2000



Fuente: U.S. Patent & Trademark Office, Washington, varios años.

de contratos para la construcción de plantas en el mundo, expresa la competencia en el ámbito tecnológico. Es decir, durante treinta años los laboratorios de investigación y desarrollo de ambas empresas han orientado sus esfuerzos para innovar sus procesos de reducción directa, haciendo uso de sus respectivas capacidades tecnológicas acumuladas. La dinámica competitiva de las dos tecnologías está asociada a su dinámica innovativa. Un indicador útil para comparar la trayectoria innovativa de las dos empresas son las patentes concedidas en Estados Unidos a Hylsa y a Midrex. La gráfica 55 muestra que en los años setenta el patentamiento de Midrex fue notablemente superior al de Hylsa; sin embargo, este dinamismo disminuyó en los años posteriores. La reducción de la actividad innovativa de Midrex responde a decisiones que la empresa tomó al respecto. En efecto, en un congreso internacional de siderurgia celebrado a finales de los setenta, Midrex anunció que ya no había nada que hacer en materia de reducción directa, que ellos habían logrado todo el desarrollo y que por tanto se retiraban de la I&D. Esto ocurrió en vísperas de que Hylsa diera a conocer y a comercializar el proceso Hyl III con el reactor de lecho móvil. Para entonces Midrex había reducido al mínimo su I&D y ello se ve reflejado en la disminución de patentes en esos años.

Ventajas y desventajas de Hyl con relación a Midrex

Hyl y Midrex son procesos de reducción directa que obtienen un mismo producto con procedimientos distintos. Algunas de esas diferencias constituyen las ventajas y las desventajas de ambos procesos. Entre las ventajas de Hyl frente a Midrex están las siguientes:

- mayor flexibilidad en el uso de diferentes materiales;
- inversión más atractiva; y
- adaptabilidad del proceso ante la escasez de gas, energía eléctrica, agua.

El proceso Hyl, frente al Midrex es un poco más flexible debido a que posibilita la construcción de plantas con diversas características técnicas. Por ejemplo, Hyl hace posible la construcción de plantas generadoras de su propia electricidad, por tanto, pueden ser instaladas en lugares en donde no hay abastecimiento de energía eléctrica; asimismo, la construcción de plantas generadoras de CO₂, etcétera. Midrex requiere de una materia prima de calidad más uniforme, más constante, por lo tanto más cara y en consecuencia con costos mayores. Midrex no puede utilizar carbón en el fierro esponja (elemento importante para la fusión en acería) y eso se refleja en el costo total. Así, las plantas Hyl basan sus ventajas competitivas en los bajos costos de inversión, bajo consumo de energía, bajos costos de operación, fácil operación y mantenimiento, flexibilidad para los insumos, productos flexibles y de calidad, de bajo impacto ambiental y, finalmente, servicio y soporte, que garantizan el entrenamiento, la operación y el mantenimiento. Otro elemento favorable para la tecnología Hyl es el hecho de que pertenece a una empresa siderúrgica y ello le permite hacer prueba de toda aquella mejoría.

Eficiencia de las plantas

En general los arranques de las plantas Hyl son exitosos y luego operan satisfactoriamente. Hylsa participa en el adiestra-

miento, una parte en Monterrey y otra en la planta del cliente una vez que la planta ha sido construida. Cuando los equipos probados inician su operación en tiempo real, empieza a contar la prueba de garantía del contrato. Los responsables de Hylsa permanecen con el cliente tres meses observando la producción, la calidad y el consumo de energía para entregar la planta en excelentes condiciones. Hay casos en que la asesoría se extiende a más tiempo que va de seis meses hasta dos o tres años.

Hylsamex cuenta con un seguimiento del desempeño productivo de las plantas Hyl instaladas en diversos lugares del mundo. Existe entre Hylsamex y las plantas Hyl una comunicación continua respecto de la evolución mensual de los principales parámetros de las plantas. Esta información es útil para fines comerciales en la medida que en un nuevo proyecto se acompaña de las referencias de cómo están operando las plantas, qué nivel de productividad registran, qué calidad muestra el producto y cuáles son los consumos de energía.

Entre las plantas Hyl hay diferencias de desempeño, que se explican más que por el país, por el tipo de dueño. Es decir, las empresas estatales tienden a ser menos eficientes que las privadas. También hay otros factores que explican los diferenciales. En el caso de las empresas mexicanas Sicartasa e Imexa los diferenciales de curvas de aprendizaje y desempeño están vinculados a la flexibilidad de la producción y a las especialidades de cada planta.

En el desempeño comparativo entre las plantas Hyl y Midrex también se observan diferencias. Las plantas Hyl registran un buen desempeño aunque los ingenieros de Hylsa admiten que las de Midrex operan mejor, con una productividad un poco mayor.

En 1999 la participación de la tecnología Midrex en la producción mundial de hierro de reducción directa continuó siendo mayoritaria, seguida de Hyl. En el cuadro 38 se observa que el conjunto de las plantas Midrex tienen una elevada utilización de la capacidad instalada; el porcentaje elevado de capacidad ociosa del conjunto de las plantas Hyl obedece a que algunas de las vie-

CUADRO 38
INDICADORES COMPARATIVOS DE LAS TECNOLOGÍAS
DE REDUCCIÓN DIRECTA, 1999
(Millones de toneladas)

<i>Proceso</i>	<i>Capacidad instalada</i>	<i>Producción</i>	<i>Capacidad ociosa %</i>
Midrex	29.1	26.0	10.6
Hyl I y III	16.3	8.8	46.0
SI/RN	1.6	1.2	29.3
Fior	0.4	0.3	15.0
Otros	10.1	2.4	67.6
Total	61.7	38.6	37.4

Fuente: Elaboración propia con base en la página internet de Hylsamex y Midrex, 2000.

jas plantas Hyl I han dejado de operar, como en Venezuela. No obstante la mayoría de las plantas Hyl han alcanzado una elevada utilización de su capacidad productiva.

Otras tecnologías han intentado desarrollar procesos de reducción directa pero sin lograr éxito. Algunos procesos funcionan de manera marginal y otros han fracasado totalmente. Por ejemplo la Nippon Steel, una gran acería con enorme capacidad reconocida mundialmente, fracasó y terminó por convertirse en Hyl. Otro ejemplo es el fracaso de Nucor que instaló la planta de Iron Carbide en Trinidad y Tobago. En los años setenta también fracasaron la U.S. Steel y la Armco en el desarrollo de sus propios procesos de reducción directa. Las plantas con tecnología Fior tienen una elevada inversión, que equivalen a tres o cuatro veces más que Hylsa o Midrex por lo que no han tenido éxito ni técnico ni comercial y se enfrentan a severas dificultades económicas.

El éxito de la difusión y la comercialización de la tecnología Hyl tiene varias explicaciones. De una parte, el esfuerzo consagrado a la I&D y la gran calidad de su capital humano, cuyo producto son las patentes, han hecho de Hylsamex una empresa que desarrolla una estrategia de innovación sistemática de acuerdo con las necesidades del cliente. Por otra, los acuerdos establecidos por

Hylsamex con empresas de ingeniería siderúrgica reconocidas en la construcción de plantas ha sido esencial en la internacionalización de la tecnología Hyl.

REFLEXIONES FINALES

LA EMPRESA Hylsamex no sólo se orientó a transferir tecnología sino que, de manera pionera, emprendió desde los años cincuenta el sendero de la I&D y de la innovación endógena. Ambas estrategias contribuyeron a la acumulación de capacidades tecnológicas de la empresa siderúrgica, factor clave de su expansión y competitividad.

La continua preocupación de la empresa por modernizar sus plantas (maquinaria, equipo) y mejorar su productividad y la calidad de la hojalata (su producto inicial) y con ello enfrentar la competencia de las acerías estadounidenses en los años cincuenta y sesenta fueron el incentivo para realizar importantes montos de inversión en capital tangible e intangible.

Hylsamex operó con economías de escala menores a las empresas mexicanas estatales Altos Hornos de México y Sicartsa, pero con una elevada utilización de la capacidad instalada. Este hecho es asociado, por un lado, a la flexibilidad para adaptarse a las fluctuaciones de la demanda, pero también, por otro lado, a las capacidades tecnológicas desarrolladas y acumuladas que hicieron posible una mejor utilización de todos los recursos de la producción de Hylsamex.

Desde sus inicios, Hylsamex realizó investigación y desarrollo, durante el periodo del ISI, caracterizado por un elevado proteccionismo industrial. Mientras las empresas siderúrgicas estatales basaban su creación tecnológica básicamente en fuentes exógenas, Hylsamex centraba su esfuerzo de I&D en la búsqueda de un proceso innovador, alternativo al alto horno y capaz de superar la escasez de chatarra, lo cual le daría relativa independencia en el abastecimiento de dicho insumo. Si bien es cierto que todas las empresas siderúrgicas gozaron, a diferentes niveles, de subsidios

estatales en los precios de los insumos (gas, electricidad, agua etcétera), apoyos financieros, etcétera, no todas ellas aprovecharon esos recursos de manera eficiente para desarrollar capacidades tecnológicas propias.

El éxito industrial del pionero proceso Hyl marcó la trayectoria tecnológica de esta empresa siderúrgica. Así, pese a los graves problemas financieros enfrentados por la empresa durante la década de los ochenta, Hylsamex estuvo en condiciones de recuperar su crecimiento y continuar su trayectoria tecnológica innovativa, una vez renegociada su deuda financiera y la afluencia de nuevas inversiones. Con el ingreso al GATT y posteriormente, con los acuerdos comerciales de México con los otros dos países de América del Norte, Hylsamex entró en una nueva etapa de competencia, de enormes desafíos (apertura comercial y crecimiento orientado a la promoción de exportaciones).

El crecimiento de las exportaciones de los productos de Hylsamex y la reconocida calidad de éstos en los mercados internacionales, así como la importancia mundial de la tecnología Hyl, muestran que las capacidades tecnológicas desarrolladas por la empresa a lo largo de su existencia, han sido la fuente de su crecimiento, su productividad y la creación de ventajas competitivas.

Los contratos de transferencia tecnológica efectuados entre 1973 y 1990 corroboran que la inversión se orientó fundamentalmente al ámbito de la producción y en especial al proceso. Así, los CTT cubrieron la asistencia técnica, los conocimientos técnicos y la ingeniería básica. En los años setenta, cerca de la mitad de la tecnología fue de origen nacional y dos quintas partes provino de Estados Unidos. En los años ochenta predominó la tecnología estadounidense, y a finales de esa misma década se diversificó su origen, lo cual coincide con el periodo de la globalización. Un aspecto crucial en el aprendizaje y la asimilación de las tecnologías transferidas fue la calidad del capital humano y las habilidades acumuladas por los trabajadores de la empresa.

El éxito industrial de la tecnología de reducción directa Hyl marcó la trayectoria tecnológica de esta empresa siderúrgica. A

través de la investigación sistemática, Hylsamex ha incorporado continuamente innovaciones incrementales a dicho proceso tecnológico. La estrategia de patentamiento, entre otros derechos de propiedad intelectual, como las marcas, ha sido utilizada por Hylsamex para proteger su tecnología y apropiarse de sus beneficios. Sus patentes no sólo se han circunscrito al país sino también se han registrado en Estados Unidos, el mercado mundial más importante de tecnología. Hylsamex se identifica como una de las empresas mexicanas con mayor número de patentes en Estados Unidos y, por tanto, como una de las empresas mexicanas innovadoras. La difusión y la comercialización de la tecnología Hyl permitió a Hylsamex transformarse en una empresa transferente de tecnología. En esa medida, Hylsamex pasó a nuevas etapas de aprendizaje, de desarrollo de capacidades tecnológicas, de nuevos retos de innovación tecnológica y de competencia tecnológica internacional.

Conclusiones

LA INCORPORACIÓN de las innovaciones tecnológicas en la siderurgia mexicana durante las últimas tres décadas no ocurrió con el dinamismo registrado en los países de reciente industrialización del Sudeste Asiático; adicionalmente, las curvas de aprendizaje de las nuevas tecnologías fueron más cortas en siderurgias asiáticas que en las mexicanas. Estas diferencias revelan diferentes capacidades tecnológicas acumuladas; en el caso asiático, favorecidas, por el importante esfuerzo desplegado en el desarrollo de habilidades para el aprendizaje y asimilación de las tecnologías extranjeras, así como el mayor gasto en I&D para fortalecer sus estrategias tecnológica imitativa ofensiva.

La expansión y el desarrollo eficiente de la industria del acero en México enfrentaron obstáculos derivados de la fragilidad de las capacidades tecnológicas durante el prolongado periodo del ISI (1940-1982). Pese a la modernización parcial y la expansión de la siderurgia mexicana en los años setenta, no se logró satisfacer plenamente, ni en cantidad ni en calidad, las necesidades de las industrias consumidoras, hecho que corrobora los enormes saldos negativos de la balanza comercial, desde mediados de los setenta a principios de los ochenta.

En lo que concierne a la competitividad, las desventajas comparativas reveladas de los productos siderúrgicos mexicanos de exportación con relación a los mercados mundiales mantenidas a lo largo de varias décadas, disminuyeron durante los noventa. Esta mejoría de la competitividad, especialmente con respecto a Estados

Unidos, se acompañó de un cambio parcial en la especialización comercial. En efecto, las exportaciones de los productos siderúrgicos destinadas a mercados competitivos y dinámicos aumentaron, en detrimento de los mercados no competitivos y estancados. Entre ese grupo de productos sobresalen los laminados planos de acero inoxidable. La tendencia convergente de la productividad laboral de la siderurgia mexicana en relación con Estados Unidos, posterior a 1987, confirma dicha tendencia.

Según las estimaciones realizadas a partir de una muestra representativa de 80 establecimientos industriales, la industria siderúrgica mexicana experimentó un periodo de recesión en gran parte de la década de los ochenta, pero desde finales de los ochenta y durante los noventa repuntó el crecimiento del producto. Este incremento obedeció a la mejoría de la PTF en las diferentes industrias que conforman las Metálicas básicas del hierro y el acero y no por los incrementos de capital o del empleo, los cuales descendieron drásticamente. En efecto, la PTF creció en las tres industrias que conforman las Metálicas básicas del hierro y el acero de manera importante, especialmente de 1987 a 1994. En las industrias de Fundición y laminación primaria y Laminación secundaria la empresa gigante registró mayores niveles de eficiencia productiva, en tanto que la pequeña redujo sustancialmente su productividad en el periodo de la apertura comercial. La industria de Tubos y postes redujo su PTF de 1984 a 1988. La apertura comercial contribuyó al notable crecimiento de su productividad en los años posteriores.

La difusión y el uso de las nuevas tecnologías en la manufactura del acero y el retiro de tecnologías obsoletas contribuyeron a la mejoría de la PTF. La reestructuración sentó las bases de la modernización productiva comercial y financiera. Así, la flexibilización laboral aplicada durante los ochenta, a través de los cambios en los contratos colectivos de trabajo, contribuyó al mejor aprovechamiento de los cambios tecnológicos parcialmente realizados y al incremento de la productividad. Posteriormente, la privatización de las empresas paraestatales profundizó las modificaciones de

las relaciones laborales y la organización productiva. La privatización, el establecimiento de alianzas estratégicas entre empresas extranjeras y mexicanas y la modernización en las empresas mexicanas en los noventa, tuvo efectos positivos en la mejoría tecnológica de las empresas mexicanas en dichos años. La adopción de la tecnología Hyl de la siderúrgica mexicana Hylsamex, en varias empresas mexicanas de este sector, también contribuyó a la mejoría de la eficiencia técnica. La creciente importancia relativa de la ruta de reducción directa Hyl-hornos eléctricos en la producción de acero y la mejoría de los niveles de productividad lo confirman.

La experiencia exitosa de la empresa siderúrgica Hylsamex corrobora la importancia del desarrollo de las capacidades tecnológicas. Las habilidades de la empresa (ingenieros, técnicos y operarios) fueron fortalecidas y acumuladas en el tiempo por el aprendizaje tecnológico, el cual a su vez dependió de la capacidad de absorción del equipo de ingenieros y técnicos y de las continuas inversiones en maquinaria y equipo. La empresa evolucionó de una fase caracterizada por el uso, la asimilación y la adaptación de tecnología transferida inicialmente de Estados Unidos a otra fase de generación y gestión del cambio técnico y finalmente a una fase superior, en la que la empresa despliega las habilidades para transferir tecnología y conocimiento a otras empresas. Su dinámica actividad innovativa endógena le ha asegurado operar con elevados niveles de utilización de la capacidad instalada y generar productos de alta calidad. Su actividad innovativa, expresada por su sobresaliente nivel de patentamiento en México y en Estados Unidos, se asocia al elevado nivel del capital humano y a la preocupación sistemática por capacitar a los trabajadores. Las alianzas estratégicas hechas por Hylsamex con empresas extranjeras han favorecido notablemente la difusión internacional de la tecnología de Hylsamex, pero también ésta se ha beneficiado de los conocimientos tecnológicos de aquéllas. El liderazgo mundial de la tecnología Hyl, que comparte con la tecnología Midrex, corrobora la madurez a la que ha llegado la empresa en el desarrollo de sus

capacidades tecnológicas. La competitividad de Hylsamex no sólo se manifiesta en sus productos, sino también en el mercado de la tecnología de reducción directa.

La competitividad internacional en esta industria nacional es un desafío que se logrará en el largo plazo, sobre todo si se fortalece el proceso de innovación endógena, creando las condiciones para la asimilación de transferencia tecnológica externa y reforzando la especialización en productos de mayor valor agregado.

Anexo

CUADRO 1
EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ACERO,
1880-1998
(Millones de toneladas)

Año	Producción	Año	Producción
1880	4.3	1981	574.3
1890	12.5	1982	528.7
1900	28.1	1983	546.5
1910	60.0	1984	588.4
1913	76.9	1985	599.0
1929	121.0	1986	597.4
1937	137.7	1987	618.3
1950	191.6	1988	658.4
1955	272.5	1989	666.0
1960	346.6	1990	656.3
1970	595.4	1991	628.7
1975	506.9	1992	619.9
1976	533.7	1993	630.9
1977	536.5	1994	633.9
1978	571.7	1995	659.0
1979	598.7	1998 ^p	776.0
1980	578.7		

Fuente: ISI, *Statistical Yearbook*, Bruselas, 1999.

^pCifras preliminares.

CUADRO 2
PRODUCCIÓN DE ACERO POR REGIONES
(Millones de toneladas)

Regiones	1980	1986	1990	1995	1998	TCMA 1980-1998 %
Unión Europea*	141.90	137.35	148.41	155.80	159.87	0.66
TLCAN	124.60	95.34	110.74	121.75	127.79	0.14
Sudeste Asiático	178.20	194.26	238.47	279.60	297.82	2.89
Mercosur	18.04	24.54	24.24	28.70	30.03	2.87
Europa del Este	61.30	61.32	62.17	48.05	46.85	-1.48
Ex URSS	147.90	160.55	154.44	79.09	74.42	-3.74
Resto del Mundo	44.56	40.65	32.00	39.27	39.16	-0.72
Total mundial	716.50	714.00	770.46	752.26	775.94	0.44

Fuente: Elaboración propia con base en IISI, Bruselas, varios años.

*En 1980 comprende 12 países; 1986-1998 comprende 15 países.

TCMA: Tasa de crecimiento media anual.

CUADRO 3
CONSUMO APARENTE DE ACERO TERMINADO
POR REGIONES
(Millones de toneladas)

Regiones	1980	1985	1990	1995	1998	TCMA 1980-1998 %
Unión Europea*	96.87	91.84	119.46	130.07	139.58	2.05
TLCAN	104.92	104.79	103.65	118.33	144.43	1.79
Sudeste Asiático	138.83	167.03	221.79	290.23	280.35	3.98
Mercosur	14.65	11.87	10.32	15.19	19.50	1.60
Europa del Este	44.61	41.07	41.61	30.69	33.04	-1.65
Ex URSS	113.64	119.34	116.57	26.28	18.18	-9.68
Resto del mundo	54.51	52.59	35.51	41.85	48.44	-0.65
Total mundial	568.03	588.53	648.91	652.64	683.52	1.03

Fuente: Elaboración propia con base en IISI, Bruselas, varios años.

*En 1980 comprende 12 países; 1985-1998 comprende 15 países.

TCMA: Tasa de crecimiento media anual.

CUADRO 4
INTENSIDAD DE LA UTILIZACIÓN DEL ACERO
CON RELACIÓN AL PIB POR REGIONES
(Porcentaje)

Regiones	1980	1985	1991
Unión Europea*	30.80	24.30	22.30
TLCAN	37.40	29.50	28.00
Sudeste Asiático	72.80	67.30	67.30
Mercosur	43.90	32.40	27.90
Europa del Este	91.20	75.50	48.50
Ex URSS	114.10	100.00	92.2*
Total mundial	48.30	43.90	43.2*

Fuente: CEE-ONU, 1994.

*1989.

CUADRO 5
EXPORTACIONES DE ACERO TERMINADO POR REGIONES
(Miles de toneladas)

Años	1980	1992	1995	1998	TCMA
Unión Europea	63,327	82,797	88,862	97,903	2.4
TLCAN	7,423	10,365	17,269	16,820	4.6
Sudeste Asiático	36,200	39,847	53,075	64,179	3.2
Japón	29,629	18,564	22,129	24,996	-0.9
Corea	4,482	10,721	9,795	17,476	7.9
Mercosur	1,502	12,662	11,027	10,428	11.4
Europa Oriental*	n.d.	20,025	24,490	26,686	4.9
Ex URSS*	n.d.	19,387	42,158	45,308	15.2
Total mundial	140.6	196.0	248.5	267.7	3.6

Fuente: IISI, Bruselas, varios años.

*Datos a partir de 1992.

TCMA: Tasa de crecimiento media anual.

CUADRO 6
EXPORTACIONES POR GRUPO DE PRODUCTOS DE ACERO
SEGÚN REGIONES Y PAÍSES
(Porcentaje del volumen total)

Regiones y países	Lingotes y productos semiterminados		Productos no planos		Productos planos		Tubos y postes	
	1980	1992	1980	1992	1980	1992	1980	1992
Unión Europea	6.9	7.9	32.3	29.3	48.7	53.0	12.1	9.8
Bélgica-Luxemburgo	5.2	3.6	33.9	27.0	58.4	65.8	2.6	3.7
Francia	3.4	8.5	28.7	25.5	56.9	57.5	11.1	8.4
Alemania	7.8	7.7	22.7	21.9	53.6	59.0	15.9	11.4
Italia	2.8	4.3	46.7	45.0	26.7	32.3	23.8	18.5
Holanda	19.0	17.8	14.1	13.9	56.3	56.3	10.6	11.9
España	12.0	5.4	62.8	47.1	14.9	41.3	10.3	6.2
Reino Unido	6.7	14.5	51.7	38.9	28.7	37.8	13.0	8.9
TLCAN	10.3	24.7	34.0	21.0	27.9	41.2	27.8	13.2
Canadá	9.3	5.4	42.4	32.0	27.3	53.7	11.0	8.9
Estados Unidos	21.6	9.6	24.8	24.4	40.9	49.6	12.7	16.4
México	-	50.1	34.7	6.5	5.6	20.2	59.7	14.2
Asia								
Japón	0.6	1.8	27.1	15.9	50.5	66.1	21.8	16.1
Corea	25.9	4.0	23.8	16.2	33.3	64.3	17.0	15.5
Mercosur								
Brasil	18.5	40.1	15.0	18.2	49.9	40.1	16.6	1.6
AELE	11.6	5.5	30.6	26.6	37.4	58.1	10.3	9.8
Europa del Este	9.1	21.9	45.2	33.7	34.8	37.4	10.9	7.0
Ex Checoslovaquia	10.0	12.2	40.0	32.6	34.8	45.7	15.3	9.5
Polonia	4.5	48.2	64.2	39.3	28.8	9.3	2.5	3.1
Rumanía	1.7	1.3	40.8	38.7	35.6	46.1	21.8	14.0
Ex URSS	-	-	-	-	-	-	-	-
Total del mundo	7.2	10.3	31.7		46.6	53.6	14.4	

	1995	1998	1995	1998	1995	1998	1995	1998
Unión Europea	9.0	7.6	28.4	26.9	53.3	55.0	9.3	10.5
Bélgica-Luxemburgo	6.4	4.6	22.3	21.4	68.6	71.1	2.8	2.9
Francia	10.2	12.1	24.5	20.9	57.7	58.3	7.6	8.7
Alemania	9.1	7.8	22.2	24.8	57.1	54.0	11.6	13.5
Italia	7.9	1.8	42.1	38.1	29.9	35.1	20.1	25.0

Holanda	19.3	16.0	12.6	9.7	60.5	66.6	7.5	7.7
España	2.1	7.3	57.9	53.2	31.6	30.8	8.5	8.7
Reino Unido	13.1	6.8	45.0	43.1	35.3	41.7	6.7	8.4
TLCAN	16.8	18.9	25.9	30.5	44.9	32.9	12.3	17.7
Canadá	8.9	5.7	37.5	48.2	40.2	31.0	13.4	15.1
Estados Unidos	6.5	3.8	19.2	30.6	60.8	43.0	13.5	22.5
México	34.4	50.5	24.1	11.1	31.4	23.4	10.2	14.9
Sudeste Asiático	12.1	7.5	16.1	20.6	62.8	62.1	9.0	9.8
Japón	2.9	4.8	14.3	19.2	71.4	63.5	11.4	12.5
Corea	4.7	3.7	13.7	21.9	72.4	67.4	9.2	7.0
Mercosur	46.4	62.0	12.8	7.0	33.4	28.2	7.3	2.9
Brasil	53.1	62.0	11.7	7.0	32.1	28.2	3.1	2.9
AELE	5.8	3.3	22.2	21.8	56.4	60.4	15.6	14.5
Europa del Este	14.0	6.5	41.8	44.3	36.4	39.8	7.9	9.3
R. Checa	8.5	6.8	59.9	55.5	19.2	23.2	12.4	14.5
R. Slovaca	9.3	5.6	2.1	2.2	84.4	86.2	4.2	6.1
Polonia	20.0	25.0	56.6	57.3	19.2	12.1	4.2	5.5
Rumanía	0.0	1.8	39.8	27.5	52.8	57.2	7.4	13.6
Ex URSS	41.7	72.1	51.7	27.9	0.0	0.0	6.6	0.0
Total del mundo	27.5	26.4	46.6	45.3	11.9	12.3	14.1	16.1

Fuente: Elaboración propia con base en CEF-ONU, 1994 e ISI, 1999.

CUADRO 8 (Continuación)

Regiones y países exportadores	Destino							
	UE*	TLCAN	Sudeste Asiático	Otra Europa	Mercosur	América Latina	Medio Oriente	Otros
Sudeste Asiático								
1995	2.9	10.2	80.7	3.8	n.d.	1.2	n.d.	1.2
1997	1.3	11.3	77.9	0.7	n.d.	2.8	2.4	3.6
Japón								
1980	3.1	19.8	43.7	6.4	1.7	4.9	6.9	6.9
1992	1.6	14.7	66.9	1.1	0.2	1.8	1.8	5.4
1997	1.3	12.2	75.1	1.7	n.d.	2.6	3.5	3.6
Corea								
1980	8.6	21.8	46.1	0.0	n.d.	2.1	1.0	20.4
1992	1.8	22.3	67.6	0.1	n.d.	1.1	2.3	4.8
Mercosur								
Brasil								
1980	19.3	43.5	4.8	n.d.	11.2	13.2	4.5	3.5
1992	5.7	16.2	49.4	n.d.	7.0	10.9	8.2	2.6
1995	9.2	27.2	46.0	n.d.	7.7	9.7	n.d.	0.2
1998	15.4	36.6	17.5	2.2	9.6	11.8	0.1	6.8

Fuente: CFE-ONU, Ginebra, 1994; ISI, *World Steel in Figures*, 1999.
Anuario estadístico de la siderurgia y minería del hierro de América Latina, 1999.
 América Latina incluye Mercosur en 1997.
 *comprende 15 países.
 n.d.: no disponible.

CUADRO 9
 IMPORTACIONES DE ACERO TERMINADO SEGÚN REGIONES
 (Miles de toneladas)

	1980	1992	1995	1998
Unión Europea	14,601	69,659	80,682	95,002
TLCAN	14,601	20,370	28,520	49,198
Sudeste Asiático	23,599	54,748	83,601	59,029
América Latina*	5,693	2,592	3,760	3,311
Otra Europa	26,425	9,405	14,015	19,317
Ex URSS	9,064	5,458	6,764	4,458
África	5,987	6,272	7,159	7,819
Medio Oriente	11,761	9,039	8,292	9,797
Mercosur	900	1,523	1,381	2,339

Fuente: *International Iron and Steel Institute*, Bruselas, varios años.
 *Sin México.

CUADRO 10

ORIGEN DE LAS IMPORTACIONES DE ACERO
SEGÚN REGIONES
(Porcentaje del volumen total)

Origen	UE			TLCAN ¹			Sudeste Asiático ²			Am. Lat. ³		
	1980	1992	1997	1980	1992	1997	1980	1992	1997	1980	1992	1997
Unión												
Europea	77.4	73.4	80.6	28.4	27.0	20.5	10.5	9.7	6.6	30.9	17.2	19.6
TLCAN	3.2	0.9	0.3	18.3	29.5	21.9	5.2	1.8	0.5	26.5	25.3	16.3
Sudeste												
Asiático ²	3.0	0.9	0.8	42.6	30.0	16.7	63.6	23.9	55.7	32.9	6.8	15.5
Mercosur ⁴	0.7	1.1	1.0	3.9	8.3	20.5	0.3	10.6	4.9	5.5	33.6	21.6
Otra												
Europa ⁴	11.9	15.6	16.4	1.4	2.9	17.3	1.0	6.6	26.3	2.3	3.4	23.7
Otros	3.8	8.3	0.9	5.2	2.2	3.0	18.3	33.9	6.1	1.8	13.8	3.1
Total mundial	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración propia con base en CEE-ONU, 1994 e ILAFA, 1999.

¹ Comprende Estados Unidos y Canadá.

² Comprende China, Japón, Corea y otra Asia.

³ Comprende todos los países de América Latina.

⁴ Incluye Ex URSS.

* 1997 se refiere a América Latina.

Origen	Medio Oriente			Mercosur	Ex URSS			África			Otra Europa ¹		
	1980	1992	1997	1998	1980	1992	1997	1980	1992	1997	1980	1992	1997
Unión													
Europea	38.6	22.9	28.4	32.1	51.2	0.4	8.2	73.3	71.8	42.9	37.1	27.7	39.0
TLCAN	2.8	0.9	1.1	8.3	-	-	0.0	2.7	2.3	1.6	0.7	0.4	0.0
Sudeste													
Asiático ²	41.8	15.7	13.7	16.9	18.2	-	1.2	22.9	11.9	7.9	3.4	2.0	1.6
Mercosur ³	0.4	3.3	0.0	19.3	-	-	0.0	1.7	5.2	0.0	0.1	14.4	1.6
Otra													
Europa ⁴	6.4	10.4	52.6	9.6	13.9	25.5	90.6	2.4	11.7	34.9	31.9	19.5	57.1
Otros	10.0	46.8	4.2	13.9	16.7	74.2	0.0	3.0	-2.8	12.7	26.8	35.9	0.5
Total mundial	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

UE Unión Europea

TLCAN América del Norte

Am. Lat. América Latina

CUADRO 11
VOLUMEN DE LAS EXPORTACIONES DE ACERO
NETAS SEGÚN REGIONES
(Miles de toneladas)

Regiones	1980	1985	1990	1995	1998**
Unión Europea*	20,312	30,075	12,657	7,298	-95,002
TLCAN	-9,894	-20,123	-9,946	-13,168	-49,198
Sudeste Asiático	12,526	6,431	-9,671	-31,822	-59,029
Mercosur	89	6,010	10,558	9,636	95,564
Otra Europa	1,692	4,871	8,775	11,422	7,369
Ex URSS	-1,880	-1,975	-2,128	31,942	40,850
Mundo	2,944	5,649	3,885	6,342	18,890

Fuente: *International Iron and Steel Institute*, Bruselas, varios años.

*En 1980 comprende 12 países; 1985-1995 comprende 15 países.

**Comprende acero terminado y semiterminado.

CUADRO 12
IMPORTACIONES POR GRUPO DE PRODUCTOS DE ACERO
SEGÚN REGIONES Y PAÍSES
(Porcentaje del volumen total)
(Porcentaje)

Regiones y países	Lingotes y productos semiterminados		Productos no planos		Productos planos		Tubos y postes	
	1980	1992	1980	1992	1980	1992	1980	1992
Unión Europea	11.7	8.9	28.9	28.1	52.3	54.5	6.5	8.5
Bélgica-Luxemburgo	21.2	21.7	33.5	28.7	37.1	42.5	8.2	7.0
Francia	12.9	3.5	29.7	29.5	57.4	58.9	-	-
Alemania	17.0	6.9	38.2	35.4	38.3	48.2	6.5	9.5
Italia	14.9	12.4	16.7	15.8	64.3	65.4	4.1	6.4
Holanda	4.7	0.9	39.6	38.6	36.8	45.8	18.9	14.7
Reino Unido	7.5	4.3	21.2	22.1	61.5	62.4	9.9	11.2
AELE	5.6	10.1	31.2	31.7	50.9	44.3	12.3	13.9
Estados Unidos	0.8	13.6	22.8	20.4	37.7	56.3	38.7	9.7
México	13.6	6.5	21.1	30.7	41.6	59.9	23.7	2.9
Japón	40.6	28.7	4.2	33.2	52.8	24.3	2.4	13.8
Brasil	n.d.	39.4	n.d.	18.3	n.d.	39.5	n.d.	2.8
Total	8.9	10.4	27.2	27.1	48.9	53.2	15.0	9.3
	1995	1998	1995	1998	1995	1998	1995	1998
Unión Europea	11.7	10.6	27.9	25.2	52.3	56.0	8.1	8.2
Bélgica-Luxemburgo	24.9	28.0	27.1	20.6	42.1	45.3	6.0	6.0
Francia	8.8	9.8	28.1	25.4	55.9	57.2	7.2	7.5
Alemania	9.3	8.6	38.0	32.5	44.0	49.4	8.7	9.4
Italia	15.7	13.5	14.3	12.8	65.1	69.1	4.9	4.6
Holanda	1.0	1.9	36.4	35.1	51.3	51.7	11.4	11.4
Reino Unido	11.8	7.4	23.2	21.2	55.2	59.1	9.8	12.4
AELE	7.5	8.1	33.3	34.1	48.4	47.0	10.8	10.9
Austria	9.4	11.8	33.6	34.2	42.8	40.3	14.1	13.7
Suiza	5.9	4.1	33.0	34.0	53.3	54.1	7.8	7.9
Estados Unidos	21.3	16.3	22.9	23.9	46.0	50.7	9.8	9.2
México	3.1	11.4	26.9	21.6	61.6	53.6	8.5	13.4
Japón	8.1	1.0	10.1	5.9	77.2	88.7	4.5	4.4
Brasil	1.0	0.8	25.0	33.5	54.2	45.9	19.8	19.8
Total	18.9	15.1	24.8	24.2	48.3	52.0	8.1	8.6

Fuente: Elaboración propia con base en CEE-ONU, 1994 e ISII, 1999.

CUADRO 13
BALANZA COMERCIAL POR GRUPO DE PRODUCTOS SEGÚN REGIONES Y PAÍSES
(Volumen -miles de toneladas- y porcentaje)

Regiones y países	Volumen (miles de toneladas)								Porcentaje							
	Lingotes y productos semiterminados		Productos no planos		Productos planos		Tubos y postes		Lingotes y productos semiterminados		Productos no planos		Productos planos		Tubos y postes	
	1980	1992	1980	1992	1980	1992	1980	1992	1980	1992	1980	1992	1980	1992	1980	1992
Unión Europea	-683	383	8,037	4,394	8,109	5,765	4,849	1,988	-3.4	3.1	39.6	35.1	39.9	46.0	23.9	15.9
Bélgica-Luxemburgo	76	-533	3,632	2,348	6,866	7,020	116	173	0.7	-5.9	34.0	26.1	64.2	77.9	1.1	1.9
Francia	-620	643	815	41	1,714	862	1,185	187	-20.0	37.1	26.3	2.4	55.4	49.7	31.9	17.2
Alemania	-456	243	-61	-2,020	5,812	2,715	2,283	506	-6.0	16.8	-0.8	-139.9	76.7	188.0	30.1	35.0
Italia	-874	-919	1,965	2,338	-2,778	-3,974	1,317	977	-236.2	-58.2	531.1	148.2	-750.8	-251.8	355.9	61.9
Holanda	696	1,026	-887	-1,059	1,174	1,121	-244	-4	94.2	94.6	-120.0	-97.7	158.9	103.4	-33.0	-0.4
Reino Unido	-166	999	433	2,128	-2,103	-68	-105	167	-8.6	31.0	22.3	66.0	-108.3	-2.1	-5.4	5.2
AELE	390	-241	-99	166	-321	2,243	-150	-109	216.7	11.7	-55.0	-8.1	-178.3	-108.9	-83.3	5.3
Estados Unidos	689	-1,745	-2,839	-2,202	-4,704	-6,811	-2,960	-856	7.0	-15.0	-28.9	-19.0	-47.9	-58.6	-30.2	-7.4
Japón	-260	-290	7,986	2,232	14,372	7,692	6,426	2,685	-0.9	-2.4	28.0	18.1	50.4	62.4	22.5	21.8
Total	136	-1,893	13,085	4,590	17,456	8,889	8,165	3,708	0.4	-12.4	33.7	30.0	44.9	58.1	21.0	24.2
	1995	1998	1995	1998	1995	1998	1995	1998	1995	1998	1995	1998	1995	1998	1995	1998
Unión Europea	-1,337	-2,674	2,726	2,353	5,212	675	1,663	2,495	-16.2	-93.9	33.0	82.6	63.1	23.7	20.1	87.6
Bélgica-Luxemburgo	-612	-2,006	1,439	1,715	6,889	7,992	24	-84	-7.9	-26.3	18.6	22.5	89.0	104.9	0.3	-1.1
Francia	252	400	-207	-530	716	497	111	215	28.9	68.7	-23.7	-91.1	82.1	85.4	12.7	36.9
Alemania	129	142	-2,466	-511	3,365	2,867	725	1,257	7.4	3.8	-140.7	-13.6	192.0	76.4	41.4	33.5
Italia	-1,237	-1,927	2,251	1,810	-5,387	-7,320	1,330	1,784	40.7	34.1	-74.0	-32.0	177.0	129.5	-43.7	-31.6
Holanda	1,157	958	-1,231	-1,696	946	1,038	-159	-242	162.3	1,651.7	-172.7	-2,924.1	132.7	1,789.7	-22.3	-417.2
Reino Unido	353	13	2,397	1,990	-645	-958	-78	-223	17.4	1.6	118.3	242.1	-31.8	-116.5	-3.8	-27.1
AELE	-50	-178	-372	-298	560	1,352	266	343	12.4	-14.6	-92.1	-24.4	138.6	110.9	65.8	28.1
Estados Unidos	-4,302	-5,935	-3,842	-7,313	-6,260	-16,736	-1,292	-2,221	27.4	18.4	24.5	22.7	39.9	52.0	8.2	6.9
Japón	66	1,150	2,427	4,513	10,343	11,552	2,205	2,902	0.4	5.7	16.1	22.4	68.8	57.4	14.7	14.4
Total	-5,315	-611	7,359	3,037	93,767	-106,933	940	1,031	5.9	0.6	-8.1	-2.9	103.3	103.3	-1.0	-1.0

Fuente: IISI, 1999.

CUADRO 14
COMERCIO DE PRODUCTOS DE HIERRO Y ACERO
(En miles de dólares y en porcentaje)

	1980		1991	
	Valor (miles \$ US)	%	Valor (miles \$ US)	%
<i>Principales exportadores</i>				
Japón	15.45	22.90	13.67	14.10
Alemania	11.55	17.10	14.62	15.10
Francia	7.29	10.80	8.79	9.00
Bélgica-Luxemburgo	6.41	9.50	8.63	8.90
Italia	3.77	5.60	5.74	5.90
Estados Unidos	3.12	4.60	4.68	4.80
Reino Unido	2.29	3.40	5.49	5.70
Resto del Mundo	17.66	26.10	35.51	36.60
Total mundial	67.53	100.00	97.13	100.00
<i>Principales importadores</i>				
Estados Unidos	8.15	14.40	10.23	10.50
Alemania	6.73	11.90	12.20	12.50
Francia	5.37	9.50	7.00	7.20
Italia	4.10	7.20	6.11	6.30
Reino Unido	3.36	5.90	4.74	4.90
Holanda	2.37	4.20	3.76	3.90
Taiwan	1.13	2.00	4.12	4.20
República de Corea	0.99	1.70	4.62	4.70
Japón	0.89	1.60	5.54	5.70
Resto del Mundo	23.63	41.70	39.07	40.10
Total mundial	56.73	100.00	97.39	100.00

Fuente: OCDE, 1995, p. 363.

CUADRO 15
INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
PATENTES DE PAÍSES INDUSTRIALIZADOS OTORGADAS
EN ESTADOS UNIDOS, 1976-2000

Clasificación	Descripción	Alemania		Francia		Reino Unido		Estados Unidos		Japón		Total mundial	
		Núm. de patentes	% del total mundial	Núm. de patentes	% del total mundial	Núm. de patentes	% del total mundial	Núm. de patentes	% del total mundial	Núm. de patentes	% del total mundial	Núm. de patentes	% del total mundial
B21H	Fabricación de artículos metálicos especiales por laminado. ¹	43	8.84	13	2.55	3	0.59	225	44.20	73	14.34	509	1.257
B21J	Hornos de forja. ²	142	11.30	14	1.11	10	0.80	514	40.89	166	13.21	1,257	1,257
B22C	Moldeo de fundición.	93	6.05	44	2.86	10	0.65	723	47.04	182	11.84	1,537	1,537
C21B	Fabricación del hierro o del acero.	198	12.89	61	3.97	9	0.59	494	32.16	167	10.87	1,536	1,536
C21C	Procesos de hierro fundido. ³	194	11.38	100	5.81	11	0.64	523	30.41	214	12.44	1,720	1,720
C21D	Modificación de la estructura física de los metales ferrosos. ⁴	207	7.58	134	4.91	10	0.37	1,009	36.96	774	28.35	2,730	2,730
	Total de patentes, industria siderúrgica.	879	9.46	366	3.94	53	0.57	3,455	37.19	1,576	16.97	9,289	9,289
	Total de patentes del país.*	133,431		56,514		11,632		10 ¹ 146,460		390,613			
	Participación de la siderurgia en el total de patentes.**	0.66		0.65		0.46		0.03		0.40			

Fuente: US Patent & Trademark Office, Washington, varios años.

* Incluye todos los campos de la actividad económica.

** Corresponde al total de patentes de cada país.

¹ P. ej. tornillos, ruedas, amillos, cilindros, bolas.

² Forjado, martillado, prensado, remachado.

³ P. ej. afinado, fabricación de hierro o acero dulce; tratamiento de metales o aleaciones ferrosas en estado líquido.

⁴ Dispositivos generados para el tratamiento térmico de metales o aleaciones ferrosas o no ferrosas; procesos de maleabilización por descarbonación, galvanizado u otros tratamientos.

CUADRO 16
INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
PATENTES DE ESTADOS UNIDOS EN ESTADOS UNIDOS

Clasificación	Descripción	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999-2000	Total
B21H	Fabricación de artículos metálicos especiales por laminado. ¹	17	8	10	14	6	7	7	12	11	2	13	15	13	11	6	5	6	9	1	8	12	5	5	22	225
B21J	Hornos de forja. ²	31	22	25	11	18	13	12	19	19	15	26	33	13	24	23	7	11	28	21	20	29	18	25	31	514
B22C	Moldeo de fundición.	32	36	39	22	22	25	13	9	23	19	29	28	37	39	23	36	25	36	40	34	25	28	33	70	723
C21B	Fabricación del hierro o del acero.	22	31	17	21	16	26	30	26	16	9	11	9	18	16	9	2	21	10	21	16	20	24	25	58	494
C21C	Procesos de hierro fundido. ³	40	44	31	14	31	23	17	24	29	18	28	21	35	21	13	20	18	19	13	9	10	9	9	27	523
C21D	Modificación de la estructura física de los metales ferrosos. ⁴	47	55	47	38	44	36	34	53	45	37	47	30	35	53	50	36	34	29	36	43	43	27	47	63	1,009
	Total industria siderúrgica.	186	196	168	120	136	129	109	139	142	99	151	135	149	163	124	144	115	131	131	130	137	109	144	268	3,455

Fuente: US Patent & Trademark Office, Washington, varios años.

¹P. ej. tornillos, ruedas, anillos, cilindros, bolas.

²Forjado, martillado, prensado, remachado.

³P. ej. afinado, fabricación de hierro o acero dulce; tratamiento de las aleaciones ferrosas en estado líquido.

⁴Dispositivos generales para el tratamiento térmico de metales o aleaciones ferrosas o no ferrosos; procesos de maleabilización por descarburación, galvanizado u otros tratamientos.

CUADRO 17
INDUSTRIA SIDERÚRGICA
PATENTES DE JAPÓN EN ESTADOS UNIDOS

Clasificación	Descripción	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999-2000	Total
B21H	Fabricación de artículos metálicos especiales por laminado. ¹	0	0	1	1	0	1	2	1	4	4	1	5	8	6	2	2	2	1	1	5	1	3	9	13	73
B21J	Hornos de forja. ²	0	0	3	2	1	1	6	5	6	4	8	11	6	8	13	14	8	15	11	9	4	10	9	12	166
B22C	Moldeo de fundición.	0	0	3	3	4	5	3	5	7	9	10	13	7	5	6	8	13	4	9	9	9	11	18	21	182
C21B	Fabricación del hierro o del acero.	0	0	5	5	10	10	9	20	10	4	3	8	6	12	11	10	4	6	4	1	5	3	8	13	167
C21C	Procesos de hierro fundido. ³	0	0	2	12	9	21	10	25	16	15	9	13	13	8	6	9	8	4	7	2	6	4	8	7	214
C21D	Modificación de la estructura física de los metales ferrosos. ⁴	0	0	11	16	25	17	27	45	37	29	42	26	38	46	29	38	44	42	38	37	38	46	40	63	774
	Total industria siderúrgica.	0	0	25	39	49	55	57	101	80	65	73	76	78	85	67	81	79	72	70	63	63	77	92	129	1,576

Fuente: US Patent & Trademark Office, Washington, varios años.

¹P. ej. tornillos, ruedas, anillos, cilindros, bolas.

²Forjado, martillado, prensado, remachado.

³P. ej. afinado, fabricación de hierro o acero dulce; tratamiento de las aleaciones ferrosas en estado líquido.

⁴Dispositivos generales para el tratamiento térmico de metales o aleaciones ferrosas o no ferrosos; procesos de maleabilización por descarburación, galvanizado u otros tratamientos.

CUADRO 18
INDUSTRIA SIDERÚRGICA
PATENTES DE ALEMANIA EN ESTADOS UNIDOS

Clasificación	Descripción	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Total
B21H	Fabricación de artículos metálicos especiales por laminado. ¹	0	0	1	4	1	0	3	3	1	5	2	2	4	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	7	45	
B21J	Hornos de forja. ²	0	0	4	2	4	6	3	6	7	4	6	8	11	13	7	10	4	6	7	7	6	5	5	11	142	
B22C	Moldeo de fundición.	0	0	1	6	2	2	2	1	2	5	8	6	5	5	3	8	1	4	7	5	4	7	4	5	93	
C21B	Fabricación del hierro o del acero.	0	0	4	12	14	16	15	12	9	11	8	7	8	14	6	8	4	8	5	5	12	7	5	8	198	
C21C	Procesos de hierro fundido. ³	0	0	6	14	18	11	13	9	9	13	9	14	11	7	9	10	6	5	9	3	4	4	2	8	194	
C21D	Modificación de la estructura física de los metales ferrosos. ⁴	0	0	2	11	14	5	7	13	6	9	13	10	8	14	10	13	11	2	7	8	10	7	14	13	207	
	Total industria siderúrgica.	0	0	18	49	53	40	43	44	34	47	46	47	47	54	36	50	27	26	37	29	37	31	32	52	879	

Fuente: US Patent & Trademark Office, Washington, varios años.

¹P. ej. tornillos, ruedas, anillos, cilindros, bolas.

²Forjado, martillado, prensado, remachado.

³P. ej. afinado, fabricación de hierro o acero dulce; tratamiento de las aleaciones ferrosas en estado líquido.

⁴Dispositivos generales para el tratamiento térmico de metales o aleaciones ferrosas o no ferrosas; procesos de maleabilización por descarbonación, galvanizado u otros tratamientos.

CUADRO 19
INDUSTRIA SIDERÚRGICA
PATENTES DE FRANCIA EN ESTADOS UNIDOS

Clasificación	Descripción	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Total
B21H	Fabricación de artículos metálicos especiales por laminado. ¹	0	4	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	13	
B21J	Hornos de forja. ²	2	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	2	0	2	0	0	0	1	0	1	14	
B22C	Moldeo de fundición.	4	0	5	3	2	1	0	0	1	0	1	5	3	3	2	3	3	4	0	0	1	1	0	2	44	
C21B	Fabricación del hierro o del acero.	1	4	2	3	0	4	3	5	4	3	0	5	2	2	0	3	3	4	3	0	3	2	0	5	61	
C21C	Procesos de hierro fundido. ³	5	4	8	6	2	1	6	6	8	3	4	6	3	3	5	2	2	5	5	4	3	1	2	6	100	
C21D	Modificación de la estructura física de los metales ferrosos. ⁴	3	2	5	3	2	3	5	5	9	3	3	5	5	7	7	8	4	11	3	6	4	6	14	11	134	
	Total industria siderúrgica.	15	15	20	15	6	10	15	17	23	10	9	23	13	17	14	18	12	26	12	10	11	11	18	26	366	

Fuente: US Patent & Trademark Office, Washington, varios años.

¹P. ej. tornillos, ruedas, anillos, cilindros, bolas.

²Forjado, martillado, prensado, remachado.

³P. ej. afinado, fabricación de hierro o acero dulce; tratamiento de las aleaciones ferrosas en estado líquido.

⁴Dispositivos generales para el tratamiento térmico de metales o aleaciones ferrosas o no ferrosas; procesos de maleabilización por descarbonación, galvanizado u otros tratamientos.

CUADRO 20
INDUSTRIA SIDERÚRGICA
PATENTES DEL REINO UNIDO EN ESTADOS UNIDOS

Clasificación	Descripción	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999-2000	Total
B21H	Fabricación de artículos metálicos especiales por laminado. ¹	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
B21J	Hornos de forja. ²	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
B22C	Moldeo de fundición.	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3	2	1	10
C21B	Fabricación del hierro o del acero.	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	10
C21C	Procesos de hierro fundido. ³	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	3	9
C21D	Modificación de la estructura física de los metales ferrosos. ⁴	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	10
	Total industria siderúrgica.	0	0	10	2	1	1	0	0	0	0	0	1	2	4	5	3	2	0	2	3	1	5	5	6	53

Fuente: US Patent & Trademark Office. Washington. varios años.

¹P. ej. tornillos, ruedas, anillos, cilindros, bolas.

²Forjado, martillado, prensado, remachado.

³P. ej. afinado, fabricación de hierro o acero dulce; tratamiento de las aleaciones ferrosas en estado líquido.

⁴Dispositivos generales para el tratamiento térmico de metales o aleaciones ferrosas o no ferrosas; procesos de maleabilización por descarburación, galvanizado u otros tratamientos.

CUADRO 21
INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
PATENTES DE PAÍSES DE RECIENTE INDUSTRIALIZACIÓN OTORGADAS
EN ESTADOS UNIDOS, 1976-2000

Clasificación	Descripción	Corea	Taiwan	Brasil	México	Total
B21H	Fabricación de artículos metálicos especiales por laminado. ¹	1	1	0	0	509
B21J	Hornos de forja. ²	2	2	1	0	1,257
B22C	Moldeo de fundición.	1	3	0	0	1,537
C21B	Fabricación del hierro o del acero.	11	3	1	46	1,536
C21C	Procesos de hierro fundido. ³	0	2	0	5	1,720
C21D	Modificación de la estructura física de los metales ferrosos. ⁴	16	9	2	0	2,730
	Total de patentes, industria siderúrgica.	31	20	4	51	9,289
	Total de patentes del país.*	15,827	10,355	572	411	
	Participación de la siderurgia en el total de patentes (%)	0.20	0.19	0.70	12.41	

Fuente: US Patent & Trademark Office. Washington. varios años.

*Incluye todos los campos de la actividad económica.

¹Por ej. tornillos, ruedas, anillos, cilindros, bolas.

²Forjado, martillado, prensado, remachado.

³Por ej. afinado, fabricación de hierro o acero dulce; tratamiento de las aleaciones ferrosas en estado líquido.

⁴Dispositivos generales para el tratamiento térmico de metales o aleaciones ferrosas o no ferrosas; procesos de maleabilización por descarburación, galvanizado u otros tratamientos.

CUADRO 24
INDUSTRIA SIDERÚRGICA
PATENTES DE BRASIL EN ESTADOS UNIDOS

Clasificación	Descripción	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999-2000	Total	
B21H	Fabricación de artículos metálicos especiales por laminado. ¹	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B21J	Hornos de forja. ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
B22C	Moldeo de fundición.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C21B	Fabricación del hierro o del acero.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
C21C	Procesos de hierro fundido. ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C21D	Modificación de la estructura física de los metales ferrosos. ⁴	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	
	Total industria siderúrgica.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	4	

Fuente: US Patent & Trademark Office. Washington, varios años.

¹P. ej. tornillos, ruedas, anillos, cilindros, bolas.

²Forjado, martillado, prensado, remachado.

³P. ej. afinado, fabricación de hierro o acero dulce; tratamiento de las aleaciones ferrosas en estado líquido.

⁴Dispositivos generales para el tratamiento térmico de metales o aleaciones ferrosas o no ferrosas; procesos de maleabilización por descarburación, galvanizado u otros tratamientos.

CUADRO 25
INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
PATENTES DE MÉXICO EN ESTADOS UNIDOS

Clasificación	Descripción	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999-2000	Total	
B21H	Fabricación de artículos metálicos especiales por laminado. ¹	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B21J	Hornos de forja. ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B22C	Moldeo de fundición.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C21B	Fabricación del hierro o del acero.	0	0	3	2	4	5	2	3	1	2	2	1	4	2	2	0	3	3	1	1	0	1	0	4	46	
C21C	Procesos de hierro fundido. ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	5	
C21D	Modificación de la estructura física de los metales ferrosos. ⁴	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total industria siderúrgica.	0	0	3	2	4	5	2	3	1	2	5	1	4	2	2	0	3	3	1	2	1	1	0	4	51	

Fuente: US Patent & Trademark Office. Washington, varios años.

¹P. ej. tornillos, ruedas, anillos, cilindros, bolas.

²Forjado, martillado, prensado, remachado.

³P. ej. afinado, fabricación de hierro o acero dulce; tratamiento de las aleaciones ferrosas en estado líquido.

⁴Dispositivos generales para el tratamiento térmico de metales o aleaciones ferrosas o no ferrosas; procesos de maleabilización por descarburación, galvanizado u otros tratamientos.

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN ACERÍA Y COLADA CONTINUA EN EMPRESAS DE PAÍSES INDUSTRIALIZADOS Y DE RECIENTE INDUSTRIALIZACIÓN, 1999¹

Innovación	Lugar de origen	Objetivo	Aplicaciones y resultados	Descripción
<p>EF SOP (TM), proceso de optimización de hornos. Control en circuito cerrado de una cantidad de variables del proceso, incluyendo inyección de sólidos y gas. Combina análisis continuo de humos con datos de proceso en tiempo real; incorpora significativos avances en instrumentación, recolección de datos, modelado y análisis y optimización del proceso.</p>	<p>Goodfellow Technologies, Inc. (GII). Sara Hornby Anderson, Howard D. Goodfellow y Euan J. Evenson. Canadá.²</p>	<p>Mejorar la eficiencia del proceso de acería con horno eléctrico de arco (HEA). Optimizar la producción y resultados ambientales en la acería. Aumentar la productividad del horno, disminuir costos de producción, mejorar desempeño de los sistemas ambientales del proceso y una percepción de la metalurgia de la acería con HEA.</p>	<p>De 1995 a 1997: reducción de consumo eléctrico de 335 kWh/t y tiempos de conexión a 4 minutos por colada con ahorros de más de un millón de dólares anuales. Ahorros de 10 kWh/t al reducir la capacidad de la operación del sistema primario de humos cuando el HEA está en vacío y de 10 kWt/t en los accionamientos de velocidad ajustable, en los ventiladores del sistema primario y secundario.</p>	<p>EF SOP comprende sondas para muestreo de gas de diseño propio patentadas, sistemas de acondicionamiento de muestras, equipo de análisis, equipos y software para adquisición de datos, control de proceso, display, análisis de tendencias históricas. El análisis puede ser efectuado en forma continua o puede proveer una "instantánea a tiempo". Los HEA modernos usan lanzas de oxígeno y de carbón, quemadores <i>oxyfuel</i> múltiples, práctica de escoria espumosa y otras técnicas sofisticadas para aumentar las tasas de producción mediante inyección y control de energía química. Optimización de energía. Ésta se concentra en la combustión de CO y H₂, no quemado originados en el horno para asegurar que la energía química se mantenga dentro del horno. Las reacciones de la combustión exotérmica liberan energía que puede ser transferida al acero, reduciendo así los requerimientos de energía eléctrica y mejorando la eficiencia de operación. Aunque existe el riesgo de explosiones en el sistema de humos.</p>
<p>EOF (Energy Optimizing Furnance). Reúne las operaciones de soplo de oxígeno, pre-combustión y precalentamiento de chatarra en un único sistema, facilitando varias proporciones de chatarra en la carga. Se recomienda a acerías con abastecimiento de arrabio líquido igual o superior a 50 por ciento de la carga metálica.</p>	<p>Grupo KORF. H. Carlos Pfeifer. Luiz Morsolotto, Sergio W. García Scherer. Bernt Rollinger, V.K. Lakshmanan y Ralph Weber. Brasil, 1998.</p>	<p>-Ahorro de energía.² *Mejoría de la productividad. *Operación flexible y de fácil control *Gran flexibilidad en uso de materias primas. *Baja inversión.</p>	<p>El uso de esta técnica en los hornos Siemens-Martin, permitió el ahorro de energía y el aumento de productividad. El proceso EOF se redujo de tres etapas a una. Utilizan este proceso gerdau y AFS-Trieste.</p>	<p>El enfoque EFSOP se aplica a HEA cargando fuentes de alternativas de hierro tales como HRD y arrabio. El potencial para optimización de combustión en tales escenarios, con una disponibilidad de carbono aumentada, es sustancial. EOF es un proceso de producción de acero que combina soplo de oxígeno, poscombustión y precalentamiento de chatarra en un único sistema. Se inyecta oxígeno horizontalmente al baño por tuberías sumergidas, al mismo tiempo en que se sopla oxígeno en la atmósfera del horno, a través de inyectoros refrigerados. Cerca del 30 por ciento de la energía generada en la poscombustión retorna al baño. Su eficiencia térmica se debe al empleo minimizado de energía. La flexibilidad del proceso EOF para operar con variadas proporciones entre carga sólida y carga líquida, lo acreditan como proceso comprobado y económico para plantas siderúrgicas integradas operando por la vía tecnológica: producción de arrabio-líquido acería EOF- colada continua.</p>
<p>Desarrollos técnicos en la colada continua de la compañía siderúrgica de Tubarao -CST- Brasil. Tecnologías para la acería con énfasis en la calidad. Instalación de nuevas tecnologías: la desgasifica-</p>	<p>Compañía siderúrgica de Tubarao-CST. Geraldo Iran S.L. Cardoso, Carlos Alberto Perim, Luis Antonio Soares, Warrison G. Vaz de Melo, Jayme Alves de Souza Junior y Marcelo Ferraz Matos. Brasil, 1995-1998.</p>	<p>Aumentar la productividad y calidad de los planchones producidos.</p>	<p>CST redujo el costo de fabricación, mejoró la competitividad y la calidad sus productos. Producción de 2.4 millones de toneladas, de planchones y 3.5 millones de planchones acabados en 1997. Se produjo más de 6.2 mi-</p>	<p>Componentes principales y procesos adyacentes de la máquina de colada continua núm. 1 de CST. Convertidores: tipo LD-KGC, con peso medio de colada de 306 t, operando con un convertidor y quedando el otro en <i>stand-by</i>, con producción media de 346 coladas/día. Afino secundario: denominado IR-UT (Injection Refining-Up Temperature), instalado entre los convertidores y la colada continua, a fin de balancear la producción entre estos procesos,</p>

CUADRO 26 (Continuación)

Innovación	Lugar de origen	Objetivo	Aplicaciones y resultados	Descripción
ción al vacío RH-KTB y una máquina de colada continua vertical-curva.			liones de toneladas de planchones para la exportación entre 1995-1998, mejorando la calidad de chapas gruesas, bandas en caliente y bandas en frío y una variedad de tipos de aceros.	además de funciones metalúrgicas, tales como homogeneización térmica y química del acero producido, entre otras. Componentes de la colada continua núm. 1: torre giratoria del tipo <i>butterfly</i> , distribuidor con capacidad de 45 t, molde curvo con alta frecuencia de oscilación y control automático de nivel, sistema para detección de rotura de la piel (<i>break-out</i>), enfriamiento secundario tipo niebla (<i>air-mist</i>), descurvamiento progresivo, barra falsa insertada por arriba, además de otras innovaciones.
Innovaciones recientes en la colada continua de planchones: los moldes, incluyendo la mesa osciladora, la automatización del proceso de colada, el sistema de gufa de la línea con un pase mínimo entre rodillo y la posibilidad de ajuste dinámico de la separación del segmento de rodillos.	SMS Schloemann-Siemag A.G.D. Letzel, A. Weyer, y A. Zajber, Alemania, 1998.	Mejor desempeño y calidad de las máquinas de colada continua, así como de los planchones producidos por ellas. Lograr tamaños adecuados al producto final a fin de ahorrar inversiones y costos de producción	El desarrollo de las plantas durante los años recientes ha traído los siguientes resultados principales: i) mejoría de la calidad del planchón (calidad interna y externa); ii) aumento de la productividad de la planta (se utilizan sólo 90 minutos de operación) y, iii) alta flexibilidad en combinación con la	Producción de bandas del calibre más delgado sin tomar ninguna vía de atajo con reducciones importantes de costos. Producción de microestructuras del planchón homogéneas que una máquina de colada continua convencional no puede producir. Los moldes ajustables en forma remota, en que los anchos de la sección pueden ser ajustados durante la colada, esencialmente aumentan los beneficios/eficiencia de la planta, así como la flexibilidad de la colada. El control de nivel en el molde que trabaje con precisión influye positivamente sobre la estructura de la superficie evitando derrames (<i>break-out</i>) y pérdidas.
Mejoramiento de la producción mediante procesos y equipos modernizados en la planta Edgar Thomson de usx.	usx Engineers & Consultants, Inc. John W. Pavia, Pittsburgh, Estados Unidos, 1997.	Asegurar la ventaja de la empresa en el mercado, centrándose en los mercados que se ubican al tope del espectro cualitativo con productos de acero al carbono con valor agregado.	acería y el laminador. Reducción de costos de inversión y de producción. El programa se puso en operación el 19 de agosto de 1992 y en diciembre del mismo año se registró un máximo mayor a 177,000 toneladas. El rendimiento de la máquina ha sobrepasado cons-	El control del flujo de calor posibilita la más alta calidad del producto terminado y condiciones de operación estables y confiables de las máquinas. Con el control del flujo electromagnético, mediante la aplicación de sistemas de EMFC, se dispone de un instrumento flexible para la mejoría sistemática de la calidad interna, para un crecimiento uniforme de la piel de la línea colada y para la reducción de los defectos superficiales. Accionamiento servo-hidráulico para realizar secuencias de movimiento no-sinusoidal de la mesa de oscilación, para mantener las marcas de oscilación más planas, mejoramiento de las condiciones de lubricación y en consecuencia crear una mejor calidad de superficie en general. También se emplea el sistema de oscilación directa guiado por resortes. La última etapa en el desarrollo de sistemas de oscilación del molde es la introducción de un sistema por el cual el movimiento del molde es efectuado directamente vía cuatro cilindros hidráulicos. Con el proceso de reducción blanda se minimiza la extensión de la zona de segregación de la línea de centro. Las instalaciones están integradas con una máquina de colada continua de planchones de dos líneas, un horno cuchara y un desgasificador al vacío recirculante con lanza de oxígeno. La máquina de colada continua de planchones de Mon Valley es de dos líneas; el diseño del distribuidor de dicha máquina asegura un flujo del acero a ambas líneas que permite mantener

CUADRO 26 (Continuación)

Innovación	Lugar de origen	Objetivo	Aplicaciones y resultados	Descripción
			<p>tantemente un 97 por ciento con un promedio de 300 hornadas por secuencia. La curva de aprendizaje desde la producción inicial hasta llegar a 45,000 toneladas mensuales fue de cinco meses, incluyendo la certificación de las tres más importantes fábricas de automotores.</p>	<p>la calidad y la productividad. Además permite el acceso a todas las funciones de control del proceso, a los modelos del proceso y la comunicación con el computador mediante las sofisticadas estaciones de operación con pantallas de toque manual.</p> <p>El horno cuchara sirve de compensador ente el BOF y la máquina de colada continua. El desgasificador al vacío fue diseñado para procesar una hornada de 230 ton del BOF en 38 minutos. En la planta Edgar Thomson, las mejoras hechas a los altos hornos aumentaron la productividad del horno en un 10 por ciento con relación a los estándares anteriores.</p> <p>Un efecto sobre la mejora en la productividad de los altos hornos es que el nivel más alto de la producción de lingotes en los cuatro años anteriores a la instalación de la máquina de colada continua fue de 2'425,000 ton en 1998. En 1994 se estaba registrando una producción de 2'426,000 ton de planchones de colada continua. Esto verifica el aumento proyectado de 12.8 por ciento en el rendimiento acero líquido/planchones de colada continua.</p>
<p>Uso del Hierro Briquetado en Caliente (HBC)</p>	<p>Midrex Direct Reduction Corporation. Franz Sammt & Robert Hunter. Estados Unidos.</p>	<p>La carga continua de HBC tiene como propósito:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) niveles de N₂ más bajos; ii) menor tiempo sin tensión; iii) menores pérdidas de calor en el horno; iv) mayor <i>input</i> de energía promedio al horno; v) transferencia de calor al baño mejorada; v) reacciones metalúrgicas más rápidas; vi) aumento de la productividad y del consumo de energía y, vii) disminución del consumo de electrodos y de energía. <p>Asegurar un alto grado de disponibilidad de la planta y un menor mantenimiento.</p>	<p>La disponibilidad de HRD ha permitido a algunas de las plantas Midrex elevar de grado su línea de productos, particularmente de alambón y barras de calidad especiales. Como ejemplo, Georgetown es ahora un importante productor de alambón en Estados Unidos.</p>	<p>Las plantas de hornos eléctricos generalmente usan HBC para uno, o una combinación de tres objetivos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Necesitan el material para producir aceros de alta calidad de bajos residuales. 2. Lo usan para diluir los niveles de residuales a niveles comercialmente aceptables usando chatarra local o disponible. 3. Dependiendo de los costos relativos y disponibilidad de otros materiales de carga pueden usarlo por las unidades de hierro.
<p>Innovaciones tecnológicas para incrementar la vida útil y reducir los tiempos de parada de los convertidores básicos al oxígeno</p>	<p>Siderurgia Kvaerner Metals. R.Lighfoot. Inglaterra.</p>	<p>Asegurar un alto grado de disponibilidad de la planta y un menor mantenimiento.</p>		<p>Las innovaciones básicamente son tres: i) enfriamiento Hi-Vap (patentado por Kvaerner Metals) para proteger contra la distorsión de la carcasa del recipiente. ii) rápido recambio de la lanza de oxígeno para aminorar las paradas y, iii) faldón de sello seco para reducir el mantenimiento. Hi-Vap es un sistema de enfriamiento aire neblina desarrollado para controlar la temperatura de la carcasa del recipiente del convertidor. Las funciones actuales de la lanza de oxígeno son: la combustión secundaria o soplado secundario de oxígeno, el salpique de escoria</p>

CUADRO 26 (Continuación)

Innovación	Lugar de origen	Objetivo	Aplicaciones y resultados	Descripción
El estado actual de la Tecnología ISP.	Mannesmann Demag Metallurgy, Duisburg, Alemania. Acciaieria I.S.P. di Cremona srl, Italia. Joachim Schönbeck, Christian Caesar, Manfred Spangenberg y Claudio Mafini.	Mejorar el rendimiento y la calidad en la	El proceso ISP (producción de banda en línea) ha sido introducido con todo éxito a la producción a escala industrial en todo el mundo hace una década, lográndose fuertes incrementos de la productividad. A raíz de la instalación ISP en Arvedi se introdujo la primera máquina de colada continua de planchones delgados. El método de reducción con núcleo líquido LCR (Liquid Core Reduction) ha sido un importante instrumento para mejorar la calidad y la flexibilidad.	con soplado de nitrógeno y la remoción de incrustaciones con oxígeno. La lanza de oxígeno de rápido recambio KWIK cuya patente está tramitando Kvaerner Metals se caracteriza por: i) la eliminación de mecanismos de sujeción y bulonado ii) una vida útil de sellos muy mejorada, y iii) la fabricación de acuerdo a especificaciones muy rigurosas a fin de garantizar la intercambiabilidad. El sistema de sellado en seco incluye un rediseño del perfil del faldón y una envoltura protectora exterior o "anillo de faldón" montado sobre la campana inferior. De esta manera se logra un cierre laberíntico entre campana y atmósfera externa. Kvaerner Metals emplea un <i>software</i> de dinámica de fluidos para controlar el flujo de los gases por el faldón y sello. Las ventajas del sello en seco del faldón son: poco mantenimiento, escasa acumulación de desechos; simplificación de la suspensión del faldón y del dispositivo de levante. No requiere purga con nitrógeno para lograr el sellado. No hay canal abierto de agua que implica el riesgo de la entrada de agua al convertidor
Resultados de operación y calidad en	Voest-Alpine Industrieanlagenbau	Mejorar el rendimiento y la calidad en la	Entre las plantas en las que la Voest-Alpi-	Colada-laminación con núcleo sólido practicada en una máquina de colada laminación de planchones delgados introducidas por Mannesmann Demag Metallurgy (MDM) y Arvedi es el primer proceso de laminación continua que ha tenido éxito a escala industrial. Los conocimientos y la experiencia derivados de esta tecnología han sido utilizados para seguir desarrollando la tecnología de los sistemas. La máquina de colada fue cambiada por una con doblado vertical donde el sistema de guía del lingote es del probado sistema segmentado. El concepto de lingotera de resonancia operada hidráulicamente, patentada como MDM, fue adaptado específicamente a los requerimientos de la colada de planchones delgados. En cooperación con Hatch-Steeltech, se ha desarrollado un sistema de bobinado sin mandril para la barra de transferencia. Con este sistema, es posible conectar fácilmente una segunda línea de colada a una máquina de una línea o que una máquina moderna de colada de planchones delgados y un equipo de manejo de bobinas sean acoplados a un tren terminador ya existente. A partir de la tecnología ISP puede avanzarse al proceso ESP (producción de banda sin fin), que ofrecería la posibilidad de omitir los pasos del calentamiento intermedio y bobinado de la barra de transferencia. La tecnología VAI de colada continua de planchones medianos se basa en una lingotera

CUADRO 26 (Continuación)

Innovación	Lugar de origen	Objetivo	Aplicaciones y resultados	Descripción
plantas productoras de planchones medianos cargados directamente en caliente usando la tecnología Conroll®.	GmbH J. Watzinger, A. Gantner, G. Lettmayr.	producción de aceros para chapas; reducir el consumo energético, especialmente en la producción de aceros superausteníticos. La instalación de máquinas de colada continua de planchones delgados y medianos tiene el propósito de pasar de la colada a la carga directa o caliente en los laminadores.	ne ha instalado máquinas de colada continua de planchones está la Armco Mansfield (Estados Unidos) en 1995 a fin de producir diversos planos de aceros al carbono e inoxidables e introducir la vía de carga caliente directa con una colada de máxima flexibilidad, especialmente para aceros inoxidables. Armco se orienta totalmente desde 1998 a la producción de estos aceros, logrando aceros inoxidables al cromo de primera calidad. Así, los proyectos conjuntos Armco-Vai se han transformado en instrumentos vital de perfeccionamiento de calidad, especialmente la	<p>recta y plana, caracterizada por la homogeneidad en las primeras etapas de solidificación y porque no se produce la carga de tensiones perjudiciales sobre la costra de colada. El alto nivel de calidad de las máquinas de colada continua de espesor mediano puede ser alcanzado a velocidades de colada que ya han sido probadas, elevando la productividad por línea instalada. El proceso Conroll®, basado en la tecnología de producción de planchones medianos, es la respuesta óptima a los requerimientos de los productores de acero.</p> <p>Otros proyectos desarrollados en conjunto por Armco y Vai, a raíz del éxito de la puesta en marcha de la máquina de colada continua de Mansfield, son:</p> <p>i) implementación de una lingotera con instrumentos especiales que permitan perfeccionar el conocimiento sobre el comportamiento térmico al interior de la lingotera; ii) desarrollo de un prototipo de monitor de la fricción en la lingotera a fin de observar el comportamiento de lubricación en la lingotera; iii) verificación y ajuste de los sistemas de control dinámico del rociado (Dynacs); iv) auditorías periódicas de la calidad de los aceros al carbono producidos en Mansfield; v) evaluación de la nueva tecnología vai de conicidad variable de la cara angosta de la lingotera (Diana) y, vi) evaluación de la tecnología vai de reducción dinámica del núcleo líquido (Smart).</p> <p>El nuevo flujograma de Armco Mansfield se caracteriza por el acoplamiento vital de fusión, colada y laminación con utilización de las más modernas tecnologías. La máquina de colada continua flexible de planchones medianos es el corazón del proceso.</p> <p>Vai ha instalado una serie de máquinas de colada continua de planchones medianos con acoplamiento de colada/laminación directa o carga en caliente. Este tipo de instalación demuestra la flexibilidad y aptitud de producir a plena capacidad todo tipo de acero de primera calidad en las plantas integradas en esta forma. La dimensión mediana del espesor de colada combina las ventajas de las tecnologías de la colada continua de planchones gruesos y delgados, asegurando de este modo una alta producción estable de aceros de alta calidad a bajo costo. La tecnología Conroll® de vai se basa en esta idea y el concepto ha sido puesto en práctica en la planta de Armco Mansfield a entera satisfacción del cliente. Se trata de una máquina de una línea, expansible a dos líneas en el futuro, y operable indistintamente con una o dos líneas. Su capacidad nominal es de 800,000 toneladas anuales.</p>

CUADRO 26 (Continuación)

<i>Innovación</i>	<i>Lugar de origen</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Aplicaciones y Resultados</i>	<i>Descripción</i>
Desarrollo de herramientas informáticas en la coordinación entre acería y colada continua.	Compañía Siderúrgica Huachipato, S.A. C. Haas, K. Sipos, N. Campos.	Mayor flexibilidad en la operación del convertidor y garantía en la continuidad de la colada.	La programación estándar permitió: i) asegurar la continuidad de las coladas; ii) disminuir la fracción de cucharas atrasadas; iii) reducir los ciclos de cuchara; iv) disminución mensual de 1 por ciento del total de coladas interrumpidas; v) mejorar la integración entre el convertidor y la máquina de colada por la gran anticipación de los problemas de sincronía del sistema; vi) disminuir 2 por ciento de cucharas atrasadas del total de cucharas procesadas y, vii) eliminar los complejos cálculos requeridos por la reprogramación manual y poner mayor acento en la supervisión.	El sistema de programación de hornadas realiza la coordinación entre el convertidor al oxígeno, la colada continua de planchones y una cancha de vaciado para lingotes. El sistema integra un componente de programación predictiva y una aplicación informática en línea con el proceso, mediante la cual se puede visualizar el proceso en forma global en términos de las oportunidades de sangrado y colado. Esto ha permitido asegurar de manera confiable la continuidad de las coladas, optimizando el orden de las hornadas y posibilitando la oportuna modificación de la secuencia cuando las circunstancias operativas lo exigen. Este concepto comprende un sistema de programación predictiva correctiva integrado por dos componentes: programación estándar y sincron.
Desarrollo del acero inoxidable AISI 409L en Acesita.	Companhia Aços Especiais Itabira Acesita. Valdeci Paula Alvarenga, Helcio Araújo Quintao, Otávio A.C. Teixeira, Anderson Batista Lana y Igino Foschi. Brasil.	i) Atender las necesidades de los clientes; ii) aumentar los niveles de aprobación de la calidad interna del acero; iii) disminuir la obstrucción de la válvula sumergida en la colada continua, exfoliación y desvío hacia segunda calidad y, iv) mejorar las condiciones operacionales en el flujo de producción con aumento de coladas secuenciales.	Se obtuvieron los siguientes resultados: i) mayor calidad y confiabilidad de los aceros inoxidables; ii) disminución del defecto de exfoliación y de desvío interno a segunda calidad; iii) mayores rendimientos, capacidad de producción y oferta del acero en el mercado; iv) reducción del índice de obstrucción de la válvula sumergida de 65 por ciento a cero en las coladas de las últimas siete campañas.; v) aumento de 82 a 97 por ciento de aprobación de las coladas derivados de la micropureza del acero; vi) factibilidad de hornadas para 3 coladas en secuencia.	Con el objetivo de producir todo el acero inoxidable por el proceso Triplex, Acesita modernizó el vod1 existente en noviembre de 1995, implantó el convertidor mrp-1 de 75 toneladas en marzo de 1996 y está prevista para el segundo trimestre de 1998 la entrada en operación del vod2.
Tecnología de la producción de acero EAF (Electric Arc Furnace) o HEA. Estado del arte y su evolución futura.	North Star Steel Company. Steven N. Filips. Estados Unidos, 1999.		El diseño básico del HEA no ha cambiado mucho en los diez últimos años. En los años sesenta los tiempos t-t de un horno de arco	El uso de inyectores de oxígeno-combustible, lanzas de agua, sistemas de poscombustión e inyectores de escoria de carbón ha crecido durante el periodo de 1985 y la década de los noventa y continuará expandiéndose aún a una tasa mayor. Los conductores de electrodo

CUADRO 26 (Continuación)

Innovación	Lugar de origen	Objetivo	Aplicaciones y resultados	Descripción
			<p>típico se medían en horas, con una capacidad de consumo de 5-600kwh/t, y un consumo de electrodo de 5-6 kg/t. Hoy en día los t-t pueden tener un rango de 40 minutos con un consumo de electricidad y de electrodo de 300 kwh/t y 1 kg/t respectivamente. En este campo, el oxígeno, medido en consumo por tonelada, se ha más que duplicado desde 1985 y se ha incrementado en más del 50 por ciento desde 1990.</p>	<p>actuales se están usando en hornos AC, DC y LM en el mundo. Esta tecnología permite aumentar la capacidad de los insumos (15 por ciento), reducir las pérdidas y tener una mejor regulación que con los sistemas anteriores (20kwh/t).</p> <p>La flecha del horno ha tenido muchos cambios en poco tiempo desde su aparición durante el cual el nuevo diseño es una horna con flecha finger como el de Birmingham Steel. La flecha del horno reduce energía eléctrica, consumo de electrodo, la luz del sistema y volúmenes de polvo; asimismo, incrementa la productividad y el contenido de zinc. Nuevos cambios que se están realizando son el uso de una flecha en seco, lanzas de techo y un sistema de inyección de enlace distribuido.</p> <p>Otro cambio importante en el futuro en la fundición con HEA se refiere a los desarrollos en el campo de la producción de metal en caliente. Su uso tiene muchas ventajas para el productor que usa HEA: costo, volumen de producción, bajo nivel de nitrógeno y residuos y</p>
				<p>menos consumo de energía eléctrica.</p> <p>Mientras el uso de DRI/HBI resulta en un gran consumo de electricidad, el metal en caliente emplea menores cantidades a causa de la energía química y térmica del metal.</p> <p>North Star Steel y Techno Logos se encuentran realizando una investigación en el proceso Technored. El proceso se basa en el concepto de pelets autorreductores producidos con mineral de hierro y con coque/carbón. Los pelets son reducidos y fundidos en un proceso por separado produciendo un metal líquido similar al del alto horno.</p> <p>Los ensayos de los dos últimos años fueron realizados sobre diferentes aspectos de las capacidad total del horno. Los ensayos fueron dirigidos para optimizar la producción de pelet y el consumo, evaluar las fuentes de combustible y de hierro, seleccionar el equipo APC y establecer parámetros operativos. Los resultados del ensayo han mostrado la capacidad del proceso dada la escala "estudiada" del horno. El siguiente paso será el diseño y operación de un horno comercial para verificar la escala del diseño.</p>

¹Ponencia presentada en el seminario ILAFA: "Innovaciones tecnológicas en acería y colada continua", 1999.
²No utiliza energía para fundir la carga.

CUADRO 27
MÉXICO: IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA
EN EL PIB DEL SECTOR INDUSTRIAL Y LA INDUSTRIA
MANUFACTURERA
(Miles de pesos a precios de 1993)

Año	PIB nacional	PIB industrial	% PIB industrial/ PIB total	PIB manufacturero	% PIB manufacturero/ PIB total	PIB siderurgia	% PIB siderúrgica/ PIB industrial	% PIB siderúrgica/ PIB manufacturero
1992	1'935,952	795,655	41.10	623,526	32.21	19,068	2.40	3.06
1993	1'975,946	801,888	40.58	624,661	31.61	20,171	2.52	3.23
1994	2'083,425	853,411	40.96	664,624	31.90	21,920	2.57	3.30
1995	1'967,573	812,005	41.27	652,882	33.18	24,251	2.99	3.71
1996	2'096,276	910,057	43.41	735,389	35.08	27,621	3.04	3.76
1997 ^p	2'262,889	1'004,795	44.40	814,984	36.02	30,869	3.07	3.79

Fuente: INEGI, *La industria siderúrgica en México*, México, varios años.
^pCifras preliminares.

CUADRO 28
MÉXICO: EMPLEO EN LAS INDUSTRIAS BÁSICAS DE HIERRO
Y ACERO. OBREROS Y EMPLEADOS POR INDUSTRIA,
1980-1997

Años	Industria siderúrgica			Fundición y laminación primaria			Laminación secundaria			Tubos y postes		
	Total	Obreros	Empleados	Total	Obreros	Empleados	Total	Obreros	Empleados	Total	Obreros	Empleados
1980	64,377	49,675	14,702	21,850	17,575	4,275	31,931	24,430	7,501	10,596	7,670	2,926
1981	67,373	52,174	15,199	24,036	19,424	4,612	32,296	24,734	7,562	11,041	8,016	3,025
1982	65,712	50,540	15,172	23,472	18,817	4,655	31,454	24,021	7,433	10,786	7,702	3,084
1983	63,579	48,770	14,809	22,653	18,146	4,507	30,603	23,364	7,239	10,323	7,260	3,063
1984	64,263	48,952	15,311	22,300	17,728	4,572	31,296	23,838	7,458	10,667	7,386	3,281
1985	67,072	50,519	16,553	19,648	15,604	4,044	35,242	26,416	8,826	12,182	8,499	3,683
1986	57,593	42,883	14,710	18,297	14,528	3,769	29,136	21,452	7,684	10,160	6,903	3,257
1987	53,287	39,279	14,008	17,205	13,557	3,648	26,618	19,397	7,221	9,464	6,325	3,139
1988	52,840	38,581	14,259	16,927	13,377	3,550	25,986	18,554	7,432	9,927	6,650	3,277
1989	51,411	36,882	14,529	17,015	13,005	4,010	24,762	17,459	7,303	9,634	6,418	3,216
1990	47,370	33,620	13,750	15,645	11,708	3,937	22,820	15,879	6,941	8,905	6,033	2,872
1991	43,448	30,795	12,653	14,431	10,772	3,659	19,533	13,499	6,034	9,484	6,524	2,960
1992	37,527	25,676	11,851	12,148	8,533	3,615	17,338	11,644	5,694	8,041	5,499	2,542
1993	31,547	22,039	9,506	10,179	7,366	2,813	14,545	10,105	4,440	6,823	4,568	2,253
1994	34,830	21,230	9,254	10,154	7,210	2,696	16,698	9,518	4,311	7,978	4,502	2,247
1995	33,092	n.d.	n.d.	10,040	n.d.	n.d.	16,216	n.d.	n.d.	6,836	n.d.	n.d.
1996	34,361	n.d.	n.d.	10,321	n.d.	n.d.	16,558	n.d.	n.d.	7,482	n.d.	n.d.
1997 ^p	35,125	n.d.	n.d.	10,287	n.d.	n.d.	16,570	n.d.	n.d.	8,268	n.d.	n.d.

Fuente: INEGI, 1998.
^pCifras preliminares.
n.d.: no disponible.

CUADRO 29
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA
PRODUCCIÓN DE ACERO
(Toneladas)

Año	Producción	Año	Producción
1950	390,356	1975	5'272,404
1951	466,683	1976	5'298,148
1952	533,291	1977	5'601,297
1953	525,030	1978	6'775,443
1954	609,450	1979	7'117,254
1955	725,350	1980	7'156,069
1956	888,412	1981	7'662,859
1957	1'049,466	1982	7'055,720
1958	1'115,000	1983	6'977,796
1959	1'327,725	1984	7'559,975
1960	1'539,537	1985	7'399,150
1961	—	1986	7'225,118
1962	1'693,671	1987	7'642,259
1963	2'020,493	1988	7'778,655
1964	2'320,077	1989	7'851,627
1965	2'454,680	1990	8'734,219
1966	2'787,478	1991	7'964,016
1967	3'039,694	1992	8'459,429
1968	3'256,064	1993	9'198,784
1969	3'466,962	1994	10'260,109
1970	3'881,201	1995	12'147,446
1971	3'820,818	1996	13'171,832
1972	4'430,599	1997	14'218,338
1973	4'694,000	1998	14'182,000
1974	5'137,559	1999 ^p	15'299,000

Fuente: 1950-1975: AHMSA, *Informes anuales*, México, varios años.

1976-1979: SPP-SPH- Canacero, *La industria siderúrgica en México*, México, 1981.

1980-1994: INEGI, *La industria siderúrgica en México*, varios años.

1990-1999: Canacero, *Diez años de estadística siderúrgica*.

^pCifras preliminares.

CUADRO 30
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
PRODUCCIÓN PRIMARIA DE HIERRO POR PRODUCTO
(Miles de toneladas)

Año	Total de arrabio	Hierro esponja	Total de hierro primario
1950	227.4	—	227.4
1951	254.3	—	254.3
1952	303.7	—	303.7
1953	242.2	—	242.2
1954	215.8	—	215.8
1955	327.9	—	327.9
1956	407.5	—	407.5
1957	431.0	—	431.0
1958	495.6	—	495.6
1959	559.2	72.6	631.9
1960	669.3	114.8	784.1
1961	757.8	173.9	931.7
1962	801.3	165.6	967.0
1963	833.1	169.7	1,002.9
1964	926.3	203.7	1,130.0
1965	945.9	212.7	1,158.6
1966	1,136.6	265.6	1,402.1
1967	1,285.5	325.9	1,611.4
1968	1,599.1	372.4	1,971.5
1969	1,695.3	402.7	2,097.9
1970	1,645.1	616.5	2,261.
1971	1,682.5	674.3	2,356.8
1972	1,889.6	784.4	2,674.0
1973	2,021.4	753.9	2,775.2
1974	2,304.3	803.3	3,107.5
1975	2,048.4	913.8	2,962.2
1976	2,412.8	1,115.1	3,527.9
1977	3,009.0	1,320.1	4,329.2
1978	3,508.5	1,628.0	5,136.5
1979	3,520.0	1,506.7	5,026.7
1980	3,638.7	1,636.0	5,274.7
1981	3,767.0	1,686.0	5,453.0
1982	3,598.0	1,505.1	5,103.1
1983	3,536.7	1,497.3	5,034.0
1984	3,936.1	1,447.6	5,383.7

CUADRO 30 (Continuación)

Año	Total de arrabio	Fierro esponja	Total de fierro primario
1985	3,594.9	1,500.4	5,095.3
1986	3,737.5	1,420.3	5,157.9
1987	3,711.7	1,550.8	5,262.5
1988	3,678.2	1,686.0	5,364.3
1989	3,229.9	2,163.6	5,393.5
1990	3,664.7	2,525.2	6,189.9
1991	2,962.3	2,409.9	5,372.2
1992	3,403.6	2,320.9	5,724.5
1993	3,423.0	2,737.2	6,160.1
1994	3,500.8	3,216.8	6,717.6
1995	4,142.0	3,700.3	7,842.3
1996	4,229.0	3,794.4	8,023.4
1997	4,450.0	4,439.8	8,889.8
1998	4,532.0	5,584.0	10,116.0
1999 ^P	4,822.0	6,070.0	10,892.0

Fuente: 1950-1975: Nafinsa, *La economía mexicana en cifras*, México, varios años.
 1975-1980: *La industria siderúrgica en México*, México, SPP. SMI-Canacero, 1981.
 1981-1994: INEGI, *La industria siderúrgica en México*, México, varios años.
 1990-1999: Canacero, *Diez años de estadística siderúrgica*.
^PCifras preliminares.

CUADRO 31
 MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA. PRODUCCIÓN DE ACERO POR EMPRESA
 (Miles de toneladas)

Año	FFAMSA	Consolidada*	Sicarisa	INEX**	AHMSA	Hvsa	TAMSA	Total
1950	138.9	69.6	-	-	123.4	34.8	-	366.8
1951	158.7	84.2	-	-	143.2	41.8	-	427.8
1952	178.5	94.0	-	-	166.8	43.0	-	482.2
1953	137.0	88.7	-	-	182.3	44.6	-	452.6
1954	145.8	81.4	-	-	219.2	66.9	-	513.2
1955	160.8	94.1	-	-	256.1	96.3	-	607.3
1956	179.5	105.1	-	-	314.2	118.9	-	717.7
1957	210.8	119.5	-	-	455.7	156.2	-	942.2
1958	202.3	151.1	-	-	353.5	149.2	42.9	898.9
1959	207.5	161.8	-	-	415.4	234.7	100.1	1,119.5
1960	201.5	143.0	-	-	546.2	270.1	160.6	1,321.4
1961	284.2	151.6	-	-	609.1	266.1	161.3	1,472.3
1962	353.5	-	-	-	698.5	244.9	161.7	1,458.6
1963	412.0	-	-	-	870.4	311.0	195.7	1,789.1
1964	465.9	-	-	-	1,015.0	364.2	216.3	2,061.4
1965	448.2	-	-	-	1,110.8	409.7	200.3	2,168.9
1966	533.7	-	-	-	1,185.3	472.2	243.4	2,434.6
1967	620.6	-	-	-	1,257.8	497.5	239.3	2,615.2
1968	709.4	-	-	-	1,374.2	487.2	244.0	2,814.9
1969	837.0	-	-	-	1,406.8	534.0	247.0	3,024.8
1970	771.0	-	-	-	1,513.8	776.0	272.0	3,332.8

CUADRO 30 (Continuación)

Año	Total de arrabio	Fierro esponja	Total de fierro primario
1985	3,594.9	1,500.4	5,095.3
1986	3,737.5	1,420.3	5,157.9
1987	3,711.7	1,550.8	5,262.5
1988	3,678.2	1,686.0	5,364.3
1989	3,229.9	2,163.6	5,393.5
1990	3,664.7	2,525.2	6,189.9
1991	2,962.3	2,409.9	5,372.2
1992	3,403.6	2,320.9	5,724.5
1993	3,423.0	2,737.2	6,160.1
1994	3,500.8	3,216.8	6,717.6
1995	4,142.0	3,700.3	7,842.3
1996	4,229.0	3,794.4	8,023.4
1997	4,450.0	4,439.8	8,889.8
1998	4,532.0	5,584.0	10,116.0
1999 ^p	4,822.0	6,070.0	10,892.0

Fuente: 1950-1975: Nafinsa, *La economía mexicana en cifras*, México, varios años.

1975-1980: *La industria siderúrgica en México*, México, SFI-Canacero, 1981.

1981-1994: INEGI, *La industria siderúrgica en México*, México, varios años.

1990-1999: Canacero, *Diez años de estadística siderúrgica*.

^pCifras preliminares.

CUADRO 31
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA. PRODUCCIÓN DE ACERO POR EMPRESA
(Miles de toneladas)

Año	FFMISA	Consolidada*	Sicartsa	IMEVA**	AFMISA	Hylsa	TAMSA	Total
1950	138.9	69.6	-	-	123.4	34.8	-	366.8
1951	158.7	84.2	-	-	143.2	41.8	-	427.8
1952	178.5	94.0	-	-	166.8	43.0	-	482.2
1953	137.0	88.7	-	-	182.3	44.6	-	452.6
1954	145.8	81.4	-	-	219.2	66.9	-	513.2
1955	160.8	94.1	-	-	256.1	96.3	-	607.3
1956	179.5	105.1	-	-	314.2	118.9	-	717.7
1957	210.8	119.5	-	-	455.7	156.2	-	942.2
1958	202.3	151.1	-	-	353.5	149.2	-	898.9
1959	207.5	161.8	-	-	415.4	234.7	42.9	1,119.5
1960	201.5	143.0	-	-	546.2	270.1	160.6	1,321.4
1961	284.2	151.6	-	-	609.1	266.1	161.3	1,472.3
1962	353.5	-	-	-	698.5	244.9	161.7	1,458.6
1963	412.0	-	-	-	870.4	311.0	195.7	1,789.1
1964	465.9	-	-	-	1,015.0	364.2	216.3	2,061.4
1965	448.2	-	-	-	1,110.8	409.7	200.3	2,168.9
1966	533.7	-	-	-	1,185.3	472.2	243.4	2,434.6
1967	620.6	-	-	-	1,257.8	497.5	239.3	2,615.2
1968	709.4	-	-	-	1,374.2	487.2	244.0	2,814.9
1969	837.0	-	-	-	1,406.8	534.0	247.0	3,024.8
1970	771.0	-	-	-	1,513.8	776.0	272.0	3,332.8

CUADRO 31 (Continuación)

Año	FFAMSA	Consolidada*	Sicartsa	IMEXA**	AHMSA	Hylsa	TAMSA	Total
1971	746.2	-	-	-	1,497.8	1,000.0	263.9	3,507.9
1972	845.4	-	-	-	1,789.3	1,051.6	271.5	3,957.8
1973	852.1	-	-	-	1,903.9	1,221.1	271.5	4,248.6
1974	920.5	-	-	-	2,044.7	1,278.0	318.3	4,561.5
1975	745.9	-	-	-	2,126.1	1,278.0	344.4	4,494.4
1976	784.5	-	-	-	2,068.0	1,274.8	349.4	4,476.6
1977	671.1	-	206.0	-	2,197.1	1,270.6	366.9	4,711.7
1978	948.8	-	473.0	-	2,447.0	1,461.3	420.3	5,750.4
1979	887.8	-	538.0	-	2,541.3	1,545.8	420.4	5,933.3
1980	974.5	-	682.0	-	2,271.8	1,558.2	377.3	5,863.6
1981	961.1	-	777.0	-	2,423.9	1,771.1	394.7	6,327.9
1982	836.5	-	752.0	-	2,278.8	1,575.9	383.1	5,826.3
1983	536.6	-	862.0	-	227.5	1,641.0	386.1	3,653.2
1984	824.7	-	927.0	-	2,467.8	1,633.7	342.7	6,196.0
1985	942.7	-	613.0	-	2,602.9	1,671.0	278.9	6,108.5
1986	254.0	-	1,192.0	-	2,868.0	1,582.0	233.0	6,129.0
1987	-	-	1,190.0	-	3,086.0	1,662.0	485.0	6,423.0
1988	-	-	1,131.0	-	3,083.0	1,710.0	540.0	6,464.0
1989	-	-	1,336.0	-	2,862.0	1,712.0	469.0	6,379.0
1990	-	-	1,802.0	-	3,096.0	1,882.0	503.0	7,283.0
1991	-	-	1,455.0	-	2,659.0	1,924.0	517.0	6,555.0
1992	-	-	1,194.0	954.0	2,550.0	1,938.0	380.0	7,016.0
1993	-	-	1,165.0	1,354.0	2,584.0	2,027.0	391.0	7,521.0
1994	-	-	1,345.0	1,761.0	2,490.0	2,181.0	427.0	8,204.0
1995	-	-	1,439.0	2,254.0	3,103.0	2,463.0	550.0	9,809.0
1996	-	-	1,337.0	2,426.0	3,393.0	2,722.0	737.0	10,615.0
1997	-	-	1,459.0	2,867.0	3,505.0	3,060.0	746.0	11,637.0
1998	-	-	1,283.0	3,123.0	3,677.0	2,797.0	685.0	11,565.0
1999 ^P	-	-	1,864.0	3,570.0	3,382.0	3,078.0	532.0	12,426.0

Fuente: 1950-1970: Nafinsa-CEPAL, *El sector industrial en el desarrollo económico de México*.
1971-1994 y 1990-1999: Canacero, *Informes anuales*. México, varios años.

*La consolidada fue absorbida por AHMSA en 1962.

**IMEXA corresponde lo que hasta 1991 se conocía como Sicartsa II.

Actualmente se denomina Sibalsa.

^PCifras preliminares.

CUADRO 32
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA. PRODUCCIÓN
DE ACERO POR TIPO DE PROCESO
(Miles de toneladas)

Año	Hogar abierto	Hornos eléctricos	Convertidores al oxígeno	Total
1950	322.7	68.0	—	390.7
1953	395.3	142.2	—	537.5
1960	890.8	601.0	—	1,491.8
1961	1,047.2	645.9	—	1,693.1
1962	1,052.0	658.7	—	1,710.7
1963	1,282.2	743.7	—	2,025.8
1964	1,480.4	846.1	—	2,326.5
1965	1,559.2	895.5	—	2,454.7
1966	1,717.9	1,069.6	—	2,787.5
1967	1,877.5	1,162.1	—	3,039.6
1968	2,082.6	1,173.5	—	3,256.1
1969	2,242.9	1,224.1	—	3,467.0
1970	2,284.2	1,597.0	—	3,881.2
1971	2,243.1	1,577.8	—	3,820.8
1972	2,281.3	1,795.9	353.4	4,430.6
1973	2,335.5	2,003.9	420.4	4,759.9
1974	2,330.8	2,172.4	634.5	5,137.6
1975	2,185.1	2,400.3	687.0	5,272.4
1976	2,154.2	2,440.6	703.3	5,298.1
1977	1,627.6	2,470.0	1,503.7	5,601.3
1978	1,506.0	2,793.4	2,476.1	6,775.4
1979	1,467.2	3,042.1	2,607.9	7,117.3
1980	1,350.3	3,118.0	2,687.8	7,156.1
1981	1,319.1	3,373.5	2,971.3	7,663.9
1982	1,079.7	3,071.1	2,904.9	7,055.7
1983	811.3	3,200.7	2,965.8	6,977.8
1984	932.6	3,205.7	3,421.7	7,560.0
1985	1,019.5	3,241.0	3,139.1	7,399.6
1986	854.0	2,908.0	3,463.0	7,225.0
1987	1,309.0	3,366.0	2,967.0	7,642.0
1988	929.0	3,564.0	3,286.0	7,779.0
1989	821.0	4,066.0	2,965.0	7,852.0
1990	713.0	4,491.0	3,530.0	8,734.0
1991	262.0	4,577.0	3,125.0	7,964.0
1992	—	4,715.0	3,744.0	8,459.0
1993	—	5,450.0	3,749.0	9,199.0
1994	—	6,426.0	3,834.0	10,260.0
1995	—	7,606.0	4,541.0	12,147.0
1996	—	8,441.0	4,731.0	13,172.0
1997	—	9,254.0	4,964.0	14,218.0
1998	—	9,222.0	4,960.0	14,182.0
1999 ^p	—	10,054.0	5,245.0	15,299.0

Fuente: 1950-1960: *La industria siderúrgica en México*, México, CNIT, 1956.
1960-1968: ILAFA, *Mercado y estructura de la industria siderúrgica en México*.
Santiago de Chile, 1970.
1969-1994: *Informes anuales y Diez años de siderúrgica*, México, varios años.
1990-1999: Canacero, *Diez años de estadística siderúrgica*.
^pCifras preliminares.

CUADRO 33
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
CONSUMO APARENTE DE PRODUCTOS SIDERÚRGICOS
(Miles de toneladas)

Años	Aceros no planos	Aceros planos	Tubos	Total
1960	679.2	434.2	268.9	703.0
1961	642.1	433.3	242.4	675.7
1962	683.1	399.2	215.2	614.3
1963	741.3	649.0	200.2	849.2
1964	916.3	836.7	255.8	1,092.5
1965	1,035.3	908.3	190.6	1,098.8
1966	1,058.3	1,052.7	308.5	1,361.2
1967	1,121.0	1,112.5	329.6	1,442.1
1968	1,214.8	1,225.7	320.6	1,546.3
1969	1,310.5	1,255.9	296.1	1,552.0
1970	1,385.7	1,289.1	346.6	1,635.7
1971	1,270.6	1,361.1	335.4	1,696.5
1972	1,410.8	1,584.7	425.6	2,010.3
1973	1,670.7	2,061.4	466.1	2,527.5
1974	1,954.1	2,416.4	547.9	2,964.3
1975	2,128.0	2,365.4	589.1	2,954.5
1976	2,037.5	2,099.0	561.5	2,660.5
1977	1,919.1	2,322.1	1,303.0	3,625.1
1978	2,201.7	3,048.9	1,242.7	4,291.6
1979	2,754.9	3,286.0	1,306.1	4,592.1
1980	3,500.1	4,084.2	1,493.6	5,577.8
1981	3,890.0	4,165.0	1,843.0	6,008.0
1982	2,915.0	3,180.0	1,200.0	4,380.0
1983	2,525.0	2,231.0	646.0	2,877.0
1984	2,922.0	2,562.0	838.0	3,400.0
1985	2,979.0	2,914.0	663.0	3,577.0
1986	2,761.0	2,061.0	431.0	2,492.0
1987	2,964.0	2,125.0	391.0	2,516.0
1988	3,022.0	2,455.0	400.0	2,855.0
1989	2,905.0	2,679.0	476.0	3,155.0
1990	3,597.0	3,002.0	520.0	3,522.0
1991	3,810.0	3,597.0	620.0	4,217.0
1992	3,992.0	3,668.0	612.0	4,280.0
1993	4,117.0	2,803.0	602.6	3,405.6
1994	4,846.0	3,729.0	675.2	4,404.2
1995	3,271.0	2,469.0	271.6	15,718.2
1996	4,117.0	3,691.0	550.2	8,358.2
1997	4,367.0	4,942.0	655.3	9,964.3
1998*	4,941.0	5,293.0	210.0	10,444.0
1999 ^{p*}	5,150.0	5,190.0	355.0	10,695.0

Fuente: Canacero. *Anuarios de varios años y Diez años de estadística siderúrgica*, México.
INEGI, *La industria siderúrgica en México*, 1998.

^p Cifras preliminares.

* Sólo incluye tubos sin costura.

CUADRO 34
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA. CONSUMO APARENTE DE ACERO
(Miles de toneladas)

Años	<i>Consumo aparente</i>	<i>Producción</i>	<i>Déficit</i>	<i>Consumo cubierto por importaciones %</i>
1950	788.01	390.36	397.65	50.46
1951	1,069.98	466.68	603.30	56.38
1952	1,011.88	533.29	478.59	47.30
1953	878.63	525.03	353.60	40.24
1954	902.78	609.45	293.33	32.49
1955	1,107.56	725.35	382.21	34.51
1956	1,481.61	888.41	593.20	40.04
1957	1,669.09	1,049.47	619.63	37.12
1958	1,546.30	1,115.00	431.30	27.89
1959	1,498.73	1,327.73	171.01	11.41
1960	1,863.09	1,539.54	323.55	17.37
1961	1,772.38	1,682.11	90.27	5.09
1962	1,739.97	1,693.67	46.29	2.66
1963	2,063.08	2,020.44	42.64	2.07
1964	2,506.08	2,320.08	186.00	7.42
1965	2,733.50	2,454.68	278.82	10.20
1966	2,986.61	2,787.48	199.13	6.67
1967	3,196.17	3,039.65	156.52	4.90
1968	3,438.39	3,256.06	182.33	5.30
1969	3,629.04	3,466.96	162.08	4.47
1970	3,965.45	3,881.20	84.25	2.12
1971	3,732.71	3,421.42	311.29	8.34
1972	4,276.39	4,430.60	-154.21	-3.61
1973	5,351.00	4,694.00	657.00	12.28
1974	6,205.00	5,137.56	1,067.44	17.20
1975	6,365.00	5,250.00	1,115.00	17.52
1976	5,951.00	5,298.15	652.85	10.97
1977	7,018.00	5,601.30	1,416.70	20.19
1978	8,053.00	6,775.44	1,277.56	15.86
1979	9,175.00	7,117.25	2,057.75	22.43
1980	11,412.00	7,156.07	4,255.93	37.29
1981	12,495.00	7,662.86	4,832.14	38.67
1982	9,046.00	7,055.72	1,990.28	-22.00
1983	6,524.00	6,977.80	-453.80	-6.96
1984	7,743.00	7,559.98	183.03	2.36
1985	7,865.00	7,399.00	466.00	5.92
1986	6,452.00	7,225.12	-773.12	-11.98
1987	6,461.00	7,642.26	-1,181.26	-18.28
1988	7,219.00	7,778.66	-559.66	-7.75
1989	7,549.00	7,851.63	-302.63	-4.01
1990	8,843.00	8,734.22	108.78	1.23
1991	10,392.00	7,964.02	2,427.98	23.36
1992	11,314.00	8,459.43	2,854.57	25.23
1993	10,095.00	9,198.78	896.22	8.88
1994	13,240.00	10,260.11	2,979.89	22.51
1995	7,563.00	12,147.45	-4,584.45	-60.62
1996	10,146.00	13,171.83	-3,025.83	-29.82
1997	12,122.00	14,218.34	-2,096.34	-17.29
1998	13,029.00	14,182.00	-1,153.00	-8.85
1999 ^a	13,832.00	15,299.00	-1,467.00	-10.61

Fuente: 1950-1969: AHMSA. *Informes anuales*. México, varios años.
1970-1994: Canacero. *Informes anuales y Diez años de estadística siderúrgica*. México, varios años.
1990-1999: Canacero. *Diez años de estadística siderúrgica*.
^aCifras preliminares.

CUADRO 35
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
PRODUCCIÓN DE LAMINADOS Y TUBOS
(Miles de toneladas)

Años	Laminados no planos	Laminados planos	Tubos*	Total
1953	221.9	175.7		
1954	249.1	211.2	49.6	447.1
1955	271.7	267.7	66.5	526.8
1956	403.2	319.7	92.1	631.5
1957	476.2	398.2	95.9	818.8
1958	462.8	362.1	186.9	1,061.3
1959	508.9	436.8	224.7	1,049.6
1960	533.2	525.8	205.2	1,150.8
1962	567.7	528.4	251.4	1,310.4
1963	654.1	787.3	237.7	1,333.8
1964	759.3	896.1	231.9	1,673.3
1965	882.1	973.1	273.7	1,929.1
1966	920.3	1,104.6	224.1	2,079.3
1967	1,020.2	1,154.1	341.2	2,366.1
1968	1,118.7	1,325.8	340.0	2,514.4
1969	1,206.7	1,396.1	350.6	2,795.1
1970	1,304.0	1,433.0	334.6	2,937.3
1971	1,276.0	1,495.0	371.0	3,108.0
1972	1,422.0	1,742.0	410.0	3,181.0
1973	1,639.0	1,931.0	465.0	3,629.0
			485.0	4,114.0
1974	1,855.0	2,126.0	565.0	4,546.0
1975	1,952.0	2,082.0	601.0	4,635.0
1976	1,927.0	1,919.0	600.0	4,446.0
1977	1,973.0	2,057.0	583.0	4,613.0
1978	2,311.0	2,598.0	750.0	5,659.0
1979	2,633.0	2,833.0	809.0	6,275.0
1980	2,932.0	2,937.0	866.0	6,735.0
1981	3,080.0	2,988.0	889.0	6,957.0
1982	2,875.0	2,532.0	827.0	6,234.0
1983	2,927.0	2,303.0	696.0	5,926.0
1984	3,182.0	2,496.0	812.0	6,490.0
1985	2,952.0	2,769.0	763.0	6,484.0
1986	3,116.0	2,265.0	684.0	6,065.0
1987	3,310.0	2,362.0	715.0	6,387.0
1988	3,335.0	2,531.0	722.0	6,588.0
1989	2,998.0	2,580.0	786.0	6,364.0
1990	3,578.0	2,685.0	786.0	7,049.0
1991	3,405.0	2,563.0	875.0	6,843.0
1992	3,411.3	2,596.0	739.0	6,746.3
1993	3,806.0	2,590.0	804.0	7,200.0
1994	4,373.2	2,843.2	934.0	8,150.4
1995	4,416.0	3,842.0	802.0	9,060.0
1996	4,797.2	4,588.0	1,156.0	10,541.2
1997	4,846.2	5,395.0	1,331.0	11,572.2
1998	5,028.0	5,194.0	1,315.0	11,537.0
1999 ^p	5,164.0	5,541.0	927.0	11,632.0

Fuente: Canacero, *Informes anuales y Diez años de estadística siderúrgica*, México, varios años.

^pCifras preliminares.

*Incluye tubos con y sin costura.

CUADRO 36
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
CONSUMO APARENTE DE PRODUCTOS SIDERÚRGICOS
(Miles de toneladas)

Años	Laminados planos ¹	Laminados no planos ²	Tubos ³	Total
1960	434.2	679.2	268.9	1,382.2
1961	433.3	642.1	242.4	1,317.8
1962	399.2	683.1	215.2	1,297.5
1963	649.0	741.3	200.2	1,590.5
1964	836.7	916.3	255.8	2,008.8
1965	908.3	1,035.3	190.6	2,134.1
1966	1,052.7	1,058.3	308.5	2,419.5
1967	1,112.5	1,121.0	329.6	2,563.1
1968	1,225.7	1,214.8	320.6	2,761.1
1969	1,255.9	1,310.5	296.1	2,862.5
1970	1,289.1	1,385.7	346.6	3,021.4
1971	1,361.1	1,270.6	335.4	2,967.1
1972	1,584.7	1,410.8	425.6	3,421.1
1973	2,061.4	1,670.7	466.1	4,198.2
1974	2,416.4	1,954.1	547.9	4,918.4
1975	2,365.4	2,128.0	589.1	5,082.5
1976	2,099.0	2,037.5	561.5	4,698.1
1977	2,322.1	1,919.1	1,303.0	5,544.2
1978	3,048.9	2,201.7	1,242.7	6,493.3
1979	3,286.0	2,754.9	1,306.1	7,347.0
1980	4,084.2	3,500.1	1,493.6	9,077.9
1981	4,165.0	3,890.0	1,843.0	9,898.0
1982	3,180.0	2,915.0	1,200.0	7,295.0
1983	2,231.0	2,525.0	646.0	5,402.0
1984	2,562.0	2,922.0	838.0	6,322.0
1985	2,914.0	2,979.0	663.0	6,556.0
1986	2,061.0	2,761.0	431.0	5,253.0
1987	2,125.0	2,964.0	391.0	5,480.0
1988	2,455.0	3,022.0	400.0	5,877.0
1989	2,679.0	2,905.0	476.0	6,060.0
1990	2,760.0	3,506.0	520.0	6,786.0
1991	3,294.0	3,742.0	620.0	7,656.0
1992	3,342.0	3,932.0	612.0	7,886.0
1993	2,803.0	4,117.0	603.0	7,523.0
1994	3,729.0	4,846.0	675.0	9,250.0
1995	2,469.0	3,271.0	271.0	6,011.0
1996	3,691.0	4,117.0	550.0	8,358.0
1997	4,942.0	4,367.0	655.0	9,964.0
1998*	5,293.0	4,941.0	210.0	10,444.0
1999p*	5,190.0	5,150.0	355.0	10,695.0

Fuente: Canacero, *Informes anuales y Diez años de estadística siderúrgica*. México, varios años.

¹Incluye: (De 1953a 1969) plancha, laminado, flejes, hojalata. De 1970 a 1988 se incluye además: planos de acero al silicio, planos inoxidables, cinta y tiras.

²Incluye: (De 1953-1969) barras, perfiles, alambros, rieles y accesorios para vías.

De 1970 a 1988 se incluye además varilla corrugada.

³Incluye: (De 1953 a 1988) tubos con costura, sin costura y otros tubos.

*Sólo incluye tubos sin costura.

^pCifras preliminares.

CUADRO 37

MÉXICO: VOLUMEN DE LAS EXPORTACIONES DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS SIDERÚRGICOS
(Toneladas)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Total	225,167	107,403	371,104	1'148,799	1'013,030	632,368	1'371,608	1'657,221	1'865,719	1'458,125
Materias primas	83,094	4,468	18,940	6,128	12,100	112,082	48,012	101,201	168,635	80,816
Mineral del hierro	982	2,079	160	1,340	1,765	255	1,056	1,402	7,067	1
Carbón mineral	0.00	309	14	331	0	335	857	46,669	73,892	40,008
Coque	78,666	110	0	90	88	94,791	24,351	7,065	68,366	11,295
Chatarra	3,446	1,970	18,766	4,367	10,247	16,701	21,748	46,065	19,310	29,512
Productos siderúrgicos	142,073	102,935	352,164	1'142,671	1'000,930	520,286	1'323,596	1'556,020	1'697,084	1'377,309
Productos primarios	63,695	50,788	47,357	121,836	80,758	60,626	76,878	84,141	125,011	97,597
Hierro de primera fusión	24,231	43	44	48,140	23,262	87	65	18	3	11
Ferroaleaciones	39,464	50,745	47,313	73,696	57,496	60,539	76,813	83,534	124,869	97,586
Fundición especular								589	139	0
Desbastes primarios de acero	0	6	50,993	44,055	940	6,886	120,265	179,960	81,697	244,546
Lingotes, palanquilla, etcétera.	0	6	50,993	44,055	940	6,886	120,265	179,960	81,697	244,546
Prods. intermedios y de consumo final	78,378	52,141	253,814	976,780	919,232	452,774	1'126,453	1'291,919	1'490,376	1'035,166
Planos	3,368	2,546	17,753	259,120	267,638	107,287	445,906	339,089	386,284	285,409
No planos	20,864	4,658	175,314	462,981	359,705	153,304	459,356	452,289	448,558	261,398
Tubos*	35,814	31,187	45,415	220,615	258,128	162,189	170,580	356,758	348,141	311,864
Otros**	18,332	13,750	15,332	34,064	33,761	22,994	51,411	143,735	47,115	177,140

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997 ^p	1998	1999 ^p
Total	1'723,118	1'564,999	1'777,578	2'294,686	2'617,115	6'479,627	5'922,493	6,278,890	5'915,000	5'978,000
Materias primas	51,265	135,929	46,699	138,954	246,014	202,959	164,631	283,662	0	0
Mineral del hierro	5	62,940	681	31,933	99,452	25	946.00	174,903.00	n.d.	n.d.
Carbón mineral	6,803	810	11	3,950	74	485	14,894.00	322.00	n.d.	n.d.
Coque	3,903	29,799	34	72	76	598	428.00	706.00	n.d.	n.d.
Chatarra	40,554	42,380	45,973	102,999	146,412	201,851	148,363.00	107,731.00	n.d.	n.d.
Productos siderúrgicos	1'671,853	1'429,070	1'730,879	2'155,732	2'371,101	6'276,668	5'757,862	5,995,228	5'915,000	5'978,000
Productos primarios	96,373	65,510	58,761	54,701	56,118	105,790	86,144	99,784	116,000	95,000
Hierro de primera fusión	0	1	62	18	0	52,352	30,847.00	15,436.00	34,000.00	12,000.00
Ferroaleaciones	96,373	65,509	58,699	54,683	56,118	53,438	55,297.00	84,348.00	82,000.00	83,000.00
Fundición especular	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00		
Desbastes primarios de acero	562,645	430,926	872,808	1'301,767	1'438,127	2'037,213	2,019,472	2,243,229	2,442,000	2,651,000
Lingotes, palanquilla, etcétera.	562,645	430,926	872,808	1'301,767	1'438,127	2'037,213	2'019,472.00	2'243,229.00	2'442,000.00	2'651,000.00
Prods. intermedios y de consumo final	1'012,835	932,634	799,310	799,264	876,856	4'133,665	3,652,246	3,652,215	3,357,000	3,232,000
Planos	198,849	144,879	302,839	302,415	238,831	1'860,601	1'591,933.00	1'543,890.00	1'133,000.00	1'224,000.00
No planos	291,470	159,448	71,448	130,671	104,389	1'320,848.00	940,447.00	814,038.00	539,000.00	584,000.00
Tubos*	338,478	374,270	208,899	311,622	456,599	602,508	697,496.00	801,674.00	723,000.00	397,000.00
Otros**	184,038	254,037	216,124	54,556	77,037	349,708	422,370.00	492,613.00	962,000.00	1'027,000.00

Fuente: INEGI, *La industria siderúrgica en México*, varios años.

* Incluye tubos sin y con costura

** Incluye piezas vaciadas y forjadas, alambre, recipientes, cilindros y tanques, accesorios para tubería, cadenas, clavos tornillos, etcétera.

^p Cifras preliminares.

n.d.: no disponible.

CUADRO 38

MÉXICO: VALOR DE LAS EXPORTACIONES DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS SIDERÚRGICOS (Dólares)

	1980	1981	1982	1983
Total	103'953,588	84'712,162	83'250,260	297'590,865
Materias primas	21'014,181	14'372,856	12'107,996	26'351,268
Mineral del hierro	42,974	343,119	10,384	132,394
Carbón mineral		76,249	10,384	132,394
Coque	2'707,349			20,888
Chatarra	18'263,859	13'953,488	12'087,227	26'068,993
Productos siderúrgicos	82'939,407	70'339,306	45071'142,264	271'236,597
Productos primarios	18'263,859	13'953,488	12'087,227	26'068,993
Hierro de primera fusión	2'621,401	38,124	10,384	2'819,912
Ferroaleaciones	15'642,458	13'915,364	12'076,843	23'248,881
Fundición especular	0	0	0	0
Desbastes primarios de acero	0	0	7'206,646	4'839,159
Lingotes, palanquilla, etcétera.			7'206,646	4'839,159
Prods. intermedios y de consumo final	64'675,548	56'385,818	51'848,390	240'328,615
Planos	1'890,847	1'143,729	4'932,503	63'835,130
No planos	11'989,686	5'604,270	26'988,577	85'238,815
Tubos*	25'741,298	24'361,418	10'903,427	75'414,288
Otros**	25'053,717	25'276,401	9'023,884	15'840,412
	1990	1991	1992	1993
Total	848'510,258	1'021'480,384	1'058'879,480	911'476,148
Materias primas	8'099,616	12'590,084	16'898,892	16'747,983
Mineral del hierro	483	3'034,842	1'440,492	706,489
Carbón mineral	395,145	311,524	4,387	259,491
Coque	84,407	950,995	7,602	34,893
Chatarra	7'619,581	8'292,723	15'446,411	15'747,110
Productos siderúrgicos	840'410,642	1,008'890,300	1'041'980,588	894'728,165
Productos primarios	62'275,084	43'645,893	38'808,350	28'743,812
Hierro de primera fusión	20	1,959	16,350	1,812
Ferroaleaciones	62'275,064	43'643,934	38'792,000	28'742,000
Fundición especular	0	0	0	0
Desbastes primarios de acero	126'651,274	164'585,465	314'692,041	293'543,731
Lingotes, palanquilla, etcétera	126'651,274	164'585,465	314'692,041	293'543,731
Prods. intermedios y de consumo final	651'484,284	800'658,942	688'480,197	572'440,622
Planos	123'354,517	161'886,184	238'566,056	249'014,502
No planos	100'212,835	60'831,558	32'147,001	46'641,581
Tubos*	204'758,363	264'453,981	149'163,091	185'121,941
Otros**	223'158,569	313'487,219	268'604,049	91'662,595

Fuente: INEGI, *La industria siderúrgica en México*, varios años.
Canacero, *Diez años de estadística siderúrgica, 1990-1999*.

*Incluye tubos sin y con costura.

**Incluye piezas vaciadas y forjadas, alambre, recipientes, cilindros y tanques, accesorios para tubería, cadenas, clavos, tornillos, etcétera.

†Cifras preliminares.

n.d.: no disponible.

	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Total	304'209,430	139'618,753	413'325,862	671'849,272	920'809,654	826'930,208
Materias primas	21'359,729	3'341,061	3'807,905	6'988,521	10'021,274	10'677,901
Mineral del hierro	974,212	115,920	115,128	615,469	3'176,323	45
Carbón mineral	974,212	538,382	1'734,347	1'934,117	1'507,728	1'634,456
Coque	20,839	1'960,330	710,879	579,521	1'031,935	241,991
Chatarra	19'390,466	726,430	1'247,551	3'859,414	4'305,288	8'801,409
Productos siderúrgicos	282'849,700	136'277,692	409'517,957	664'860,751	910'788,380	816'252,307
Productos primarios	19'390,466	15'283,359	27'258,664	31'484,468	70'267,886	70'767,763
Hierro de primera fusión	922,115	10,304	10,512	136	487	1,355
Ferroaleaciones	18'468,351	15'273,055	27'248,152	31'484,332	70'267,399	70'766,408
Fundición especular	0	0	0	0	0	0
Desbastes primarios de acero	619,953	1'370,428	20'323,943	31'592,849	23'861,863	62'587,386
Lingotes, palanquilla, etcétera.	619,953	1'370,428	20'323,943	31'592,849	23'861,863	62'587,386
Prods. intermedios y de consumo final	262'839,281	119'623,905	361'935,350	601'783,434	816'658,631	682'897,158
Planos	75'879,135	27'398,248	129'855,007	147'637,662	255'939,249	189'120,109
No planos	7'2'050,013	25'705,822	120'441,887	139'267,094	139'232,593	95'946,165
Tubos*	92'633,498	50'615,662	71'438,040	185'571,421	227'840,621	196'460,574
Otros**	22'276,635	15'904,173	40'200,416	129'307,257	193'646,168	201'370,310
	1994	1995	1996	1997	1998	1999 [†]
Total	1'115,998,127	2'749,968,195	2'735,626,692	3'266,511,863	3'899,527,000	3'728,106,000
Materias primas	27'959,325	33,353,052	22,633,307	56,403,603	n.d.	n.d.
Mineral del hierro	6'014,886	13,199	133,672	7,486,589	n.d.	n.d.
Carbón mineral	16,859	66,447	259,750	6,538	n.d.	n.d.
Coque	24,251	202,121	142,894	217,908	n.d.	n.d.
Chatarra	21'903,329	33,071,285	22,096,991	48,692,568	n.d.	n.d.
Productos siderúrgicos	1'088,038,802	2'716,615,143	2'712,993,385	3'210,108,260	3'899,527,000	3'728,106,000
Productos primarios	33'481,840	33,006,258	40,062,513	55,292,719	49,069,000	43,326,000
Hierro de primera fusión	0	924,072	519,474	269,005	2,412,000	238,000
Ferroaleaciones	33'481,840	32,082,186	39,543,039	55,023,714	46,657,000	43,088,000
Fundición especular	0	0	0	0	0	0
Desbastes primarios de acero	371'491,796	589,479,624	525,835,380	608,699,200	616,045,000	485,417,000
Lingotes, palanquilla, etcétera	371'491,796	589,479,624	525,835,380	608,699,200	616,045,000	485,417,000
Prods. intermedios y de consumo final	683'065,166	2'094,129,261	2'147,095,492	2'546,116,341	3'234,413,000	3'199,363,000
Planos	251'975,998	909,485,013	777,772,376	888,676,076	696,366,000	621,501,000
No planos	43'510,937	405,176,408	306,286,105	304,388,018	269,924,000	299,503,000
Tubos*	259'809,023	381,458,378	502,176,446	576,171,201	544,723,000	246,102,000
Otros**	127'769,208	398,009,462	560,860,565	776,881,046	1'723,400,000	2'032,257,000

CUADRO 39
MÉXICO: VOLUMEN DE LAS IMPORTACIONES DE MATERIAS PRIMAS
Y PRODUCTOS SIDERÚRGICOS
(Toneladas)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Total	5'441,549	5'447,629	2'537,939	1'278,156	1'621,562	2'197,902	1'575,120	1'036,339	1'932,053	1'763,619
Materias primas	2'388,028	1'775,731	1'019,911	779,484	812,431	1'447,488	1'008,304	657,491	1'317,850	870,421
Mineral del hierro	381,418	446,627	1,076	158	131	2,137	208,617	46,863	484,457	153,996
Carbón mineral	822,976	334,607	497,884	315,878	233,785	590,293	243,955	24,441	80,139	18,279
Coque	110,281	138,390	60,872	51,405	72,869	116,505	64,334	67,168	124,209	241,692
Chatarra	973,757	783,807	422,312	394,170	454,496	660,021	442,546	464,104	562,662	430,028
Material relaminable	99,596	72,300	37,767	17,873	51,150	78,532	48,852	54,915	66,383	26,426
Productos siderúrgicos	3'053,521	3'671,898	1'518,028	498,672	809,131	750,414	566,816	378,848	614,203	893,198
Productos primarios	147,888	179,925	47,910	5,346	13,305	24,434	13,264	13,178	31,721	179,254
Hierro de primera fusión	136,592	151,632	43,108	3,815	5,702	19,557	10,094	9,125	25,239	167,317
Ferroaleaciones	11,296	28,293	4,802	1,531	7,603	4,877	3,170	4,007	6,355	11,937
Fundición especular	0	0	0	0	0	0	0	46	127	0
Desbastes primarios de acero	381,596	400,359	92,222	40,438	17,650	162,479	102,140	5,651	6,727	5,283
Prods. intermedios y de consumo final	2'524,037	3'091,614	1'377,896	452,888	778,176	563,501	451,412	360,019	575,755	708,661
Planos	1'167,732	1'179,917	665,736	187,272	334,279	275,887	254,055	197,142	318,973	381,032
No planos	591,509	817,312	216,248	60,779	100,175	180,554	104,549	97,517	114,060	178,392
Tubos*	665,922	984,745	418,814	170,549	284,202	62,131	53,285	23,972	68,065	64,562
Otros**	98,874	109,640	77,098	34,288	59,520	44,929	39,523	41,388	73,557	54,675

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997 ^p	1998	1999 ^p
Total	2'180,161	3'270,814	3'670,970	3'168,125	5'337,302	2'487,623	3'542,516	5'262,780	2'429,000	2'241,000
Materias primas	973,653	757,242	632,983	1'405,493	2'234,628	1'515,896	2'431,288	3'604,475	0	0
Mineral del hierro	178	31,908	11,189	23,611	34,568	22,526	112,902	4,804	n.d.	n.d.
Carbón mineral	284,136	25,234	18,875	24,019	299,644	623,390	1'079,715	1'688,071	n.d.	n.d.
Coque	102,382	85,867	58,057	682,537	673,129	152,460	320,817	394,981	n.d.	n.d.
Chatarra	568,394	553,567	510,947	640,428	1'199,121	716,648	907,067	1'504,003	n.d.	n.d.
Material relaminable	18,563	60,666	33,915	34,898	28,166	872	10,787	12,616	n.d.	n.d.
Productos siderúrgicos	1'206,508	2'513,572	3'037,987	1'762,632	3'102,674	971,727	1'111,228	1'658,305	2'429,000	2'241,000
Productos primarios	66,957	126,624	44,828	39,674	81,697	40,765	55,629	141,051	178,000	188,000
Hierro de primera fusión	48,562	107,986	14,993	18,639	37,954	20,616	29,385	111,003	155,000	150,000
Ferroaleaciones	18,395	18,638	29,835	21,035	43,743	20,149	26,244	30,048	23,000	38,000
Fundición especular	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desbastes primarios de acero	14,513	144,148	150,069	93,574	72,057	24,739	31,097	83,277	230,000	216,000
Prods. intermedios y de consumo final	1'125,038	2'242,800	2'843,090	1'629,384	2'948,920	906,223	1'024,502	1'433,977	2'021,000	1'837,000
Planos	589,897	1'224,525	1'384,818	822,954	1'683,344	494,579	576,567	849,200	1'082,000	809,000
No planos	309,582	562,814	658,348	549,583	701,343	188,710	235,915	306,669	437,000	594,000
Tubos*	72,427	119,120	82,377	110,384	197,473	72,485	92,276	126,483	277,000	241,000
Otros**	153,132	336,341	717,547	146,463	366,760	150,449	119,744	151,625	225,000	193,000

Fuente: INEGI, *La industria siderúrgica en México*, varios años.

Canacero, *Diez años de estadística siderúrgica*, 1990-1999.

*Incluye tubos sin y con costura.

**Incluye alambre, cable, recipientes, cilindros y tanques, muelles, clavos, tornillos, etcétera.

^pCifras preliminares.

n.d.: no disponible.

CUADRO 40

MÉXICO: VALOR DE LAS IMPORTACIONES DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS SIDERÚRGICOS (Dólares)

	1980	1981	1982	1983
Total	1,964'718,522	2,136'484,941	543'904,465	397'479,460
Materias primas	188'611,947	137'285,551	32'751,817	43'336,583
Mineral del hierro	12'505,372	14'258,483	51,921	62,665
Carbón mineral	48'087,667	19'634,007	12'087,227	14'879,543
Coque	13'708,638	15'592,833	3'343,718	5'347,445
Chatarra	99'828,105	75'181,090	15'025,961	21'633,477
Material relaminable	14'482,166	12'619,138	2'242,991	1'413,452
Productos siderúrgicos	1,776'106,575	1,999'199,390	511'152,648	354'142,877
Productos primarios	37'516,115	35'760,579	6'407,061	5'082,858
Hierro de primera fusión	23'678,556	25'390,774	3'011,423	1'322,936
Ferrolaciones	13'837,559	10'369,806	3'395,639	3'759,922
Fundición especular	0	0	0	0
Desbastes primarios de acero	102'707,349	100'495,616	9'387,331	8'397,159
Prods. intermedio y de consumo final	1,635'883,111	1,862'943,195	495'358,255	340'662,860
Planos	655'393,210	586'160,884	183'613,707	104'553,683
No planos	323'592,609	396'301,944	74'195,223	70'498,538
Tubos*	424'709,927	572'855,509	152'658,359	107'004,595
Otros**	232'187,366	307'624,857	84'890,966	58'606,044

	1990	1991	1992	1993
Total	1,069'734,078	1,915'059,303	2,369'337,496	1,752'253,114
Materias primas	94'514,954	110'906,930	132'459,390	137'897,799
Mineral del hierro	48,562	4'102,426	3'828,336	733,703
Carbón mineral	11'206,480	12'719,810	34'009,396	3'832,026
Coque	17'312,945	16'597,060	18'467,490	49'434,795
Chatarra	63'134,517	67'029,644	70'376,196	77'816,189
Material relaminable	2'812,450	10'457,990	5'777,972	6'081,086
Productos siderúrgicos	975'219,124	1,804'152,373	2,236'878,106	1,614'355,315
Productos primarios	44'790,320	31'606,817	52'422,053	20'849,143
Hierro de primera fusión	13'410,531	14'382,583	21'042,264	3'625,034
Ferrolaciones	31'379,789	17'224,109	31'379,789	17'224,109
Fundición especular	0	125	0	0
Desbastes primarios de acero	4'882,238	38'594,027	44'474,644	23'902,742
Prods. intermedio y de consumo final	925'546,566	1,733'951,529	2,139'981,409	1,569'603,430
Planos	387'640,964	768'807,344	869'247,129	479'637,211
No planos	155'856,845	318'261,579	470'419,446	339'713,259
Tubos*	99'048,161	176'527,261	260'738,271	249'182,711
Otros**	283'000,596	470'355,345	539'576,563	501'070,249

Fuente: INEGI, *La industria siderúrgica en México*, varios años.Canacero, *Diez años de estadística siderúrgica en México*, 1990-1999.

* Incluye tubos sin y con costura.

** Incluye alambre, cable, recipientes, cilindros y tanques, muelles, clavos, tornillos, etcétera.

P Cifras preliminares.

n.d.: no disponible.

	1984	1985	1986	1987	1988	1989
600'250,065	13,980'783,101	456'467,717	427'013,682	744'405,214	848'237,848	
62'656,942	80'528,078	37'490,825	58'485,903	114'841,362	93'019,304	
10,419	36,064	4'999,051	2'975,338	14'125,662	4'252,390	
13'071,112	19'273,570	11'304,283	3'097,399	9'323,459	3'092,665	
8'648,085	10'965,997	9'465,823	8'924,742	18'137,679	32'992,429	
36'394,895	40'077,280	6'357,045	39'633,205	63'005,868	49'363,795	
4'532,430	10'175,167	5'364,623	3'855,219	10'248,694	3'318,025	
537'593,123	13,900'255,023	418'976,892	368'527,779	629'563,852	755'218,544	
7'663,454	13,551'527,563	9'068,343	13'830,717	22'497,776	33'766,430	
1'479,552	3'325,605	2'705,040	1'782,818	5'219,123	13'521,335	
6'183,902	13,548'201,958	6'363,303	12'038,061	17'250,802	20'245,095	
0	0	0	9,838	27,851	0	
3'037,249	24'891,808	24'971,805	1'464,106	2'674,520	3'331,269	
526'892,420	323'835,652	384'936,744	353'232,956	604'391,556	718'120,845	
179'708,257	119'044,307	144'391,342	123'448,463	233'495,583	295'995,012	
72'602,240	70'651,726	68'828,356	64'962,579	71'615,369	90'635,772	
173'305,548	44'948,480	65'621,465	33'832,474	83'674,109	88'773,688	
101'276,374	89'191,139	106'095,581	130'989,440	215'606,495	242'716,373	

	1994	1995	1996	1997 ^P	1998	1999 ^P
2,984'932,442	1,082'200,738	1,430'413,037	1,891'810,251	1,926'532,000	1,834'391,000	
251'707,937	131'998,432	202'400,080	344'374,126	0	0	
1'519,149	704,778	4'342,624	329,788	n.d.	n.d.	
19'078,402	29'629,378	54'402,167	97'183,375	n.d.	n.d.	
66'936,516	19'490,506	42'060,152	56'066,890	n.d.	n.d.	
159'048,366	82'010,821	99'458,260	188'293,421	n.d.	n.d.	
5'125,504	162,949	2'136,877	2'500,652	n.d.	n.d.	
2,733'224,505	950'202,306	1,228'012,957	1,547'436,125	1,926'532,000	1,834'391,000	
42'734,448	32'095,041	40'943,116	58'008,062	56'248,000	60'884,000	
7'734,201	4'373,729	6'544,240	19'371,855	25'541,000	18'295,000	
35'000,247	27'721,312	34'398,876	38'636,207	30'707,000	42'589,000	
0	0	0	0	0	0	
19'947,238	6'527,326	9'473,523	22'399,002	53'049,000	40'047,000	
2,670'542,819	911'579,939	1,177'596,318	1,467'029,061	1,817'235,000	1,733'460,000	
921'980,409	347'349,268	429'507,996	564'425,382	658'601,000	536'157,000	
495'075,927	137'214,267	179'059,702	218'534,114	287'976,000	322'790,000	
235'989,368	98'273,675	133'457,079	148'512,396	249'935,000	228'453,000	
1,017'497,115	328'742,729	435'571,541	535'557,169	620'723,000	646'060,000	

CUADRO 41
MÉXICO: SALDO DE LA BALANZA COMERCIAL DE MATERIAS PRIMAS
Y PRODUCTOS SIDERÚRGICOS
(Toneladas)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Total	-5'216,382	-5'340,226	-2'166,835	-129,357	-608,532	-1'565,534	-203,512	620,882	-66,334	-305,494
Materias primas	-2'304,934	-1,771,263	-1'000,971	-773,356	-800,331	-1'335,406	-960,292	-556,290	-1'149,215	-789,605
Mineral del hierro	-380,436	-444,548	-916	1,182	1,634	-1,882	-207,561	-45,461	-477,390	-153,995
Carbón mineral	-822,976	-334,298	-497,870	-315,547	-233,785	-589,958	-243,098	22,228	-6,247	21,729
Coque	-31,615	-138,280	-60,872	-51,315	-72,781	-21,714	-39,983	-60,103	-55,843	-230,397
Chatarra	-970,311	-781,837	-403,546	-389,803	-444,249	-643,320	-420,798	-418,039	-543,352	-400,516
Material relaminable	-99,596	-72,300	-37,767	-17,873	-51,150	-78,532	-48,852	-54,915	-66,383	-26,426
Productos siderúrgicos	-2'911,448	-3'568,963	-1'165,864	643,999	191,799	-230,128	756,780	1'177,172	1'082,881	484,111
Productos primarios	-84,193	-129,137	-553	116,490	67,453	36,192	63,614	70,963	93,290	-81,657
Hierro de primera fusión	-112,361	-151,589	-43,064	44,325	17,560	-19,470	-10,029	-9,107	-25,236	-167,306
Ferroaleaciones	28,168	22,452	42,511	72,165	49,893	55,662	73,643	79,527	118,514	85,649
Fundición especular	0	0	0	0	0	0	0	543	12	0
Desbastes primarios de acero	-381,596	-400,353	-41,229	3,617	-16,710	-155,593	18,125	174,309	74,970	239,263
Lingotes, palanquilla, etcétera.	-381,596	-400,353	-41,229	3,617	-16,710	-155,593	18,125	174,309	74,970	239,263
Prods. intermedios y de consumo final	-2'445,659	-3'039,473	-1'124,082	523,892	141,056	-110,727	675,04	931,900	914,621	326,505
Planos	-1'164,364	-1'177,371	-647,983	71,848	-66,641	-168,600	191,851	141,947	67,311	-95,623
No planos	-570,645	-812,654	-40,934	402,202	259,530	-27,250	354,807	354,772	334,498	83,006
Tubos*	-630,108	-8	-373,399	50,066	-26,074	100,058	117,295	332,786	280,076	246,307
Prods. consumo final**	-80,542	-95,890	-61,766	-224	-25,759	-14,935	11,088	102,395	232,736	92,815

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997 ^P	1998	1999 ^P
Total	-457,043	-1'705,815	-1'893,392	-873,439	-2'720,187	3'992,004	2'379,977	1'016,110	3'486,000	3'737,000
Materias primas	-922,388	-621,313	-586,284	-1'266,539	-1'988,614	-1'312,937	-2'266,657	-3'320,813	0	0
Mineral del hierro	-173	31,032	-10,508	8,322	64,884	-22,501	-111,956	170,099	n.d.	n.d.
Carbón mineral	-277,333	-24,424	-18,864	-20,069	-299,570	-622,905	-1'064,821	-1'687,749	n.d.	n.d.
Coque	-98,479	-56,068	-58,023	-682,465	-673,053	-151,862	-320,389	-394,275	n.d.	n.d.
Chatarra	-527,840	-511,187	-464,974	-537,429	-1'052,709	-514,797	-758,704	-1'396,272	n.d.	n.d.
Material relaminable	-18,563	-60,666	-33,915	-34,898	-28,166	-872	-10,787	-12,616	n.d.	n.d.
Productos siderúrgicos	465,345	-1'084,502	-1'307,108	393,100	-731,573	5'304,941	4'646,634	4'336,923	3'486,000	3'737,000
Productos primarios	29,416	-61,114	13,933	15,027	-25,579	65,025	30,515	-41,267	-62,000	-93,000
Hierro de primera fusión	-48,562	-107,985	-14,931	-18,621	-37,954	31,736	1,462	-95,567	-121,000	-138,000
Ferroaleaciones	77,978	46,871	28,864	33,648	12,375	33,289	29,053	54,300	59,000	45,000
Fundición especular	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desbastes primarios de acero	548,132	286,778	722,739	1'208,193	1'366,070	2'012,474	1'988,375	2'159,952	2'212,000	2'435,000
Lingotes, palanquilla, etcétera.	548,132	286,778	722,739	1'208,193	1'366,070	2'012,474	1'988,375	2'159,952	2'212,000	2'435,000
Prods. intermedios y de consumo final	-112,203	-1'310,166	-2'043,780	-830,120	-2'072,064	3'227,442	2'627,744	2'218,238	1'336,000	1'395,000
Planos	-391,048	-1'079,646	-1'081,979	-520,539	-1'444,513	1'366,022	1'015,366	694,690	51,000	0
No planos	-18,112	-403,366	-586,900	-418,912	-596,954	1'132,138	704,532	507,369	102,000	-10,000
Tubos*	266,051	255,150	126,522	201,238	259,126	530,023	605,220	675,191	446,000	156,000
Prods. consumo final**	30,906	-82,304	-501,423	-91,907	-289,723	199,259	302,626	340,988	737,000	834,000

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *La industria siderúrgica en México*, varios años y Canacero, 1990-1999.

^P Cifras preliminares.

* Incluye tubos sin y con costura.

** Incluye piezas vaciadas y forjadas, alambre, recipientes, cilindros y tanques, accesorios para tubería, cadenas, clavos tornillos, etcétera.

n.d.: no disponible.

CUADRO 42

MÉXICO: SALDO DE LA BALANZA COMERCIAL DE
MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS SIDERÚRGICOS
(Dólares)

	1980	1981	1982	1983
Total	-1,860'764,936	-2,051'772,779	-460'654,206	-99'888,594
Materias primas	-167'597,767	-122'912,695	-20'643,822	-16'982,314
Mineral del hierro	-12'462,398	-13'915,364	-41,537	69,629
Carbón mineral	-48'087,667	-19'557,758	-12'076,843	-14'747,249
Coque	-11'001,289	-15'592,833	-3'343,718	-5'326,557
Chatarra	-81'564,246	-61'227,602	-2'938,734	4'435,316
Productos siderúrgicos	-1,693'167,169	-1,928'860,084	-440'010,384	-82'906,280
Productos primarios	-19'252,256	-21'807,092	5'680,165	20'985,935
Hierro de primera fusión	-21'057,155	-25'352,650	-3'001,039	1'497,006
Ferroaleaciones	1'804,899	3'545,558	8'681,204	19'488,929
Fundición especular	0	0	0	0
Desbastes primarios de acero	-102'707,349	-100'495,616	-2'180,685	-3'558,000
Lingotes, palanquilla, etcétera	-102'707,349	-100'495,616	-2'180,685	-3'558,000
Prods. intermedios y de cons. final.	-1,571'207,564	-1,806'557,376	-443'509,865	-100'334,215
Planos	-653'502,363	-585'017,155	-178'681,204	-40'718,563
No planos	-311'602,923	-390'697,674	-47'206,646	14'740,287
Tubos*	-398'968,629	-548'494,091	-141'754,932	-31'590,307
Prods. consumo final**	-207'133,649	-282'348,456	-75'867,082	-42'765,632

	1990	1991	1992	1993
Total	-221'223,820	-893'578,919	-1,310'458,016	-840'776,966
Materias primas	-86'415,338	-98'316,846	-115'560,498	-121'149,816
Mineral del hierro	-48,079	-1'067,584	-2'387,844	-27,214
Carbón mineral	-10'811,335	-12'408,286	-34'005,009	-3'572,535
Coque	-17'228,538	-15'646,065	-18'459,888	-49'399,902
Chatarra	-55'514,936	-58'736,921	-54'929,785	-62'069,079
Productos siderúrgicos	-134'808,482	-795'262,073	-1,194'897,518	-719'627,150
Productos primarios	17'484,764	12'039,076	-13'613,703	7'894,669
Hierro de primera fusión	-13'410,511	-14'380,624	-21'025,914	-3'623,222
Ferroaleaciones	30'895,275	26'419,825	7'412,211	11'517,891
Fundición especular	0	-125	0	0
Desbastes primarios de acero	121'769,036	125'991,438	270'217,397	269'640,989
Lingotes, palanquilla, etcétera	121'769,036	125'991,438	270'217,397	269'640,989
Prods. intermedios y de cons. final.	-274'062,282	-933'292,587	-1,451'501,212	-997'162,808
Planos	-264'286,447	-606'921,160	-630'681,073	-230'622,709
No planos	-55'644,010	-257'430,021	-438'272,445	-293'071,675
Tubos*	105'710,202	87'926,720	-111'575,180	-64'060,770
Prods. consumo final**	-59'842,027	-156'868,126	-270'972,514	-409'407,651

	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Total	-296'040,633	-13,841'164,348	-43'141,855	244'835,590	176'404,440	-21'307,640
Materias primas	-41'297,212	-77'187,017	-33'682,920	-51'497,382	-104'820,088	-82'341,403
Mineral del hierro	963,793	79,856	-4'883,923	-2'359,869	-10'949,339	-4'252,345
Carbón mineral	-12'096,900	-18'735,188	-9'569,936	-1'163,282	-7'815,731	-1'458,209
Coque	-8'627,246	-9'005,667	-8'754,944	-8'345,221	-17'105,744	-32'750,438
Chatarra	-17'004,429	-39'350,850	-5'109,494	-35'773,791	-58'700,580	-40'562,386
Productos siderúrgicos	-254'743,422	-13,763'977,331	-9'458,935	296'332,972	281'224,528	61'033,763
Productos primarios	11'727,012	-13,536'244,204	18'190,321	17'653,751	47'770,110	37'001,333
Hierro de primera fusión	-557,437	-3'315,301	-2'694,528	-1'782,682	-5'218,636	-13'519,980
Ferroaleaciones	12'284,449	-13,532'928,903	20'884,849	19'446,271	53'016,597	50'521,313
Fundición especular	0	0	0	-9,838	-27,851	0
Desbastes primarios de acero	-2'417,296	-23'521,380	-4'647,862	30'128,743	21'187,343	59'256,117
Lingotes, palanquilla, etcétera	-2'417,296	-23'521,380	-4'647,862	30'128,743	21'187,343	59'256,117
Prods. intermedios y de cons. final.	-264'053,138	-204'211,747	-23'001,394	248'550,478	212'267,075	-35'223,687
Planos	103'829,122	-91'646,059	-14'536,335	24'189,199	22'443,666	-106'874,903
No planos	-552,227	-44'945,904	51'613,531	74'304,515	67'617,224	5'310,393
Tubos*	-80'672,050	5'667,182	5'816,575	151'738,947	144'166,512	107'686,886
Prods. consumo final**	-78'999,739	-73'286,966	-65'895,165	-1'682,183	-21'960,327	-41'346,063

	1994	1995	1996	1997 ^a	1998	1999 ^a
Total	-1,868'934,315	1,667'767,457	1,305'213,655	1,374'701,612	1,972'995,000	1,893'715,000
Materias primas	-223'748,612	-98'645,380	-179'766,773	-287'970,523	n.d.	n.d.
Mineral del hierro	4'495,737	-691,579	-4'208,952	7'156,801	n.d.	n.d.
Carbón mineral	-19,061,543	-29'562,931	-54'142,417	-97'176,837	n.d.	n.d.
Coque	-66'912,265	-19'288,385	-41'917,258	-55'848,982	n.d.	n.d.
Chatarra	-137'145,037	-48'939,536	-77'361,269	-139'600,853	n.d.	n.d.
Productos siderúrgicos	-1,645'185,703	1,766'412,837	1,484'980,428	1,662'672,135	1,972'995,000	1,893'715,000
Productos primarios	-9'252,608	911,217	-880,603	-2'715,343	-7'179,000	-17'558,000
Hierro de primera fusión	-7'734,201	-3'449,657	-6'024,766	-19'102,850	-23'129,000	-18'057,000
Ferroaleaciones	-1'518,407	4'360,874	5'144,163	16'387,507	15'950,000	499,000
Fundición especular	0	0	0	0	0	0
Desbastes primarios de acero	351'544,558	582'952,298	516'361,857	586'300,198	562'996,000	445'370,000
Lingotes, palanquilla, etcétera	351'544,558	582'952,298	516'361,857	586'300,198	562'996,000	445'370,000
Prods. intermedios y de cons. final.	-1,987'477,653	1,182'549,322	969'499,174	1,079'087,280	1,417'178,000	1,465'903,000
Planos	-670'004,411	562'135,745	348'264,380	324'250,694	37'765,000	85'344,000
No planos	-451'564,990	267'962,141	127'226,403	85'853,904	-18'052,000	-23'287,000
Tubos*	23'819,655	283'184,703	368'719,367	427'658,805	294'788,000	17'649,000
Prods. consumo final**	-889,727,907	69'266,733	125'289,024	241'323,877	1,102'677,000	1,386'197,000

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *La industria siderúrgica en México*, varios años y Canacero, 1990-1999.

^aCifras preliminares.

*Incluye tubos sin y con costura.

**Incluye piezas vaciadas y forjadas, alambre, recipientes, cilindros y tanques, accesorios para tubería, cadenas, clavos, tornillos, etcétera.

n.d.: no disponible.

CUADRO 43
MÉXICO: INVERSIONES EN LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA, 1983-1998
(Miles de dólares)

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994 ^a	1995 ^a	1996 ^a	1997 ^a	1998 ^a
Tratamiento de materias primas																
Nacional	18,151	34,942	33,492	7,864	6,521	11,551	15,444	17,737	27,323	1,587	16,464	9,819	39,892	108,749	66,797	41,864
Extranjera	10,655	29,707	22,100	3,374	3,210	5,916	11,969	10,110	26,212	1,587	12,815	8,064	14,356	57,607	33,136	28,968
Reducción	7,496	5,235	11,392	4,490	3,311	5,635	3,475	7,627	1,111	0	3,649	1,755	25,536	51,142	33,661	12,896
Nacional	43,601	50,246	16,342	6,916	3,159	2,396	14,189	12,031	101,289	866	2,522	31,554	72,702	150,055	74,698	76,586
Extranjera	19,912	40,006	10,255	4,077	2,885	2,160	4,314	10,821	99,014	866	2,522	31,552	9,539	74,749	22,872	59,633
Acería y colada continua	23,689	1,024	6,087	2,839	274	236	9,875	1,210	2,275	0	0	2	63,163	75,306	51,826	16,953
Nacional	155,042	220,572	191,993	87,627	12,318	15,152	30,822	16,117	26,937	56,156	26,828	50,675	121,470	39,995	154,853	133,509
Extranjera	86,394	161,736	94,319	84,394	11,126	13,508	17,377	14,790	21,120	22,455	26,441	48,342	38,799	21,035	100,686	63,777
Laminación	68,648	58,836	97,674	3,233	1,192	1,644	13,445	1,327	5,817	33,701	0	2,333	82,671	18,960	54,167	69,732
Nacional	98,206	52,246	64,506	9,604	36,528	29,225	98,777	106,108	76,160	90,154	68,804	117,602	122,566	19,555	159,451	173,255
Extranjera	39,452	33,486	27,901	5,547	28,126	25,282	66,175	90,467	66,673	81,983	67,910	116,421	27,536	8,715	73,831	156,420
Otros	58,754	1,876	36,605	4,057	8,402	3,943	32,602	15,641	9,487	8,171	894	1,181	95,030	10,840	85,620	16,835
Nacional	94,536	167,613	184,697	6,647	112,847	266,164	335,450	32,651	63,876	57,616	80,792	77,233	79,050	83,232	110,464	176,070
Extranjera	6,177	34,252	116,325	6,100	106,508	26,283	182,521	3,137	60,872	50,623	80,792	76,642	55,759	39,077	56,943	155,345
Total	32,766	133,361	68,372	547	6,339	3,334	152,929	1,281	3,004	6,993	0	591	23,291	44,155	53,521	20,725
Nacional	409,536	525,619	491,030	118,658	171,373	324,488	494,682	184,644	295,585	206,379	195,410	286,883	435,680	401,586	566,263	601,284
Extranjera	218,183	229,187	270,900	103,492	151,855	309,696	282,356	157,558	273,891	157,514	190,480	281,021	145,989	201,183	287,468	464,143
Extranjera	191,353	226,432	220,130	15,166	19,518	14,792	212,326	27,086	21,694	48,865	4,930	5,862	289,691	200,403	278,795	137,141

Fuente: ILAFA, Chile, varios años.

^aNo incluye siderúrgica nacional y aceros anglo entre otras empresas.

^bNo incluye AHMSA, Ind. Nylbo y SICARTSA entre otras empresas.

CUADRO 44
COMPETITIVIDAD Y ESPECIALIZACIÓN DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA MEXICANA
POR ZONAS COMERCIALES,
1990-1995

	TLCAN			Unión Europea			Sudeste Asiático			América Latina		
	V.C.R.*	Especialización	% Exportac.	V.C.R.*	Especialización	% Exportac.	V.C.R.*	Especialización	% Exportac.	V.C.R.*	Especialización	% Exportac.
1990-1991	-0.30	0.821	2.78	-0.640	1.360	4.60	0.08	4.222	14.29	-0.4	0.958	3.24
1992-1993	-0.45	0.610	1.28	-0.630	2.889	4.39	0.05	15.295	32.15	-0.48	1.574	3.31
1994-1995	0.00	0.657	2.03	-0.414	3.458	10.70	0.32	8.126	25.14	-0.24	1.345	4.16
1990-1995	-0.22	0.676	1.91	-0.550	2.520	7.11	0.15	8.649	24.41	-0.35	1.312	3.7

Fuente: E. Hernández Laos, 1997.

*Ventajas comparativas reveladas.

CUADRO 45
MÉXICO, CANADÁ Y ESTADOS UNIDOS: ESTRUCTURA SECTORIAL DEL PIB
VALUADO EN DÓLARES DE EUA A LA PPA
(Porcentaje)

	<i>México</i>				<i>Canadá</i>			
	1972	1980	1990	1993	1972	1980	1990	1994
Total industria manufacturera	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Alimentos, bebidas y tabaco	40.52	36.85	37.01	38.10	15.92	14.45	11.86	11.74
2. Textiles, vestido y cuero	10.04	8.35	6.34	5.27	6.76	6.12	4.83	4.28
3. Madera y sus productos	2.02	2.21	1.63	1.47	6.11	6.42	6.39	5.98
4. Imprenta y editoriales	3.50	3.49	3.57	3.25	13.94	14.31	12.26	10.82
5. Química y sus productos	16.60	20.19	23.89	23.06	13.77	14.86	17.01	16.97
6. Productos minerales no metálic.	6.35	6.13	5.77	5.98	4.37	3.89	3.10	2.55
7. Industrias metálicas básicas	5.30	5.64	5.45	5.18	7.95	7.77	7.52	8.23
8. Prods. metálicos, maq. y equipo	13.23	16.25	15.52	16.83	28.74	29.95	34.95	37.31
9. Otras industrias manufactureras	2.42	0.89	0.82	0.86	2.44	2.22	2.08	2.11

	<i>Estados Unidos</i>			
	1972	1980	1990	1994
Total industria manufacturera	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Alimentos, bebidas y tabaco	11.64	10.94	9.48	8.67
2. Textiles, vestido y cuero	6.40	5.86	5.24	5.19
3. Madera y sus productos	5.28	4.40	4.35	3.86
4. Imprenta y editoriales	11.17	10.56	10.22	9.31
5. Química y sus productos	15.54	12.79	15.98	15.41
6. Productos minerales no metálicos	3.96	3.23	2.71	2.55
7. Industrias metálicas básicas	8.85	6.96	3.88	4.24
8. Prods. metálicos, maq. y equipo	35.80	43.83	46.29	48.86
9. Otras industrias manufactureras	1.36	1.43	1.86	1.91

Fuente: Base de datos Stan de la OCDE para el análisis de la industria 1975-1994, OCDE, París, 1995.

CUADRO 46
VALOR AGREGADO POR PERSONA EMPLEADA EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA
DE MÉXICO FRENTE A LA DE ESTADOS UNIDOS
(Estados Unidos = 100.0)

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Total industria manufacturera	50.62	49.76	52.32	50.03	48.56	48.37	50.60	52.24	53.58	52.63	51.78	50.16	50.08
1. Alimentos, bebidas y tabaco	63.09	58.56	62.47	67.18	66.67	67.07	65.53	65.50	62.80	60.41	56.97	57.95	59.00
2. Textiles, vestido y cuero	53.33	52.57	52.51	55.05	58.99	58.81	54.89	51.55	48.03	48.64	45.75	43.10	43.43
3. Madera y sus productos	25.35	25.97	27.15	28.69	27.64	27.61	27.93	29.08	27.36	28.42	27.67	22.50	22.65
4. Imprenta y editoriales	27.10	27.06	29.22	31.55	31.69	30.62	31.11	32.86	33.61	34.20	34.31	34.04	35.08
5. Química y sus productos	42.96	42.56	45.77	63.20	60.36	59.29	61.10	61.12	72.24	65.03	62.03	57.07	61.04
6. Productos minerales no metálicos	41.84	41.89	45.75	48.78	45.97	41.92	47.92	49.92	52.58	53.53	58.88	47.96	46.69
7. Industrias metálicas básicas	53.13	48.59	45.25	54.01	47.99	50.15	54.04	59.19	58.17	54.92	56.15	59.01	55.02
8. Prods. metálicos, maq. y equipo	38.08	39.43	43.12	32.13	28.80	28.47	32.89	36.76	37.49	38.11	35.68	30.99	31.72
9. Otras industrias manufactureras	148.97	148.21	129.74	41.87	44.89	35.72	53.38	59.21	65.36	62.01	60.53	55.60	43.19

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Total industria manufacturera	49.45	47.33	45.16	44.86	46.73	48.39	49.67	50.21	50.21
1. Alimentos, bebidas y tabaco	57.23	58.09	56.65	55.49	61.49	61.42	64.64	66.42	67.23
2. Textiles, vestido y cuero	41.51	38.32	35.98	36.43	35.45	35.80	34.17	32.86	32.18
3. Madera y sus productos	27.43	26.75	24.82	25.88	26.46	27.26	27.09	27.35	29.91
4. Imprenta y editoriales	36.34	35.62	35.41	36.79	38.64	40.11	40.26	40.23	41.16
5. Química y sus productos	60.17	76.68	50.99	50.49	54.05	56.90	59.19	61.79	65.00
6. Productos minerales no metálicos	45.08	41.57	44.12	44.02	41.65	43.40	48.02	47.21	50.38
7. Industrias metálicas básicas	56.90	50.59	62.15	70.94	75.33	81.09	73.39	82.03	90.48
8. Prods. metálicos, maq. y equipo	32.79	29.34	27.76	28.59	29.81	32.02	34.71	34.85	34.11
9. Otras industrias manufactureras	44.55	37.51	31.53	27.96	26.59	26.15	24.01	25.33	23.81

Fuente: Base de datos de *Stan de la OCDE para el análisis de la industria 1975-1994*, OCDE, París, 1995.

CUADRO 47
ÍNDICES DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA POR RAMA: MÉXICO/CANADÁ/ESTADOS UNIDOS.
REMUNERACIÓN POR PERSONA EMPLEADA CON BASE EN LA PPA,* EN AÑOS SELECCIONADOS,
1972-1994
(Estados Unidos = 100.0)

México-Estados Unidos**	1972	1975	1980	1985	1990	1994
Total industria manufacturera	26.3	26.1	23.0	15.4	16.5	20.6
1. Alimentos, bebidas y tabaco	30.3	37.6	27.1	18.7	21.6	28.9
2. Textiles, vestido y cuero	25.2	28.4	31.4	14.7	13.4	15.8
3. Madera y sus productos	18.2	15.3	11.4	7.5	7.0	9.2
4. Imprenta y editoriales	16.0	20.5	15.8	10.6	10.9	13.4
5. Química y sus productos	28.7	40.9	45.1	25.8	30.4	41.3
6. Productos minerales no metálicos	29.7	27.8	18.2	12.4	11.6	13.9
7. Industrias metálicas básicas	31.6	30.1	28.1	19.1	25.4	32.3
8. Prods. metálicos, maq. y equipo	23.5	20.4	18.3	11.7	12.9	15.8
9. Otras industrias manufactureras	105.2	20.6	16.7	10.6	8.7	7.9

Canadá-Estados Unidos	1972	1975	1980	1985	1990	1994
Total industria manufacturera	113.2	96.6	98.2	100.1	94.9	98.2
1. Alimentos, bebidas y tabaco	125.4	135.1	109.1	102.8	104.1	98.0
2. Textiles, vestido y cuero	128.1	101.6	167.3	102.5	94.3	87.8
3. Madera y sus productos	101.6	108.3	127.2	130.4	128.8	116.5
4. Imprenta y editoriales	114.9	90.1	100.5	118.8	110.7	130.4
5. Química y sus productos	103.6	80.0	95.4	86.1	84.4	77.1
6. Productos minerales no metálicos	103.7	111.6	114.5	111.9	86.0	107.3
7. Industrias metálicas básicas	84.9	107.9	81.1	114.0	142.4	169.5
8. Prods. metálicos, maq. y equipo	114.1	90.1	92.4	96.4	88.9	97.5
9. Otras industrias manufactureras	161.2	110.8	139.2	115.9	99.2	100.4

Fuente: Base de datos *Stan de la OCDE para el análisis de la industria 1975-1994*, OCDE, París, 1995.

*Se calculó la PPA para cada país a precios de 1985.

**Para México se tomó 1993.

CUADRO 48
MÉXICO: REMUNERACIÓN MEDIA DE LA MANO DE OBRA
(Dólares con base en la paridad del poder de compra a precios de 1985 por persona empleada)

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Total industria manufacturera	5,451	5,457	5,713	6,376	6,612	6,204	6,334	6,386	6,042	6,280	6,208
1. Alimentos, bebidas y tabaco	6,128	6,237	6,693	7,205	7,443	6,603	6,886	7,680	7,277	7,367	7,175
2. Textiles, vestido y cuero	2,851	3,039	2,823	3,696	4,081	3,942	3,627	3,656	3,031	3,192	3,174
3. Madera y sus productos	3,043	2,481	2,828	2,711	2,837	2,546	2,761	2,381	2,005	2,094	2,127
4. Imprenta y editoriales	4,339	4,037	4,132	5,686	5,667	5,718	5,512	5,625	4,427	4,202	4,202
5. Química y sus productos	7,927	8,850	8,950	10,842	11,854	10,912	11,070	10,549	11,744	12,379	11,834
6. Productos minerales no metálicos	7,177	6,301	8,503	7,056	6,463	6,143	6,707	6,454	4,992	4,901	4,875
7. Industrias metálicas básicas	9,797	8,613	8,076	9,669	9,074	9,793	10,249	8,842	9,174	9,543	9,982
8. Prods. metálicos, maq. y equipo	4,747	5,016	5,290	5,789	5,838	5,594	5,707	5,818	5,459	5,746	5,584
9. Otras industrias manufactureras	13,063	6,645	4,442	4,005	3,300	2,930	3,156	3,188	2,692	3,379	3,068

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Total industria manufacturera	4,885	4,550	4,567	4,248	3,942	4,058	4,752	5,260	5,764	6,632	7,215
1. Alimentos, bebidas y tabaco	5,856	5,269	5,093	4,473	4,408	4,396	5,065	5,378	6,057	6,685	7,329
2. Textiles, vestido y cuero	2,519	2,481	2,490	2,351	2,034	2,082	2,411	2,633	2,759	3,109	3,400
3. Madera y sus productos	1,452	1,366	1,540	1,564	1,495	1,270	1,366	1,457	1,599	1,726	1,775
4. Imprenta y editoriales	3,303	2,987	2,980	2,716	2,352	2,480	2,727	2,984	3,200	3,645	3,830
5. Química y sus productos	8,603	8,518	8,901	11,609	7,509	7,705	9,491	10,512	11,466	13,573	14,722
6. Productos minerales no metálicos	3,796	3,657	3,530	3,334	3,161	3,271	3,665	4,009	4,254	4,746	4,976
7. Industrias metálicas básicas	7,690	6,416	6,965	6,381	6,160	6,060	7,242	8,832	9,854	13,312	15,079
8. Prods. metálicos, maq. y equipo	4,239	3,816	3,909	3,791	3,467	3,806	4,442	5,103	5,538	6,611	7,339
9. Otras industrias manufactureras	2,314	2,271	2,209	2,026	1,887	1,802	1,979	1,974	1,963	1,735	1,828

Fuente: Base de datos *Stan de la OCDE para el análisis de la industria*, París, 1994-1995.

CUADRO 49
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
VALOR AGREGADO POR TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO
(Millones de pesos mexicanos a precios de 1980)

Subrama	Tamaño	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
3411	Pequeña	77.40	79.03	63.20	105.22	66.53	73.89	58.05	40.73	35.28	5.60	5.34
	Mediana	498.09	499.79	335.23	287.10	379.53	422.72	492.60	429.75	656.13	530.59	485.40
	Grande	2,219.90	3,098.37	1,872.72	2,377.61	2,339.27	2,392.63	2,809.32	2,103.07	1,907.25	2,148.12	1,819.88
	Gigante	5,847.98	9,159.83	9,132.66	8,307.28	8,121.88	9,688.57	12,472.35	11,270.16	12,311.99	12,619.43	13,817.13
	Total 3411	8,643.37	12,837.02	11,403.81	11,077.21	10,907.21	12,577.81	15,832.32	13,843.70	14,910.65	15,303.74	16,127.75
3412	Pequeña	55.55	65.05	51.12	45.38	44.14	31.44	28.53	26.46	20.99	24.01	23.56
	Mediana	611.33	613.26	833.13	707.82	793.70	855.94	955.44	961.49	934.58	1,106.16	943.68
	Grande	1,574.95	1,698.43	1,468.63	1,477.30	1,543.70	1,632.33	1,633.93	1,675.19	1,056.93	1,265.61	1,830.54
	Gigante	12,257.13	18,420.31	14,041.34	15,050.25	12,634.58	13,858.77	14,523.99	13,220.19	13,297.55	15,227.26	16,127.87
	Total 3412	14,498.96	20,797.05	16,394.22	17,280.75	15,016.12	16,378.48	17,141.89	15,883.32	15,310.05	17,623.04	18,925.65
3413	Pequeña	71.14	52.77	41.05	31.50	20.21	25.78	52.32	64.00	85.81	72.24	79.38
	Mediana	446.84	437.59	319.71	337.96	335.78	488.41	394.67	490.98	480.98	546.99	466.74
	Grande	653.24	384.98	399.55	293.49	327.50	462.50	485.31	414.29	412.59	450.11	705.78
	Gigante	4,439.93	4,136.03	3,483.47	2,560.42	2,455.86	3,584.49	2,913.48	2,881.45	3,184.45	2,561.52	2,408.83
	Total 3413	5,611.15	5,011.37	4,243.78	3,223.37	3,139.35	4,561.18	3,845.78	3,850.71	4,163.83	3,630.86	5,590.73
Total	28,753.48	38,645.44	32,041.81	31,581.33	29,062.68	33,517.47	36,819.99	33,577.73	34,384.53	36,557.64	40,644.13	

Fuente: INEGI. *Encuesta industrial anual*. México, varios años.

CUADRO 50
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
CAPITAL FIJO NETO POR TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO
(Millones de pesos mexicanos a precios de 1980)

Subrama	Tamaño	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
3411	Pequeña	56.13	63.04	55.70	51.31	46.79	42.26	37.75	33.30	28.79	24.24	19.72
	Mediana	758.43	719.06	669.84	630.53	594.65	560.04	516.54	513.08	482.33	415.25	353.46
	Grande	2,588.19	2,772.61	2,651.86	2,491.11	2,316.37	2,137.60	2,010.08	1,863.37	1,714.18	1,698.6	1,493.26
	Gigante	20,732.76	20,016.17	18,854.26	17,506.62	16,227.12	14,825.49	13,682.70	12,489.34	11,249.41	9,858.64	8,761.47
	Total 3411	24,135.51	23,570.88	22,231.66	20,679.57	19,184.93	17,565.39	16,247.07	14,899.09	13,474.71	11,996.73	10,627.91
3412	Pequeña	47.17	47.76	44.90	46.06	45.11	42.36	42.50	38.91	35.24	31.64	26.96
	Mediana	530.51	606.41	586.54	570.69	569.35	544.79	503.22	521.55	700.42	651.68	595.59
	Grande	1,244.61	1,237.71	1,183.79	1,143.00	1,167.68	1,133.92	1,089.91	995.42	951.92	1,936.88	1,772.80
	Gigante	20,151.30	21,588.61	20,388.46	19,115.35	17,574.17	15,851.43	14,620.45	13,289.51	11,715.66	10,340.75	10,397.97
	Total 3412	21,973.59	23,480.49	22,203.69	20,875.10	19,356.31	17,572.50	16,256.08	14,845.39	13,403.24	12,960.95	12,793.32
3413	Pequeña	140.85	134.22	124.49	116.23	107.56	99.83	93.32	83.63	74.75	66.54	76.59
	Mediana	493.50	481.99	462.56	446.00	413.24	383.19	378.48	415.73	405.04	376.93	433.00
	Grande	917.86	909.54	858.05	801.77	753.69	703.15	657.21	633.94	593.37	542.62	494.03
	Gigante	6,713.48	6,338.22	5,925.40	5,545.42	5,113.36	4,698.11	4,266.99	3,830.99	3,424.87	3,129.02	2,820.16
	Total 3413	8,265.69	7,863.97	7,370.50	6,909.42	6,387.85	5,884.28	5,396.00	4,964.29	4,498.03	4,115.11	3,823.78
	Total	54,374.79	54,915.34	51,805.85	48,464.09	44,929.09	41,022.17	37,899.15	34,708.76	31,375.98	29,072.79	27,245.01

Fuente: INEGI, Encuesta industrial anual, México, varios años.

CUADRO 51
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
EMPLEO POR TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO
(Obreros y empleados)

Subrama	Tamaño	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
3411	Pequeña	301	291	251	191	156	144	127	126	71	71	71
	Mediana	1,212	1,210	1,199	1,137	1,161	1,420	1,407	1,318	1,289	1,169	1,110
	Grande	2,277	2,211	2,028	2,042	2,188	2,161	2,135	1,776	1,834	1,668	1,786
	Gigante	12,923	12,586	12,186	12,314	12,436	13,543	11,757	11,048	9,456	7,595	7,442
	Total 3411	16,713	16,298	15,664	15,684	15,941	17,268	15,426	14,267	12,650	10,503	10,409
3412	Pequeña	272	278	251	275	294	279	295	267	262	262	262
	Mediana	2,440	2,851	2,763	2,718	2,680	2,581	2,520	2,493	2,557	2,595	2,669
	Grande	2,733	2,691	2,567	2,684	2,801	2,646	1,380	1,528	1,350	1,260	1,170
	Gigante	19,207	21,367	20,269	19,989	19,676	18,158	17,318	14,738	12,704	10,356	9,531
	Total 3412	24,652	27,187	25,850	25,666	25,451	22,398	21,661	18,847	16,783	14,383	15,108
3413	Pequeña	344	351	302	276	303	344	321	406	355	297	333
	Mediana	1,639	1,722	1,538	1,427	1,624	1,529	1,291	1,548	1,587	1,406	1,295
	Grande	1,208	1,131	994	1,181	1,278	1,126	1,157	1,272	1,308	849	865
	Gigante	9,127	8,614	6,937	6,225	6,522	6,488	6,021	5,443	4,788	3,954	3,958
	Total 3413	12,318	11,818	9,771	9,109	9,727	9,487	8,790	8,668	8,038	6,506	6,451
	Total	53,683	55,303	51,285	50,459	51,119	49,153	45,877	41,782	37,471	31,392	31,968

Fuente: INEGI, Encuesta industrial anual, México, varios años.

CUADRO 52

MÉXICO: FUNDICIÓN Y LAMINACIÓN PRIMARIA.
REMUNERACIONES TOTALES POR ESTABLECIMIENTO Y TAMAÑO
(Millones de pesos mexicanos a precios de 1980)

Subrama	Tamaño	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
3411	Pequeña	24	25	21	12	9	11	7	10	6	6	6
	Mediana	83	107	89	75	72	55	90	94	139	143	129
	Grande	240	337	230	209	170	160	197	203	237	284	321
	Gigante	1,105	1,187	1,130	1,094	1,023	710	1,033	1,153	1,239	1,059	1,076
Total 3411		1,453	1,656	1,470	1,390	1,274	936	1,328	1,460	1,621	1,492	1,532
3412	Pequeña	142	242	361	883	1,818	1,914	2,791	3,391	3,823	3,882	4,425
	Mediana	1,326	2,845	3,579	8,373	15,136	18,932	22,522	25,837	38,538	48,919	33,630
	Grande	1,851	2,776	4,994	10,942	25,744	28,255	35,566	50,486	49,403	50,164	59,797
	Gigante	16,540	25,181	42,510	105,249	233,469	269,272	357,476	217,502	403,604	324,771	192,738
Total 3412		19,740	31,044	51,444	125,447	276,167	318,373	418,355	297,216	495,368	427,736	290,590
3413	Pequeña	23	24	18	16	16	27	34	38	45	36	27
	Mediana	100	120	85	71	82	106	125	142	158	193	178
	Grande	97	119	74	84	93	109	145	158	160	175	172
	Gigante	937	951	587	531	577	713	809	745	796	771	820
	Total 3413	1,157	1,214	764	703	768	956	1,113	1,083	1,159	1,175	1,197
Total		22,350	33,915	53,678	127,540	278,209	320,265	420,796	299,759	498,148	430,403	293,319

Fuente: INEGI, Encuesta industrial anual, México, varios años.

CUADRO 53

MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA
(Horas/hombre trabajadas por tamaño del establecimiento)

Subrama	Tamaño	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
3411	Pequeña	603	574	480	361	527	275	219	217	128	104	104
	Mediana	2,219	2,351	2,286	2,201	2,521	2,640	2,539	2,422	2,363	2,146	1,936
	Grande	3,954	3,771	3,652	3,944	4,154	4,145	4,063	3,364	3,251	2,989	3,310
	Gigante	19,903	21,001	19,306	19,861	21,398	19,643	19,339	19,311	16,116	13,374	9,842
Total 3411		26,679	27,697	25,724	26,367	28,600	26,703	26,160	25,314	21,858	18,613	15,192
3412	Pequeña	508	572	591	557	516	497	558	492	500	479	492
	Mediana	4,254	5,288	5,061	5,018	5,062	4,429	4,420	4,462	4,688	4,550	4,849
	Grande	4,799	4,779	4,581	4,932	4,641	5,032	4,054	4,320	3,705	3,568	3,147
	Gigante	31,368	32,378	31,089	30,899	35,086	27,887	28,273	24,066	19,945	18,212	16,961
Total 3412		40,929	43,017	41,322	41,406	45,305	37,845	37,305	33,340	28,838	26,809	25,449
3413	Pequeña	543	556	497	439	494	545	511	614	629	558	667
	Mediana	2,579	2,842	2,329	2,332	2,568	2,617	2,228	2,648	2,758	2,435	2,267
	Grande	1,779	1,537	1,348	1,587	1,875	1,487	1,749	1,914	1,877	1,441	1,236
	Gigante	14,554	13,557	10,459	9,895	10,648	11,939	10,047	9,041	7,835	6,682	6,572
	Total 3413	19,455	18,492	14,633	14,253	15,585	16,588	14,535	14,216	13,099	11,116	10,742
Total		87,063	89,206	81,679	82,026	89,490	81,136	78,000	72,869	63,795	56,538	51,383

Fuente: INEGI, Encuesta industrial anual, México, varios años.

CUADRO 54
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
ÍNDICES DEL VALOR AGREGADO POR TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO
(1984 = 100)

Subrama	Tamaño	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
3411	Pequeña	100.00	102.11	81.65	135.94	85.96	95.47	75.00	52.62	45.58	7.24	6.90
	Mediana	100.00	100.34	67.30	57.64	76.20	84.87	98.90	86.28	131.73	106.52	97.45
	Grande	100.00	139.57	84.36	107.10	105.38	107.78	126.55	94.74	85.92	96.77	81.98
	Gigante	100.00	156.63	156.17	142.05	138.88	165.67	213.28	192.72	210.53	215.79	236.27
	Total 3411	100.00	148.52	131.94	128.16	126.19	145.52	183.17	160.17	172.51	177.06	186.59
3412	Pequeña	100.00	117.10	92.03	81.69	79.46	56.60	51.36	47.63	37.79	43.22	42.41
	Mediana	100.00	100.32	136.28	115.78	129.83	140.01	156.29	157.28	152.88	180.94	154.37
	Grande	100.00	107.84	93.25	93.80	98.02	103.64	103.74	106.36	67.11	80.36	116.23
	Gigante	100.00	150.28	114.56	122.79	103.08	113.07	118.49	107.86	108.49	124.23	131.58
	Total 3412	100.00	143.44	113.07	119.19	103.57	112.96	118.23	109.55	105.59	121.55	130.53
3413	Pequeña	100.00	74.18	57.70	44.28	28.41	36.24	73.55	89.96	120.62	101.55	111.58
	Mediana	100.00	97.93	71.55	75.63	75.15	109.30	88.32	109.88	107.64	122.41	104.45
	Grande	100.00	58.93	61.16	44.93	50.13	70.80	74.29	63.42	63.16	68.90	108.04
	Gigante	100.00	93.16	78.46	57.67	55.31	80.73	65.62	64.90	71.72	57.69	54.25
	Total 3413	100.00	89.31	75.63	57.45	55.95	81.29	68.54	68.63	74.21	64.71	99.64
		100.00	134.40	111.44	109.83	101.08	116.57	128.05	116.78	119.58	127.14	141.35

Fuente: INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

CUADRO 55
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
ÍNDICES DE EMPLEO POR TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO
(1984 = 100)

Subrama	Tamaño	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
3411	Pequeña	100.00	96.68	83.39	63.46	51.83	47.84	42.19	41.86	23.59	23.59	23.59
	Mediana	100.00	99.83	98.93	93.81	95.79	117.16	116.09	108.70	106.35	96.45	91.58
	Grande	100.00	97.10	89.06	89.68	96.09	94.91	93.76	77.98	80.54	73.25	78.44
	Gigante	100.00	97.39	94.30	95.29	96.23	104.80	90.98	85.49	73.17	58.77	57.59
	Total 3411	100.00	97.52	93.72	93.84	95.38	103.32	92.30	85.36	75.69	62.84	62.28
3412	Pequeña	100.00	102.21	92.28	101.10	108.09	102.57	108.46	98.16	96.32	96.32	96.32
	Mediana	100.00	116.84	113.24	111.39	109.84	105.78	103.28	102.15	104.80	106.35	109.39
	Grande	100.00	98.46	93.93	98.21	102.49	96.80	50.49	55.91	49.40	46.10	42.81
	Gigante	100.00	111.25	105.53	104.07	102.44	94.54	90.17	76.73	66.14	53.92	49.62
	Total 3412	100.00	110.28	104.86	104.11	103.24	90.86	87.87	76.45	68.08	58.34	61.28
3413	Pequeña	100.00	102.03	87.79	80.23	88.08	100.00	93.31	118.02	103.20	86.34	96.80
	Mediana	100.00	105.06	93.84	87.07	99.08	93.29	78.77	94.45	96.83	85.78	79.01
	Grande	100.00	93.63	82.28	97.76	105.79	93.21	95.78	105.26	108.28	70.28	71.61
	Gigante	100.00	94.38	76.01	68.20	71.46	71.09	65.97	59.63	52.46	43.32	43.37
	Total 3413	100.00	95.94	79.32	73.95	78.97	77.02	71.36	70.37	65.25	52.82	52.37
	Total	100.00	103.02	95.53	93.99	95.22	91.56	85.46	77.83	69.80	58.48	59.55

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

CUADRO 56
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
ÍNDICES DE HORAS/HOMBRE TRABAJADAS POR TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO
(1984 = 100)

Subrama	Tamaño	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
3412	Pequeña	100.00	95.19	79.60	59.87	87.40	45.61	36.32	35.99	21.23	17.25	17.25
	Mediana	100.00	105.95	103.02	99.19	113.61	118.97	114.42	109.13	106.49	96.71	87.25
	Grande	100.00	95.37	92.36	99.75	105.06	104.83	102.76	85.08	82.22	75.59	83.71
	Gigante	100.00	105.52	97.00	99.79	107.51	98.69	97.17	97.03	80.97	67.20	49.45
	Total 3411	100.00	103.82	96.42	98.83	107.20	100.09	98.05	94.88	81.93	69.77	56.94
3412	Pequeña	100.00	112.60	116.34	109.65	101.57	97.83	109.84	96.85	98.43	94.29	96.85
	Mediana	100.00	124.31	118.97	117.96	118.99	104.11	103.90	104.89	110.20	106.96	113.99
	Grande	100.00	99.58	95.46	102.77	96.71	104.86	84.48	90.02	77.20	74.35	65.58
	Gigante	100.00	103.22	99.11	98.50	111.85	88.90	90.13	76.72	63.58	58.06	54.07
Total 3412	100.00	105.10	100.96	101.17	110.69	92.47	91.15	81.46	70.46	65.50	62.18	
3413	Pequeña	100.00	102.39	91.53	80.85	90.98	100.37	94.11	113.08	115.84	102.76	122.84
	Mediana	100.00	110.20	90.31	90.42	99.57	101.47	86.39	102.68	106.94	94.42	87.90
	Grande	100.00	86.40	75.77	89.21	105.40	83.59	98.31	107.56	105.51	81.00	69.48
	Gigante	100.00	93.15	71.86	67.99	73.16	82.03	69.03	62.12	53.83	45.91	45.16
	Total 3413	100.00	95.05	75.21	73.26	80.11	85.26	74.71	73.07	67.33	57.14	55.21
Total	100.00	102.46	93.82	94.21	102.79	93.19	89.59	83.70	73.27	64.94	59.02	

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

CUADRO 57
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
PRODUCTIVIDAD MEDIA DEL TRABAJO POR TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO
(Miles de pesos mexicanos a precios de 1980 por trabajador)

Subrama	Tamaño	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
3411	Pequeña	257.14	271.58	251.79	550.89	426.47	513.13	457.09	323.25	496.90	78.87	75.21
	Mediana	410.97	413.05	279.59	252.51	326.90	297.69	350.11	326.18	509.02	453.88	437.30
	Grande	974.92	1,401.34	923.43	1,164.35	1,069.14	1,107.19	1,315.84	1,184.49	1,039.94	1,287.84	1,018.97
	Gigante	452.52	727.78	749.44	674.62	653.09	715.39	1060.84	1020.15	1,302.03	1,661.54	1,856.64
	Total 3411	517.16	787.64	728.03	706.27	684.22	728.39	1026.34	970.36	1,178.71	1,457.08	1,549.40
3412	Pequeña	204.23	233.99	203.67	165.02	150.14	112.69	96.71	99.10	80.11	91.64	89.92
	Mediana	250.55	215.10	301.53	260.42	296.16	331.63	379.14	385.75	365.50	426.27	353.57
	Grande	576.27	631.15	572.12	550.41	551.12	617.02	1,184.01	1,096.33	782.91	1,004.45	1,564.56
	Gigante	638.16	862.09	692.75	752.93	642.13	763.23	838.66	897.04	1,046.72	1,470.38	1,692.15
Total 3412	588.15	764.96	634.21	673.29	590.00	731.25	791.37	842.75	912.24	1,225.27	1,252.73	
3413	Pequeña	206.80	150.34	135.93	114.13	66.70	74.94	162.99	157.64	241.72	243.23	238.38
	Mediana	272.63	254.12	207.87	236.83	206.76	319.43	305.71	317.17	303.07	389.04	360.42
	Grande	540.76	340.39	401.96	248.51	256.26	410.75	419.46	325.82	315.44	530.16	815.93
	Gigante	486.46	480.15	502.16	411.31	376.55	552.48	483.89	529.43	665.09	647.83	608.60
	Total 3413	455.52	424.05	434.32	353.87	322.75	480.78	437.52	444.24	518.02	558.08	567.47
Total	1,560.83	1,976.65	1,796.56	1,733.43	1,596.97	1,940.42	2,255.23	2,257.36	2,608.96	3,240.43	3,369.60	

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

CUADRO 58
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
ÍNDICES DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIA DEL TRABAJO POR TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO
(1984 = 100)

Subrama	Tamaño	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
3411	Pequeña	100.00	105.61	97.92	214.24	165.85	199.55	177.76	125.71	193.24	30.67	29.25
	Mediana	100.00	100.51	68.03	61.44	79.54	72.44	85.19	79.37	123.86	110.44	106.41
	Grande	100.00	143.74	94.72	119.43	109.66	113.57	134.97	121.50	106.67	132.10	104.52
	Gigante	100.00	160.83	165.61	149.08	144.32	158.09	234.43	225.44	287.73	367.17	410.29
	Total 3411	100.00	152.30	140.77	136.57	132.30	140.84	198.46	187.63	227.92	281.74	299.60
3412	Pequeña	100.00	114.57	99.72	80.80	73.51	55.18	47.35	48.52	39.23	44.87	44.03
	Mediana	100.00	85.85	120.35	103.94	118.20	132.36	151.33	153.96	145.88	170.14	141.12
	Grande	100.00	109.52	99.28	95.51	95.64	107.07	205.46	190.25	135.86	174.30	271.50
	Gigante	100.00	135.09	108.55	117.98	100.62	119.60	131.42	140.57	164.02	230.41	265.16
	Total 3412	100.00	130.06	107.83	114.48	100.32	124.33	134.55	143.29	155.10	208.33	213.00
3413	Pequeña	100.00	72.70	65.73	55.19	32.25	36.24	78.81	76.23	116.88	117.62	115.27
	Mediana	100.00	93.21	76.25	86.87	75.84	117.17	112.13	116.34	111.17	142.70	132.20
	Grande	100.00	62.95	74.33	45.96	47.39	75.96	77.57	60.25	58.33	98.04	150.89
	Gigante	100.00	98.70	103.23	84.55	77.41	113.57	99.47	108.83	136.72	133.17	125.11
	Total 3413	100.00	93.09	95.35	77.68	70.85	105.54	96.05	97.52	113.72	122.51	124.57
Total	100.00	126.64	115.10	111.06	102.32	124.32	144.49	144.63	167.15	207.61	215.88	

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

CUADRO 59
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
INTENSIDAD DEL CAPITAL POR TRABAJADOR POR TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO
(Miles de pesos mexicanos a precios de 1980 por trabajador)

Subrama	Tamaño	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
3411	Pequeña	186.48	216.63	221.91	268.64	299.94	293.47	297.24	264.29	405.49	341.41	277.75
	Mediana	625.77	594.26	558.67	554.56	512.19	394.39	367.12	389.43	374.19	355.22	318.43
	Grande	1,136.67	1,254.01	1,307.62	1,219.94	1,058.67	989.17	941.49	1,049.49	934.67	1,018.35	836.09
	Gigante	1,604.33	1,590.35	1,547.21	1,421.68	1,304.85	1,094.70	1,163.79	1,130.51	1,189.66	1,298.04	1,177.30
	Total 3411	1,444.12	1,446.24	1,419.28	1,318.51	1,203.50	1,017.22	1,053.23	1,044.34	1,065.19	1,142.22	1,021.03
3412	Pequeña	173.42	171.80	178.88	167.49	153.44	151.83	144.07	145.73	134.50	120.76	102.90
	Mediana	217.42	212.70	212.28	209.97	212.44	211.08	199.69	209.25	273.92	251.13	223.15
	Grande	455.40	459.94	461.16	425.86	416.88	428.62	789.79	651.45	705.13	1,537.21	1,515.21
	Gigante	1,049.16	1,010.37	1,005.89	956.29	893.18	872.97	844.23	901.75	922.20	998.53	1,090.96
	Total 3412	891.35	863.67	858.94	813.34	760.53	784.56	750.48	787.68	798.62	901.13	846.82
3413	Pequeña	409.45	382.39	412.22	421.12	354.98	290.20	290.72	205.99	210.56	224.04	230.00
	Mediana	301.10	279.90	300.75	312.54	254.46	250.61	293.17	268.56	255.22	268.09	334.36
	Grande	759.82	804.19	863.23	678.89	589.74	624.47	568.03	498.58	453.65	639.13	571.13
	Gigante	735.56	735.80	854.17	890.83	784.02	724.12	708.68	703.90	715.30	791.36	712.52
	Total 3413	671.03	665.42	754.32	758.53	656.71	620.25	613.88	572.71	559.60	632.51	592.74
Total	3,006.49	2,975.33	3,032.55	2,890.38	2,620.74	2,422.03	2,417.58	2,404.73	2,423.41	2,675.86	2,460.59	

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

CUADRO 60
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
ÍNDICES DE LA INTENSIDAD DEL CAPITAL POR TRABAJADOR POR TAMAÑO
DEL ESTABLECIMIENTO
(1984 = 100)

Subrama	Tamaño	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
3411	Pequeña	100.00	116.17	119.00	144.06	160.84	157.38	159.40	141.72	217.45	183.08	148.94
	Mediana	100.00	94.97	89.28	88.62	81.85	63.03	58.67	62.23	59.80	56.77	50.89
	Grande	100.00	110.32	115.04	107.33	93.14	87.02	82.83	92.33	82.23	89.59	73.56
	Gigante	100.00	99.13	96.44	88.62	81.33	68.23	72.54	70.47	74.15	80.91	73.38
	Total 3411	100.00	100.15	98.28	91.30	83.34	70.44	72.93	72.32	73.76	79.09	70.70
3412	Pequeña	100.00	99.07	103.15	96.58	88.48	87.55	83.07	84.03	77.56	69.64	59.34
	Mediana	100.00	97.83	97.64	96.57	97.71	97.08	91.84	96.24	125.99	115.50	102.63
	Grande	100.00	101.00	101.26	93.51	91.54	94.12	173.43	143.05	154.84	337.55	332.72
	Gigante	100.00	96.30	95.88	91.15	85.13	83.21	80.47	85.95	87.90	95.17	103.98
Total 3412	100.00	96.89	96.36	91.25	85.32	88.02	84.20	88.37	89.60	101.10	95.00	
3413	Pequeña	100.00	93.39	100.68	102.85	86.70	70.88	71.00	50.31	51.43	54.72	56.17
	Mediana	100.00	92.96	99.89	103.80	84.51	83.23	97.37	89.19	84.76	89.04	111.05
	Grande	100.00	105.84	113.61	89.35	77.62	82.19	74.76	65.62	59.70	84.12	75.17
	Gigante	100.00	100.03	116.13	121.11	106.59	98.44	96.35	95.70	97.25	107.59	96.87
	Total 3413	100.00	99.17	112.41	113.04	97.87	92.43	91.48	85.35	83.39	94.26	88.33
Total		100.00	98.96	100.87	96.14	87.17	80.56	80.41	79.98	80.61	89.00	81.84

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

CUADRO 61
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
ÍNDICES DE LA PRODUCTIVIDAD PARCIAL DEL CAPITAL POR TIPO DEL ESTABLECIMIENTO
(1984 = 100)

Subrama	Tamaño	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
3411	Pequeña	100.00	90.91	82.28	148.71	103.11	126.80	111.52	88.70	88.87	16.75	19.64
	Mediana	100.00	105.84	76.20	69.33	97.18	114.93	145.21	127.54	207.13	194.56	209.11
	Grande	100.00	130.29	82.34	111.28	117.74	130.50	162.95	131.59	129.72	147.45	142.09
	Gigante	100.00	162.24	171.73	168.23	177.45	231.69	323.17	319.92	388.02	453.81	559.10
	Total 3411	100.00	152.08	143.24	149.58	158.75	199.95	272.11	259.46	308.99	356.21	423.74
3412	Pequeña	100.00	115.66	96.68	83.66	83.09	63.02	57.00	57.74	50.58	64.44	74.21
	Mediana	100.00	87.76	123.26	107.63	120.97	136.34	164.76	159.98	115.79	147.30	137.50
	Grande	100.00	108.44	98.04	102.14	104.47	113.76	118.47	132.99	87.74	51.64	81.60
	Gigante	100.00	140.28	113.22	129.44	118.20	143.74	163.32	163.55	186.60	242.09	255.00
Total 3412	100.00	134.23	111.90	125.46	117.57	141.26	159.81	162.15	173.11	206.07	224.20	
3413	Pequeña	100.00	77.84	65.29	53.66	37.20	51.13	111.00	151.52	227.28	214.95	205.20
	Mediana	100.00	100.27	76.33	83.69	89.74	140.77	115.17	130.43	131.15	160.27	119.05
	Grande	100.00	59.47	65.43	51.43	61.06	92.42	103.76	91.82	97.70	116.55	200.73
	Gigante	100.00	98.67	88.89	69.81	72.62	115.37	103.24	113.73	140.59	123.78	129.15
	Total 3413	100.00	141.27	124.97	131.39	130.79	163.74	196.16	194.44	219.75	255.38	305.56
Total		100.00	133.39	120.11	126.67	122.35	152.62	181.19	177.62	200.11	236.10	276.47

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, *Encuesta industrial anual*, México, varios años.

CUADRO 62
MÉXICO: INDUSTRIA SIDERÚRGICA.
ÍNDICES DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES POR TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO
(1984 = 100)

Subrama	Tamaño	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
3411	Pequeña	100.00	94.88	86.42	163.74	116.31	142.37	125.55	97.29	106.05	19.39	21.79
	Mediana	100.00	104.18	73.55	66.76	91.12	97.73	119.87	107.89	172.37	158.37	162.16
	Grande	100.00	134.05	85.70	113.60	115.20	124.91	153.41	128.39	121.82	142.48	128.26
	Gigante	100.00	161.81	169.85	161.99	166.02	203.29	290.21	284.19	351.28	423.81	504.23
	Total 3411	100.00	152.14	142.49	145.42	149.77	177.59	244.85	232.73	279.20	330.04	376.89
3412	Pequeña	100.00	115.33	97.57	82.78	79.96	60.45	53.72	54.63	46.54	56.98	61.55
	Mediana	100.00	87.18	122.37	106.50	120.13	135.12	160.49	158.13	123.43	153.48	138.56
	Grande	100.00	108.76	98.41	100.06	101.66	111.67	135.71	146.19	98.17	65.46	103.27
	Gigante	100.00	138.68	111.78	125.78	112.31	135.53	152.23	155.90	179.20	238.47	257.97
	Total 3412	100.00	132.95	110.65	121.95	111.80	135.71	151.29	155.99	167.29	206.74	220.72
3413	Pequeña	100.00	76.22	65.42	54.11	35.56	45.52	98.89	116.88	177.10	172.20	166.28
	Mediana	100.00	98.04	76.31	84.62	85.06	132.75	114.24	125.86	124.44	154.56	122.71
	Grande	100.00	60.47	67.87	49.66	56.19	86.78	94.21	79.35	81.25	110.31	182.63
	Gigante	100.00	98.68	92.76	73.67	73.99	114.82	102.08	112.21	139.41	126.46	127.91
	Total 3413	100.00	93.64	87.72	71.19	71.93	111.45	102.14	108.67	128.68	127.64	135.65
	Total	100.00	126.24	113.62	112.85	111.17	141.58	166.09	165.80	191.72	221.47	244.42

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, Encuesta industrial anual, México, varios años.

CUADRO 63
EMPRESAS PROVEEDORAS DE TECNOLOGÍA A HYL SAMEX,
1970-1986

Otorgante (país de origen)	Producción				Administración			Mercado		Total	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Núm.	%
I. Periodo: 1970-1982										8	3.81
1. Tecnos Ingeniería Sylvia Aguilar.A. de C.V.			2	4						3	1.43
2. Ishikawajima-Harina Heavy Industries (JP)			1	2						3	1.43
3. Davy- Lowey LTD (UK)			2	1						2	0.95
4. Ingeniería Energética SA. (MX)			1	1						1	0.48
5. Jenike & Johanson INC (US)			1							12	5.71
6. Bufete Industrial Ingeniería SA. de C.V. (MX)			2	1	8	1				2	0.95
7. Latinamericana de Ingeniería SA de CV			1	1						2	0.95
8. Spi Ingeniería SA de CV. (MX)				2						2	0.95
9. Techint SA de CV. (MX)			1	1						1	0.48
10. Cadre CORP (US)				1						4	1.9
11. Acres American INC (US)			2	2						4	1.9
12. Pullman Swindell Mexicana (MX)			1	1	2					5	2.38
13. The Austin CO (US)			2	3						9	4.29
14. Profesor Julian Szekeley (US)			2	5			2			1	0.48
15. Acme Design CO INC (JP)				1						2	0.95
16. Kaise Enginer International INC (US)				1	1					1	0.48
17. Thermal Systems Engineering INC (US)				1						1	0.48
18. Mesta Machine CO (US)								1		1	0.48
19. Consultores Industriales Panamericanos SA (MX)				1						1	0.48

CUADRO 63 (Continuación)

Otorgante (país de origen)	Producción				Administración			Mercado		Total	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Núm.	%
20. Sr. Nicolas Constantine Panphilis (US)			2							2	0.95
21. McGraw Edison CO (US)			1							1	0.48
22. Hitachi LTD (JP)		1	1	1						3	1.43
23. Diseños y Detalles Industriales (MX)				1						1	0.48
24. Power Technologies INC (US)			1							1	0.48
25. Ebasco Service Incorporate (US)				1						1	0.48
26. Birds Bord CORP (US)		1								1	0.48
27. Pittsburgh International Engineering			1	1						2	0.95
28. Kinetic Tecnology International CORP (US)				2						2	0.95
29. Selas Corporation of America (US)		1	1	1						3	1.43
30. Norris Elliot SA de CV. (MX)			1							1	0.48
31. Dinco SA (MX)				2						2	0.95
32. Continental Engineering and Consultante INC (US)				1						1	0.48
33. Bufete International Ingeniería SA (MX)			1	1						2	0.95
34. Dicomsa Ingeniería SA. (MX)		1		2						3	1.43
35. Nicholas Constantine Panphilis Xenakis (US)			1							1	0.48
36. Nelson Miner and CO Engineer (US)		1	1							2	0.95
37. Diseño y Detalle Industriales SA (MX)		1		1						2	0.95
38. Union Carbide Corporation (US)			1							1	0.48
39. Desigh Decisions INC (US)			1							1	0.48
40. The Lumus Company (US)				1						1	0.48

II. Periodo: 1983-1986

41. L & Enterprises INC (US)		1	1							2	0.95
42. George Fischer LTD (SZ)				1						2	0.95
43. Cerrey SA (MX)		1	1							2	0.95
44. Industrias Bago SA (MX)			1							1	0.48
45. Heat Research CORP (US)				2						2	0.95
46. Mr. Anton de Sylvia Aguilar. Brasunas (US)			2							2	0.95
47. Mr. M.T. Collier (US)		1	2	1						4	1.9
48. Digital Equipment de México SA de CV (MX)								1		1	0.48
49. Hatch Associates LTD (CN)		1	1	1						3	1.43
50. Ing. Federico Price Falcon (MX)			3	2						5	2.38
51. Abbex Etna Machine CO (US)				1				1		1	0.48
52. Gould INC. Programmable Control División (US)										1	0.48
53. Ovako OY-AB (FN)		1	2					1		4	1.9
54. Empo (Canada), LTD (CN)								1		1	0.48
55. Andrew W Jenike (US)								1		1	0.48
56. Jr. Johanson INC (US)		1	1					2		4	1.9
57. Plasma Energy Corporation (MX)		1	1							2	0.95
58. Dr. Arthur Pelion (CN)								1		1	0.48
59. Instituto Mexicano del Petróleo (MX)			1							1	0.48
60. Nipon Nokan K.K. (JP)		3	3	3						9	4.29
61. Meemanite Worlwide DIV of Meechanite Metal) CO (US)			2				2			4	1.9
62. Usx Engineer and Consultants INC. (US)		2	1							3	1.43
63. Selas Fluid Processing Corporation (US)			2					2		4	1.9
64. UOP (US)		1	1	1						3	1.43
65. Nikko Indusy CO LT (JP)			1	1						2	0.95
66. Sr. Paul E. Solt (US)								1		1	0.48

CUADRO 63 (Continuación)

Otorgante (país de origen)	Producción				Administración			Mercado		Total	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Núm.	%
67. Aero Técnica SA de CV (MX)			1	1						2	0.95
68. Morgan Construction Company (US)	1									2	0.95
69. Gibbs & Hill, INC. (US)			1							1	0.48
70. Bufete Ind. de Monterrey, SA de CV, y otra (MX)				1						1	0.48
71. Centro de Ingeniería, SA (MX)				1						1	0.48
72. Houser & Carafas (US)				1						1	0.48
73. Empresas Técnicas Asociadas Pullman y otra (MX)				1						1	0.48
74. Armco Steel Corporation, (US)		1	1							2	0.95
75. Teamco Incorporated (US)				1						1	0.48
76. Uss Engineers and Consultants	1	1	1	1						4	1.9
77. Budico (MX)				1						1	0.48
78. Diseños y Construcciones de Monterrey, SA (MX)				2						2	0.95
79. Inst. Tecn. Y de estudios Sup. de Monterrey AC (MX)		1	1							2	0.95
80. Spisa (MX)				1						1	0.48
81. Salem Construcciones. (MX)			3							3	1.43
82. Administración servicios de ingeniería SA (MX)				3						3	1.43
83. Atlas Foster Wheeler, SA (MX)				1						1	0.48
84. Ingeniería para proyectos industriales (MX)				1						1	0.48
85. Rubén Ramírez Celada (MX)9				2						2	0.95
86. Ramírez Celada y asociados (MX)				2						2	0.95
87. Technor Servicios Especializados y otros (MX)				1						1	0.48
88. Barbosa Asociados, SA de CV (MX)				1						1	0.48
89. Axel-Val, SA de CV (MX)		1						2	1	4	1.9
90. Grupo Industrial Alfa SA de CV (MX)								1	1	2	0.95
91. Giffels Associates INC (US)		1	1							1	0.95
Total	3	40	65	80	1	11	2	6	2	210	
%	1	19	31	38	0.5	5.2	1	3	1		100

Fuente: Elaboración propia con base en SECOFI-DGTT. 1991.

- A. Patentes
- B. Transmisión de conocimientos
- C. Asistencia técnica
- D. Ingeniería básica o detalle
- E. Administración empresarial
- F. Servicio de asesoría/consultoría
- G. Programas de cómputo
- H. Marcas
- I. Nombres comerciales

PLANTAS CON OTRAS TECNOLOGÍAS DE REDUCCIÓN DIRECTA EN EL MUNDO

Otras tecnologías

Puesta en marcha	Planta	Ubicación	País	Proceso	Unidad	Capacidad reductora	Mt/añuales
1973	A.F. Piratini	Charqueadas	Brasil	SL/RN	1	Carbón	0.06
1973	Dunswart	Benoni	Sudáfrica	Codir	1	Carbón	0.15
1976	FIOR	Matanzas	Venezuela	Flor	1	Gas	0.40
1977	NISCO	Ahwaz	Irán	Purofer	1	Gas	0.33
1980	SIDERPERU	Chimbote	Perú	SL/RN	3	Carbón	0.12
1980	SIL	Paloncha	India	SL/RN	1	Carbón	0.03
1981	Mining Corp.	Maymo	Birmania	K-M	1	Carbón	0.02
1983	OSL	Keonjhar	India	Accar	1	Carb/pefr	0.15
1983	Scaw Metals	Germiston	Sudáfrica	DRC	1	Carbón	0.08
1984	ISCOR	Vanderbijlpark	Sudáfrica	SL/RN	4	Carbón	0.72
1984	SIL	Paloncha	India	SIL	1	Carbón	0.03
1984	Mining Corp.	Maymo	Birmania	K-M	1	Carbón	0.02
1985	Davsteel	Vanderbijlpark	Sudáfrica	DAV	1	Carbón	0.03
1986	Ipiata	Joda	India	Tisco	1	Carbón	0.09
1989	BSL	Chandil	India	SL/RN	1	Carbón	0.15
1989	Sunflag	Bhandara	India	Codir	1	Carbón	0.15
1989	Scaw Metals	Germiston	Sudáfrica	DRC	1	Carbón	0.08

Fuente: Siderurgia Latinoamericana, septiembre de 1991, núm. 377.

Bibliografía

- ABRAMOVITS, M., "Catching Up, Forging Ahead and Falling Behind", *Journal of Economic History*, vol. 46, junio, 1986.
- , "Economic of Growth", en *Survey of Contemporary Economics*, vol. 2, ed. Bernard Haley. Homewood, IL: Richard D. Irwin, para la American Economic Association, pp. 132-78, 1952.
- ABOITES, J., *Analysis of Patenting Activity in Mexico*, Spru, University of Sussex, Reino Unido, 1996a.
- , "Technological Capabilities of Korea and Mexico: An Analysis Using Patenting Statistics", *Economic Cooperation in Northeast Asia in the Era of the Pacific Rim*, Niigata University, Japón, 1996b.
- ADAMS, J.D., "Fundamental Stocks of Knowledge and productivity Growth", *Journal of Political Economy*, vol. 98, núm. 4. 1990.
- AGHION, P. y P. Howitt, *A model of growth creative destruction*, DELTA, Document núms. 90-12, 1990.
- y P. Howitt: *Endogenous Growth Theory*, The MIT Press, Cambridge-Londres, 1998.
- AGLIETTA, M., A. Orleans y G. Oudiz, "L'industrie francais face aux contraintes de change", *Economie et Statistique*, núm. 119, febrero, 1980.
- AMABLE, B. E-M. Mouhoud, *Changement technique y compétitivité internationale: un comparaison des six grands pays industriels*, Document de travail núm. 90-01, IRES, 1990.
- y D. Guellec, "Les théories de la croissance endogène", *Revue d'économie politique*, vol. 102, núm. 3, mayo-junio, 1992.
- , "Effets d'apprentissage, compétitivité hors prix y croissance cumulative", *Economie Appliquée*, vol. XLV núm. 3, pp. 5-31, 1992.
- , "Catch-up and Convergence: A Model of Cumulative Growth", *International Review of Applied Economics*, núm. 1, 1993.
- , *Endogenous Growth and Cycles trough Radical and Incremental Innovation*, Document de Travail Cepremap, núm. 9504, 1995.

- , R. Barré y R. Boyer, *Les Systèmes d'innovation à l'ère de la globalisation*, Economica, París, 1997.
- AMSDEN, A.H., *Asia's next giant*, Oxford University Press, Nueva York, 1989.
- ASPE, P., "Estabilización macroeconómica y cambio estructural. La experiencia de México (1982-1988)", en C. Bazdrech *et al.* (comps): *México, auge, crisis y ajuste*, Fondo de Cultura Económica, México, 1992.
- ASPRA, A., "Import substitution in Mexico: Past and Present", *World Development*, vol. 5, Nueva York, 1977.
- AYALA, J., J. Blanco, R. Cordera, G. Knockenhauer y A. Labra, "La crisis económica: evolución y perspectivas", González Casanova y E. Florescano (coords.), *México hoy*, Siglo XXI, México, 1979.
- ARCHIBUGUL, D. y M. Pianta, "The technological Specialisation of Advanced Countries", Kluwer, Dordrecht, 1992.
- , "Innovation surveys and patents as technological indicators", OCDE, *Innovation patents and technological Strategies*, OCDE, París, 1996.
- ARROW, K., "The economic Implications of Learning by Doing", *Review of Economics Studies*, vol. XXIX, núm. 2, 1962.
- AZARIADIS, C. y A. Drazen, "Threshold Externalities in Economic Development", *Quarterly Journal of Economics*, núm. 105, vol. 2, pp. 501-526, 1990.
- BAIN T., *Banking the furnace. Restructuring of the Steel Industry in Eight Countries*, W.E. Upjohn Institute for Employment Research, Kalamazoo, Michigan, 1992.
- BALASSA, B., *Trade Liberalisation and Revealed Comparative Advantage*, Banque Mondiale, Washington, 1965.
- , *Los países de industrialización reciente en la economía mundial*, Fondo de Cultura Económica, México, 1988.
- Banco Mundial, *Staff appraisal report. Mexico Steel Sector Restructuring Project*, octubre, 1988.
- BARRO, R.J., "Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth", *Journal of Political Economy*, vol. 98, núm. 5, II, pp. 103-125, 1990.
- y X. Sala-i-Martin: "Convergence", *Journal of Political Economy*, vol. 100, núm. 2, 1992.
- y X. Sala-i Martin: *Economic Growth*, McGraw Hill, Nueva York, 1995.

- BASBERG, B.L., "Patents and the Measurement of Technological Change: a Survey of the Literature", en Freeman, 1987.
- BAUMOL, W., "Productivity Growth, Convergence and Welfare: What the Long-Run Data Show", *American Economic Review*, vol. 76, núm. 5, 1986.
- BECKER, G.S., *Human Capital*, Columbia University Press, Nueva York, 1964.
- , Murphy K.M. y Tamura R., "Human capital, fertility and economic growth", *Journal of Political Economy*, vol. 98, octubre, 1990.
- BELI, M. y K. Pavitt, "National capacities for technological accumulation: evidence and implications for developing countries", documento para *World Bank's Annual Conference on Development Economics*, Washington, D.C., abril-mayo, 1992.
- BISBERG, I. y F. Zapata, "Obrero y el proceso de trabajo en la siderurgia mexicana" en *El Proceso de Trabajo en México*, Cuadernos Teoría y Sociedad, UAM-Iztapalapa, México, 1981.
- BLANCO, J., "El fin del milagro", *Nexos*, núm. 26, México, febrero, 1980.
- BOLTVINIK, I. y E. Hernández Laos: "Origen de la crisis industrial: el agotamiento del modelo de sustitución de importaciones. Un análisis preliminar", *Desarrollo y crisis de la economía mexicana*, R. Cordera (comp.), Fondo de Cultura Económica, México, 1981.
- BOYER, R., *La flexibilité du travail en Europe*, Découverte, París, 1986.
- BRADFORD, C.I.: *The New Paradigm of Systemic Competitiveness: toward more integrated policies in Latin America*, OCDE, París, 1994.
- BRAILOVSKY, V., "Industrialisation and oil in Mexico: a long term perspective", T. Baker y V. Brailovsky, *Oil or Industry*, Academic Press, Londres, 1981.
- BROWN, F., *Productividad multifactorial y cambio tecnológico: un ensayo metodológico aplicado al caso de las manufacturas mexicanas*, tesis de doctorado en Ciencias Económicas, Universidad Autónoma Metropolitana, México, 1994.
- y A. Guzmán, "Cambio tecnológico y productividad en la industria siderúrgica mexicana, 1984-1994", *Comercio Exterior*, vol. 48, núm. 10, octubre, 1998.
- BUENO, G., "Estructura de la protección en México", en Bela Balassa *et al.*, *Estructura de la protección en países en desarrollo*, Centro de Estudios Monetarios de Latinoamérica, México, 1972.

- CARR, J.S. y W. Taplin, *History of the British Steel Industry*, Harvard University Press, Cambridge, Mass, 1962.
- CASAR, J.I., *Transformación en el patrón de especialización y comercio exterior del sector manufacturero mexicano 1978-1987*, Nacional Financiera-Instituto Latinoamericano de Estudios Transnacionales, México, 1989.
- *et al.*, *La organización industrial en México*, Siglo XXI, México, 1990.
- y J. Ros, "Problemas estructurales de la industrialización en México", *Investigación Económica*, vol XLII, núm. 164, abril-junio, 1983.
- , S. Kurczyn y C. Márquez, "Los determinantes del crecimiento de la productividad y la capacidad de absorción de empleo en el sector manufacturero", *Economía Mexicana*, núm. 6, CIDE, México, 1984.
- CEPAL, *Principales rasgos del proceso de industrialización y de la política industrial de México en la década de los setenta*, Cepal-México, 1011, Rev. 1, 1979.
- , *La industria siderúrgica latinoamericana: tendencias y potencial*, Naciones Unidas, Santiago de Chile, 1984.
- , Nafinsa, "La política industrial en el desarrollo económico de México", Nafinsa, México, 1971.
- CHARLES, H., *Technological change and the British Iron Industry*, Princeton University Press, Princeton, Nueva Jersey, 1977.
- CHÁVEZ, S., "Notas sobre la historia de AHMSA, 1941-1992", en I. Rueda Peiro, *Tras las huellas de la privatización. El caso de Altos Hornos de México*, Siglo XXI Editores, México, 1994.
- CHERNERY, H.B., "Patterns of Industrial Growth", en *American Economic Review*, septiembre, 1960.
- CHESNAIS, F., *La mondialisation du capital*, Siros, París, 1997.
- CHUDNOVSKY, D. y F. Porta, *Competitividad Internacional: principales cuestiones conceptuales y metodológicas*, Montevideo, Universidad de la República, Facultad de Ciencias Sociales, Departamento de Economía, 1991.
- CLARKE R., *Industrial Economics*, Basil Blackwell Ltd, Londres, 1985.
- CLYDE, HUFBAUER, G. y J.J. Schott: *North American Free Trade*, Institute for International Economics, Washington, D.C., 1992.
- COHEN, W. y D. Levinthal, "Innovation and learning: two faces of R&D", *Economic Journal*, septiembre, 1989.

- Comission Économique pour l'Europe -CEE-ONU-, *L'importance de l'industrie sidérurgique pour l'activité économique des pays membres de la CEE*, Naciones Unidas, Nueva York-Ginebra, 1989.
- , *Changements structurels dans le commerce international de l'acier*, Naciones Unidas, Nueva York-Ginebra, 1987.
- , *Récuperation y utilisation économique des sous-produits de l'industrie sidérurgique*, Naciones Unidas, Nueva York-Ginebra, 1990.
- , *Changements structurels dans la consommation y le commerce de l'acier*, Naciones Unidas, Nueva York-Ginebra, 1994.
- , *La privatisation et l'évolution de la propriété dans l'industrie sidérurgique*, Naciones Unidas, Nueva York-Ginebra, 1996.
- DAHLMAN, C., B. Ross-Larson y L.E. Westphal, "Managing Technological Development: Lessons from the Newly Industrialising Countries", *World Development*, vol. 15, núm. 6, 1987.
- D'AUTUME, A. y Michel P., "Education y croissance", *Review Économie Politique*, vol. 104, núm. 4, julio-agosto, 1994.
- DAVIS, L., "Technology Intensity of U.S., Canadian and Japanese Manufactures Outoput and Exports", *U.S. Department of Commerce, International Trade Administration*, junio, 1988.
- DE LONG Y SUMMERS, "Equipment Investment and Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, 106 (2), 1988.
- DENISON, E.F., "United States economic growth", *Journal of Bussines*, abril, 1962.
- , *The Sources of economic growth in the United States and the alternatives before us*, Nueva York, Committec for Economic Development, 1962.
- , *Why Growth Rates Differ. Postwar Experience in nine Western Countries*, The Brookings Institution, Washington, D.C., 1967.
- DERTOUZOS, L. *et al.*, *Made in America*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1989.
- DEVLIN, R. y R. Ffrech-Davis, "Hacia una evaluación de la integración regional en América Latina", *Comercio Exterior*, vol. 49, núm. 11, 1999.
- DIEWERT, W.E., "Superlative index numbers and consistency in aggregation", *Econometrica*, vol 46. núm. 4, 1978.
- DRACHE, D. y M. Gertler, *The new era of global competition (State policy and marky power*, McGil'Queens University Press, Quebec, 1991.

- DOMAR, E., "Capital expansion, rate of growth and employment", *Econometrica*, vol. 14, 1946.
- DOSI, G.: "Sources, procedures and microeconomic effects of innovation", *Journal of Economic Literature*, vol. 26, 1988.
- , "Innovación, difusión y dinámica industrial", en D. Chudnovsky y J.C. Del Bello (comps.), *Las economías de Argentina e Italia. Situación actual y perspectivas de asociación*, Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires.
- , K. Pavitt y L. Soete, *La economía del cambio técnico y el comercio internacional*, Conacyt-Secofi, México, 1993.
- ENOS, J.L. y W.H. Park, *The adoption and diffusion of imported technology. The case of Korea*, Routledge, Nueva York, 1988.
- ERGAS, H., "Why Do Some Countries Innovate More than Others", *Centre for European Policy Studies*, CEP Paper núm. 5, Bruselas, 1984.
- FAGERBERG, J., "A Technology gap approach to why growth rates differ", *Research Policy*, núm. 16, 1987.
- , "International Competitiveness", *The Economic Journal*, núm. 98, 1988.
- FAJNZYBERG, F., *La industrialización trunca de América Latina*, Nueva Imagen, México, 1983.
- , *Industrialización en América Latina: de la "caja negra" al "cassillero vacío"*, Cuadernos de la Cepal, Naciones Unidas, Santiago de Chile, 1989.
- , *Elementos para el diseño de políticas industriales y tecnologías en América Latina*, Naciones Unidas, Comisión para América Latina y el Caribe, 1990.
- FERNÁNDEZ DE CASTRO, R. y J. Mariscal, "La industria siderúrgica norteamericana ante el TLC", en E. Andere, y G. Kessel (comps.), *México y el Tratado Trilateral de Libre Comercio*, ITAM-McGraw Hill, México, 1992.
- FREEMAN, C., "Technological infrastructure and international competitiveness", Brighton, SPRU (mimeo), 1982a.
- , *Recent Developments in Science and Technology Indicators: a review*, SPRU, University of Sussex (mimeo.), 1982b.
- , "The Nature of Innovation and the Evolution of the Production System", en *ODCE*, 1991.
- GANÁ, J., "La aparición de nuevos materiales y su impacto sobre el uso de recursos naturales", en *Sistema Internacional y América Latina*.

- Tercera Revolución Industrial. Impactos internacionales del actual viraje tecnológico*, Editor Latinoamericano, Santiago de Chile, 1986.
- GIRIFALCO, L.A., *Dynamics of Technological Change*, Van Nostrand Reinhold, Nueva York, 1991.
- GOODWING, R., "A growth cycle", in Feintein C.H. (ed), *Socialism, capitalism and Economic Growth*, Cambridge University Press, Cambridge, 1967.
- GOMULKA, S., *The theory of Technological change and economic growth*, Routledge, Nueva York, 1990.
- GONZÁLEZ, G., "Los salarios y la contratación colectiva", en I. Rueda Peiro.: *Tras las huellas de la privatización. El caso de Altos Hornos de México*, Siglo XXI editores, México, 1994.
- GOTO, A. y K. Suzuki, "R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries", *The Review of Economics and Statistics*, 1989.
- GRILICHES, Z., "The Sources of measured productivity growth: United States Agriculture, 1940-1960", *Journal of Political Economy*, agosto, 1963.
- , "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth", *Bell Journal of Economics*, vol. 10 (1), 1979.
- , "Patents: recent trends and puzzles", *Brookings Papers: Microeconomics*, The Brookings Institution, Washington, 1989.
- , "The Search for R&D Spillovers", *Scandinavian Journal of Economics*, Supplement 1991, p. 94, 1993.
- GROSSMAN, E., "How to measure company productivity", en W.F. Christopher y C.G. Thor (eds.), *Handbook for productivity measurement and improvement*, Productivity Press Cambridge, Massachusetts, 1993.
- GROSSMAN, G.M. y E. Helpman, *Innovation and Growth*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, Londres, 1992.
- y E. Helpman: "Endogenous Innovation and the Theory of Growth", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8 (1), 1994.
- GRUBEL, H.G. y P.J. Lloyd, *Intra-industry Trade: The Theory and Measurement of International Trade in Differentiated Products*, Mcmillan and Company, Londres, 1975.
- GUELLEC, D. y Ralle P., *Les nouvelles théories de la croissance*, La Decouverte, París, 1995.

- GUERRERI, P., "International Competitiveness, Trade Integration and Technological Interdependence", en C.I. Bradford, Jr., 1994.
- GUZMÁN, A., "Productividad y especialización manufactureras en México, Estados Unidos y Canadá, 1972-1994", *Comercio Exterior*, vol. 47, núm. 3, marzo, 1997.
- , "La competitividad internacional: una reflexión teórica", *Argumentos*, diciembre, 1997.
- , "Las fuentes endógenas del crecimiento económico", *Economía Teoría y Práctica*, nueva época, núm. 13, 2000.
- y M. Soria "Estrategias tecnológicas de Hylsamex", *Comercio Exterior*, vol. 50, núm. 9, septiembre, 2000.
- GUTIÉRREZ, T., *Industria siderúrgica y capitalismo monopolista de Estado en México 1940-1979*, tesis de licenciatura, Facultad de Economía, UNAM, México, 1982.
- HARROD, R.F., "An essay in Dynamic Theory", *Economic Journal*, vol. 49, 1939.
- HERNÁNDEZ LAOS, E., *Evolución de la productividad de los factores en México*, Ediciones Productividad, México, 1973.
- , *La productividad y el desarrollo industrial en México*, Fondo de Cultura Económica, México, 1985.
- , *Evolución de la productividad total de los factores en la economía mexicana*, Cuadernos de Trabajo 1, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, México, 1993.
- , *Tendencias de la productividad en México (1970-1991)*, Cuadernos de Trabajo 8, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, México, 1994.
- , y J. Aboites, *La movilidad de la mano de obra en México*, Banco Mundial, Secretaría del Trabajo, México, 1994.
- , et al. (à): *Fuentes de las ventajas competitivas en las manufacturas mexicanas*, Plaza y Valdés-UAM-I, México, 2000.
- HOGAN, W., *The 1970s critical years for the Steel*, Lexington Books D.C. Health & Co., Lexington, Mass., 1972.
- HUIBAN, J.P. y Z. Bouhsina, *Innovation, Qualité du facteur travail y efficacité productive*, Rapport adressé au Commissariat General du Plan.
- HYDE, Ch., *Technological Change and the British Iron Industry*, Princeton University Press, Princeton, N.J., 1977.
- Hylsamex, *Annual Report 1994*, Monterrey.

- , *Annual Report 1995*, Monterrey.
- ILAFA, *Siderurgia Latinoamericana*, núm. 373, mayo, 1991.
- , "HRB o HBC: los avances de la reducción directa", *Siderurgia Latinoamericana*, núm. 377, septiembre, 1991.
- JAFFE, A., "Technological Opportunity and Spillovers in R&D: Evidence from Firm's patents, Profits and Marky Value", *American Economic Review*, vol. 76, 1986.
- JORGENSEN, D.W. y Z. Griliches, "The explanation of productivity change", *R.E.S.*, vol. 34, 1967.
- y Fraumeni B.M., "Investment in Education and U.S. Economic Growth", *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 94, supplement, 51-70, 1992.
- KAESSHAFFER, J.B., "La mondialisation de l'industrie de l'acier", OCDE, 1996a.: *La Mondialisation de l'industrie*, París, 1996.
- KALDOR, N., "A model of economic growth", *Economic Journal*, núm. 57, 1957, pp. 591-624.
- , *Strategic factors in economic development*, Universidad de Cornell, Nueva York, 1967.
- , "The effect of devaluation on trade", *Further essays on applied economics*, 1978.
- KIELING, B., El cambio estructural en la industria siderúrgica mundial: una perspectiva Norte-Sur en G. van Liemt, *La reubicación internacional de la industria*, OIT, Ginebra, 1995.
- KEMP, T. *La Revolución Industrial en la Europa del siglo XIX*, Ed. Martínez Roca, México, 1987.
- KENDRICK, J. W. "Productivity Trends in the United States", *NBER*, General Serie, núm. 71, Nueva York, 1961.
- , "Productivity -Why matters- How it's measured, W.F. Christopher & C.G. Thor, eds. *Handbook for productivity measurement and improvement*, Productivity Press Cambridge, Massachusetts, 1993.
- KIM, L., "Initiation to innovation", *Harvard Business School Press*, Boston, Massachusetts, 1997.
- KRUGMAN, P., *Strategic trade policy and the new international economics*, The MIT Press, Cambridge, 1986.
- , "Endogenous Innovation, International Trade and Growth", in Krugman P. 1990.: *Rethinking International Trade*, MIT Press, Cambridge, 1990.

- y M. Obstfeld *Economía Internacional. Teoría y Política*, Mac Graw Hill, Madrid, 1994.
- LALL, S., *Building Industrial Competitiveness*, OCDE, París, 1990.
- , "Technological capabilities and industrialisation", *World Development*, vol. 20, núm. 2, 1992.
- LANDES, D., *The Unbound Prometheus*, Cambridge University Press, Cambridge, 1972.
- LATAPI, J., Compendio de términos siderúrgicos básicos, México. Altos Hornos de México, 1978.
- LAURELLI, A.C. y M. Noriega, La salud en la fábrica. Estudio sobre la industria siderúrgica de México, Era, México, 1989.
- LEVIN R., A. Klevorick, R. Nelson y S. Winter *Appropriating the Results of Industrial Research and Development*, Brookling Papers on Economic Activity, vol. 3, 1987.
- LICHTENSTEIN, J., "Globalisation of Steel", 33 *Metal Producing*, abril, 1990.
- LIFSCHITZ, E. y A. Zottele, *Eslabonamientos productivos y mercados oligopólicos*, UAM-Azcapotzalco, México, 1985.
- LUCAS, R.E., "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, núm. 22, 1988.
- LUNDVALL, B.A., "Innovation as an Interactive Process: from User-Producer Interaction to the National System of Innovation", en Dosi *et al.*, 1988.
- (dir.pub.), *National Systems of Innovation Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Printer, Londres, 1992.
- , "National Systems of Innovation", en C. I. Bradford 1994.: *The new paradigm of systemic competitiveness: toward more integrated policies in Latin America*, París, OCDE, 1993.
- LYDALL, H.F., "On measeaurin technical progress" en A.E.P., vol. 8., 1969.
- LYNN, L.H., "Multinational Joint Ventures in the Steel Industry", *International Collaborative Ventures in U.S. Manufacturing*, Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusetts, 1988.
- MADDISON, A., "Growth and Slowdown in Advanced Capitalist Economies: Techniques of Quantitative Assessment", *Journal of Economic Literature*, junio, 1989.
- , *Problemas del Crecimiento Económico de las Naciones*, Ariel Economía, México, 1996.
- MANKIW N.G., Romer D. y Weil D., "A Contribution to the Empirics of Endogenous Growth", *Quarterly Journal of Economics*, mayo, 1992.

- MAIRESSE, J., "R-D Productivity: A Survey of Economics Studies at the Firm Level", *STI Revue*, núm. 8, OCDE, París, 1991.
- MARK, J.A., "Brief History of Productivity Measurement", W.E. Chistopher y C.G. (eds.), *Handbook for Productivity Measurement and Improvement*, Productivity Press Cambridge, Massachusetts, 1993.
- MARTÍNEZ DEL CAMPO, M., *Industrialización en México*, El Colegio de México, México, 1985.
- MANSFIELD, E., "Industrial Research and Technological Innovation", *W.W. Norton*, Nueva York, 1968.
- MÉNY Y. y V. Wright, *La crise de la sidérurgie européenne 1974-1984*, PUF, París, 1985.
- MILLER, R.E., *Entreprises & innovation*, Presses universitaires de Grenoble, Grenoble, 1975.
- MINELLO, N., *Siderúrgica Lázaro Cárdenas Las Truchas. Historia de una empresa*, El Colegio de México, México, 1982.
- MOHNEN, P., "New technologies and Inter-industry Spillovers", *STI Revue*, núm. 7, OCDE, París, 1989.
- , "R&D Externalities and Productivity Growth", *STI Review*, núm. 18, OCDE, París, 1996.
- MOWERY, D.C. y N. Rosenberg, "The Influence of Market Demand upon Innovation: a Critical Review of Some Recent Empirical Studies", *Research Policy*, vol. 8, núm. 2, 1979.
- MUET, P-A, "Un panorama des théories contemporaines", *Problèmes économiques*, núm. 2.510-2.511, marzo, 1997.
- Nacional Financiera, *La industria siderúrgica nacional y el proyecto siderúrgico Lázaro Cárdenas Las Truchas*, México, 1972.
- , *Intellectual Property Rights and Foreign direct investment*, Nueva York, 1993.
- , *Changements structurels dans la consommation et le commerce de l'acier*, CEE-serie acier, 1994.
- , *La privatisation et l'évolution de la propriété dans l'industrie sidérurgique*, Nueva York y Ginebra, 1996.
- NADIRI, I., *Innovations and Technological Spillovers*, NBER Working Paper Series núm. 4423, Cambridge, M.A., 1993.
- NELSON, R., "How new es new growth theory", *Challenge*, vol. 40, núm. 5 septiembre-octubre, 1997.
- y E. Phelps, "Investment in Humans, Technological Diffusion and Economic Growth", *American Economic Review*, núm. 61, 1996, pp. 69-75.

- y S. Winter, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Nueva York, 1982.
- NILLES, P.E., "El cambio tecnológico, vital para la industria siderúrgica", *Siderurgia*, año IV, núm. 26, enero, 1994.
- NORDHAUS, W.D., "Invention, Growth and Welfare", Cambridge, Mass., Mit Press, 1969.
- OCDE, *The Role of Technology in Iron and Steel Developments*, París, 1989.
- , *La mondialisation industrielle. Quatre études de cas: pièces automobiles, produits chimiques, construction y semi-conducteurs*, París, 1992a.
- , *Structural Change and Industrial Performance. A seven country Growth Decomposition Study*, OCDE, París, 1992b.
- , *The new paradigm of systemic competitiveness: toward more integrated policies in Latin America*, OCDE, París, 1994a.
- , *La performance de l'industrie manufacturière: tableaux d'indicateurs*, París, 1994b.
- , *La Mondialisation de l'industrie*, París, 1996a.
- , *Technologie y Performance Industrielle*, OCDE, París, 1996b.
- , *Factors influencing the steel work force: 1980 to 1995*, OCDE, Working papers vol. IV, París, 1996c.
- , *Proceedings Industry productivity international comparison and measurement Issues*, OCDE, 1996d.
- , *Iron and Steel Industry in 1997*, OCDE, París, 1999.
- OMAN Ch., *Globalisation y Régionalisation: quels enjeux pour les pays en développement?*, OCDE, París, 1994.
- OIT, Commission du fer y de l'acier *L'amélioration de la productivité et son influence sur le niveau de l'emploi et les conditions de travail dans l'industrie du fer et de l'acier*, Ginebra, 1986.
- PATEL, P. y K. Pavitt, "Do Large Firms Control the World's Technology", en K. Pavitt, "What Makes Basic Research Economically Useful", documento presentado en París TEP Technology and Competitiveness Conference, Junio, 1990.
- PAVITT, K., "Sectoral Patterns of Technological Change Towards a Taxonomy and a Theory", *Research Policy*, vol. 13, núm. 6, 1984.
- PERES, W., "La estructura de la industria estatal", *Economía Mexicana*, núm. 4, CIDE, México, 1982.

- PERROT, M. et al., *Les Techniques de la Civilisation Industrielle*, tomo V de Histoire Générale des Techniques, Presses Universitaires de France, París, 1979.
- PILAT, D. y B. van Ark, "Competiveness in Manufacturing: A comparison of Germany, Japan and the United States", *Banca Nazionale del Lavoro Quaterly Review*, vol. XLVII, núm. 189, junio, 1994.
- PORTER, M.E., "The Competitive Advantage of Nations", *Harvard Business Review*, núm. 2, 1990.
- , *La ventaja competitiva de las naciones*, Ed. Vergara, París, 1991.
- PROKOPENKO, J., *La gestión de la productividad*, Organización Internacional del Trabajo, Ginebra, 1987.
- QUENAN, C., L. Meotti, G. Gutman y C. Winograd, "Especialización internacional, competitividad y oportunidades comerciales: América Latina y la Unión Europea" del proyecto *La dinámica de relación entre la CE y América Latina y el Caribe. Regionalización del espacio productivo y nuevas formas de competencia y gestión*, París, Ce-SELA, 1994.
- RAMSEY, F., "A Mathematical Theory of Saving", *Economic Journal*, núm.38, pp. 543-559, 1928.
- RAMOS, Joseph R., "Employment, human resources and Systemic Competitiveness", en C.I. Bradford Jr. B., 1993.
- RASSEKH, F., "The Convergence Hypothesis: History, Theory and Evidence", *Open economies review*, núm. 9, 1998.
- REBELO, S., "Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*, núm. 99, 1991, pp. 500-521.
- RESTREPO, I. (coord.), *Las Truchas*, Ed. Oceano-Centro de Ecodesarrollo, México, 1984.
- REVEL-MOUROZ, J., Avant-propos "rappel sur quelques recherche sur les poles sidérurgiques et français", Document de Recherche du Centre de de Recherche et de Documentation sur l'Amérique Latine, núm. 51, París, 1987.
- ROBALINO DA SILVA, P. C., "Mercado: estrategias para enfrentar la sustitución del acero", *Siderurgia Latinoamericana*, núm. 386, junio, 1992.
- ROMER, P. M., "Increasing Returns and Long Run Growth", *Journal of Political Economy*, 94(5) 1002-1037, 1986.
- , "Endogenous Technical Change", *Journal of Political Economy*, vol. 98, 1990.

- , "Human Capital and Growth: Theory and Evidence", *Carnegie Rochester Conference Series on Public Policy*, vol. 32, 1990b.
- , "Capital, labor and productivity", *Brookings Papers On Macroeconomics*, 1990c.
- ROS, J., "El debate sobre industrialización: el caso de México", en Cuadernos de la Cepal 69, *Elementos para el diseño de políticas industriales y tecnológicas en América Latina*, Naciones Unidas-Cepal, Santiago de Chile, 1990.
- ROSEMBERG, N., *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press, Cambridge, 1982.
- RUBIO R., "Informe: la Siderurgia Mexicana y el Tratado de Libre Comercio de N.A.", *Siderúrgica Latinoamericana*, núm. 395, marzo, 1993.
- RUEDA PEIRO, I., "La siderurgia mexicana en los años del neoliberalismo", en (Coords. Calva, et. al.), *Industria Manufacturera. Situación actual y desarrollo bajo un modelo alternativo*, UAM-X, México, 1996.
- (coord), *Tras las huellas de la privatización. El caso de Altos Hornos de México*, Siglo XXI editores, México, 1994.
- SALTER, W.E.G., *Productivity and technical change*, Cambridge UP, Cambridge, 1969.
- SCHATAN, C., "Efectos de la liberalización del comercio exterior en México", *Economía Mexicana*, núm. 3, CIDE, México, 1981.
- , "Algunos aspectos de la política de liberalización de importaciones", *Economía Mexicana*, núm. 7, CIDE, México, 1986.
- SCHEUFERMAN, W.E., "Joint Ventures in the U.S. Steel Industry", *American Journal of Economics and Sociology*, vol. 49, núm. 4, octubre, 1990.
- SCHMOOKLER, J., "Economic Sources of inventive activity", *Journal of Economic History*, marzo, 1962.
- SCHOTT, Jeffrey, J., "Trading Blocs and the world trading system", *The World Economy*, vol. 14, núm. 1, marzo, 1991.
- SICARTSA, *Sicartsa crisol de México*, México, 1986.
- SIDERURGIA, "Minimills: avances por mutación tecnológica", año IV, núm. 26, enero, 1994.
- SOBARZO, H.E., *Cambio tecnológico y perfil de la mano de obra en el sector manufacturero en México*, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, México, 1997.
- SOLIS, L., *La realidad económica mexicana: retrovisión y perspectivas*, Siglo XXI, México, 1970.

- , "Prioridades industriales en México", ONUDI, Prioridades industriales en países en desarrollo, Naciones Unidas, Nueva York, 1980.
- SOLOW, R.M., "A contribution to the theory of economic growth", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, 1956.
- , "Technical change and the aggregate production function", *Review of Economics and Statistics*, agosto, 1957.
- SUCHECKI, B., "Rattrapage Technologique y Croi et Croissance de la productivité, sectorielle, Revue d'Économie Industrielle, trimestre 4, 1997.
- SCHUMPETER, J. A., *Theory of Economic Development*, Harvard University Press, edición 1961, 1912.
- TEECE, D. y G. Pisano, "The Dynamic Capabilities of firms: an introduction, IIASA working paper 94-103, octubre, 1994.
- TERLECKYJ, N., *Direct and Indirect Effects of Industrial Research and Development on the Productivity Growth of Industries* dans J. Kendrick y B. Vaccara (dir. pub.): *New developments in Productivity Measurement and Analysis*, University of Chicago Press, 1980.
- TEGUEBER Y MAYER, *Método de la industria siderúrgica inorgánica*, México, Ed. Reverté, 1980.
- TEMIN, P., *Iron and Steel in 19th Century America*, MIT Press Cambridge Mass, 1964.
- TEN KATE, A. y R.B. Wallace, *La política de protección en el desarrollo económico de México*, Fondo de Cultura Económica, México, 1979.
- TIROLE, J., *The Theory of Industrial Organisation*, MIT Press, Cambridge, M.A., 1989.
- TOLEDO, D. y F. Zapata, *Acero y Estado*, UAM-Iztapalapa, México, 1999.
- TOMIURA, A., "Productivity in Japan's manufacturing industry", *International Journal of Production Economics*, núm. 52, 1997.
- TORRE, M. y Y. Mercado, Sector Siderúrgico Paraestatal, Estudios de Casos, Serie Administración Pública núm. 5, CIDE, México, 1983.
- TORNELL, A., *Rational atrophy: the U.S. Steel Industry*, Discussion Paper Number 1806, Harvard Institute of Economic Research, Harvard University, Cambridge, Massachusetts, noviembre, 1997.
- THUROW, L., *La guerra del siglo XXI*, Vergara, Buenos Aires, 1992.
- UTTERBACK, J. y W.J. Abernathy, "A dynamic model of process and product innovation", *Omega*, vol. 3, núm. 6, Pergamon Press, 1975.
- VAN ARK, B., "Manufacturing Prices, Productivity and Labor Cost in Five Economies", *Monthly Labor Review*, julio, 1995.
- VILLA, P., "Croissance et spécialisation", *La Lettre du CEPPI*, París, 1996.

- VILLARREAL, R., *Industrialización, deuda y desequilibrio externo en México. Un enfoque estructuralista 1929-1976.*, Fondo de Cultura Económica, México, 1976.
- , “La reconversión en la siderúrgica paraestatal de México”, *Comercio Exterior*, vol. 38, núm. 3, marzo, 1986.
- , *Mitos y realidades de la empresa pública ¿Racionalización o privatización?*, Diana, México, 1988.
- WALLACE, R.B., A. Ten Kate, A. Waarts, M.D. Ramírez, *La política de protección en el desarrollo económico de México*, Fondo de Cultura Económica, México, 1979.
- , “La política de protección en México” en Wallace, B. R., A. Ten Kate, A. Waarts, M.D. Ramírez, *La política de protección en el desarrollo económico de México*, Fondo de Cultura Económica, México, 1979.
- WERTIME, T.A., *The Coming of the Age of Steel*, University of Chicago Press, Chicago, 1962.
- WORLD BANK, *Staff Appraisal Report. Mexico Steel Sector Restructuring Project*, octubre, 1987.
- YÁÑEZ, D., “Tecnología y Productividad. El caso de las Acerías de Hylsa”. Ponencia presentada en el *Seminario de Ilafa Innovaciones tecnológicas en acería y colada continua*, mayo, México, 1998.
- YOUNG, A., “Increasing Returns and Economic Progress”, *Economic Journal*, vol. 38, 1928.
- , “Learning by doing and the dynamics effects of international trade”, *Quarterly Journal of Economics*, mayo, 1991.
- ZAPATA, F., *Las Truchas. Acero y Sociedad en México*, El Colegio de México, México, 1978.
- , *La política siderúrgica en Francia y México. Análisis comparativo a partir de los casos de Solmer y Sicartsa*, Document de recherche núm. 51 du Centre de Recherche et de Documentation sur l'Amérique Latine, París, septiembre, 1987.

Índice

AGRADECIMIENTOS	7
INTRODUCCIÓN	9
Capítulo 1	
LAS FUENTES DEL CRECIMIENTO EN EL CONTEXTO	
DE LOS SISTEMAS NACIONALES DE INNOVACIÓN	17
Las fuentes endógenas de crecimiento económico	17
Las capacidades tecnológicas en el ámbito nacional	39
Los sistemas nacionales de innovación en el contexto de la competitividad y la globalización	59
Capítulo 2	
GLOBALIZACIÓN Y REGIONALIZACIÓN	
DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA MUNDIAL	67
Crisis y reestructuración de la siderurgia en los países industrializados	69
Globalización y regionalización de la siderurgia	84
Tendencias de especialización de los países productores de acero	105
Reflexiones	125
Capítulo 3	
INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA MUNDIAL	127
El nuevo paradigma tecnológico en la siderurgia mundial	127
Una mirada histórica del cambio tecnológico	128
Las innovaciones tecnológicas recientes (1970-1998)	134
Las tendencias tecnológicas en los países industrializados y de reciente industrialización	153

Capítulo 4

LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA MEXICANA: DE LA SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES A LA REESTRUCTURACIÓN Y LA PROMOCIÓN DE EXPORTACIONES 181

La siderurgia mexicana en el periodo sustitutivo de importaciones (1950-1982) 182

Reestructuración y modernización tecnológica de los años ochenta y principios de los noventa 211

Apertura comercial, especialización y competitividad del acero mexicano 230

Reflexiones 258

Capítulo 5

PRODUCTIVIDAD Y CRECIMIENTO

DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA MEXICANA (1984-1997) 263

Metodología de la medición de la productividad total de los factores (PTF) de la industria siderúrgica mexicana (1984-1997)..... 264

Desempeño de la PTF en la siderurgia mexicana (1984-1997) 280

Factores explicativos de la evolución de la PTF de la siderurgia mexicana (1984-1997) 299

Reflexiones 309

Capítulo 6

HYSAMEX: LA ACUMULACIÓN DE LAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS, LA INNOVACIÓN Y LA COMPETITIVIDAD 311

El desempeño productivo y comercial de Hysamex 312

La formación de las capacidades tecnológicas 321

La difusión y la competitividad de la tecnología Hyl 366

Reflexiones finales 382

CONCLUSIONES 385

ANEXO 389

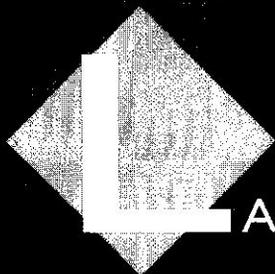
BIBLIOGRAFÍA 487

Títulos de la colección

Las ciencias sociales

Director de la colección
HUMBERTO MUÑOZ GARCÍA

BERTHA LERNER <i>América Latina: los debates en política social, desigualdad y pobreza</i>	ABILIO VERGARA, AMPARO SEVILLA (COORDINADORES) <i>La ciudad desde sus lugares. Trece ventanas etnográficas para una ciudad</i>
MANUEL VILLA <i>Los años furiosos: 1994-1995. La reforma del Estado y el futuro de México</i>	ALICIA ZICCARDI (COORDINADORA) <i>Ciudades y gobiernos locales en la América Latina de los noventa</i>
ISAAC M. KATZ <i>La apertura comercial y su impacto regional sobre la economía mexicana</i>	FRANCISCO LÓPEZ CÁMARA <i>La clase media en la era del populismo</i>
ARTURO ÁNGEL LARA RIVERO <i>Aprendizaje tecnológico y mercado de trabajo en las maquiladoras japonesas</i>	JUDITH HERRERA MONTELONGO <i>Colaboración y conflicto: el sindicato petrolero y el cardenismo</i>
MANUEL VILLA AGUILERA <i>¿A quién le interesa la democracia en México? Crisis del intervencionismo estatal y alternativas del pacto social</i>	JUAN-MANUEL RAMÍREZ SAIZ (COORDINADOR) <i>¿Cómo gobiernan Guadalajara? Demandas ciudadanas y respuestas de los ayuntamientos</i>
ABELARDO VILLEGAS <i>Arar en el mar: la democracia en América Latina</i>	JUDITH VILLAVICENCIO BLANCO (COORDINADORA) <i>Condiciones de vida y vivienda de interés social en la ciudad de México</i>
ROBERTO EIBENSCHUTZ HARTMAN (COORDINADOR) <i>Bases para la planeación del desarrollo urbano en la ciudad de México.</i>	JULIÁN REBÓN <i>Conflicto armado y desplazamiento de población. Chiapas 1994-1998</i>
Tomo I: <i>Economía y sociedad en la Metrópoli</i> Tomo II: <i>Estructura de la ciudad y su región</i>	CÉSAR CANSINO <i>Construir la democracia. Límites y perspectivas de la transición en México</i>
ÓSCAR F. CONTRERAS, ALEJANDRO COVARRUBIAS MIGUEL ÁNGEL RAMÍREZ, JOSÉ LUIS SARRIEGO <i>Cananea. Tradición y modernidad en una mina histórica</i>	ANA PAULA DE TERESA <i>Crisis agrícola y economía campesina. El caso de los productores de henequén en Yucatán</i>
ABRAHAM A. MOLES <i>Las ciencias de lo impreciso</i>	
LEONEL CORONA (COORDINADOR) <i>Cien empresas innovadoras en México</i>	



LAS FUENTES DEL
CRECIMIENTO EN LA
SIDERURGIA MEXICANA
INNOVACIÓN,
PRODUCTIVIDAD Y
COMPETITIVIDAD

Alenka Guzmán



Las ciencias sociales
SEGUNDA DÉCADA

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA
Unidad Iztapalapa



El tema central de este libro es el análisis de la innovación, la productividad y la competitividad de la siderurgia mexicana en el contexto de la globalización y la regionalización.

La difusión y el uso de las nuevas tecnologías en la manufactura del acero, asociado al desplazamiento de tecnologías obsoletas, contribuyeron, desde finales de los ochenta, a la mejora de la productividad total de los factores de la industria del acero. La reestructuración sentó las bases de la modernización productiva comercial y financiera. La flexibilización laboral, la privatización, el establecimiento de alianzas estratégicas entre empresas siderúrgicas extranjeras y mexicanas y la modernización en las empresas en México durante los noventa tuvieron efectos positivos en la mejoría tecnológica de las empresas mexicanas. La penetración y competitividad de los productos siderúrgicos hacia Estados Unidos, su principal mercado, ha implicado un cambio parcial en la especialización comercial. La tendencia convergente de la productividad laboral de la siderurgia mexicana en relación con Estados Unidos parece confirmarlo.

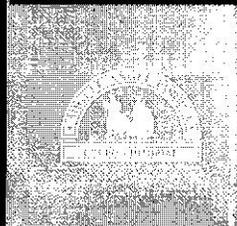
Hylsamex se cuenta entre las empresas que han contribuido a la expansión productiva, la mejoría de la productividad y la calidad de los productos de la siderurgia nacional durante el periodo de apertura comercial y de orientación hacia las exportaciones. Además, esta empresa se caracteriza, de manera atípica en el país, por su capacidad innovadora y de tecnología de exportación y por su liderazgo mundial de tecnología en el segmento de reducción directa.

La autora es profesora-investigadora del Departamento de Economía de la UAM-Iztapalapa. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Obtuvo su doctorado en Economía Industrial en la Universidad de París III La Nouvelle Sorbonne.

LAS FUENTES DEL CRECIMIENTO



9 789707 012080



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA
Unidad Iztapalapa

