

EL CAMBIO TECNOLÓGICO EN LA SIDERURGIA MUNDIAL Y SU IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA EN MÉXICO

17

Alenka Guzmán*

En el contexto actual de globalización de la producción siderúrgica mundial y la creación de bloques comerciales, surgen interrogantes como las siguientes: ¿cuáles han sido los cambios tecnológicos más sobresalientes en la industria siderúrgica mundial?, ¿qué efectos han tenido estas transformaciones productivas en la siderurgia mexicana y cómo se han reflejado en la productividad y el empleo de esta industria? En este ensayo se reflexiona sobre estas cuestiones que en el marco del Tratado de Libre Comercio (TLC) adquieren relevancia de primer orden.

El ensayo está compuesto de cuatro partes. En la primera se describen los cambios tecnológicos más significativos de la siderurgia internacional del acero. En la segunda se analiza comparativamente el nivel tecnológico de la siderurgia mexicana con el de los países productores más importantes. En la tercera parte se reflexiona sobre las repercusiones recientes de la nueva tecnología en la productividad y el empleo de la industria siderúrgica mexicana, en el marco del proceso de globalización del mercado de la siderurgia. La cuarta y última parte resume las conclusiones más relevantes del estudio.

* Profesora e investigadora del Departamento de Economía de la UAM-Iztapalapa.

1. Los cambios tecnológicos y la reestructuración de la siderurgia mundial

Antecedentes

La creación y difusión del convertidor Bessemer (1860), 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 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 para producir acero: el proceso Siemens Martin y el proceso Thomas.¹ Los nuevos procesos posibilitaron tasas de crecimiento significativas para los países europeos y especialmente para Estados Unidos, el cual a principios del siglo XX participaba con más de un tercio de la producción mundial.

En los países que fueron partícipes de las dos conflagraciones mundiales (1914-18 y 1939-45), la industria siderúrgica cobró mayor relevancia estratégica por la fabricación de armamento de guerra.

Al concluir la segunda guerra mundial, Estados Unidos se constituyó en el nuevo líder económico-político y militar, y finalizaba la hegemonía de las potencias europeas. Un indicador de la supremacía de Estados Unidos en el periodo de posguerra, fue la notable expansión de su industria siderúrgica.²

La siderurgia de los países en desarrollo (países de América Latina, Taiwan, Corea del Sur, etc.) surgen en la coyuntura de la segunda guerra mundial, durante el periodo denominado proceso de sustitución de importaciones. En estos países, el Estado se convirtió en el principal promotor de esta actividad industrial a la cual consideraba básica y estratégica.

La década del sesenta se caracterizó por una enorme expansión de la industria siderúrgica mundial, lográndose duplicar la producción.³ El vigoroso crecimiento de la siderurgia reflejaba el auge de las economías de los países industrializados. Incluso algunos países en vías de desarrollo registraron significativas tasas anuales de crecimiento en su economía, como Brasil, Corea y México, entre otros.

En la década del 70 la crisis del petróleo colapsó la economía de los países industrializados. La siderurgia fue una de las ramas más afectadas, tanto por la severa disminución de la demanda como por el encarecimiento de su principal fuente de energía. Los países industrializados fueron escenario de drásticas reducciones en la producción acerera. Lo anterior implicó importantes recortes de personal, cuantiosas pérdidas financieras en las empresas y cierres de plantas.⁴

En estas circunstancias, los gobiernos de los países industrializados iniciaron un conjunto de medidas proteccionistas entre las que destacan las siguientes: subsidios a las exportaciones, prácticas de *dumping*, restricción de importaciones e inversiones fuertes donde se combinaban

¹ El Instituto de la Industria Americana del Hierro y el Acero registra que, en 1880, el 83.6% del acero mundial se producía por Bessemer, el 11.9% por Siemens Martin y 2.6% por Thomas.

² En 1953 Estados Unidos producía el 45% del acero mundial, mientras que los países de Europa occidental en conjunto participaban con el 26% y los países socialistas con el 22.5%. La participación de los países en vías de desarrollo era insignificante.

³ "Cabe hacer notar que entre 1960 y 1970 la siderurgia japonesa aumentó su producción desde 22.1 millones de toneladas hasta el impresionante volumen de 93.4 millones de toneladas, o sea casi se quintuplicó habiéndose expandido a una tasa promedio anual del orden de 15%, hecho que ningún otro país pudo lograr". A. Astaburriaga, "Las nuevas fronteras de la geografía del acero", *Siderurgia Latinoamericana*, núm. 387, julio, 1992. *Op. cit.* p. 8.

⁴ "En Estados Unidos la industria siderúrgica sufrió una serie de graves contracciones después de 1974; más de 25 productores cayeron en bancarrota, otros se vieron obligados a fusiones o a drásticas reducciones, y la fuerza laboral tuvo que ser reducida en 66% (de 500 mil trabajadores en 1974 a 163 mil en 1987). La industria sufrió una racha de impresionantes pérdidas (unos US\$12 mil millones entre 1982 y 1986)". A. Astaburriaga, "Las nuevas fronteras de la geografía del acero", *Siderurgia Latinoamericana*, núm. 387, julio, 1992. *Op. cit.* p. 11.

nuevas tecnologías con las instalaciones obsoletas. Así, la competencia en los mercados siderúrgicos estuvo determinada por la intervención gubernamental y no por las fuerzas del mercado.

Hasta la primera mitad de los años setenta prevaleció mundialmente la idea de que las plantas siderúrgicas deberían tener la mayor capacidad instalada posible. La mayor dimensión de la planta estaba asociada positivamente a economías de escala y eficiencia. Sin embargo, durante la década de los ochenta esta visión se modificó radicalmente. Entre las causas más destacadas que contribuyeron a este cambio de paradigma, se pueden señalar las siguientes: a) la crisis del acero y la recesión mundial, que se manifestó en una incertidumbre de los mercados (el hecho de que las grandes plantas operaran con una baja productividad se traducía en mayores costos); b) la ausencia de flexibilidad en las grandes plantas para adaptarse a los cambios de la demanda de acero; c) los problemas de eficiencia administrativa y, d) los elevados montos de inversión para la instalación y obras de infraestructura en plantas de gran magnitud.⁵

Uno de los factores que influyeron en la reducción de la demanda de acero, además de la recesión generalizada en economías industrializadas y semi-industrializadas, fue la aparición de nuevos materiales que desplazaron el uso del acero en industrias de la construcción, la fabricación de automóviles, empaque, transporte de productos, etcétera.⁶ En 1979, el Instituto Internacional del Hierro y el Acero (IISI) realizó una encuesta internacional. En ésta se advierte que de 130 aplicaciones tradicionales de acero, el 37% había sido desplazado por plásticos, el 25% por aluminio, el 8% por fibra de vidrio o carbón y, finalmente, un 6% por materiales como hormigón, maderas, amianto y fundición (CEPAL, 1984).

Frente a la creciente tendencia de sustitución del acero por "nuevos materiales", las industrias siderúrgicas internacionales instrumentaron estrategias tecnológicas y de mercado para lograr una versatilidad y competitividad de sus productos. De esta forma la industria del acero intentaba desafiar con ventajas a los materiales sustitutivos en los diversos segmentos de aplicación.

Las innovaciones tecnológicas en la industria del acero

A partir de la segunda mitad de los años setenta, los países industrializados iniciaron un proceso de reestructuración productiva y comercial en la industria siderúrgica. Esta transformación evidenció la necesidad de realizar cambios tecnológicos que permitieran mejorar la eficiencia de las operaciones en los diferentes procesos productivos del acero. El propósito final era elevar la eficiencia productiva y diversificar la producción de este sector industrial.

Para lograr los cambios tecnológicos necesarios en la siderurgia, algunos países industrializados destinaron presupuestos significativos para la investigación y desarrollo (I y D).⁷ El objetivo de la I y D en la siderurgia se orientó no tanto a la invención de nuevos procesos, sino al mejoramiento de la eficiencia de los actuales y a la diversificación de productos siderúrgicos, optimizando la calidad y el precio.

Entre los avances tecnológicos más significativos logrados en la siderurgia mundial⁸ desta-

⁵ CEPAL, *La industria siderúrgica latinoamericana. Tendencias y potencial*, Santiago de Chile, 1984, p. 105.

⁶ Véase J. Gana, "La aparición de nuevos materiales y su impacto sobre el uso de recursos naturales", *Sistema Internacional y América Latina, Tercera Revolución Industrial. Impactos internacionales del actual viraje tecnológico*, Editor Latinoamericano, 1986.

⁷ Japón ha sido uno de los países que ha invertido un mayor presupuesto en la investigación, lo cual le ha valido como una ventaja comparativa frente a otros países productores de acero, como es el caso de Estados Unidos; en este país la inversión en investigación y desarrollo se ha estancado. Unido: de l'industrie siderurgique, 1990 (Unido/IS.213), Vienna, febrero, 1981.

⁸ En la industria siderúrgica integrada existen cuatro etapas para la producción de acero y de laminados planos, no planos y tubos. Estas son: 1) beneficio; 2) reducción; 3) refinación, y 4) formado. En la primera etapa (beneficio) se preparan las materias primas (chatarra, carbón y fierro) en coque, sinter y pelet, para pasar después a la reducción. En la reducción existen dos técnicas básicamente: a) alto horno y b) reducción directa; con la primera técnica se obtiene arrabio y con la segunda fierro esponja. Ambas técnicas pasan a la tercera etapa, la refinación. En la refinación existen esencialmente tres procedimientos tecnológicos

can: a) desarrollo y difusión de la colada continua; b) producción de aceros especiales (inoxidables y de alta resistencia a partir de nuevas aleaciones en los aceros); c) uso de reducción directa y hornos eléctricos; e) proceso de "metalurgia de cuchara"⁹, y d) uso y difusión de las computadoras en las diferentes fases de producción del acero.¹⁰

Con el uso de los hornos eléctricos se tiende a desplazar el alto horno por procesos de reducción (como el HYL). Esto se debe a que los procesos de reducción operan a una menor capacidad que los altos hornos. Así, el proceso de reducción se adapta mejor a los hornos eléctricos. Las proyecciones del ISII¹¹ en relación al uso de los diferentes procesos tecnológicos, indican que la participación de hornos eléctricos aumentará en una proporción del 29 al 31%, con el incremento de la capacidad siderúrgica instalada de los países en desarrollo, en el próximo lustro. La tecnología predominante seguirá siendo el convertidor al oxígeno, en tanto los hornos Siemens Martin tienden virtualmente a desaparecer. El hecho de que los hornos eléctricos aumenten su participación en la producción del acero mundial, se explica probablemente por la necesidad de plantas que sean más flexibles a la demanda de acero y la reducción de costos que éstas implican.

CUADRO 1

Participación de los diferentes procesos en la capacidad de producción de acero en bruto (porcentajes)

	1990			1995		
	BOF	HEA	SM	BOF	HEA	SM
P. Industriales	69	29	2	68	31	1
P. en Desarrollo	49	44	7	47	47	6
Mundo Occidental	65	32	3	63	35	2

BOF = Convertidores al oxígeno

HEA = Hornos eléctricos de arco

SM = Hornos Siemens Martin

Fuente: IISI, 1990.

Un proceso tecnológico que revolucionó el proceso productivo en la siderurgia mundial, fue la colada continua. "La colada continua posibilita el paso directo de la refinación de acero a la producción de planchones y palanquilla; los cuales necesitan de un proceso de calentamiento radicalmente más corto que el lingote, antes de pasar a ser reducidos por los molinos en laminación".¹² Este proceso posibilitó el ahorro en términos de tiempo, maniobras, combustibles e instalaciones.

Japón fue uno de los pioneros en la incorporación de este proceso. Por su parte, Estados Unidos retrasó la incorporación de la colada continua, lo cual seguramente incidió en la

(con sus variantes en los diferentes países): a) hogar abierto (Siemens Martin); b) convertidor al oxígeno (BOF-Basyc oxygen furnace), y c) horno eléctrico. De la refinación se obtiene acero líquido, el cual se transforma en laminados planos y no planos, y tubos con o sin costura a través de dos técnicas: lingote-horno de foso-tren desbastador y colada continua.

⁹ Tratamiento de los aceros al vacío con refinación exotérmica a través de la inyección de oxígeno.

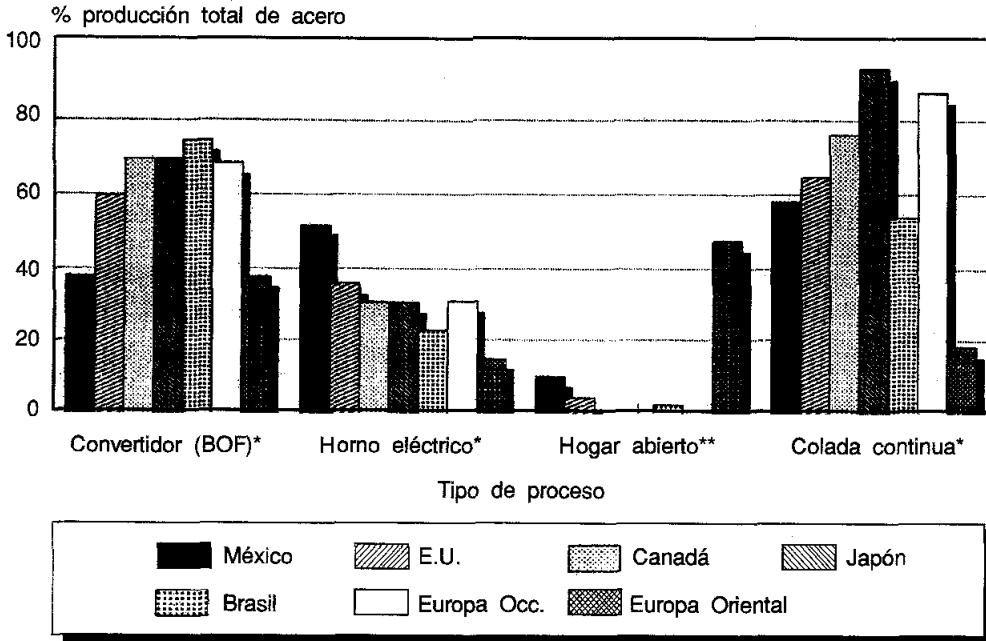
¹⁰ Hace más de 25 años, el uso de las computadoras en los procesos productivos del acero se encontraba en la fase experimental. No se tenía certeza sobre el comportamiento de esta tecnología. El costo era tan alto que su difusión era nula, sólo se limitaba a los institutos de investigación. Las primeras computadoras, en los años sesentas, se utilizaron en los convertidores y laminadores. Actualmente todas las etapas de la producción integrada de acero pueden ser controladas por computadoras, Cepal, *op. cit.*

¹¹ L.J. Holschuh, "La demanda mundial de acero a corto y a mediano plazo", *Siderurgia Latinoamericana*, núm. 368, dic. 1990.

¹² I. Bizberg, "El obrero y el proceso de trabajo en la siderurgia mexicana", en M.L. Arriaga, *et al.*, *El proceso de trabajo en México*, Cuadernos de Teoría y Sociedad, 1986. p. 87.

ineficiencia de su industria siderúrgica.¹³ El caso más drástico de atraso tecnológico corresponde a los países de Europa oriental, que en conjunto produjeron el 46.2% del acero con hornos Siemens Martin en 1991. (Ver gráfica-1)

Gráfica-1
Comparación del nivel tecnológico en la siderurgia
México vs. otros países (1989)



ISS, Bruselas 1990

* Tecnología moderna ** Tecnología atrasada

BOF + HE + HA = 100% Colada continua = 100%

En la actualidad existen otras innovaciones que aún se encuentran en fase experimental y su difusión se prevé para las próximas décadas. Entre este tipo de técnicas se encuentran: la fabricación de coque conformado, en sustitución del coque metalúrgico;¹⁴ uso de plasma en la producción de hierro esponja o arrabio líquido;¹⁵ procesos continuos en la producción de acero (entre ellos están IRSID, WORCRA, HEARTH, BISRA Y NRIM); y aplicación de energía nuclear en la fabricación de acero.¹⁶

¹³ Véase A. Guzmán, "Industria siderúrgica mexicana y estadounidense: intercambio comercial y cambio tecnológico", *El Cotidiano*, núm. 40, UAM-A, marzo-abril de 1991. Entre 1990 y 1991 Estados Unidos incrementó notablemente su producción de acero por colada continua (12.3%). Además, la siderurgia estadounidense logró incluir "líneas de procesamiento continuo de alta velocidad, que están reduciendo los ciclos productivos de días a minutos y han mejorado la homogeneidad del producto y los rendimientos", en M. Deaner, "Opinión: el año pasado y el año presente", *Siderurgia Latinoamericana*, núm. 384, Santiago de Chile, abril de 1992.

¹⁴ El objetivo de manufacturar coque conformado es lograr el uso de carbones de bajo costo, con las propiedades requeridas en las operaciones de los altos hornos.

¹⁵ El plasma es un gas calentado a muy elevada temperatura entre 3000 y 10,000 °C, a la cual se ioniza. Esto implica cambiar de estado molecular al atómico con carga electrónica.

¹⁶ CEPAL (1984), *op. cit.*

Entre las estrategias productivas y comerciales que reestructuraron la siderurgia mundial para enfrentar la sustitución de acero están:¹⁷

- a) Lograr un precio competitivo en el mercado internacional a partir de las siguientes medidas: aumento progresivo de productividad, sustitución de etapas de fabricación energéticamente dispendiosas (hornos Siemens Martin, colada convencional, etc.), compactación de fases productivas, utilización de materias primas económicas más eficientes;
- b) Desarrollo de programas “cero defecto” a través de programas de “Control de Calidad Total en la Empresa” y “Control Estadístico de Procesos”, que garantizan la calidad óptima del acero; en éstos existe una intensa interacción cliente-empresa;
- c) Plazos de entrega confiables y cortos. El uso de sistemas *Kan-Ban* y *Just in time*, se ha difundido crecientemente entre las empresas siderúrgicas a través de la integración de sistemas informatizados y la adopción de la tecnología más avanzada;
- d) Compatibilidad tecnológica. Realización de programas de I y D para obtener nuevos tipos de acero (aceros de alta resistencia, aceros *ultra clean*, aceros revestidos con aleaciones de ferro-zinc) que eviten la baja participación de acero en las distintas industrias, como la del automóvil;¹⁸
- e) Adecuación a los procesos productivos. Programas conjuntos de los productores de acero con las industrias que elaboran el producto final, logrando sincronizar la producción con la futura demanda;
- f) La calidad de los aceros como principio que permite reducir los costos en las industrias consumidoras de este insumo. Un ejemplo de ello son los “...aceros con revestimientos optimizados que reducen o minimizan el uso de capas/barnices, los aceros pre pintados que permiten a sus consumidores desactivar sus onerosas unidades de pintura”;¹⁹
- g) Optimización de la elaboración final del producto. Se diseña entre productores y clientes el prototipo de acero requerido por el cliente, en la elaboración del producto final, en función de la dinámica de cambio del mercado;
- h) Conquista de nuevos mercados cuidando las oportunidades emergentes; e
- i) Explotar la propiedad química del acero: su reciclabilidad; ello es fundamental en términos de preservación de recursos finitos de la naturaleza.

Las mini-plantas

Frente al problema que significaba la subutilización de la capacidad instalada en las plantas con enormes economías de escala, los países industrializados encontraron una excelente opción con la creación de mini-plantas. Estas tienen ventajas comparativas frente a las tradicionales plantas integradas de grandes dimensiones. En las primeras, las inversiones y el tiempo de construcción de la planta son menores, la organización administrativa es más ágil y, finalmente, el flujo de producción es más dinámico. Las mini-plantas originalmente se construyeron para abastecer la demanda interna, y su producción en cuanto a la cantidad y el número de artículos es limitado. Esta última característica favorece la adopción de la más moderna tecnología en un tiempo mínimo, lo cual contrasta con las grandes siderurgias integradas. Para

¹⁷ P.C. Robalino Da Silva, “Estrategias para enfrentar la sustitución del acero”, *Siderurgia Latinoamericana*, núm. 386, junio 1992.

¹⁸ “El 50% de los aceros que hoy en día son utilizados en la fabricación de los automóviles, no eran conocidos hace diez años”. Así, en esta industria, el acero “se mantiene como uno de los componentes y con un alto grado de desarrollo tecnológico”, *Siderurgia Latinoamericana*, núm. 389, sep. 1992.

¹⁹ Otro ejemplo es “el suministro por las Plantas, a través de Centros de Servicios propios o asociados, de los productos ya cortados en bloques (así como también pre-lubricados) listos para el uso directo en prensas, líneas continuas de conformación, etcétera, permitiendo al consumidor minimizar las áreas de estocaje, reducción de personal y economizar inversiones en líneas de corte”. Robalino Da Silva, *op. cit.*, p. 15.

producir una innovación tecnológica en las enormes plantas, se requiere realizar grandes inversiones en infraestructura e instalaciones auxiliares. La creación de las mini-plantas se justifica por el nuevo paradigma productivo, que busca esencialmente una alta flexibilidad para adaptarse en mejores condiciones a las fluctuaciones del mercado.

Sin embargo, en las mini-plantas también existen desventajas. Entre las más importantes se encuentra la dependencia total de la energía eléctrica. El incremento de su precio incide desfavorablemente en los costos de producción del acero. Otra es el número limitado de tipos de acero que se pueden producir. En efecto, los perfiles pesados no pueden ser elaborados con capacidades inferiores a 600 u 800 toneladas por año. La escasa diversificación de la producción afecta a la empresa al reducirse o anularse la demanda de alguno de sus productos. Es posible que en estas empresas el desarrollo tecnológico de los próximos años logre superar estas desventajas e introducir importantes innovaciones (CEPAL, 1984).

La internacionalización del acero

23

En el futuro se vislumbran dos tendencias en cuanto al proceso de internacionalización del acero. Primera, los países productores de acero basarán su actividad exportadora en sus ventajas comparativas, derivadas del avance tecnológico, reestructuración productiva y comercial, ajuste de la capacidad ociosa y liberalización del comercio. Segunda, con el virtual desplazamiento de la industria pesada tradicional hacia industrias de punta como la electrónica y de servicios en los países industrializados, se reducirá notoriamente la demanda del acero, y en consecuencia las exportaciones.

Por otro lado, el fin del proteccionismo en el acero será posible cuando se reduzcan las excesivas capacidades instaladas. Al respecto adquiere relevancia el Acuerdo Multilateral del Acero (AMA) en el marco del GATT dentro de la llamada Ronda de Uruguay. En este acuerdo se inscriben medidas para lograr la libre comercialización internacional y dar fin a las prácticas de competencia desleal (*dumping* y subsidios). Los obstáculos para signar un acuerdo general provienen fundamentalmente de los países industrializados que insisten en incluir subsidios pasados, que afectan especialmente a los países en desarrollo, y subsidios "green light" para privatizar gastos en investigación y desarrollo, inversiones anticontaminantes, despidos de personal y gastos de reconversión y modernización en general.

En resumen, las innovaciones tecnológicas mundiales (difusión del uso de colada continua, producción de aceros especiales, uso de reducción directa y uso generalizado de procesos computarizados) fueron acompañadas por proyectos de reestructuración comercial y laboral. La reestructuración comercial tuvo como fin lograr competitividad en precios y calidad de acero; la estrecha relación con los clientes, para el diseño y producción de los aceros, fue esencial. En lo laboral, se aplicaron políticas de flexibilización numérica y funcional de la mano de obra, que permitieran a la empresa adecuar la contratación y las funciones de trabajo a las necesidades del mercado. Esto implicó una ruptura con las rigideces del mercado laboral del modelo fordista; este tema lo abordaremos más adelante.

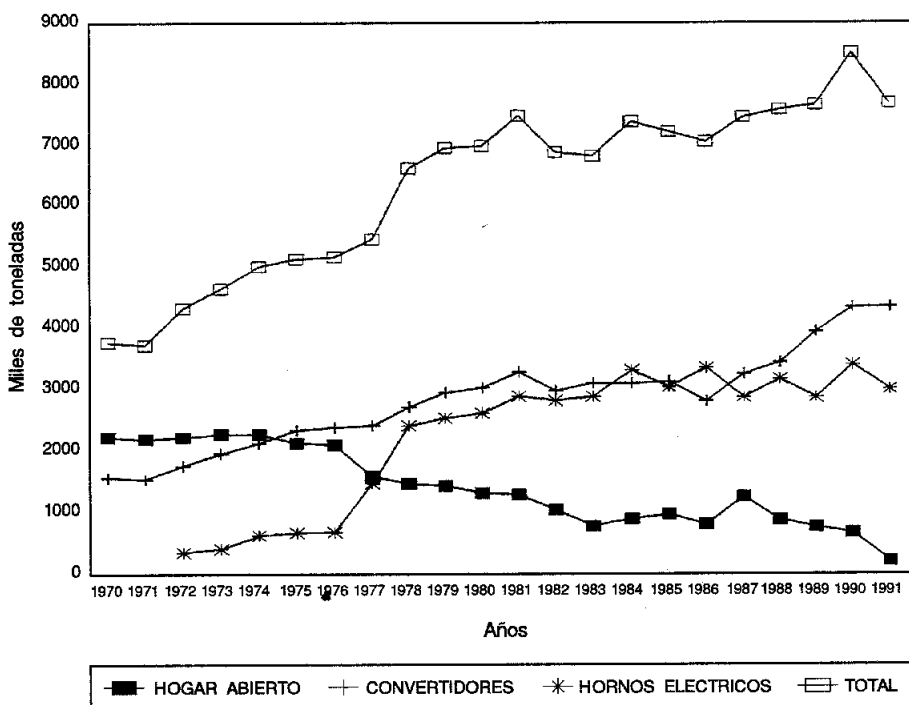
2. La tecnología de la industria siderúrgica en México

En las dos últimas décadas, las empresas siderúrgicas mexicanas se caracterizaron por su heterogeneidad tecnológica, especialmente las del sector estatal. Incluso, algunas de ellas registraron atrasos tecnológicos significativos con respecto a los avances mundiales.

En la gráfica-2 se puede apreciar la evolución de la producción nacional de acero por proceso, que ilustra la heterogeneidad tecnológica.

En los años sesenta y hasta 1976, el proceso de hogar abierto, o también conocido como "Siemens Martin", fue el más importante en la producción de acero en México. En 1989, México conservó un porcentaje considerable de producción de acero por hogar abierto (10.5%), el cual contrastó con un 1.4% de los países industrializados, un 0.9% de los países de Europa Occidental, y aun con los Estados Unidos (4.5%) ver gráfica-2. El uso de tecnología atrasada

Gráfica-2
Producción nacional de acero por proceso



(hogar abierto) disminuyó sensiblemente en los dos últimos años: en 1991 representó sólo el 3.3%; ésto se explica por el cierre de estos hornos en AHMSA, cuya producción cayó en 63.2%. La desaparición de los hornos de hogar abierto es un indicador del grado de modernidad lograda por la siderurgia mexicana.

El uso de los convertidores al oxígeno (BOF) y hornos eléctricos posibilitó un incremento significativo de la producción acerera nacional. En México, los convertidores al oxígeno contribuyeron en 1991 con el 39.6% de la producción nacional de acero, en tanto los hornos eléctricos produjeron el 57%, lo cual contrasta con la tendencia mundial. En efecto, internacionalmente predomina el uso del convertidor al oxígeno sobre el de los hornos eléctricos (ver cuadro-2).

Pese a tener una capacidad productiva menor que los convertidores al oxígeno (BOF), los hornos eléctricos adquieren importancia en México desde los años sesenta. El uso de estos últimos se asocia a la obtención de hierro esponja a través del proceso de reducción directa HYL. Este proceso fue una innovación tecnológica de la empresa mexicana HYLSA, que trascendió como un aporte significativo a la siderurgia mundial. Con el proceso de HYL se utiliza un porcentaje bajo de chatarra; esto permite evitar los problemas derivados de la escasez, elevados precios y calidad de chatarra. El gas natural es una materia prima fundamental en este proceso. La existencia en México de esta materia prima en abundancia, significa una ventaja favorable. Las empresas que utilizan el proceso HYL pueden reducir sus costos con los subsidios gubernamentales de gas natural, a través de PEMEX. Actualmente SICARTSA II produce acero con el proceso de HYL y hornos eléctricos.²⁰

²⁰ Inicialmente en SICARTSA II se preveía la producción de arrabio a través de un alto horno y el uso de convertidores al oxígeno, como en SICARTSA I. Los problemas financieros obligaron a la empresa a cambiar el tipo de tecnología prevista.

CUADRO 2

América Latina: Inversiones en la industria siderúrgica por países

Países	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Argentina	164.166	146.600	184.003	191.232	261.553	201.980	73.877	61.413
Brasil	1247.948	809.036	471.896	413.337	540.324	393.799	362.392	501.271
Centroamérica	5.864	314.000	n.d.	n.d.	717.000	9.078	5.589	41.014
Colombia	24.479	8.404	12.634	9.916	11.300	24.795	46.706	25.494
Chile	2.419	10.971	1.341	4.279	1.059	22.105	111.933	43.257
Ecuador	n.d.	n.d.	1.662	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
México	409.536	525.619	491.030	118.648	171.373	324.488	494.682	184.644
Perú	5.236	689.000	3.601	1.716	1.716	1.765	6.273	5.931
Uruguay	9.294	1.100	1.107	1.000	0.000	105.000	1.289	213.000
Venezuela	90.358	25.004	25.384	120.538	111.363	122.972	214.201	209.251
Total	1959.300	1527.737	1192.658	860.666	1098.865	1101.087	1316.942	1072.800

Fuente: ILAFA, 1989

Entre 1980 y 1989, México tuvo un crecimiento promedio anual de 7.9% en la producción obtenida a través de colada continua. En 1989 la producción de acero en México por colada continua representó el 58.1%, y en contraste Estados Unidos lo hizo en un 64%, Canadá en 76.1% y Japón en 93.5%, según fuentes de la IISI.

Actualmente, en lo que se refiere a las estrategias de reestructuración, en las empresas TAMSA, HYLSA y SICARTSA se han implantado sistemas de calidad que tienen como objetivo final lograr la competitividad en los mercados.²¹

En la adquisición de nueva tecnología, el apoyo estatal fue fundamental a través de inversiones en empresas siderúrgicas estatales (FUMOSA²², AHMSA y SICARTSA) o apoyos de subsidios a empresas privadas (HYLSA y TAMSA). Entre 1983 y 1985, la inversión anual promedio fue de 475 millones de dólares en la industria siderúrgica. En 1985 la inversión mexicana representó el 41% de la inversión latinoamericana en la siderurgia, sólo superada por Brasil. Sin embargo, para 1990 la inversión sólo representó el 17.2% (ver cuadro-2).²³ Probablemente este fenómeno sea explicado por el proceso de privatización de las empresas siderúrgicas.

La siderurgia mexicana en el marco de la globalización de los mercados

La siderurgia fue una de las industrias mayormente protegidas durante las tres últimas décadas. En la primera mitad de la década de los ochenta, las tasas arancelarias tenían un promedio del 25%. Para 1987 la tasa arancelaria promedio se redujo a 19% y en 1991 fue de 8.2 por ciento.

Previo a la incorporación de México al GATT en 1986, se eliminaron los permisos de importación de productos acereros, instituidos en años anteriores. La apertura comercial, acompañada por la recuperación del crecimiento del PIB, ha derivado en un considerable aumento de las importaciones de productos siderúrgicos en detrimento de las exportaciones. Un ejemplo de ello es lo ocurrido entre 1990 y 1991: las importaciones crecieron en un 110.3%, en tanto las exportaciones se redujeron en un 26.6%. La caída de las exportaciones es explicada, entre otras razones, por la recesión de la economía estadounidense, principal mercado de México.²⁴

²¹ L. Ponce de León, "Panorama: Empresas Siderúrgicas en Busca de la Calidad Total", *Siderurgia Latinoamericana*, núm. 388, agosto de 1992.

²² FUMOSA fue cerrada en 1986 por problemas de rentabilidad, entre otras razones.

²³ En general la siderurgia latinoamericana ha registrado una disminución considerable en la inversión entre 1983 y 1990 (-8.2% promedio anual). Los casos más significativos de dicha disminución son Argentina (-13.1%), Brasil (-12.2%) y México (-10.8%).

²⁴ Ver: A. Guzmán (1991), *op. cit.*

En México el proceso de privatización de las empresas siderúrgicas corresponde al marco de negociaciones hechas en el GATT, el Banco Mundial y el Tratado de Libre Comercio con Canadá y Estados Unidos.

3. La productividad y el empleo en la siderurgia

Las nuevas tecnologías introducidas en la industria siderúrgica mundial, durante los últimos quince años, se han basado en el amplio uso de equipos automatizados. Este hecho transformó los procesos productivos de la siderurgia, incidiendo favorablemente en el crecimiento de la productividad de acero por hombre empleado. Tal es el caso de la colada continua, los convertidores al oxígeno y el uso de computadoras.

26

Este proceso de incorporación de innovaciones fue seguido por la siderurgia en México en las dos últimas décadas. Destaca, en este caso, la heterogeneidad tecnológica en la producción de acero. México logró reducir significativamente el uso de tecnología atrasada (en 1991 sólo 3.3% se produjo con hornos Siemens Martin), siguiendo la tendencia de los países industrializados. Sin embargo, no logra aún incorporar el conjunto de estrategias innovadoras que permitan la producción de aceros con mayor valor agregado y de calidad óptima.

Las diferencias tecnológicas de la industria siderúrgica mexicana con la de otros países, probablemente explican a la vez sus diferencias de productividad y repercusiones en el mercado de trabajo entre estos. La relación anterior constituye la reflexión de este tercer apartado.

Un ejemplo del incremento de la productividad es el uso del convertidor al oxígeno (BOF). Con éste se pueden fabricar 300 toneladas de acero en 40 min, en tanto un horno Siemens Martin de similar capacidad requiere de 8 a 12 horas para la fabricación de la misma cantidad de acero.²⁵

La incorporación de la colada continua en la producción de acero, constituye otro ejemplo de incremento en la eficiencia productiva. Se eliminan tiempos muertos y a la vez existe un gran ahorro de energía e instalaciones.

Según la OIT (1986), la productividad en la siderurgia de los países industrializados en los años sesenta y hasta mediados de 1974, no sólo se asoció a las innovaciones tecnológicas, sino también al mayor uso de la capacidad instalada por la creciente demanda de acero. Este fenómeno es conocido como "efecto Verdoon", que ocurrió en los países del sudeste asiático como Corea y Taiwan durante la década de los ochenta, donde el consumo y la producción crecieron aceleradamente.

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; asimismo, a la movilidad de la mano de obra (flexibilidad numérica y flexibilidad funcional). Destaca Japón por su alta productividad. Ésta se basa en la adopción de una tecnología avanzada, pero la superioridad de su productividad se explica fundamentalmente por la eficiencia en el uso de la tecnología. Esto implica el desarrollo de mejores técnicas de explotación de la tecnología aplicada a cada fábrica.²⁶

Reflexiones sobre la productividad y el empleo de la siderurgia mexicana: un análisis comparativo

En 1984, la productividad de la mano de obra en México se ubicó en el rango de 100 a 150 (117.6) toneladas de acero por empleado/año, al igual que países de Europa Oriental (URSS, Checoslovaquia, Polonia); Alemania entre 250 a 300; Canadá, Estados Unidos, Bélgica y Países

²⁵ OIT (1986) p. 35.

²⁶ Entre las razones que explican el uso más eficiente de la tecnología en Japón con respecto a los Estados Unidos, están: mejor manipulación de materias primas; bajo consumo de combustibles en altos hornos; mejor producción de acero acabado al final de cada etapa de fabricación del hierro y acero; mejores técnicas de acabado y de laminación en frío; mayor eficiencia en operaciones de embalaje, y administración de los recursos humanos más eficaces. OIT, *op. cit.* (1986).

Bajos entre 300 y 350, y Japón entre 350 y 400. Destaca la productividad alcanzada por Japón, quien se caracteriza por su tecnología moderna y la eficiencia en el uso de los recursos. En contraste, México se compara con los niveles de productividad de los países de Europa Oriental, cuya producción promedio de acero por hombre de hogar abierto está por encima del 40%, mientras que México lo hace en 10 por ciento.

La productividad de acero por hombre ocupado en América Latina, en 1980, fue de 104.7 ton/hombre/año, en tanto que para 1989 fue de 160.0, lo cual representó un crecimiento absoluto del 52.8%, y un 4.8% de promedio anual. El crecimiento promedio anual de 1980 a 1989, fue para Argentina del 6.2%, para Brasil del 5.4% y para México del 3.6%. En el cuadro-3 se aprecia la comparación de la productividad de la industria siderúrgica en América Latina.

CUADRO 3

Personal total ocupado en la siderurgia y producción de acero bruto, 1990

27

Países	Personal ocupado	Participación porcentual	Producción anual de acero (miles de ton.)	Participación porcentual	Producción de acero/personal ocupado (ton/hombre/año)
Argentina	28.306	12.1	3.634	9.5	128.4
Brasil	115.457	49.2	20.567	53.8	178.1
Centroamérica	3.976	1.7	436	1.1	109.7
Colombia	5.943	2.5	701	1.8	118.0
Chile	4.595	2.0	771	2.0	167.8
Ecuador	1.030	0.4	19	0.5	184.5
México	48.921	20.9	8.725	22.8	178.3
Paraguay	757	0.3	47	1.2	62.1
Perú	6.836	2.9	269	0.7	39.4
Uruguay	674	0.3	38	1.0	56.4
Venezuela	18.085	7.7	2.997	7.8	165.7
Total	234.580	100.0	38.209	100.0	1388.4

Fuente: ILAFA, 1991

Los cambios tecnológicos efectuados en la siderurgia de los países industrializados, para lograr una mayor productividad, repercutieron en los niveles de empleo. Es decir, al utilizarse menor tiempo en la producción, también se requirió menor mano de obra contratada. Por lo tanto, para lograr la eficiencia de los nuevos procesos productivos fue indispensable reducir la plantilla contratada por las empresas. Este fenómeno es conocido como flexibilidad numérica.²⁷

La reorganización del proceso productivo hizo necesaria una nueva estructura de puestos de trabajo que permitiría la movilidad de los trabajadores en las diferentes tareas productivas. Esto se conoce como flexibilidad funcional.

La OIT²⁸ (1986) analiza entre 1974 y 1984 la evolución del empleo en la industria siderúrgica de los países industrializados y recién industrializados. La mayoría de los países industrializados descendió su nivel de empleo en este periodo. En Japón el empleo en esta rama registró un crecimiento promedio anual de -1.9%, en tanto en Alemania Federal fue de -3.8% y en Francia

²⁷ La flexibilidad numérica expresa la capacidad de la empresa para modificar la plantilla de trabajadores contratados. Véase OCDE, 1987.

²⁸ OIT, *Mejora de la productividad y sus efectos sobre el nivel de empleo y las condiciones de trabajo en la industria del hierro y el acero*, Ginebra, 1986.

de -5.6%. Un descenso del empleo aún más drástico, en el mismo periodo, ocurrió en Estados Unidos e Inglaterra, con un -6.5% para el primero y un -10.9% para el segundo, promedio anual.

En cambio, los países de reciente industrialización registraron ligeros incrementos en el empleo de la industria siderúrgica. De 1974 a 1983, en Brasil la ocupación en esta rama creció 0.5%. En México, en el mismo periodo, el crecimiento del empleo fue de 4.8% promedio anual. La República de Corea incrementó, de 1979 a 1984, en 1.1% el empleo de la siderurgia.

Esta diferencia en el crecimiento del empleo en los países industrializados y de reciente industrialización, puede ser explicada por el descenso de las inversiones y la reestructuración en la rama siderúrgica desde mediados de los setenta, en los primeros; mientras que en los segundos se registraron enormes inversiones en complejos siderúrgicos en los años setenta.

Sin embargo, a partir de la segunda mitad de la década de los ochenta se modifica la tendencia creciente del empleo en la siderurgia de los países en desarrollo. En el cuadro-4 se observa la evolución del empleo en la industria siderúrgica de América Latina entre 1980 y 1990. Durante estos años se registró una tendencia de disminución del personal ocupado en esta rama (-15% en términos absolutos), que contrasta con un aumento absoluto de la producción de más de 32.2%. Argentina, Brasil y México, principales productores de acero de la región, emplearon en conjunto el 82.8% del personal ocupado en la siderurgia. Estos tres países registraron entre 1980 y 1990 un desempleo absoluto en esta rama de -24.4, -14.4 y -23.1%, respectivamente.

El desempeño registrado en la siderurgia tiene como contrapartida un incremento significativo en el grado de calificación del personal ocupado en el sector. La participación de profesionales y técnicos, y de operarios técnicos, es mayor al final de la década de los ochenta. En 1989 el 58.6% del personal ocupado en la siderurgia latinoamericana correspondía al que laboraba directamente en las unidades de producción, en tanto el 41.4% restante realizaba actividades de servicios auxiliares a la producción (mantenimiento, forja, metalurgia, etc.). Las proyecciones del ILAFA en cuanto al crecimiento del empleo no son muy optimistas.²⁹

Por su parte, los Estados Unidos redujeron su capacidad instalada en 35 millones de toneladas entre 1980 y 1989, llegando a 105 millones de toneladas. "En términos de empleo, para 1989 se habían eliminado 230 mil puestos, una contracción del 60% respecto al nivel registrado en 1980. La industria norteamericana tiene ahora una productividad de 5.5 horas hombre por toneladas, contra 11.7 en 1980" (F. Cortés, 1990).

Existen otras formas de medición de productividad en las cuales se registra no sólo la productividad parcial del trabajo, sino también la productividad del capital y la total de los factores (trabajo y capital). En este método se cuantifica la evolución del producto frente a los cambios en los insumos primarios (trabajo y capital). Este índice de eficiencia fue desarrollado por J.W. Kendrick (1961).³⁰ De acuerdo a dicho método, entre 1960 y 1985 se advierten dos tendencias en la evolución de la productividad total de los factores (PTF): crecimiento acelerado y reducción. La primera ocurre de 1960 a 1976, en donde la PTF crece a un promedio anualizado de 2.2% y se explica en mayor proporción por el crecimiento de la productividad de la mano de obra. El crecimiento de la PTF de la siderurgia mexicana fue más que satisfactorio, si se tiene en cuenta que países como Alemania, Canadá y Estados Unidos acrecentan su PTF en esta industria en 2.4% anual en promedio. Vale comparar estos desempeños con el alcanzado por Japón en esos años, que ascendió a 6.8% anual.

La segunda tendencia se ubica en los años 1976 a 1985, periodo en el cual se registra una caída significativa de la PTF, cuyo crecimiento promedio anual fue de -1.9%. El descenso significativo de la PTF se vincula al importante incremento de la capacidad instalada, la cual no fue utilizada eficientemente. Esta notable reducción del desempeño de la PTF en la industria, coincide con la puesta en marcha del macroproyecto de SICARTSA.

²⁹ ILAFA, *Siderurgia Latinoamericana*, núm. 376, agosto de 1991.

³⁰ E. Hernández Laos (1973, 1985, 1990) aplica esta metodología para el caso de las manufacturas mexicanas. A. Guzmán (1990) realiza una medición de la productividad total de los factores para la industria siderúrgica nacional y para SICARTSA.

CUADRO 4

América Latina: Personal total ocupado en la industria siderúrgica, 1980-1990

Países	1980	1981	1982	1983	1984
Argentina (1)	36.786	33.392	33.569	35.858	37.855
Brasil (2)	134.975	127.495	127.480	122.940	129.144
Centroamérica (3)	1.992	2.279	2.019	2.559	2.537
Colombia	8.202	7.981	7.239	8.694	8.337
Chile	5.568	5.064	4.578	4.456	4.441
Ecuador	814	1.018	890	882	838
México	64.674	67.273	66.537	71.599	68.672
Paraguay	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Perú	5.060	5.519	5.800	6.058	5.672
Uruguay	818	938	863	853	775
Venezuela	17.287	16.709	16.632	16.262	17.419
Total A.L.	276.176	267.668	265.707	270.161	275.690

29

Países	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Argentina (1)	37.328	35.981	34.014	33.169	30.920	28.306
Brasil (2)	131.874	139.153	136.566	132.385	137.846	115.457
Centroamérica (3)	3.262	3.360	3.251	3.254	3.612	3.976
Colombia	7.986	7.705	7.796	7.712	7.460	5.943
Chile	4.457	4.552	4.588	4.677	4.667	4.595
Ecuador	898	917	1.116	1.095	1.018	1.030
México	69.438	56.305	57.163	56.795	51.912	48.921
Paraguay	n.d.	n.d.	997	1.039	1.040	757
Perú	5.295	5.190	5.718	6.853	6.938	6.836
Uruguay	804	747	672	632	641	674
Venezuela	81.303	19.060	20.271	21.248	20.624	18.085
Total A.L.	279.645	272.970	272.152	268.859	266.678	234.580

1 Datos del CIS, que incluye a empresas integradas, semiintegradas y laminadoras en frío asociadas al CIS, más las laminadoras asociadas al Centro de Laminadores Industriales Metalúrgicos Argentinos (CLIMA) y la empresa Adabor, S.A.

2 Datos del IBS, que excluyen al personal de empresas contratistas de apoyo o para la expansión de la siderurgia.

3 A partir de 1985 se incluye personal ocupado en la siderurgia de Trinidad y Tobago.

Fuente: ILAFA, 1991, *Siderurgia Latinoamericana*, núm. 376, Santiago de Chile, agosto.

El periodo entre 1986 y 1989 se caracteriza por una notable recuperación de la PTF (9.8%, promedio anual), resultado de la significativa productividad tanto en el capital (11.0%, promedio anual) como de la productividad de la mano de obra (7.9%).³¹ La posible explicación del significativo avance en la PTF está asociada a: i) la maduración de la capacidad instalada en

³¹ Los datos corresponden a E. Hernández Laos, *Evolución de la Productividad Total de los Factores en la Economía Mexicana (1970-1989)*, Secretaría del Trabajo y Previsión Social/Banco Mundial (en prensa).

años anteriores (SICARTSA II); ii) el crecimiento de las exportaciones a partir de 1985; iii) el cierre de plantas obsoletas tecnológicamente, y iv) las medidas de flexibilidad numérica (recortes de personal)³² y funcional (movilidad de la mano de obra en la estructura de puestos).

4. Conclusiones

El profundo proceso de innovaciones tecnológicas de la siderurgia mundial, en el marco de su reestructuración productiva y comercial, fue la respuesta a los serios problemas de rentabilidad que enfrentó el sector desde la segunda mitad de los años sesenta. Paralelamente, en el mercado siderúrgico predominaron las políticas proteccionistas, de *dumpling* y de subsidio. Por ello el comercio mundial del acero estuvo determinado por las acciones de los gobiernos de los países productores de acero y no por las fuerzas del mercado. Actualmente hay una tendencia creciente para conformar bloques de libre comercio entre regiones y países, donde se de fin a las prácticas desleales de mercado.

30

Las transformaciones tecnológicas recientes en la siderurgia mexicana, así como de flexibilización laboral y privatización, se inscriben en la tendencia descrita en el párrafo anterior. Aunque la siderurgia mexicana ha incorporado los principales cambios tecnológicos, aún existe una gran brecha con relación a los avances de países industrializados en cuanto a aceros de mayor valor agregado, sistemas de computarización y sistemas de control de calidad (que recién se inician en México). En el contexto del TLC, el acceso libre a los mercados estadounidense y canadiense puede representar una excelente oportunidad en la medida que las ventajas comparativas no dependan, exclusivamente, de los bajos salarios, sino, en mayor medida, de una dinámica innovadora en la tecnología de esta rama industrial.

³² Lo anterior se ilustra con los índices de capital fijo neto por hombre ocupado, los cuales se redujeron entre 1986 y 1989 un 2.7 por ciento.