



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

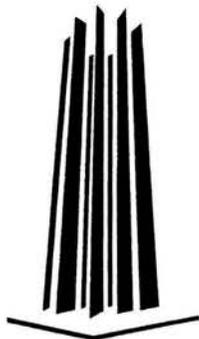
**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN**

**“EL IMPACTO DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA  
EN LA PRODUCCIÓN ACERERA INTEGRADA DE  
MÉXICO, 1991-2000”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :  
LICENCIADO EN ECONOMÍA  
P R E S E N T A :  
JAVIER NAVA VEGA**

**ASESOR: LIC. SALVADOR ROSAS BARRERA**



**MÉXICO**

**2005**

m341584



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

AGRADECIMIENTOS:

POR TODO SU CARÍÑO, APOYO Y EJEMPLO, ASÍ COMO POR ALENTARME PARA QUE HAYA  
ALCANZADO UNA DE MIS METAS MAS ANHELADAS:

**A MI PADRE VICTOR JAVIER NAVA ORTIZ  
Y A MI MADRE SOCORRO VEGA LOPEZ**

A LA **UNAM**, A MIS **MAESTROS** POR DARME LA OPORTUNIDAD DE  
COMPRENDER EL MUNDO EN EL QUE VIVO Y EN ESPECIAL A MI ASESOR,  
DEL CUAL ESTOY PROFUNDAMENTE AGREDECIDO:

**LIC. SALVADOR ROSAS BARRERA**



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo I</b>	
<b>LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA, A LA LUZ DE LA NUEVA MACROECONOMÍA CLÁSICA</b>	<b>5</b>
1.1 La Nueva macroeconomía clásica	6
1.2 Fundamentos teóricos	13
1.2.1 La función de producción	13
1.2.2 Los costos y el largo plazo	18
1.3 El papel de la innovación tecnológica según la teoría de Schumpeter	22
1.4 Las revoluciones tecnológicas	23
<b>Capítulo II</b>	
<b>EL AUGE DE LA PRODUCCIÓN ACERERA EN LA DÉCADA DE LOS NOVENTA EN MÉXICO</b>	<b>27</b>
2.1 Antecedentes	28
2.1.1 La industria siderúrgica 1940-1970	29
2.1.2 La industria siderúrgica 1971-1981	31
2.2 Cambios en la industria siderúrgica mundial a raíz de la crisis petrolera	34
2.3 Políticas industriales para reconvertir a la siderúrgica mexicana	35
2.3.1 Aumento de la productividad	36
2.3.2 Privatización de la industria	38
2.3.3 La apertura comercial	39
2.4 Dinámica de la industria siderúrgica integrada 1991-2000	41
2.4.1 Composición industrial	41
2.4.1.1 Las cinco empresas integradas	42
2.4.2 Principales productos	44
2.4.3 Desempeño exportador de la industria	47
2.4.3.1 La producción nacional en EE.UU.	48
<b>Capítulo III</b>	
<b>LA APLICACIÓN DE NUEVOS PROCESOS EN LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA</b>	<b>52</b>
3.1 Desarrollo y fabricación de acero	53
3.2 La eliminación del horno Siemens	58
3.3 La fundición de acero con BOF	59
3.4 La fundición de acero con HEA	62



3.4.1	El proceso HYL	64
3.5	Optimización de la producción mediante la Colada continua	67

## **Capítulo IV**

<b>INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y PRODUCCIÓN ACERERA EN EL PERIODO 1991-2000</b>	<b>73</b>
--	-----------

4.1	Dinámica de los procesos en la industria	74
4.1.1	La actitud innovadora por empresa	77
4.2	Incremento de la productividad, el principal impacto	81
4.3	La competitividad de la industria siderúrgica mexicana	83

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>84</b>
---------------------------------------	-----------

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>89</b>
---------------------	-----------



# INTRODUCCIÓN



El problema fundamental para la ciencia económica ha girado entorno a las siguientes preguntas, ¿cómo incrementar el producto de una nación? y si partimos de que la cantidad de valor que se expresa en el producto generado por una nación es la medida de su riqueza, en tal caso inferimos que se derivan otras cuestiones como las siguientes; ¿por qué hay naciones más prosperas que otras?, ¿qué políticas económicas adoptan para elevar la riqueza de su país y los niveles de vida de sus habitantes?. De manera breve podemos decir que las respuestas son abundantes, pero todas cargadas de un cúmulo ideológico muy variado entre sí, por lo que podemos ir desde el blanco hasta el negro y sus colores intermedios. En este documento abordamos uno de estos matices y es la denominada Nueva macroeconomía clásica que hace referencia al poder de los mercados, al crecimiento económico sostenible entendiéndose por esto al crecimiento paulatino del Producto nacional bruto (PNB) a largo plazo y se apoya en la evidencia empírica.

El incremento del producto no solamente debe ser entendido como el aumento de la opulencia, sino como una cuestión de suma importancia que permite garantizar la supervivencia y armonía de los habitantes de una nación. Ya que, el valor del producto que es generado periodo a periodo generalmente un año, es distribuido, en el mercado por medio del pago al empleo de los recursos productivos que intervienen en su generación, llámense estos y sus respectivas contrapartidas como Capital-Beneficio, Tierra-Renta y Trabajo-Salario. Esta distribución permite que el producto sea consumido en el mercado reiniciando el proceso productivo del siguiente período. Debido a su importancia, en el centro de los debates académicos entre los economistas ha estado precisamente el tema de la generación del empleo por que la falta de ocupación de los factores productivos interrumpe y limita la repartición de riqueza y una de las vías para incrementarla es el cambio de la tecnología que portan los factores de la producción.

"Los aspectos más valiosos para aumentar la opulencia se atribuyen en gran medida al adelanto tecnológico, más bien que al crecimiento económico generalizado. El PNB real per cápita (en EE.UU) es más del doble de lo que era en 1900, pero el cambio tecnológico ha alterado la naturaleza de la sociedad y de la calidad de la vida en tal forma, que las comparaciones del PNB a través de largos periodos no tiene el menor sentido. Actualmente, el hombre tiene una expectativa de vida de 70 años, está mejor protegido de un sin numero de enfermedades devastadoras, se le extrae su dentadura con poco valor, y aumenta sus visitas a diferentes partes del mundo mediante viajes más baratos y más rápidos. Aun sin estos acontecimientos, el crecimiento del PNB habría ayudado a erradicar la pobreza y aumentar el goce de la vida, sin embargo, esto habría sido una fuerza liberadora menos poderosa en una sociedad que estuviera sujeta a las restricciones de consumo que existían en 1900: coches más anchos, más carbón para la estufa y más petróleo para la lámpara de aceite".<sup>1</sup>

De aquí, que las nuevas tecnologías se vean como una forma de generar mayor producto nacional lo que a su vez, generaría mayor retribución a los factores empleados y bienestar económico. Debido al cambio hacia tecnologías

<sup>1</sup> Nelson, Peck y Kalachek. "Tecnología, Crecimiento Económico y Bienestar Público". 1ª ed. Limusa. México. 1996. P.38.



paulatinamente más productivas, se van generando nuevas y mejores formas de satisfacer las necesidades de la sociedad. De lo anterior, deducimos que el paradigma económico en los inicios del siglo XXI apunta a impulsar el constante cambio tecnológico en las actividades industriales como, resultado de estas se propician; nuevos y mejores procesos, maquinas y equipo, herramientas, materiales.

A lo largo de la historia humana los adelantos técnicos incorporados en las cualidades de los materiales especialmente el acero, han brindado ventajas a sus innovadores, por ejemplo; en el pasado elaborar espadas, escudos, cascos y demás artefactos de guerra fabricados de este material, garantizaban una superioridad en el terreno militar. Así como, la completa subyugación de pueblos enteros para apoderarse de su producto por medio del tributo, le paso a los egipcios antiguos con la invasión hitita, y en el siglo XVI al imperio azteca e inca con la invasión española.

Nuevos métodos para producir acero, también lograron la aparición de excedentes en la agricultura y en la industria, lo que propicio la necesidad de intercambio comercial ya que las herramientas de acero superaban en productividad a las de piedra y madera. A partir, de la primera revolución industrial, la fuerza muscular cede el paso al surgimiento de la fuerza de las maquinas, que se elaboran básicamente de dos insumos como lo son el ingenio y el acero. Fundamentales para construir la máquina de vapor, y el motor de combustión interna en la segunda revolución industrial.

Surge así, la mancuerna entre innovación y acero, que sigue y estará como uno de los pilares del desarrollo industrial de un país. Por que, del abastecimiento económico y abundante; de acero dependen otras actividades productivas, todas ellas clave en el sistema económico del día de hoy. La industria siderúrgica está presente en la construcción, en la industria manufacturera, especialmente en la metalmecánica, automotriz y de bienes durables; en el sector inversiones, en la agricultura y hasta en la industria de alimentos procesados como las bebidas y envasado. De un correcto desempeño de la actividad siderúrgica, y del mercado del acero, tenemos un claro indicador del nivel de crecimiento económico y del grado de industrialización de un país o región, debido a que es el material básico por excelencia en la industria manufacturera que es impulsada por la globalización que se vive actualmente llevando a la apertura de mercados, la privatización y un continuo cambio tecnológico sin precedentes.

Por lo anterior, detectamos que hay una formula que se repite en el éxito económico de las naciones acero-innovación tecnológica. De aquí, surge la importante necesidad de investigar y determinar como fue evolucionado esta mancuerna, y posarla en la problemática de la industria siderúrgica nacional.

Ya con base en lo expresado en las líneas anteriores, hemos puesto en el centro de nuestra investigación a las innovaciones tecnológicas como el BOF, HRD y a la Colada continua aplicadas en la industria acerera nacional



denominada como integrada; para determinar su impacto económico en función del crecimiento de la producción, empleo, productividad y competitividad en el período 1991-2000. Para este fin, utilizaremos el método deductivo ya que analizaremos la situación general de la industria siderúrgica en México y así posteriormente identificar la problemática a la que nos referimos, alrededor de las cinco empresas que conforman el sector integrado del acero nacional. A su vez, incorporaremos el método analítico por que se va a estudiar en partes y el sintético para llegar a conclusiones.

El presente documento lo hemos ordenado de la siguiente forma. En un primer capítulo determinamos por que las políticas económicas deben enfocarse en hacer énfasis en las cuestiones reales de la economía y no en las monetarias. Así también, detallamos como se comportan las empresas según la teoría económica y como impacta la incorporación de innovaciones tecnológicas en los niveles de la actividad económica. En el segundo capítulo explicamos ¿cómo surge?, ¿por qué surgen una a una, las empresas integradas del acero en México?, es decir, sus antecedentes previos al periodo de estudio, también vemos la conformación de esta industria y su evolución en el ámbito internacional. En el tercer capítulo veremos como los procesos siderúrgicos han incrementado la producción, esto lo observamos desde el punto de vista técnico así que podemos comparar las diferentes tecnologías para generar acero en el período de estudio de este trabajo. Por que, en el cuarto y último capítulo observamos las cifras que arrojan la Producción potencial, la producción, el empleo y la productividad como también la base de la competitividad del acero mexicano en los mercados internacionales mediante un cuadro comparativo con EE.UU. y Canadá.



# C A P Í T U L O I

## LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA, A LA LUZ DE LA NUEVA MACROECONOMÍA CLÁSICA



El presente capítulo, tiene como objetivo resaltar la importancia de las innovaciones tecnológicas, incorporadas a los procesos productivos de las empresas; ¿y por qué?, la incorporación paulatina a los procesos productivos de innovaciones en la tecnología determina, gracias a un cambio tecnológico, los niveles de producción y empleo, lo anterior lo describiremos desde el enfoque teórico de la Nueva macroeconomía clásica. Para ello hemos dividido el capítulo en cuatro partes. Iniciamos con el análisis de la pugna macroeconómica entre el Modelo clásico y el Modelo keynesiano<sup>2</sup>, el cual trajo respuestas a los serios problemas de desempleo que enfrentaban las economías capitalistas en los años treinta pero a un costo muy alto.

Para comprender la Nueva escuela clásica, desarrollamos en la segunda parte de nuestro capítulo la teoría microeconómica de la empresa, y su concepción de la tecnología que lleva a incrementar la producción a la vez que facilita la reducción de los costos y el incremento del beneficio en la empresa.

En la tercera parte retomamos el pensamiento de Schumpeter, J. A, debido a su influencia en la investigación sobre las innovaciones tecnológicas, que otorga a estas la facultad para incrementar los niveles de actividad económica de una sociedad industrializada. Las innovaciones tecnológicas más sobresalientes han generado tres revoluciones industriales las cuales analizamos en el apartado cuarto de este mismo capítulo.

## 1.1 La Nueva macroeconomía clásica

### El Modelo clásico

A fines del siglo XVIII se dio una serie de cambios que modificaron las relaciones económicas predominantes en el mundo capitalista. Estos cambios fueron provocados por tres acontecimientos principales: el desarrollo de la Revolución Industrial, la independencia de los Estados Unidos de América y la Revolución Francesa. Todos esos acontecimientos hicieron que el capitalismo comercial evolucionara hasta llegar a convertirse en capitalismo industrial, por ello, surgió una serie de economistas que desarrolló una doctrina basada en el análisis económico. Los máximos representantes fueron Adam Smith y David Ricardo. Los economistas que complementaron estas ideas a finales del siglo XIX y principios del Siglo XX, incorporaron el cálculo matemático para modelar la realidad económica. Entre los más destacados están Walras, Pareto, Jevons, Marshall.<sup>3</sup> A esta doctrina se le dio el nombre del Modelo clásico de la economía.

El Modelo clásico, esta basado en fundamentos microeconómicos de competencia perfecta, es decir, la empresa fija los niveles de producción pero toma los precios del mercado. Los supuestos fundamentales del buen funcionamiento de una economía industrializada bajo este enfoque, son los siguientes:

<sup>2</sup> Nuestros modelos económicos son estáticos y suponemos que representan economías sin comercio exterior.

<sup>3</sup> Zorrilla Arena, Santiago. Silvestre Méndez, José. "Diccionario de economía". 2ª ed. Océano. México. 1985. P. 164.



- a) **La existencia de “una mano invisible”:** Este concepto lo utilizó **Adam Smith** (1723-1790), para enunciar las virtudes del capitalismo, suponía que la suma de los egoísmos individuales que tienen una meta, consistente en *la maximización del beneficio y su forma egoísta de comportamiento lleva a su vez al bienestar de la sociedad, sin así convenirlo, por lo tanto, los empresarios actúan como si los guiara “una mano invisible” por lo que el estado no debe intervenir.*<sup>4</sup>
- b) **El supuesto de la información:** Dado que los recursos son escasos, se conoce la tecnología vigente de la industria y el gusto de los consumidores, y si la empresa es *racional*, es decir, que maximiza su beneficio, esta elige la línea de acción o estrategia que más le convenga para producir. La empresa dispone de métodos *ad-hoc*, el análisis marginal, la programación lineal, la programación dinámica, etc.<sup>5</sup>
- c) **El supuesto de tendencia hacia el equilibrio:** Un sistema libre y competitivo **tiende** por sí solo **al equilibrio** en el largo plazo garantizando el pleno empleo, para ello necesita de **la flexibilidad de los precios** de los factores de la producción, que se expresan en Renta, Beneficio y Salario,<sup>6</sup> y de la eficiencia económica con la que opere especialmente el mercado de trabajo de ella dependerá el funcionamiento del mercado de bienes. Por otra parte el mercado de dinero dependerá del equilibrio entre ahorro e inversión por medio de la flexibilidad del precio del dinero reflejado en la tasa de interés. Por lo tanto, **no hay lugar al desempleo de los factores productivos** y si lo hubiera es friccional o causado por el ocio. Con esto, la economía operará a su máxima capacidad o Producción potencial (PP), es decir, que la oferta agregada (OA), que se interpreta como la producción existente en el mercado nacional, tendrá una posición vertical, similar a la producción potencial. Ver figura 1.1a.
- d) **No hay lugar a la sobreproducción,** por que se cumple la **Ley de Say** de los mercados que dice: *“Cada oferente crea su propia demanda”*, es decir, la remuneración de los factores de la producción es suficiente para vaciar los mercados.<sup>7</sup> Por lo tanto, los niveles de la actividad económica (El empleo y la producción), están determinados por la oferta agregada (OA), que a su vez, determina la demanda agregada (DA) compuesta por el consumo (C) y la inversión (I).

Luego entonces, alcanzar un mayor PNB o gráficamente expuesto como una variación positiva del Producto (Q), será posible cuando los recursos o la tecnología se incrementen, permitiendo el movimiento de la PP, hacia la derecha. En la siguiente figura 1.1a podemos observar que la variación del punto de

<sup>4</sup> Smith, Adam. “Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones”. 2ª. ed. FCE. 1958. P. 402.

<sup>5</sup> Si desea obtener una mayor contextualización del modelo clásico, puede consultar: Andjel, Eloisa. “Keynes: Teoría de la demanda y el desequilibrio”. 1ª. ed. Facultad de Economía, UNAM-DIANA. 1992. P. 22.

<sup>6</sup> El precio se interpreta como el costo marginal del factor productivo que es función directa de la productividad marginal y cuando estos dos conceptos se igualan se obtiene el equilibrio económico.

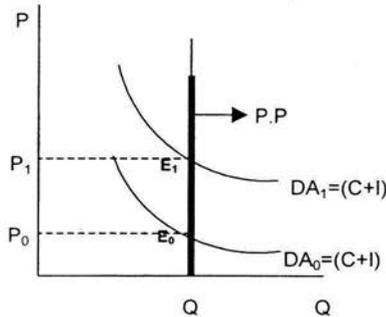
<sup>7</sup> En el capítulo 33. de Samuelson, Paul A. y Nordhaus, William D. “Economía”. 15ª ed. McGraw-Hill. España. 2002.

P. 612 se hace referencia al planteamiento de la Ley de Say en los mercados, así como de las escuelas económicas en liza.



equilibrio ( $E_0$ ) al ( $E_1$ ) en donde únicamente hay un incremento inflacionario ocasionado por un incremento de la DA mostrado por la variación de  $P_0$  en dirección a  $P_1$ , aquí se muestran que las variaciones de la DA son inocuas para incrementar  $Q$ , debido al comportamiento dominante en la economía de la OA.

FIGURA 1.1a  
MODELO CLÁSICO



Fuente: Samuelson, Paul A. y Nordhaus, William D. "Economía". 15a. ed. McGraw-Hill. España. 2002. P. 622.

Resumiendo, para el Modelo clásico, sí existe la flexibilidad en los precios de los factores productivos, es la oferta agregada la que dictamina el nivel de actividad económica. Sin embargo, son **cuestiones reales** las que delimitan a la oferta agregada y pueden incrementarse cuando se descubren nuevas fuentes de materias primas o se abren nuevos mercados, también cuando aumenta la disponibilidad de mano de obra, y se incrementa el acervo de capital, también cuando en los equipos de las empresas es insertado un mejor proceso, dispositivo o cuando hay nuevos materiales industriales que permiten optimizar la producción, así como de implementar una mejor organización del trabajo, etc.<sup>8</sup> De aquí que sea indispensable un cambio tecnológico ocasionado por "oleadas de innovaciones" en el sistema productivo, pero este es exógeno y se determina fuera del modelo clásico, por lo que las industrias tienen tecnologías que son cambiadas solo en el largo plazo, por lo que el incremento de ( $Q$ ), no se puede modificar en el corto plazo.<sup>9</sup> Así, era concebida la economía hasta la llegada de la teoría keynesiana.

<sup>8</sup> Ver: Nelson, Peck y Kalachek. "Tecnología, Crecimiento Económico y Bienestar Público". 1ª ed. Limusa- Wiley, S.A. México. 1996. P. 21-38.

<sup>9</sup> Cuando nos referimos al largo plazo, este es de orden económico y no así, a un largo plazo histórico. Como largo plazo económico, se da a entender que el Capital (maquinaria y equipo, procesos, edificios, etc.), son reemplazados por Capital de un mayor grado tecnológico, gracias a la inserción; en este, de innovaciones tecnológicas que buscan racionalizar la producción.



### El Modelo keynesiano

Tras la profunda depresión de 1929, y la gran cantidad de desempleados se cuestionó fuertemente el Modelo clásico que ofrecía soluciones solo en el largo plazo, motivo por el cual surge el Modelo keynesiano y que basa su estudio en esta problemática, con un análisis macroeconómico de **corto plazo** y enfocándose en la **demanda agregada (DA)**,<sup>10</sup> esta propuesta revolucionó el ámbito académico de la economía. Los estudios de John Maynard Keynes (1883-1946), plasmados en la "*La teoría general del empleo, el interés y el dinero*" (1936), sentaron la base de una nueva doctrina económica que puso en serios aprietos a los economistas clásicos, por que Keynes manifestó que "en el largo plazo todos estaríamos muertos". Sus ideas fueron adoptadas a partir de la década de los cuarenta por las economías de mercado para disminuir las recesiones causadas por los ciclos económicos, por medio de la participación activa del Estado en la economía con el fin de incrementar la DA.

Sin embargo, el cuestionamiento central del pensamiento keynesiano, hacia el Modelo clásico; reside según él, en su irresolución hacia los mercados de trabajo y de dinero. Los puntos discordantes son los siguientes:<sup>11</sup>

1. La idea clásica, de la flexibilidad de los factores productivos obedeciendo a la ley de la oferta y la demanda, es refutada por la concepción keynesiana que **considera "rígidos a los salarios"**. Alude que las causas son de orden técnico como pueden ser la intermediación de los sindicatos en el monto de los salarios, la renuencia de los trabajadores a la disminución de su salario nominal, etc..<sup>12</sup> Por lo que el inicio de la curva de oferta agregada tiene una posición muy inclinada en el corto plazo, debido a que las empresas no contratan trabajo como lo desearían, debido a la pérdida de eficiencia en el mercado de trabajo (ver figura 1.1a.).
2. Por lo tanto, Keynes rompe también con la idea del desempleo friccional o voluntario de los teóricos clásicos y menciona que si hay **un equilibrio económico pero con desempleo** de recursos, ya que el pleno empleo no es el estado habitual de la economía.

Ahora bien, la insuficiente **demanda efectiva** (la producción que logra realmente venderse en el mercado), ocasiona acumulación de inventarios en las empresas lo que repercute en el próximo periodo productivo, disminuyendo así, la producción y empleo. Por lo que propuso que si la demanda efectiva, determinaba los niveles de actividad económica, justificadamente **el Estado (G), puede intervenir como agente**

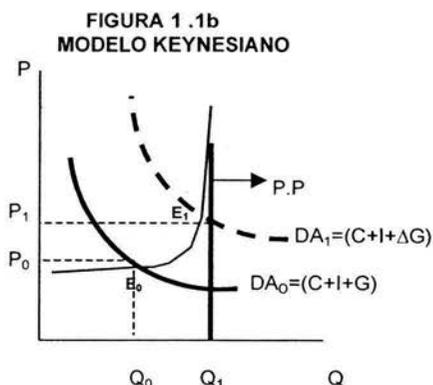
<sup>10</sup> "En el enfoque de Keynes, la oferta no crea, desde luego, su propia demanda: La demanda puede tener vida propia". Samuelson, Paul A. y Nordhaus, William D. "Economía". 15ª ed. McGraw-Hill. España. 2002. P. 613.

<sup>11</sup> Para obtener a detalle los cuestionamientos y las propuestas de Keynes a los Clásicos se sugiere consultar Andjel, Eloisa. Keynes: "Teoría de la demanda y el desequilibrio". 1ª. ed. Facultad de Economía. UNAM-DIANA. 1992. P. 33.

<sup>12</sup> "... los obreros no están dispuestos a trabajar por un salario nominal menor y que una reducción del nivel existente de salarios nominales conduciría, mediante huelgas o por cualquier otro medio, a que parte de la mano de obra realmente ocupada se retire del mercado. ¿Se deduce de esto que el nivel presente de salarios reales mide con precisión la desutilidad marginal del trabajo? No necesariamente; por que aunque una reducción en el nivel existente de salarios nominales ocasionará retiro de trabajo, no se desprende de ello, que una baja en el valor del salario nominal, medido en artículos para asalariados, produciría el mismo resultado si fuera debida a un alza en el precio de las mercancías respectivas." M. Keynes, Jhon. "Teoría General de la ocupación, el interés y el dinero". 2ª ed. FCE. México. 1970. P. 19.



- económico, para estimular a la DA, por lo que esta queda en función del  $C+I+G$ . (ver figura 1.1b)
3. **Los instrumentos** que puede utilizar el Estado son la **política monetaria** expansiva, que puede utilizarse **para disminuir la tasa de interés** y así promover proyectos de inversión y volver a reactivar la economía, debido a que la tasa de interés, en este modelo es un fenómeno monetario. Esto quiere decir que es función de la cantidad de dinero en la economía y no del ahorro como lo afirmaban los clásicos, por lo que las autoridades monetarias pueden intervenir en la fijación de esta variable.



Fuente: Samuelson, Paul A. y Nordhaus, William D. "Economía", 15a. ed. McGraw-Hill. España. 2002. P. 622.

Además, en tanto que se fuera acercando el equilibrio deprimido hacia niveles cercanos a la producción potencial, (vea la figura 1.1b) esto quiere decir gráficamente llevar el Equilibrio macroeconómico del punto  $E_0$  al  $E_1$ , sin embargo; podría ser utilizada una **política fiscal restrictiva para controlar la inflación**, a través de la variable  $G$ . Por lo que se puede garantizar el incremento del producto ( $Q$ ), e implícitamente del empleo, sin afectar en gran manera a los precios. Como podemos observar, en la figura 1.1b la variación de  $Q_0$  a  $Q_1$  es mayor que la variación de  $P_0$  a  $P_1$ , lo que justifica este argumento keynesiano.

### La Nueva macroeconomía clásica

Los encargados de operar las políticas económicas keynesianas, subestimaron la idea clásica de la tendencia al equilibrio y la promoción de un crecimiento económico a largo plazo, así también, se corroboró el denominado "efecto-expulsión", el cual hace a un lado a la inversión privada al intervenir el Estado en la economía.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Para indagar más acerca del efecto expulsión vea Dornbusch, Rudiger, Fischer, Stanley. "Macroeconomía". 6ª. ed. McGraw-Hill. España. 1994. P. 144-147.



Si bien, el enfoque keynesiano abrió las puertas a una nueva forma de incrementar los niveles de la actividad económica, llegando a conformar un Estado Benefactor el cual incurrió en sobregiros por los grandes déficits fiscales, para mantener en buenos niveles a la demanda agregada. En la década de los setenta, la política económica keynesiana empieza a mostrar síntomas de colapso, por su incapacidad para frenar la inflación y estimular el crecimiento económico dando origen a un fenómeno desquiciante conocido como "estancamiento".<sup>14</sup> Se puede decir, que en un principio la política fiscal keynesiana fue eficaz para estimular a la economía a través del impulso de la demanda agregada, "... las medidas fiscales resultaron todas ellas aceleradores y no frenos".<sup>15</sup>

Una serie de estudios empíricos, a los cuales se les ha llamado la **Nueva macroeconomía clásica**, desarrollados por Robert Lucas premio Nóbel en 1996, Thomas Sargent y Robert Barro. En la misma línea teórica de los supuestos del Modelo clásico de la información racional, la flexibilidad de precios de los salarios y utilizando como base los avances modernos de la estadística y la conducta en condiciones de incertidumbre. Una de las hipótesis más fuertes bajo este enfoque, dice que, los agentes económicos forman lo que se denomina **Expectativas racionales**, lo que lleva al fracaso a las políticas expansivas perdiendo impacto en el incremento de los niveles de la actividad económica, por que los agentes económicos cuentan con la misma información que el Estado.

Desde esta perspectiva, las autoridades fijan como objetivo de su política la reducción de la tasa de desempleo a corto plazo, dado que ésta depende de factores reales que sólo es posible modificar en el largo plazo y no de factores monetarios, por lo que se dice por parte de esta escuela que la causa del **ciclo económico se debe al cambio tecnológico** en donde manipular la demanda agregada y la tasa de interés no tienen efecto sustancial.<sup>16</sup>

Dicho de otra forma lo anterior, en la economía existe una tasa de desempleo que no ocasiona presiones inflacionarias, denominada, como *NAIRU*. (*Non Accelerating Inflation Rate of Unemployment*), la cual es expresada por medio de la curva de Phillips<sup>17</sup> a largo plazo; la cual dice; que sí bien, las políticas expansivas generan empleo en el corto plazo, en un largo plazo el nivel de empleo regresa a su estado original generando únicamente inflación y concluyen que son factores reales como un cambio de tecnologías, la aplicación de una nueva organización en el trabajo, el surgimiento de nuevas fuentes de insumos económicos del incremento de la mano de obra, etc, es decir, parten de la oferta agregada a la manera de los primeros clásicos, estos factores reales determinan

<sup>14</sup> Estancamiento con inflación.

<sup>15</sup> Samuelson, Paul A. y Nordhaus, William D. "Economía". 15ª. ed. McGraw-Hill. España. 2002. P. 617.

<sup>16</sup> Samuelson, Paul A. y Nordhaus, William D. "Economía". 15ª. ed. McGraw-Hill. España. 2002. P. 622.

<sup>17</sup> " En 1958 A. W. Phillips, que era por entonces profesor de la London School of Economics, publicó un extenso estudio sobre la conducta de los salarios en el Reino Unido durante los años 1861-1957, resumiendo su principal resultado: la curva de Phillips como se llama hoy día es una relación inversa entre la tasa de desempleo y la tasa de aumento de los salarios monetarios. Cuanto más alta es la tasa de desempleo, más baja es la tasa de inflación de los salarios. En otras palabras, existe una disyuntiva entre inflación de los salarios y el desempleo." Dornbusch, Rudiger. Fischer, Stanley. "Macroeconomía". 6ª. ed. McGraw-Hill. España. 1994. P. 238.



los niveles de actividad económica y no los factores monetarios del lado de la demanda. Y que para reducir la *NAIRU.*, hay que hacer énfasis en los supuestos que determinan el desplazamiento hacia la derecha de la Producción potencial que generaría más producto (*Q*), y evitando perturbaciones sectoriales como los conflictos laborales, políticas impositivas y regulaciones excesivas que impidan el buen funcionamiento microeconómico de la oferta. Para incrementar *Q* (regrese a la figura 1.1a), se han añadido nuevos determinantes:

- Aumentando el stock de capital per cápita,
- Incrementar la infraestructura,
- Mayor gasto en investigación y desarrollo de tecnologías (I+D).**<sup>18</sup>
- El aumento en la calificación técnica de la fuerza de trabajo,**

En estas últimas décadas las economías de mercado, siguen buscando incentivar los niveles de empleo y producción, para ello han emprendido políticas económicas marcadas por los estudios de la teoría dinámica del crecimiento económico por Robert M. Solow,<sup>19</sup> y que han dado paso a lo que se denomina la **Teoría del crecimiento endógeno**, si para los primeros clásicos, la única salida era la flexibilidad de precios dado los recursos y la tecnología. Estos estudios llevan a que el cambio tecnológico se determine dentro del propio sistema económico. Por lo que, se habla de un nuevo paradigma tecnoeconómico consistente en esencia en la creación e impulso del "sector conocimientos" el cual esta en función directa con el desarrollo de la productividad y competitividad internacional.<sup>20</sup>

En el centro de estas teorías se estipula incentivar los argumentos reales de la economía por medio aumentar la capacidad creativa e innovadora para generar un cambio tecnológico que permita el impulso de la innovación tecnológica. Se entiende desde esta perspectiva a la innovación como el catalizador del sistema económico, por que, permite la aparición de industrias e incrementa el PNB o en términos gráficos el desplazamiento positivo de *Q*.<sup>21</sup> Por ejemplo, el descubrimiento de la energía eléctrica y su generación de forma económica trajo como consecuencia el desarrollo de otras innovaciones, dando paso a nuevas industrias como la telefonía, la radio, la televisión, etc, etc. Así también; podemos hablar de la industria aeronáutica que permite acortar el tiempo

<sup>18</sup> Dornbusch, Rudiger y Fischer, Stanley. "Macroeconomía". 6ª. ed. Mc-Graw Hill. España. 1994. P. 313.

<sup>19</sup> El modelo de Solow, esta basado en resultados empiricos analizando la economía de los EE.UU, durante los últimos cien años; corroborando los tratados del Modelo clásico estático. Los estudios confluieron en la elaboración de una Ecuación fundamental para el crecimiento económico donde se tiene  $K' = sf(k) - nk$ , esto quiere decir, que una tasa de crecimiento económico gracias al incremento de la relación capital-trabajo en el tiempo ( $K'$ ), se cumple cuando el ahorro por trabajador  $sf(k)$ , es mayor que el crecimiento de la población ( $n$ ), permitiendo el incremento de la relación capital- trabajo sea mayor por persona lo que generara un incremento de la productividad ( $nk$ ) y a la vez de la remuneración de salarios y beneficios lo que lleva al bienestar económico y como este modelo esta determinado por los rendimientos marginales decrecientes es el incremento de la tecnología en el capital, lo que permite evitar un denominado estado estacionario por medio del cambio tecnológico proporcionando paulatinamente un mayor bienestar económico. Jones, Hywel G. "Introducción a las teorías modernas del crecimiento económico". 2ª ed. España. 1988. P. 83-95.

<sup>20</sup> Corona Treviño, Manuel. "Teorías económicas de la innovación tecnológica". 1ª ed. CIECAS-IPN. México. 2002. P.29.

<sup>21</sup> Freeman hace un recuento de cómo se gestaron diferentes innovaciones en la industria petroquímica y como un conocimiento generador de nuevos procesos o materiales irrumpe en los mercados con la fuerza de una aplanadora ante otros productos o procesos dejándolos obsoletos, permitiendo el bienestar económico. Freeman, Christopher. "La Teoría económica de la innovación industrial". 1ª. ed. Alianza. 1975. España. P. 47.



en el viaje de mercancías o pasajeros incentivando una creciente industria turística transportándolos en tiempos que hace cien años eran impensables por los medios existentes y se lograban pero aun alto costo; en otro caso, el desarrollo de la industria química ha permitido el desarrollo de fármacos que han salvado vidas humanas como lo ha sido el uso de la penicilina en la prevención de infecciones<sup>22</sup>. Por lo tanto, la generación innovaciones tecnológicas abre un círculo virtuoso debido a la generación producto, empleo y bienestar económico.

Dentro de los **determinantes** de la teoría del crecimiento endógeno sea puesto énfasis en la formación de **capital humano o intelectual**,<sup>23</sup> estudios empíricos hablan que es un factor de la producción muy poderoso en la generación de valor. El capital humano se define como la capacidad que tienen los individuos de un país; para generar, asimilar y difundir innovaciones tecnológicas, así también como de tener la capacidad empresarial para llevar a cabo la explotación exitosa de estas en el mercado.

Ahora bien, si a lo anterior agregamos el fenómeno cada vez más pujante que representa la globalización en el que esta inmersa gran parte de las naciones; la competitividad internacional esta en función de sus capacidades innovadoras que simplemente, desplacen a la competencia para conquistar un mercado mucho mayor en donde ofertar su producto, por medio de las ventajas que brindan el generar conocimiento científico y tecnológico que permiten ofrecer productos a un menor costo, estos temas los abordaremos en el siguiente apartado ya que son de carácter microeconómico y que son el fundamento de esta doctrina económica.<sup>24</sup>

## 1.2 Fundamentos teóricos

A continuación describiremos los fundamentos microeconómicos de la oferta, con la ayuda de la teoría económica de la empresa expresada, por medio de la función de producción y la función de costos en competitivos.

### 1.2.1 La función de producción

La empresa es la unidad económica de producción encargada de combinar los factores o recursos productivos, trabajo, capital y tierra o recursos naturales, para crear bienes y servicios que después se ofertan en el mercado.<sup>25</sup> La empresa, enfrenta límites cuando toma sus decisiones. Estos límites vienen impuestos por sus clientes, por los competidores y por la naturaleza, y sólo existen ciertas formas viables de producir bienes a partir de los factores y

<sup>22</sup> Ver: Nelson, Peck y Kalachek. "Tecnología, Crecimiento Económico y Bienestar Público". 1ª ed. Limusa- Wiley, S.A. México. 1996. P. 21-31.

<sup>23</sup> Phelps, Edmundo S. "Golden Rules of economic Growth". W.W. Norton & Company Inc. 1966. P. 21.

<sup>24</sup> Villegas, Jaime. "información: La nueva economía del conocimiento". Publicación CIECAS IPN. Hacia los límites del conocimiento. Vol. 5. , No. 19, 2003.

<sup>25</sup> "En un sistema de economía de mercado, la empresa privada, en cuyo origen se suele encontrar un empresario innovador que está dispuesto a arriesgar su capital en la búsqueda de los beneficios, realiza la función productiva fundamental". Mochón, Francisco. "Economía teoría y política". 3ª ed. Mc-Graw Hill España. 1994. P. 127.

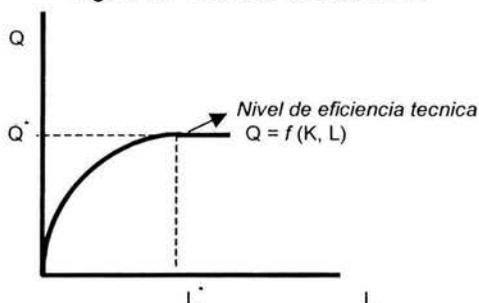


tecnologías existentes. Si, la naturaleza impone restricciones tecnológicas a las empresas: "sólo hay algunas combinaciones de factores viables para obtener una cantidad máxima de producción, (...) así como minimizar los costos que este proceso implica para que la producción se realice en el mercado".<sup>26</sup>

Los ingredientes necesarios para generar producto (Q), que se les denomina factores de la producción, suelen clasificarse en grandes categorías: tierra (T), trabajo (L), capital (K). Y se ejemplifican en una función matemática como la siguiente:  $Q = f(T, L, K)$

Resulta bastante evidente el significado del trabajo, la tierra, pero se considera al capital como un stock de objetos físicos (maquinas, planta productiva, tractores, edificios, computadoras, etc.), otra forma de definición de capital es que ellos mismos son bienes para producir otros bienes, cualquier gasto hecho por la empresa para incrementar la cantidad de los factores en el proceso productivo se denomina inversión. El capital es portador de cierto grado de tecnología, y por tecnología entendemos el estado de los conocimientos científicos de una sociedad, en un momento determinado para satisfacer sus necesidades, aunque con el enfoque del capital humano este también es portador de tecnología.

Figura 1.2 Función de Producción



Fuente: Varian Harl R. "Microeconomía Intermedia". 4ª ed. Antoni Bosch, McGraw-Hill, España, 1996. P. 316.

Por medio de *la función de producción*, que es un modelo económico que explica la conducta de la empresa en el corto plazo, en la búsqueda de *maximizar la producción* Q. El modelo supone; que la empresa tiene dos factores productivos uno constante el capital K, y otro factor variable el trabajo L, por lo que el producto varía según aumente la cantidad de L utilizada para producir Q.<sup>27</sup>. A cada nivel de empleo L, como la técnica y el equipo de capital son constantes,

<sup>26</sup> Varian Harl R. "Microeconomía Intermedia". 4ª ed. Antoni Bosch, España, 1996. P. 315.

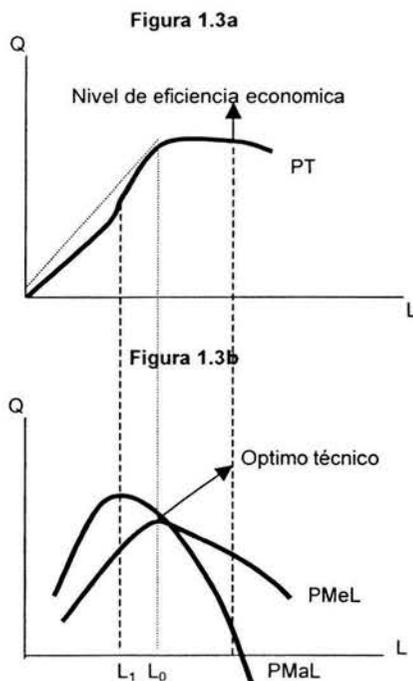
<sup>27</sup> Normalmente, cuando nos referimos a los factores y a los productos nos interesará considerarlos como variables flujo; así, por ejemplo, diremos que una determinada cantidad de trabajo a la semana y un determinado número de horas-maquina a la semana generan una determinada cantidad de producción a la semana. Pero no será preciso utilizar muy a menudo las clasificaciones mencionadas. Casi todo lo que queremos decir sobre la tecnología puede hacerse refiriéndonos al tipo de factores y productos utilizados; bastan sus cantidades P. Ej.:  $2K + 4L = 16Q$



debe corresponder una cantidad unívocamente determinada de producto ver la siguiente figura 1.2.

Una vez entrando en operación la empresa tratará de utilizar de forma intensiva los factores para alcanzar un nivel máximo de producción para recuperar en cuanto antes el gasto en los factores de la producción y empezar a obtener beneficios. Por lo que, siempre estará condicionada al mercado, la flexibilidad de los salarios, para alcanzará el *nivel de eficiencia técnica* en la forma como lo plantea la función de producción. (ver figura 1.2)

Como habíamos mencionado, la adquisición de los diferentes factores, representa una inversión para el productor, en función de un coste de oportunidad, por lo que tiene sentido detenerse a examinar la aportación máxima posible correspondiente a una cantidad dada y otra variable de factores. La función de producción representada en la figura 1.3a. muestra en cada punto de la curva el nivel de Producto Total (PT), de la adición de (L) unidades manteniendo el (K) constante.



Fuente: Mochón, Francisco. "Economía teoría y política". 3ª ed. Mc-Graw Hill. España. 1994. P.134

En este modelo encontramos implícitamente dos curvas que nos describen las restricciones fundamentales del K, ya que cabe esperar que el producto marginal del factor L disminuya a medida que se requiera una cantidad



cada vez mayor de él. Este fenómeno se denomina *Ley del producto marginal decreciente*.<sup>28</sup> Es importante subrayar que esta ley sólo se cumple cuando el K se mantiene fijo, en cuanto el capital se incrementa vuelve a incrementar la producción.

Obsérvese que la función de producción va siendo cada vez más horizontal conforme aumenta la cantidad del factor L, debido simplemente a la existencia de un área inicial de *Rendimientos marginales crecientes*,<sup>29</sup> en la que el producto marginal del factor L aumentara a medida que se incrementara la cantidad del mismo. En el caso del empresario que aumenta su consumo de trabajo, podría suceder que los primeros trabajadores adicionales aumentaran cada vez más la producción por que fueran capaces de organizarse y dividirse eficientemente las tareas, etc. pero "muchos reposteros estropean el pastel" dado que la cantidad de capital K es fija, a la larga el producto marginal del trabajo acabaría disminuyendo por que hay límites. Como los expuestos por D. Ricardo en su *teoría del Estado estacionario*, en esta, expuso que la economía tendía en dirección al estancamiento. Sin embargo el incremento del Stock de capital y el progreso tecnológico impactan de tal manera en nuestra sociedad que la economía sale de ese estancamiento.

La representación gráfica del producto medio del trabajo (PMeL), contenido en la figura 1.3b muestra que al igual que el producto marginal trabajo (PMaL), el producto medio aumenta inicialmente cuando aumenta la cantidad de trabajo, y, a partir de un cierto nivel  $L_1$ , empieza a decrecer. El máximo producto que se alcanza cuando el producto medio es positivo se denomina **óptimo técnico**. La figura 1.3b muestra, además, que cuando el producto marginal es mayor que el producto medio, la curva de producto medio es decreciente, de forma que cuando la curva de producto marginal corta a la curva de producto medio ésta alcanza su nivel de eficiencia técnica. Posteriormente el PMaL disminuye, coincidiendo con el PMeL cuando éste alcanza un Máximo. El PT alcanza el Máximo técnico, el PMaL es igual a cero a partir de este nivel el producto marginal será negativo, lo que significa que el empresario dejara de contratar más L, ya que este es el nivel que maximiza su beneficio.

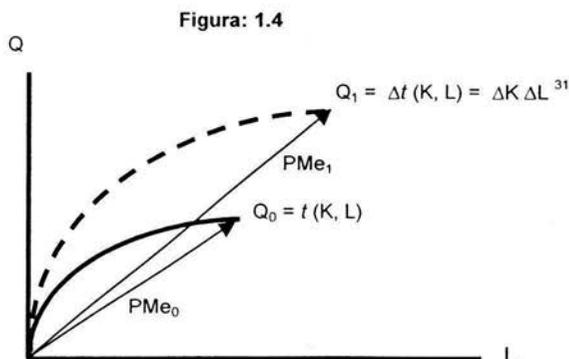
Si el producto que una empresa lanza al mercado experimenta una demanda creciente, ésta deseará expandir la producción. De forma inmediata la empresa puede hacer que la mano de obra existente trabaje horas extraordinarias, también puede incrementar la cantidad de L, hasta llegar al nivel de eficiencia técnica en este punto la planta esta trabajando al límite de su capacidad instalada o PP, por lo que en un plazo de tiempo algo mayor, si continua la presión por parte del mercado, la empresa empezará a incrementar el stock de capital, trabajo y tierra (o materias primas). A largo plazo, pueden también alterarse todos los factores de la producción, por el hecho de que "las empresas están en un constante estado de actividad tratando cada una de crecer

<sup>28</sup> Todos los factores productivos están bajo esta ley incluyendo al capital.

<sup>29</sup> Precisamente, en el Modelo clásico la Producción potencial se mantienen fija, la distinción entre corto y largo plazo se establece únicamente atendiendo a la existencia o no de factores fijos.



a costa de las demás para hacer esto, invierten en capacidad más productiva y al mismo tiempo tratan de incrementar el producto por unidad de gasto, esto es, de reducir los costos como cada una se esfuerza en resistir la presión de la competencia de estas empresas progresistas lleva a otras a copiar sus métodos, y así la productividad o PMeL se incrementa en todas".<sup>30</sup> Esto significa que el nivel de optimización técnica es ampliado por el progreso técnico. Como lo observamos en la figura 1.4 la producción se incrementa cuando hay un incremento en K por lo tanto habrá un incremento en L y este es un proceso que puede darse paulatinamente según las expectativas racionales del productor.



Fuente: Mochón, Francisco. "Economía teoría y política". 3ª ed. McGraw-Hill. España. 1994. P. 130.

La importancia de aplicar un mayor grado de tecnología ( $f$ ) en la producción a largo plazo se mide con los *rendimientos de escala* (escala significa el tamaño de la empresa medido por su producción) y éste se aplica sólo al caso en que todos los factores varían simultáneamente doble del producto. Asimismo, existen *rendimientos constantes de escala* cuando la cantidad utilizada de todos los factores y la cantidad obtenida de producto varían en la misma proporción. Finalmente, diremos que existen *rendimientos de escala* en la misma proporción. Fijándonos en el comportamiento de la cantidad producida de un bien diremos que existen *rendimientos o economías de escala crecientes* cuando al variar la cantidad utilizada de todos los factores, en una determinada proporción, la cantidad obtenida del producto varía en una proporción mayor. Este sería el caso si, al doblar las cantidades se obtiene más del *decrecientes* cuando al variar la cantidad utilizada de todos los factores en una proporción determinada, la cantidad obtenida de producto varía en una proporción menor.

Obsérvese que es perfectamente posible que una tecnología tenga rendimientos constantes de escala y que cada uno de los factores tenga un producto marginal decreciente. Los rendimientos de escala describen lo que ocurre cuando se incrementan todos los factores, mientras que el producto

<sup>30</sup> Robinson, Joan. "Ensayos sobre análisis económico". 1ª ed. F.C.E., España. 1960. P. 80.

<sup>31</sup> Esta es una función derivable de características Cobb-Douglas, con una variable constante.



marginal decreciente describe lo que ocurre cuando se incrementa uno de ellos y se mantienen fijos los demás.

Aunque el estado de la tecnología es dado en este modelo basado en los principios de competencia perfecta, para el productor de nuestros días, es un factor determinante de su competitividad en los mercados nacionales e internacionales, y su restricción o acceso es función directa de su capacidad financiera.

### 1.2.2. Los costos y el largo plazo

Los costos son el gasto o sacrificio en que se incurre en la producción de un bien o la prestación de un servicio, por lo que la empresa racional tratará de minimizarlos hasta su punto más bajo. Estos hacen referencia al costo total si no se dice otra cosa. En consecuencia, a corto plazo existirán dos tipos de costos: los costos variables CV, que vienen determinados por el volumen de producción, y los costos fijos CF, que se derivan del empleo de los factores fijos y que se incurre en ellos aunque no se produzca nada, es decir, son independientes del nivel de producción y finalmente los Costos Totales CT son iguales a los costos fijos más los costos variables:  $CT = CF + CV$ .

Los costos fijos son, por ejemplo, la maquinaria junto con su grado implícito de tecnología,<sup>32</sup> los costos del edificio, la iluminación, la calefacción del local, etc. Estos costos no dependen del nivel de producción, por tanto, sólo se pueden evitar cerrando totalmente. Los costos variables son los costos de la utilización de los factores de producción variables, digamos el trabajo. Dado que las cantidades de factores aumentan conforme se incrementa la producción, dichos costos aumentan cuando se incrementa ésta.

A largo plazo no hay factores fijos, por lo que la empresa puede variar las cantidades utilizadas de todos los factores, en respuesta a un plan de incrementar la producción para hacer frente a la cantidad que demandada por el mercado, como ya lo habíamos argumentado anteriormente. La curva de costos totales a largo plazo CTL, se obtiene suponiendo que la empresa tiene tiempo suficiente, dados los precios concretos de los factores, para ajustar la cantidad empleada de cada factor productivo de forma que alcance el coste de producción más bajo posible.

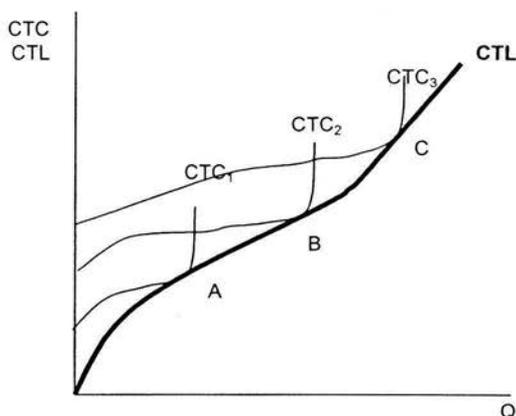
La figura 1.5, muestra una senda de expansión de la empresa o curva de planificación de costos, que se obtiene uniendo puntos tales como A, el B y el C, es la envolvente de las curvas de costes totales a corto plazo (CTC) en el mínimo nivel de costo, para cada nivel de producción, esto es, para cada planta

<sup>32</sup> Por ejemplo una compañía minera que hace excavaciones, tiene que analizar el grado de tecnología que desea utilizar ya que puede hacerlas con palas y picos o con una pala mecánica.



específica. Las curvas CTC1, CTC2, CTC3 corresponden a tres plantas mayor tamaño cada vez.

Figura. 1.5



Fuente: Mochón, Francisco. "Economía teoría y política". 3ª ed. McGraw- Hill. España. 1994. P. 152

La curva de costos totales a largo plazo CTL es la tangente o envolvente de las curvas de costes totales a corto plazo CTC. Observemos como un mayor tamaño de la planta productiva disminuye el costo de la producción a medida que aumenta la producción, propicia el gigantismo industrial y como veremos más adelante rompe con los supuestos de competencia perfecta ya que favorece la aparición de la competencia monopolista esta estructura de mercado hace que la empresa no se comporte como tomadora de precios en el mercado si no que por el contrario, sea la empresa la que manipule el precio según su nivel de producción ofertada en el mercado .

Así como en la función de producción, hay una función del costo (Total) de la empresa, a su vez esta contiene implícitamente dos costos el marginal y el costo medio. El costo marginal (C<sub>Ma</sub>), es el aumento del costo total necesario para producir una unidad adicional del bien. La curva de C<sub>Ma</sub> tiene un tramo decreciente, alcanza un mínimo y posteriormente tiene un tramo creciente.

$$C_{Ma} = \frac{\Delta CT}{\Delta Q}$$

En consecuencia, la forma de "U" de la curva de costos marginales, con un tramo decreciente, a un determinado nivel de producción en el que alcanza un mínimo, y a partir de este nivel, con un tramo creciente, descansa en la ley de los rendimientos marginales decrecientes ver figura 1.5.

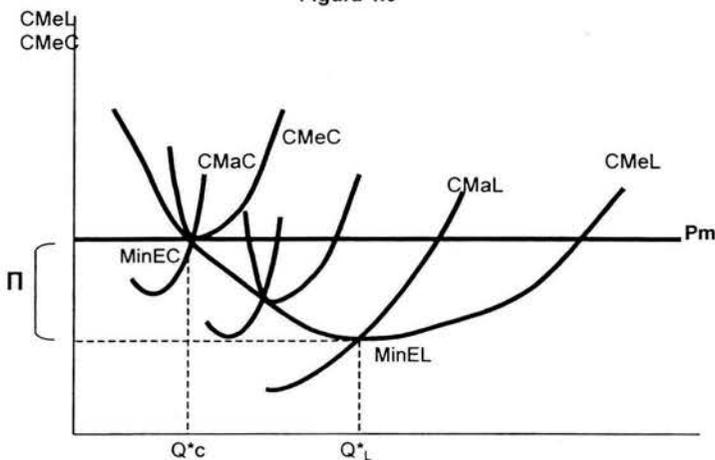
$$C_{Me} = \frac{CT}{Q}$$



El mínimo costo medio que coincide con el costo marginal en el corto plazo se conoce como Mínimo de explotación en el corto plazo (MinEC), este es el coste óptimo donde las empresas buscan colocarse en su proceso productivo. Este punto óptimo es muy importante por que en condiciones de competencia perfecta, dado un precio de mercado multiplicado por la Q menos los costos en que se incurre para obtener esa Q es igual a lo que conocemos como el beneficio  $\Pi$  de la empresa, hay tres formas para maximizar  $\Pi$ , la cual es la razón existencial de las empresas, ya sea aumentando el precio con el riesgo de perder ventas, maximizando la producción o minimizando los costos C, la teoría económica la expresa de la siguiente formula:  $\Pi = PQ - C$ .<sup>33</sup>

Para deducir la curva de Costes medios a largo plazo CMeL supongamos que la empresa está produciendo a corto plazo un volumen de producto óptimo  $Q^*c$ , con un MinEC utilizando las cantidades deseadas por la empresa de factores, ahora bien, vea la figura 1.6, y el óptimo de explotación es tangente al precio de mercado  $P_m$  por lo que en este momento la empresa obtiene cero cantidad de  $\Pi$  económico,<sup>34</sup> por lo que la empresa gradualmente invertirá y estará aumentando paulatinamente su stock de capital e incrementando el tamaño de la planta o instalaciones, adquiriendo maquinaria con mayor grado tecnológico o con una nueva tecnología por lo que si su óptimo MinE se sitúa por arriba de  $P_m$  le es más factible cerrar la planta, y cuando logre situar el MinEL por debajo del  $P_m$  comenzara a obtener beneficios gracias a la adquisición de tecnología más productiva. En un largo plazo la empresa que actúa racionalmente tratara de ubicarse en el punto de equilibrio  $Q^*L$ , de la figura 1.6, por lo que obtendrá beneficios positivos.

Figura 1.6



Fuente: Mochón, Francisco. "Economía teoría y política". 3ª ed. McGraw- Hill. España. 1994. P. 154.

<sup>33</sup> Óptimo de explotación

<sup>34</sup> Aclaramos que la empresa en este punto obtiene beneficios económicos igual a cero, pero obtiene beneficios contables, por el incremento en sus activos.

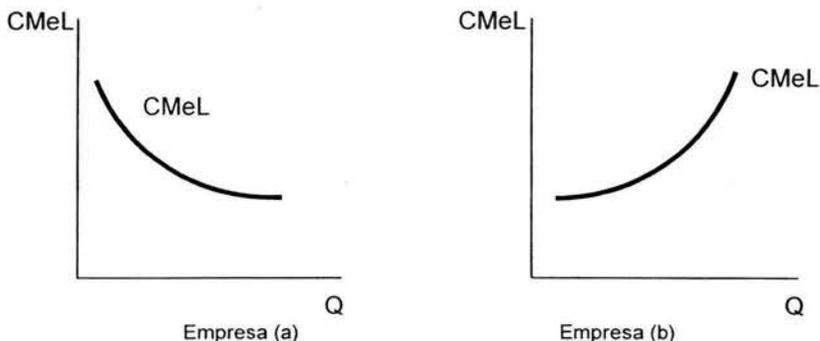


La curva de costo medio a largo plazo CMeL muestra el coste medio mínimo de producción cuando todos los factores producidos son totalmente variables. En términos gráficos se observa que la curva de costes medios a corto plazo CMeC es tangente a la curva de costes medios a largo plazo en aquel nivel de producción para el que la cantidad de factor fijo es la apropiada, mientras que permanece por encima de ella para todos los demás niveles de producción. La curva CMeL aparece así como la curva envolvente de las curvas de costes medios a corto plazo como vemos en la figura 1.6. que debe su forma de "U" por los rendimientos marginales decrecientes del trabajo (bajo los supuestos del anterior apartado) y del capital (por que los equipos nuevos presionan la productividad de los más viejos), así como de la entrada de nuevos competidores, tarde o temprano se harán presentes y llevaran a la empresa a mantener beneficio económico nulo.

A partir de la curva de costes totales a largo plazo hemos trazado la curva de coste medio a largo plazo, pero también podemos trazar la curva de coste marginal a largo plazo. La curva de coste marginal a largo plazo CMaL muestra el coste adicional necesario para obtener una unidad más de producción cuando todos los factores son totalmente variables, de forma que éstos se pueden modificar óptimamente con el objeto de minimizar los costes.

Al analizar la función de producción se habló de rendimientos de escala, en relación con la posibilidad de que la empresa alterase las cantidades utilizadas de todos los factores productivos. También a partir del análisis de la curva de costes medios a largo plazo se utiliza el concepto de economías de escala. A continuación presentamos dos tipos de economías de escala y las curvas de CMeL, correspondientes.

Figura 1.7



Fuente : Mochón, Francisco. "Economía teoría y política" 3ª ed. McGraw- Hill. España. 1994. P. 156.

La empresa (a) presenta una curva de costes decrecientes, de modo que una expansión de la producción va asociada con una reducción del coste medio del producto. A esto se le nombra economías de escalas. En el caso de



una empresa (b) se observa que conforme aumenta la producción tiene lugar un incremento de los costes medios por unidad de producto. En este caso habrá deseconomías de escala. Cabe mencionar que si la CMeL se mantiene horizontal se habla de economías de escala constantes.

Como vemos las empresas siempre trataran de crecer para mantener economías de escala, pero como todos los factores de la producción, están sujetos a la ley de los rendimientos marginales decrecientes a un en el largo plazo. La tecnología representa un papel fundamental dentro de la determinación de la conducta de la empresa por que esta desarrollara o adoptaran destrezas, dispositivos, procesos, equipo, etc., junto con los empleados, las cuales denominaremos innovaciones tecnológicas. Estas dentro en su proceso productivo buscaran aumentar el PME o productividad, por dos vías la primera la maximización de producción o minimización de los costos o ambas.<sup>35</sup> Llevando a que la empresa rompa con los supuestos de competencia perfecta para ingresar a una estructura de mercado con características monopolísticas, por la ventaja que implica el contar con una ventaja tecnológica la cual garantice a la empresa un beneficio positivo, a un, en el largo plazo. De esta conducta que muestran las empresas se desprende la teoría Schumpeteriana.<sup>36</sup>

### 1.3 El papel de la innovación tecnológica según la teoría de Schumpeter

Para Joseph Alois Schumpeter (1883-1950), el empresario es el principal protagonista del crecimiento económico. Según este autor, el sistema económico tiende a estar en una situación de equilibrio en la que los ingresos de toda empresa o unidad económica de producción son iguales a los costes y el beneficio extraordinario igual a cero. Esta situación de equilibrio del sistema económico continuara hasta que un empresario creador ensaye con éxito una nueva combinación productiva. La explotación de dicha innovación romperá la situación de equilibrio anterior, confiriéndole al correspondiente empresario una situación de monopolio temporal que le permitirá obtener beneficios extraordinarios. Para Schumpeter, el beneficio es el premio o recompensa a la capacidad de incorporar innovaciones, confiriéndole al correspondiente empresario una situación de monopolio temporal que le va a permitir obtener un beneficio extraordinario, y en la innovación se halla la esencia de la función empresarial. El desarrollo económico capitalista es una consecuencia del cambio tecnológico y el empresario la figura central de todo el entramado.<sup>37</sup>

<sup>35</sup> "Desde Adam Smith se ha reconocido que la cantidad de Innovación depende de la extensión del mercado, enunciado que también fue confirmado en muchos estudios recientes". Elster, Jhon. "Investigación sobre el cambio tecnológico la racionalidad y la transformación social". 2ª ed. Gedisa. España.1992. P. 99.

<sup>36</sup> "Las formas de disminuir costes y de la competencia han variado a lo largo del desarrollo capitalista y por ello también lo ha hecho el propio desarrollo tecnológico. Del personaje del genio inventor característico del capitalismo competitivo se ha pasado a los gastos estratégicos en investigación y desarrollo y a la aplicación programada de las innovaciones en el mercado monopolista" -Martínez P. Javier. "Economía Mundial". 1ª ed. McGraw- Hill. España. 1995. P. 208.

<sup>37</sup> Andrés S, Suárez. "Diccionarios de economía y administración".1992. 1ª. ed. McGraw-Hill. España. P.116.



Afirmó también, que las innovaciones también son la principal causa de las fluctuaciones cíclicas que experimenta la economía, los ciclos están indisolublemente vinculados, por lo menos en el modo capitalista de producción. Para suprimir los ciclos habría que eliminar las innovaciones que fueron la fuente del crecimiento. Además de la explicación de estas largas tendencias históricas en términos de innovación, también ofreció una explicación del progreso innovador mismo. En él la idea explicativa clave es la del empresario una figura histórica única, de voluntad y energía superiores a lo normal.

Schumpeter llega a criticar drásticamente la política antimonopolio que ocurrió en los Estados Unidos de América en la primera mitad del siglo XX. Aun que él critica los dos pilares principales del Modelo clásico: Primero, **el poder de influencia en el precio**; es el objetivo adecuado donde debe atacar un empresario dado el poder que le da su destreza para explotar los factores de la producción, y segundo el poder de **excluir a la competencia**, asegura el uso eficiente de los recursos. El objetivo de mantener una posición de poder en el mercado para Schumpeter es el que le da la innovación y que esta es el centro de la competencia efectiva. "La competencia que importa es la competencia del nuevo bien, la nueva tecnología, la nueva fuente de la oferta, el nuevo tipo, de organización (la mayor unidad de la escala del control) por ejemplo: la competencia que impone un coste mínimo decisivo o mejora en la calidad y que incrementa no sólo a los márgenes de los beneficios y a las producciones de las empresas existentes sino a los fundamentos y a sus propias vidas. Este tipo de competencia es mucho más efectiva que la otra -competencia perfecta (...), la poderosa palanca que a largo plazo expansiona la producción y hace disminuir los precios esta formada en todo caso por otros, elementos. La condición para vender a largo plazo es la innovación perpetua "El proceso de la destrucción creativa".<sup>38</sup> Esta condición es incompatible con aquellas relaciones precio-cantidad que, en cualquier momento del tiempo y suponiendo que los datos no varían, conduciría a la utilización más eficiente de los recursos en el campo del monopolio.

## 1.4 Las revoluciones tecnológicas

Dando un breve recuento por la historia capitalista observaremos siempre las innovaciones tecnológicas en la producción y en la organización del trabajo.

"El desarrollo tecnológico tiene lugar, entonces, a través de múltiples innovaciones dispersas en el tiempo y en los sectores que afectan y que van haciendo obsoletos los paradigmas sectoriales, hasta entonces predominantes. Ello hasta que dicho conjunto de innovaciones alcanza una "masa crítica" que, afectando ya a la globalización del sistema tecnológico, está en disposición de imponer generalizadamente los nuevos paradigmas y un nuevo sistema tecnológico mediante la revolución tecnológica".<sup>39</sup>

<sup>38</sup> Si quiere obtener una mayor contextualización sobre las ideas de Schumpeter y el impacto de la innovación tecnológica en los niveles de la actividad económica, puede consultar a Różga Luter, Ryszard. "Evolución en Economía". Publicación: IPN-CIECAS. Hacia los límites del conocimiento. Vol. 5. No. 19, 2003. P. 27.

<sup>39</sup> Martínez P, Javier. "Economía Mundial". 1ª ed. McGraw-Hill. España. 1995. P. 207.



Por lo anterior veremos como a cada revolución industrial su propio sistema de organización del trabajo se adapta a las necesidades de la producción. Partiendo de la Primera revolución industrial, que cambia el sistema tecnológico precapitalista por el maquinismo, el modelo energético basado en el carbón, por la maquina de vapor, etc., se constituye así la primera fase del capitalismo. Aquí se da el paso del taller artesano (maestro/oficial/aprendiz) a la fábrica-taller manufacturera (capitalista/artesano proletarizado). Como se incrementa la capacidad productiva al incorporar la maquina de vapor a la industria, etc.

En la Segunda revolución industrial, se profundiza el maquinismo y amplía la escala de la producción (aparece el fenómeno conocido como gigantismo industrial), introduce el modelo energético basado en el petróleo y la electricidad, nuevas industrias como la química inorgánica, el motor de combustión interna (que abre la vía a una revolución tecnológica en el transporte), nuevas maquinas-herramientas (fresadora, torno- revolver, etc.), nuevos materiales (acero, hormigón), etc. Se corresponde con el desarrollo de la segunda fase del capitalismo.

En esta segunda revolución, tiene lugar un salto cualitativo en la organización del proceso de trabajo mediante la introducción de la llamada dirección científica del trabajo, formulada por Jhon Winslow Taylor, que dará lugar a la organización *taylorista* de la fábrica: El trabajador es un mero ejecutor de las órdenes emanadas de la Dirección, que define las distintas tareas, cómo realizarlas y el tiempo requerido para ello. Se establece una máxima parcelación (y especialización) de tareas y se introduce la estandarización de la producción y de las herramientas. Se incorpora la figura del capataz como controlador de que el proceso de trabajo se realice como está establecido por la Dirección. Tiene lugar pues, el paso a la fábrica mecanizada y a la trilogía capitalista/capataz/trabajador.

La profundización del *taylorismo*, tiene lugar a través del *fordismo* que lo perfecciona a través de la introducción de la cadena de montaje. En esta el trabajador pierde la autonomía de desplazamiento (la única que le había dejado la organización *taylorista* del trabajo). La cadena de montaje es aplicada en primer lugar en las fábricas de automóviles de Ford (de ahí el nombre). La organización *fordista* del trabajo pronto se extenderá a otras ramas productivas, generalizando la estandarización, la producción en masa y la descualificación obrera. Surge, pues, la fábrica mecanizada con cadena de montaje y con una estructura más compleja (accionistas / directivos y ejecutivos/ encargados / trabajadores).

La Tercera revolución industrial, que se manifiesta actualmente, en los nuevos paradigmas tecnológicos descansan en el desarrollo de las innovaciones; en la microelectrónica, la informática, las telecomunicaciones, la biogenética, etc. Se modifica esencialmente el uso de las maquinas-herramientas al incorporarles al cálculo numérico. Supone además un cambio en el modelo energético, la aparición de nuevos materiales y aleaciones, etc. Se corresponde con la tercera



fase del capitalismo, actualmente en desarrollo. Esta nueva fase significa la superación del modo *taylorista-fordista*, puesto que las tareas parceladas son realizadas automáticamente por medio de la robotización. La introducción del cálculo numérico en las máquinas herramientas, de los ordenadores en el diseño y control de la producción, permiten (exigen) una nueva organización del proceso de trabajo en la que el trabajador manual descualificado e individualizado (como un apéndice más de la cadena) prácticamente desaparece y es sustituido por grupos especializados de trabajadores que se responsabilizan de la totalidad del proceso de fabricación. Aunque existen diversas modalidades (y experimentos en curso) de la nueva organización del proceso de trabajo según las distintas ramas industriales, se conoce como *toyotismo* a la corriente principal, y su nombre proviene de la empresa japonesa de automóviles Toyota. Esta nueva organización del proceso de trabajo basada en la robotización unida a un "equipo autónomo y responsable" implica un cambio en la relación de la empresa con el mercado, en lo que se denomina la *producción just-in time*, o, según otros, la *producción flexible*. Así las características básicas del nuevo modelo son:

- Fabricación del número de unidades requeridas por el mercado en el menor tiempo posible, con los menores costes y la mayor calidad.
- Eliminación de los tiempos muertos en el proceso de la fabricación.
- Concebir la producción directamente para el mercado.
- Eliminar, en la medida de lo posible, el almacenaje.
- Revertir la dependencia de los proveedores en los tiempos de entrega.

Con esto damos fin, al primer capítulo de nuestra investigación, donde hemos encontrado, que se atribuye a la "actitud innovadora" de las empresas, lo que incrementa la riqueza de una nación, llevando al bienestar económico a sus habitantes. Bajo el nuevo enfoque clásico, la innovación tecnológica es una forma viable de incrementar el producto. De fondo a este planteamiento, podemos encontrar que la constante incorporación de nuevos procesos productivos merced aun avance que adapta los nuevos materiales, dispositivos, herramientas, optimiza el consumo de materias primas, adapta la organización del trabajo a las necesidades de la empresa y mejora la distribución; todo esto con el fin de garantizarle beneficios a la empresa, atrae la inversión por parte de los empresarios, por lo que desemboca en el incremento del acervo de capital y un incremento de la producción y el empleo, e implícitamente en el incremento de la productividad y competitividad internacional. Por lo que las naciones deben hacer énfasis en promover cuestiones de oferta y no de la demanda.

Ahora bien, las innovaciones tecnológicas, generalmente hoy día, son concebidas y arropadas por una nueva clase de inversión específicamente destinada para generarlas, dentro del rubro denominada I+D, esta puede ser privada o en países en vías de desarrollo se necesitara que el Estado erogase, esta inversión que va destinada hacia la generación y fomento de un factor productivo muy especial, como lo es el capital humano y de la cantidad en el acervo de capital humano entiéndase científicos, ingenieros, técnicos, químicos, biólogos, físicos, matemáticos, etc, etc. Es decir, de la gente dedicada a la generación de tecnología dependerá a inicios del siglo XXI la generación de



riqueza en las naciones. En concreto, se dice que hemos dado el salto **de una economía industrial a una economía del conocimiento**, en la cual los cambios tecnológicos más frecuentes y la preservación e incremento de un acervo de capital humano es el que tiene la capacidad de incorporar al aparato productivo en la frontera tecnológica.<sup>40</sup>

Por otra parte, el abandono del Modelo keynesiano, tuvo obligatoriamente repercusiones de gran magnitud en la industria siderúrgica integrada en el mundo y en nuestro país, debido a que el Estado ya no garantiza mantener buenos niveles de demanda. Lo que significa una fuerte contracción en el tamaño del mercado, y las empresas para mantener beneficios comienzan a obtenerlos ya no mediante incrementar el precio o la producción, pero si por la vía, de minimizar costos, por lo tanto se hace necesario para la sobrevivencia de las empresas la incorporación innovaciones tecnológicas en esta dirección. Es así como en el siguiente capítulo observaremos la influencia de este cambio de modelo en la composición de la industria integrada nacional.

---

<sup>40</sup> Villegas, Jaime. "Información: La nueva economía del conocimiento". Publicación: IPN-CIECAS, Hacia los límites del conocimiento. Vol. 5, No. 19, 2003.



## C A P Í T U L O II

### EL AUGE DE LA PRODUCCIÓN EN LA DÉCADA DE LOS NOVENTA EN MÉXICO



En este capítulo, y para continuar con el desarrollo de nuestra investigación, realizamos un diagnóstico de la industria del acero conocida como integrada por que procesa internamente sus propias materias primas. Para ello, dividimos este capítulo en cuatro partes, para que nos permita hacer un análisis de las diversas circunstancias que han influido en la conformación y transformación de esta industria; como su nivel de producción, demanda, empleo y los retos que enfrenta la industria en un contexto de constante competencia nacional e internacional en el periodo 1991-2000.

En primer lugar se analizan los antecedentes de la industria integrada, los factores que motivaron su crecimiento explosivo y los efectos de la intervención estatal, en la segunda parte la crisis mundial del acero, en la tercera parte el análisis se centra en el comportamiento de esta industria entre las políticas de reconversión en la industria mexicana y finalmente se revisa la dinámica de la industria integrada de nuestro país en la década de estudio 1991-2000.

## 2.1 Antecedentes

La industria siderúrgica mexicana integrada tiene sus orígenes, en la compañía Fundidora de hierro y acero de Monterrey (**FUNDIDORA**). Creada en 1900 por empresarios privados extranjeros y nacionales, para la producción de arrabio y acero, fue dotada de un Alto horno, con capacidad de 350 toneladas de arrabio que es el hierro de primera fusión, e inició sus actividades en 1903. Su finalidad era satisfacer la demanda de rieles y otros productos de acero para los ferrocarriles.<sup>2</sup>

Esta nació dentro de la época Porfiriana, época en la que inicio la inserción del país al pujante capitalismo mundial, el cual se basaba en el liberalismo económico y la división del trabajo, por lo que nuestro país fungía como proveedor de materias primas al mercado exterior. La creciente actividad exportadora del país, y las nuevas industrias que inician su desarrollo en México; como la eléctrica, la petrolera, la ferrocarrilera, la textil, etc.. Crean la necesidad de producir acero en grandes cantidades por lo que se forma FUNDIDORA. En el cuadro 2.1, detallamos las características técnicas con las que inicia operaciones.

---

<sup>2</sup> Sariago, Juan Luis. Reygadas, Luis. "La Industria paraestatal mexicana –El Estado y la minería mexicana". 1ª ed. FCE. México. 1988. P. 86.



**Cuadro 2.1**

AÑO	EMPRESA	TECNOLOGÍA	CAPITAL	PRODUCTOS	P.P.
1903	FUNDIDORA (Monterrey)	Inicio operando con un Alto horno: y un proceso de aceración Siemens. Con capacidad de 350 a 400 tons.de arrabio por día.	Privado, nacional y extranjero, por un monto 10.000.000 de pesos	Arrabio y acero para la industria ferrocarrilera (rieles, varilla, perfiles comerciales y estructurales para construcción)	-100.000 tons. De acero al año.

**P.P: Producción Potencial.**

Elaboración propia con datos de González, S, Fernando. "Industria Siderúrgica de México. (notas para la planeación)". Vol. I. 1ª ed. IIEC-UNAM. México. 1956. P. 51.

### 2.1.1 La industria siderúrgica 1940-1970

Una vez superado el conflicto bélico revolucionario en el país, tiene inicio un periodo en el que la industrialización del país se vuelve prioritaria para el Estado mexicano por lo que este; comienza a participar, con políticas económicas keynesianas, que incrementaron la demanda agregada, adoptando un modelo de industrialización basado en la sustitución de importaciones. Por tal motivo, el Estado mexicano apoyó la creación de la empresa que luego se denominó Altos Hornos de México **AHMSA**, en julio de 1942 se firmó la escritura constitutiva de la primera paraestatal siderúrgica de México, contando con la participación de capital privado que se instaló en Monclova, Coahuila. En el Cuadro 2.2, observamos las características técnicas del inicio de operaciones en esta empresa.

**Cuadro 2.2**

AÑO	EMPRESA	TECNOLOGÍA	CAPITAL	PRODUCTOS	PP.
1942	AHMSA (Coahuila)	Los equipos, por la Guerra Mundial se obtuvieron de 2ª mano en EE.UU. Inicio con un Alto horno, de 400 tons. diarias de arrabio. Y un segundo Alto horno con capacidad de 800 a 1000 tons. diarias de arrabio siendo el más grande del país. Utilizó el proceso Siemens para la elaboración de acero.	Estatal y privado con apoyo de Armco International.Co.	Plancha rolada en caliente, tubos, hojalata. A partir de 1960 produce aceros no planos al comprar la "Consolidada".	En 1948 llega a producir 100.000 tons. de arrabio que represento el 34% de la producción nacional. En 1968 producía 2 millones de tons. acero.

Fuente: Elaboración propia con datos de González, S, Fernando. "Industria Siderúrgica de México. (notas para la planeación)". Vol. I. 1ª ed. IIEC-UNAM. México. 1956. P. 51.

Rueda Peiro, Isabel. "De la privatización a la crisis – El caso de Altos Hornos de México-". 1ª ed. Porrúa. México. 2001. P. 90.

AHMSA funcionó con rendimientos crecientes a escala hasta 1970, convirtiéndose no sólo en la principal siderúrgica integrada mexicana, sino de América Latina. Como operaba con costos más bajos que las empresas privadas,



competía con éstas en precios. Además, pudo crecer con recursos propios, sin requerir subsidios estatales. Esos fueron años de crecimiento dinámico de la economía mexicana y esto se reflejó en un aumento considerable del consumo aparente de acero, a una tasa anual media de 8.0% de 1944 a 1970.<sup>3</sup>

En 1942 también se creó la empresa que luego se convertiría en la principal siderúrgica privada de México: Hojalata y Lámina **HYLSA**. Nació como subsidiaria de la Cervecería Cuautemóc, con el propósito de surtirle lámina para la fabricación de corcholatas, esta incorpora la tecnología HYL. Este proceso funde chatarra mediante gas natural lo que sustituye al mineral de hierro y al carbón-coque para producir fierro esponja, producto y proceso patentado por esta misma empresa. En el siguiente Cuadro 2.3, observamos las características técnicas de su inicio de operaciones.

**Cuadro 2.3**

AÑO	EMPRESA	TECNOLOGÍA	CAPITAL	PRODUCTOS	P.P
1942	<b>HYLSA</b> (Puebla)	Inicio con un Horno-eléctrico en 1957 se convierte en integrada mediante el proceso HYL.	Privado	Lamina	200.000 tons. a 500.000 tons al año de fierro esponja.

Fuente: Elaboración propia con datos de Rueda Peiro Isabel. "De la privatización a la crisis – El caso de Altos Hornos de México-". 1ª ed. Porrúa. México. 2001. P. 91.

A este crecimiento, la ya creada **FUNDIDORA** también interviene y en 1943 incrementa su producción potencial (P.P). Como lo indica el siguiente cuadro.

**Cuadro 2.4**

AÑO	EMPRESA	TECNOLOGÍA	CAPITAL	P.P
1943	<b>FUNDIDORA</b> (Monterrey)	En 1943 entro en operación el segundo Alto horno y con el proceso de aceración Siemens, pero con capacidad de procesar 500 a 600 tons. por día de arrabio	Privado totalmente nacional en este periodo	De 1957 al 60 paso de 200.000 a 500.000 tons. de acero al año. De 1964 a 1968 paso a 900.000 tons. de acero al año.

Fuente: Elaboración propia con base en Rueda Peiro, Isabel. "De la privatización a la crisis – El caso de Altos Hornos de México-". 1ª ed. Porrúa. México. 2001. P. 91.

En 1952 se creó Tubos de Acero de México **TAMSA**, con capital mayoritariamente privado y 20% de Nacional Financiera. Dedicada a producir tubos de acero sin costura, entró en operación en 1955 y en 1959 se transformó en empresa integrada al producir acero.

<sup>3</sup> Rueda Peiro, Isabel. "De la privatización a la crisis – El caso de Altos Hornos de México-". 1ª ed. Porrúa. México. 2001. P. 90.



**Cuadro 2.5**

AÑO	EMPRESA	TECNOLOGÍA	CAPITAL	PRODUCTOS	P.P
1955	<b>TAMSA</b> (Veracruz)	En 1959 se convirtió en integrada al producir su propio acero mediante el proceso HYL.	Privado y 20% Estatal	Tubo sin costura	s.d

Fuente: elaboración propia con base en Op. cit. P. 91.

Todas estas empresas, además de unas 50 no integradas,<sup>4</sup> aumentaron la producción de acero en lingotes de 149 000 toneladas en 1940 a 3.467 000 en 1969, lo que significa una tasa anual media de incremento de 11.4%. Al crecer más la producción que el consumo interno, se redujeron las importaciones, al pasar de un 50% del consumo interno en 1941, a un promedio cercano a 5% entre 1962 y 1970.<sup>5</sup>

### 2.1.2 La industria siderúrgica 1971-1981

Estos fueron los años de mayores inversiones estatales en la siderúrgica mexicana, ya que se pensaba que el consumo interno de acero seguiría creciendo a un alto ritmo, por lo que el Estado interviene a un más en el sector productivo, manteniendo déficit fiscales mediante la adquisición de pasivos con el extranjeros, con el aval del prometedor auge petrolero nacional y la gran liquidez mundial que ocasionó bajas tasas de interés, por lo que se llegó a pensar que endeudarse era un buen negocio.<sup>6</sup>

En 1971 se aprobó el proyecto de construcción de la Siderúrgica Lázaro Cárdenas- Las truchas **SICARTSA**, como pilar de un polo industrial de desarrollo en la región de la desembocadura del Río Balsas, en el estado de Michoacán en sus límites con Guerrero. Este proyecto se planeó inicialmente para realizarse en cuatro etapas, de manera que al concluirse la última (alrededor de 1995) tendría una Producción potencial de entre 10 y 11 millones de toneladas de acero, lo que le permitiría exportar excedentes luego de satisfacer la demanda interna. Con los problemas económicos de los años siguientes se limitó a dos etapas. El inicio de la segunda etapa, que se había pensado para 1976, con la crisis de ese año y el siguiente pero con el cambio presidencial se pospuso hasta 1980. El proyecto avanzó muy lentamente al destinársele escasos recursos. Se suspendió en 1985 (cuando tenía un avance de entre 50 y 60% en sus diferentes instalaciones) debido a los problemas financieros del Estado. A fines de 1986 se anunció que se reanudaría y finalmente entró en operación en 1989.<sup>7</sup>

<sup>4</sup> A estas también se les llama mini-acerías

<sup>5</sup> Cita retomada de Isabel Rueda Peiro. "De la privatización a la crisis – El caso de Altos Hornos de México –". 1ª ed. Porrúa. México. 2001. P. 91. Calculado con cifras de Nacional Financiera, 1972, P. 139-140.

<sup>6</sup> Martínez Peinado, Javier y otros. "Economía mundial", 1ª ed. McGraw- Hill. España. 1995. P. 375.

<sup>7</sup> Rueda Peiro Isabel. "De la privatización a la crisis – El caso de Altos Hornos de México –". 1ª ed. Porrúa. México. 2001. P. 92.



**Cuadro 2.6**

AÑO	EMPRESA	TECNOLOGÍA	CAPITAL	PRODUCCIÓN	P.P
1976	SICARTSA 1ª Etapa (Michoacán)	-Contó con los equipos más avanzados en ese entonces. Utilizando la vía BOF-Colada continua <sup>a</sup> .	Estatál, el costo total del proyecto ascendió a 11 827.5 millones de pesos <sup>a</sup> .	Palanquilla para la elaboración de aceros no planos. (barras, alambre, varilla y perfiles estructurales).	1.3 millones de tons. de acero al año.

Fuente: elaboración propia con base en Op. cit. P. 92.

a: Simón Domínguez, Nadima, Rueda Peiro, Isabel (Coordinadoras). "Globalización y Competitividad –la industria siderúrgica de México-". 1ª ed. IIEC-UNAM. México. 2002. P. 91.

AHMSA también recibió importante inversiones en estos años. Se construyó la segunda planta siderúrgica en sus instalaciones de Monclova, con los equipos más avanzados tecnológicamente en esos entonces, para producir 750 000 toneladas anuales de acero, con el objetivo de elevar la producción potencial de esta empresa a 3.750 000 de toneladas al año. El proyecto fue aprobado en 1973, se inició la construcción en 1974 y entró en operación en 1976, poco antes que Sicartsa I.

En 1977 AHMSA registró por primera vez un déficit en sus finanzas, ya que éstas se complicaron con la devaluación del peso en 1976, el aumento de la estancflación, lo cual ocasionó la disminución de la demanda de acero. Estos problemas afectaron a todas las empresas siderúrgicas especialmente a las integradas. En 1979 AHMSA inició otro programa de expansión, para aumentar en 1983 su Producción potencial de acero a 4.2 millones de toneladas anuales.

**Cuadro 2.7**

AÑO	EMPRESA	TECNOLOGÍA	P.P
1976	AHMSA 2ª Etapa Monclova	En 1971 contaba con cuatro Altos hornos y ponía en operación el primer BOF (Basic oxygen furnace) en México.	Aumenta la producción en 750.000 tons. al año.
1983		Entra en operación con los equipos y procesos más avanzados de su época, como es la vía BOF-Colada continua	Alcanza las 4.200.000 tons. anuales de acero.

Fuente: elaboración propia con base en Op. cit. P. 93.

<sup>a</sup> Es un proceso siderúrgico que convierte el arrabio en acero, con base en la inyección de oxígeno "Basic Oxygen Furnace" mejor conocido por sus siglas como BOF y la Colada continua permite elaborar productos siderúrgicos sin interrupción ya que el acero líquido pasa a procesarse en forma de planchón o barras, por lo que el arrabio ya no se funde en lingotes lo que significa un avance tecnológico muy importante, que en el tercer capítulo detallaremos.



También en los setenta, FUNDIDORA Monterrey obtuvo cuantiosos préstamos de bancos extranjeros, nacionales y de Nacional Financiera para realizar una tercera fase de su programa de expansión y modernización, la inversión se destino a introducir el BOF, molinos para planchón y una termoeléctrica por lo que incremento su Producción potencial a 900.000 toneladas anuales más.

Pero las enormes deudas contraídas se convirtieron en una excesiva carga al combinarse con las recesiones económicas de 1970-1971 y de 1976-1977, además de otros problemas. Para evitar su quiebra el Estado la compró en 1977, convirtiéndose así en la tercera siderúrgica paraestatal integrada. En este año se decidió la creación del organismo cúpula de la siderúrgica paraestatal mexicana **SIDERMEX**, con el objetivo de coordinar las actividades de este sector. Esto redundó en una menor autonomía de las empresas FUNDIDORA, SICARTSA y AHMSA.

Posteriormente, los años de 1978 a 1981 fueron los de más alto crecimiento económico de México, impulsado por la actividad petrolera que se convirtió en el eje de la política económica de carácter expansionista. En el siguiente cuadro observamos el auge que tuvo la industria en nuestro país debido a las políticas expansionistas.

**Cuadro 2. 8**

Crecimiento de la economía mexicana 1978-1981	Tasa de crecimiento media anual
Crecimiento del PIB nacional	8.4%
Crecimiento industrial	9.5%
Minería	16.8%
Construcción	13.2%
Manufacturero	7.5%
Maquinaria y equipo	11.5%
Consumo aparente de acero	15.5%
Producción de acero	8.2%
Importaciones	29%

Fuente: Elaboración propia con base en Op. cit. P. 95.

El panorama cambia radicalmente a partir de 1982, con el incremento de las tasas internacionales de interés, paralelamente la caída del precio del petróleo sostén de nuestra economía, desencadena una crisis de niveles internacionales, al declararse nuestro país, insolvente para pagar el servicio de la deuda.<sup>9</sup>

El giro hacia un Modelo económico, en el que la libertad de los mercados fije los niveles de empleo y producción se hace evidente con las políticas de

<sup>9</sup> En 1977 el país atravesó una recesión, "... sin embargo y a raíz de la inundación de créditos externos, entre 1978-1980, sobrevino una etapa de ficticio y efímero auge económico en especial por la expansión de la industria petrolera y de infraestructura para tales fines. Se derrochó dinero a manos llenas por aquellos años y fortunas de potentados se acrecentaron ilimitadamente. Después de 1981 vino la decepción al caer las cotizaciones internacionales del petróleo, por lo que para 1982 se presentó una situación recesiva con un crecimiento del PIB de 0.5% , (una inflación del 98.8% y una deuda de 80. 000 millones de dólares)". Ortiz Wadgymar, Arturo. "Política económica de México 1982-19942. -Dos sexenios neoliberales-. 2ª ed. Nuestro tiempo. México. 1994. P. 45.



ajuste estructural dirigidas por el Fondo Monetario Internacional que detallaremos después de observar que ocurrió en esos años en la industria mundial del acero, por el incremento en los precios del petróleo.

## **2.2 Cambios en la industria siderúrgica mundial a raíz de la crisis petrolera**

En el orden mundial, la recesión económica generalizada de mediados de los setenta, afectó severamente el consumo de acero. Las medidas contra la inflación y la caída masiva del poder de compra originado por el repentino aumento de los precios del petróleo de los años 1973-1974, 1975-1976 produjeron un efecto contraccionista en la demanda de tal fuerza que paralizó el crecimiento de la producción mundial de acero, "ya que no se trataba sólo de la fuente de energía, sino de un insumo estratégico para el tejido industrial fordista".<sup>10</sup> Por sus consecuencias económicas y sociales, esa crisis fue considerada como la más profunda y prolongada ocurrida hasta entonces desde la posguerra. Para defender a la industria siderúrgica, los gobiernos establecieron medidas de largo alcance, desde el control de los precios del acero y la protección contra las importaciones, hasta el apoyo mediante subsidios al sector siderúrgico.

Esta crisis marcó el inicio de un prolongado cambio estructural en los países industrializados, que se manifestó principalmente en el desarrollo de innovaciones tecnológicas, que buscaron disminuir el consumo de petróleo de su economía. "Los efectos del cambio tecnológico se vieron traducidos en mejoras de rendimiento y reducción de costos, en cuanto a los usos se mejoró la calidad y se racionalizó la cantidad de acero usada por cada unidad de bien manufacturado; por ejemplo: los automóviles fabricados en EE.UU. redujeron su peso en 43% entre 1973 y 1987".<sup>11</sup> A la vez, el aumento en los precios del petróleo deprimió la demanda de los bienes duraderos.

La caída de la demanda de acero desde la segunda mitad de los años setenta ha impulsado a los productos de Japón, Europa Occidental y los EE.UU. a emprender grandes programas de reestructuración para reducir su Producción potencial, aumentar la productividad del trabajo y hacer más eficiente su organización; a disminuir los salarios reales y las prestaciones de los obreros que conserven el empleo. Todo ello con el objetivo de pasar de una situación de pérdidas a obtener beneficios, los cuales ya no se obtienen del incremento en la producción sino por la disminución costos, en este periodo hubo un cambio de política económica el cual consistió en abandonar las ideas keynesianas que procuraban mantener en buen nivel la demanda agregada, por paradigma de orden clásico, donde se otorga vital importancia a que sea el mercado que con la interacción entre la oferta y demanda asigne eficientemente los recursos.

<sup>10</sup> Martínez Peinado, Javier. y otros. "Economía mundial". McGraw-Hill. 1ª ed. España. 1995. P. 180.

<sup>11</sup> Simón Domínguez, Nadima. e Rueda Peiro, Isabel. (Coordinadoras), "Globalización y Competitividad. La industria siderúrgica de México". 1ª ed. IIEC- UNAM. México. 2002. P. 49.



Los programas de reestructuración consistieron en el cierre de las plantas tecnológicamente más atrasadas y en la modernización de otras, con lo cual se ocasionaban despidos masivos de trabajadores. A su vez los problemas en esta rama están impulsando cambios en la división internacional del trabajo, delegando en los países en vías de desarrollo la producción de aceros con menor valor agregado y que en su elaboración se tenga que emitir un mayor número de sustancias contaminantes.

### **2.3 Políticas industriales para reconvertir a la Industria siderúrgica mexicana**

La inversión hecha en equipo de alta calificación tecnológica, por el Estado en materia siderúrgica durante la década de los setenta, no fue precedida de la bonanza económica que se esperaba, sino por fuertes programas de ajuste estructural; que implica la reducción de la demanda interna y de la presión que ejercían los organismos internacionales por el pago de la deuda externa.

La siderurgia nacional fue motivo de estudios especiales para disminuir el déficit presupuestal, porque se sumaron características de notable ineficiencia y corrupción en la industria, sobre todo en las empresas paraestatales AHMSA y FUNDIDORA. Por los anteriores acontecimientos la industria entra en un periodo denominado como de reconversión industrial, que se refiere al periodo de transición que ha pasado en esta industria desde mediados de la década de los ochenta y los primeros años de los noventa. En esta transición se pueden identificar tres objetivos principalmente:

- I) **El, aumento de la productividad**
- II) **La privatización de la industria**
- III) **La apertura del sector siderúrgico nacional al comercio mundial con el fin de captar divisas y hacer frente al pago de la deuda.**

El 28 de agosto de 1986, la Cámara de Diputados dio a conocer un documento llamado Reconversión Industrial, Cambio Tecnológico y Desarrollo Regional.<sup>12</sup> Un señalamiento fundamental expresado en dicho documento es el de la caducidad de la política de industrialización por sustitución de importaciones que tenía el propósito de impulsar la demanda efectiva. Lo nuevo en los planes gubernamentales, que vino perfilándose en esos años de crisis y que toma un gran impulso en el presente, es el apoyo a los exportadores. El Plan de Reconversión dice a la letra:

<sup>12</sup> Retomado de Rueda Piero, Isabel, y otros. "El Capitalismo ya no es de Acero". 1ª ed. Quinto sol., IIEC-UNAM. México, 1990, P. 79.



"El esfuerzo de industrialización se había fincado fundamentalmente en la sustitución de importaciones para el mercado interno, donde la protección para la llamada industria infante se extendió incluso hasta la vejez de dichas industrias, sin exigir condiciones de productividad y competitividad internacional"

Para el fomento de la producción y exportación no petrolera el Estado se pronuncia por llevar a cabo las más diversas medidas a fin de impulsar el aumento en la Producción potencial, modernizar y racionalizar la planta existente y proporcionar incrementos en la eficiencia y la competitividad internacional de las empresas. Tales medidas incluyen modificaciones de carácter fiscal, de financiamiento e infraestructura. En las transformaciones de la comercialización destaca también el ingreso de México al GATT, una medida que empuja a los exportadores a elevar sus niveles de competitividad. Se contempla:

"El establecimiento de un nuevo marco de negociaciones y de cooperación internacional fincado en cambios cualitativos en nuestras relaciones bilaterales y multilaterales, entre las cuales destacaría un nuevo entendimiento comercial con los Estados Unidos, el ingreso de México al Acuerdo general de Aranceles y Comercio y esfuerzos renovados de cooperación e integración con América Latina."

Estaba previsto que los recursos económicos se destinaran a las empresas que presenten proyectos y acepten compromisos en términos de inversión, cambio tecnológico, productividad y competitividad en ramas seleccionadas de la industria alimentaria y de bienes de capital.

### **2.3.1 Aumento de la productividad**

Para incrementar la productividad en la industria las compañías siderúrgicas, comenzaron a modernizar sus equipos. Destaca la conclusión de la segunda etapa de SICARTSA, donde se opta por el proceso tecnológico HYL III, ver cuadro 2. 9.

HYLSA actualiza su planta de productos planos. TAMSA puso en marcha su nueva fabrica de acero de Colada continua y otras dos plantas, una de acabado en frío y otra de laminación que en 1978 producía 350 000 toneladas de acero para pasar en 1989 a la cifra de 469 000 toneladas, empresa cuyas ventas siempre han dependido de PEMEX pues está especializada en la producción de tubos sin costura para la explotación petrolera.<sup>13</sup> Cuando PEMEX casi suspendió sus compras debido a la crisis, su única posibilidad de continuar en el mercado fueron sus exportaciones. Ese fue motivo para adquirir nueva tecnología, y parar algunas de sus instalaciones, reducir las plantillas de personal y elevar la calidad de su producción. El mismo comportamiento se observa en AHMSA<sup>14</sup> y SICARTSA.

<sup>13</sup> Datos de CANACERO. "Diez años de estadística siderúrgica 1978-1989". México. 1989.

<sup>14</sup> AHMSA se deshizo definitivamente de procesos obsoletos; en 1986 cerró definitivamente tres de sus cinco Altos hornos y paralizó cinco Hornos Siemens de los ocho que tenía.



**Cuadro 2.9**

AÑO	EMPRESA	TECNOLOGÍA	CAPITAL	PRODUCTOS	P.P.
1989	SICARTSA 2ª Etapa	ProcesoHYLIII,HRD <sup>15</sup> -Colada continua y Laminador.	Estatal Costo 3613.3 mill. dóls	Aceros planos, Chapas gruesas	1.5 millones de tons. anuales de acero.

Fuente: Elaboración propia con base en Simón Domínguez, Nadima. Rueda Peiro, Isabel. (Coordinadoras), "Globalización y Competitividad. La industria siderúrgica de México-". IIEC-UNAM. 2002. P. 91

La decisión más agresiva dentro de la reestructuración fue el cierre de FUNDIDORA Monterrey a pesar de haber hecho años antes una inversión en tecnología BOF, pero al parecer la mala administración, y la necesidad del Estado de reducir su déficit confluyeron para que declarara suspensión de operaciones en mayo de 1986. Pero básicamente, el despido de personal fue el principal motivo del incremento de la productividad ya que alrededor de 19,000 obreros fue el precio de la reconversión de la industria nacional y de la disminución de prestaciones laborales y los que mantuvieron su trabajo, disminuyendo con esto la demanda agregada en el país.<sup>16</sup>

Lo que fundamentalmente estuvo cambiando al interior de las plantas industriales son los sistemas organizativos de la producción intensificando la jornada de trabajo y disminuyendo el personal empleado. Estos reajustes lograron elevar la productividad dentro de la industria que entro en esta dinámica, a la vez que se agudizo la competencia entre las empresas que no se ubicaron en lugares destacados del desarrollo tecnológico y de organización se expusieron a quedarse en el camino, como está sucediendo con muchas de ellas. La modernización de la industria siderúrgica requería montos considerables de recursos financieros que el gobierno no estaba en disposición de otorgar. A fin de elevar la eficiencia, las empresas dieron especial importancia a modernas formas organizativas del trabajo en las cuales se relegan las funciones de supervisión del proceso productivo por procedimientos de vigilancia de grupo y por mecanismos que conducían a elevar la cantidad y la calidad de la producción de los operarios por convicción propia.<sup>17</sup>

SICARTSA fue una de las siderúrgicas paraestatales, que demostró mayor experiencia en la implantación de los llamados Círculos de Calidad. Aquí los organizadores pusieron el énfasis en las "relaciones humanas" para lograr una mayor productividad.

De HYLSA destaco la forma en que se han llevado a cabo los mecanismos organizativos en sus plantas:

<sup>15</sup> Esta ruta tecnológica comprende convertir chatarra y fierro esponja, por medio de gas natural y de energía eléctrica así como de eliminar la Colada de acero en lingotes.

<sup>16</sup> Rueda, Isabel. y otros. "El Capitalismo ya no es de Acero". 1ª ed. Quinto Sol. México 1990. P. 79.

<sup>17</sup> Op. cit. P.79.



"...El avance del programa de Círculos de Calidad ha producido excelentes resultados. A tres años de su arranque tenemos 252 círculos operando, en los que el 41 por ciento de fuerza laboral participa con entusiasmo, aportando sus conocimientos e ideas. Esto es particularmente importante si consideramos que la participación es voluntaria, y el tiempo dedicado a esta actividad es, en su mayor parte adicional al horario normal de trabajo".<sup>18</sup>

En AHMSA se implantó un programa de capacitación por tres años para mejorar la calidad y aumentar los volúmenes producidos, dirigido a profesionistas técnicos y trabajadores de distintos niveles de mantenimiento, de operación, de relaciones públicas, electricistas, mecánicos, etcétera. En vista del crónico descuido en la producción, al introducirse métodos para impulsarla se obtuvieron resultados bastante satisfactorios. La producción defectuosa, que anteriormente representaba el 60 % del total se redujo a un 20 y 15 %. Dicha forma organizativa corresponde al trabajo de grupos interdisciplinarios, similar al que se realiza en los "Círculos de calidad" que se mencionó para SICARTSA e HYLSA y forman parte de una reestructuración laboral muy amplia a nivel internacional que se debe a la filosofía *just in time*.

### 2.3.2 Privatización de la industria

Durante el gobierno de Carlos Salinas de Gortari, se establece en el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 que la reforma del Estado tiene como finalidad hacer un Estado menos grande y más eficiente.

En el caso de SICARTSA y para facilitar la venta -debido a la diversidad de giros y tecnologías- se acordó la división de SICARTSA y la creación de seis entidades para formar dos paquetes, conformados para su venta en 1991 como se encuentra en el cuadro 2.10:

Cuadro 2.10

El primer paquete	El segundo paquete
<p><b>-SICARTSA I:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Servicios Minero, Metalúrgicos de Occidente, S.A. de C.V. (Sermosa),</li> <li>-Servicios Siderúrgicos Integrados, S.A. de C.V. (SersinSA) 50%.</li> <li>-Inmobiliaria Sicartsa, S.A. de C.V.</li> <li>-Inmuebles Minero Metalúrgicos, S.A. de C.V.</li> </ul>	<p><b>-SICARTSA II:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Siderúrgica del Balsas, S.A. de C.V.</li> <li>-Inmobiliaria Siderbal, S.A. de C.V.</li> <li>-Servicios Siderúrgicos Integrados, S.A. de C.V.</li> <li>-50% de Inmobiliaria SersinSA de C.V. y el 29% de acciones de la Contraloría Peña Colorada, S.A. de C.V.</li> </ul>
<p><b>Pagó:</b> 195.5 millones de dólares</p>	<p><b>Pagó:</b> 117.7 millones de dólares</p>
<p><b>Adquirido por:</b> GRUPO VILLACERO (Nacional)</p>	<p><b>Adquirido por:</b> GRUPO CARIBEAN-ISPAT (Internacional)</p>

Fuente: Elaboración propia con base en Simón Domínguez, Nadima, Rueda Peiro, Isabel. (Coordinadoras), "Globalización y Competitividad. La industria siderúrgica de México". IIEC- UNAM. 2002. P. 94

<sup>18</sup> Op. cit. P. 89.



El 22 de noviembre de 1991 se realizó la venta de AHMSA, se le adjudicó al Grupo Acerero del Norte (GAN), el cual pagó: 145 millones de dólares en efectivo, aceptó la responsabilidad de una deuda de AHMSA por 350 millones de dólares y el compromiso de invertir 535 millones para terminar el programa de modernización que estaba desarrollando la empresa además del paquete que incluyó 30.37% de las acciones del Consorcio Minero Benito Juárez Peña Colorada, parte también de la unidad de aceros planos y una máquina de colada continua que estaba sin instalar en Sibalsa.<sup>19</sup>

### 2.3.3 La apertura comercial

La política de exportaciones, tiene su origen y desglose más amplio en el Programa Nacional de Fomento Industrial y Comercio Exterior PRONAFICE el cual enfatiza la necesidad de atender a las industrias maduras, "con el propósito de lograr una industria eficiente, integrada y articulada hacia adentro, competitiva hacia fuera y con independencia nacional". Los cambios propuestos por el PRONAFICE para el sector industrial son:

- Eliminar niveles excesivos de protección y dejar solamente aquellos que permitan una defensa frente a la competencia externa para los productos elaborados en México.
- Contar con un plazo adecuado para las inversiones y la modernización a fin de aumentar la competitividad internacional.
- Apoyo a las exportaciones no petroleras –para lo cual se elabora el Programa de Fomento Integral a las exportaciones (PROFIEX) –para que la industria genere sus propias divisas.<sup>55</sup>

**Cuadro 2.11**  
**Producción Potencial de la industria siderúrgica**  
 (1973-1984)  
 (Millones de toneladas)

Empresa	1973	1978*	1984
AHMSA	2.40	3.31	3.95
FUNDIDORA	1.00	1.39	1.50
SICARTSA		1.28	1.30
HYLSA	1.15	1.55	1.70
TAMSA	0.35	0.43	0.47
No integradas	1.00	1.35	1.63
Total	5.90	9.31	10.55

Fuente: Tomado de Rueda Peiro, Isabel. "El capitalismo ya no es de acero". 1ª ed. Quinto Sol. México. 1990. P. 51- 63.

<sup>19</sup> Op. cit. P.94.

<sup>55</sup> Rueda, Isabel. "El Capitalismo ya no es de Acero". 1ª ed. Quinto Sol. México. 1990. P. 79-81.



En el cuadro 2.11, se describe el incremento en el tamaño de la Producción potencial acerera con la adquisición e incorporación innovaciones tecnológicas que fueron implantadas desde los años setenta. Estas fueron pensadas; para abastecer a un mercado interno en franca expansión hasta antes de la crisis de la deuda, por lo que en el siguiente apartado observaremos el auge de la producción en la industria siderúrgica nacional.

El Programa Financiero de Comercio Exterior enfatiza la necesidad de que las exportaciones jueguen un papel central en la economía: "se plantea un nuevo patrón de industrialización en el cual el comercio exterior constituye la actividad motriz de la economía".

El comercio internacional incluye también la liberalización de tarifas arancelarias, lo cual sumando al proceso devaluatorio y a las medidas de organización internas de las empresas ha dado como consecuencia un crecimiento relevante en el ritmo de exportaciones:

"...Se comercializaron en el exterior un poco más de 800 000 toneladas de productos siderúrgicos, 280 por ciento más que el año anterior. Las ventas externas de AHMSA y SICARTSA durante 1986, que representaron 21 y 35 por ciento de sus ventas totales, respectivamente, generaron ingresos de 180 millones de dólares".<sup>56</sup>

Las empresas gracias a la apertura comercial de mayor rango: como SICARTSA lograron obtener economías de escala resultando una optimización de sus factores productivos, al mismo tiempo que sus ventas al extranjero han representado el 30% del total de su producción en 1986. AHMSA, cuya utilización de su producción potencial fue muy cercana al 100%, mantuvo estable su producción respecto al año pasado pero sus exportaciones experimentaron un sensible crecimiento, pues logró colocar en los mercados internacionales aproximadamente la cuarta parte de su producción mientras que con anterioridad esta empresa casi no exportaba.<sup>57</sup> La competencia internacional en este periodo fue muy fuerte debido a las condiciones de proteccionismo mundiales que operan en el mercado global de acero y la presencia de materiales sustitutos como el aluminio y los plásticos.

Para México, las medidas proteccionistas asumidas por los EE.UU. en los años ochenta (el cual es de los mercados extranjeros el más grande importador de acero) representaron un problema por el aumento de la PP nacional, la cual estaba adoptando una personalidad exportadora. Por estas condiciones, se buscaron otros mercados, como los de los países asiáticos, africanos y de oriente medio.

---

<sup>56</sup> Cita retomada por: Op. cit: P. 91., de Villareal, René P. "La reconversión en la siderurgia paraestatal de México". Comercio exterior. Vol.38. No.3, marzo de 1998. P. 193.

<sup>57</sup> Op. cit. P. 81.



## 2.4 Dinámica de la industria siderúrgica integrada 1991- 2000

De este periodo destaca una política económica con la firme intención, a que sea el mercado el que asigne los niveles de actividad económica y 1991 es un parte-aguas, ya que toda la producción siderúrgica es dirigida por la iniciativa privada. A continuación describimos la composición de la industria siderúrgica, analizamos la evolución de la producción de acero nacional, la producción de cada una de las cinco siderúrgicas integradas, el comportamiento de la producción, el consumo, exportaciones e importaciones. Para este fin recurrimos a la obra de Álvarez Medina, María Lourdes. En "Cambio tecnológico en la industria siderúrgica mexicana integrada".<sup>58</sup>

### 2.4.1 Composición industrial

El perfil productivo de la industria del acero que es una actividad económica importante en nuestro país, es el siguiente:

- Genera un producto interno bruto de 40 mil millones de pesos.
- Representa 2% del producto nacional, 6% del industrial y 8% del manufacturero.
- Emplea directamente a 60 mil trabajadores y a 550 mil de forma indirecta.
- Es el principal consumidor de gas natural.
- Es el principal usuario de fletes de ferrocarril.
- Inversiones 1990 – 1999: 6, 430 millones de dólares.
- Cuenta con una PP: de 11 millones de toneladas en 1990 pasó a 16 millones en 1997 y llegara a 19 millones a fin del 2000.
- Realiza 6 % de las exportaciones no petroleras, exporta a 51 países y se mantiene un saldo comercial favorable de mil 500 millones de dólares.<sup>59</sup>

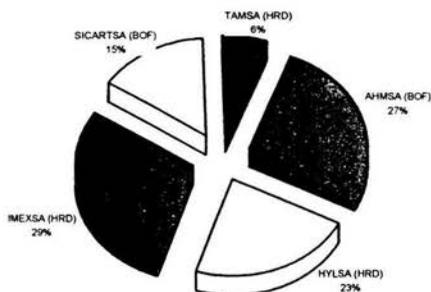
<sup>58</sup> Álvarez Medina, María Lourdes. "Cambio tecnológico en la industria siderúrgica mexicana integrada (1992-1999)". Tesis (Doctorado en Administración de Organizaciones). UNAM. México. 2000. P. 91.

<sup>59</sup> Datos obtenidos de CANACERO. Publicación: "Posición de la industria siderúrgica mexicana ante los retos". México. 1998. P.23. Datos obtenidos de CANACERO. Publicación: "Posición de la industria siderúrgica mexicana ante los retos". México. 1998. P.23.



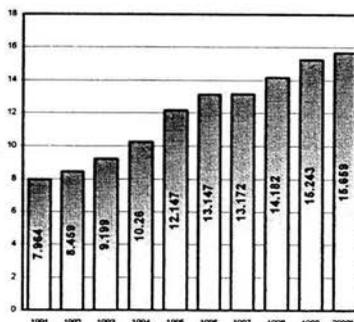
**Figura 2.2**

Porcentaje de producción por empresa y tecnología 2000



**Figura 2.1**

Producción nacional de acero 1991-2000  
 miles de toneladas



Fuente: CANACERO. "Diez años de estadística siderúrgica 1991-2000". México. 2000.

La industria siderúrgica en México está compuesta por 159 empresas clasificadas en integradas, semiintegradas, galvanizadoras, laminadoras y de productos derivados.<sup>60</sup> De éstas, cinco son integradas. Existen también 18 acerías o semiintegradas que parten de chatarra y utilizan Hornos Eléctricos de Arco (HEA), para producir acero, éstas se especializan en algunos tipos de productos como son los largos o no planos, que requieren mayor calificación técnica, ver figura 2.1 donde se observa el comportamiento de la producción acerera de México.

### 2.4.1.1 Las cinco empresas integradas

En el país existen cinco empresas clasificadas como integradas, lo que quiere decir que su proceso de fabricación incluye los cuatro pasos del proceso productivo, *extracción* y *refinación* del mineral de hierro, chatarra o fierro esponja para la *conversión* de estos en acero por medio de los procesos BOF o HRD, y *producción* de los diferentes tipos de productos provenientes del acero.<sup>61</sup>

Como podemos observar en la figura 2.2 AHMSA y SICARTSA; utilizan Alto horno-BOF con esta vía tecnológica se procesa 33,44% del acero en México. Mientras que HYLSA, IMEXSA y TAMSA procesan acero por la vía tecnológica HRD mediante la producción de fierro esponja con el proceso HYL. representando por su producción nacional el 66,56% del año 2000. Las cinco integradas contribuyeron en 2000 con 80% del total de la producción de acero

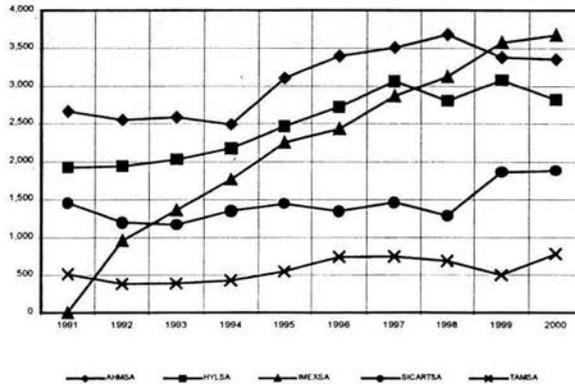
<sup>60</sup> CANACERO. "Directorio de socios". 1989-1990 y 2000-2001

<sup>61</sup> Ver sub apartado 3.1 en donde se explica el proceso producción de acero.



en México, de aquí su gran importancia en las cifras agregadas de la industria siderúrgica.

**Figura 2.3**  
**Producción de acero por empresas 1991-2000**  
Miles de toneladas



Fuente: Op. cit.

IMEXSA fue la siderúrgica que más incrementó su producción con una tasa promedio anual de 17.9% en los diez años, pasando de 954 mil toneladas a 3 millones 672 mil toneladas, lo que corresponde a un espectacular incremento de 285 %. (ver figura 2.3)

HYLSA incrementó su producción a una tasa anual promedio de 5.35% en el periodo, disminuyendo únicamente en 1998, año de la crisis de los países Asiáticos y de los países de la exUnión Soviética. Sin embargo, entre 1998 y 1999 se recuperó e incrementó su producción en 10 %.

SICARTSA incrementó su producción a una tasa anual promedio de 2.79% durante el periodo, descendiendo en 1992, 1993, 1996 y 1998. Algunos de estos años coinciden con la crisis económica en México como en 1993 y con la crisis de los países del Asia y exUnión Soviética (Rusia), como en 1998. En los otros años su baja en la producción puede ligarse a problemas internos de mantenimiento y reparación de instalaciones. En 2000 la empresa presentó un crecimiento notable pasando de 1 millón 283 mil a 1 millón 883 mil toneladas de acero producidas en un año, lo que representa 46.07 % de aumento en la producción.



De las empresas integradas AHMSA fue la que logró un menor incremento en el crecimiento de su tasa anual media, 2.7 % en el periodo. La empresa presentó tasas negativas en 1992, 1994 y 1999, este último fue en año en que presentó la crisis financiera que la llevó a suspensión de pagos y que no se ha saldado hasta la fecha.

TAMSA incrementó su producción de tubos sin costura a un promedio anual de .31 % teniendo fuertes altibajos al disminuir drásticamente su producción en 26.4 % entre 1991 y 1992, recuperar su crecimiento entre 1995 y 1996, para después caer entre 1988 y 1999.

## 2.4.2 Principales productos

En la primera gran clasificación de los productos de la industria integrada del acero se tiene cinco categorías que son:

- **Los productos semi-terminados**, que son productos con bajo valor agregado e incluyen el planchón, la palanquilla y la barra.
- **Los productos laminados planos** como son los rollos de lámina de diferentes especificaciones.
- **Los productos laminados largos** como son la varilla y el alambón que se venden principalmente a la industria de la construcción; así como a reprocesadoras para fabricar alambre entre otros.
- **Las piezas** de vaciado especial y forja
- **Fabricación de tubos sin costura**

A continuación, y con la ayuda del cuadro 2.14, explicamos el comportamiento de la producción nacional en la última década siguiendo esta clasificación. Es importante mencionar que la producción de semiterminados es poco conveniente para un país ya que da poco valor agregado al producto, los precios por tonelada son inferiores, la contaminación del proceso productivo es alta y la creación de empleos es baja.



**Cuadro 2.14**  
**Fabricación de diferentes productos por empresa**

Empresa	Semiterminados	Planos	Largos	Tubos
IMEXSA	Vende			
AHMSA	Proceso interno	Vende	Vende	
HYLSA	Proceso interno	Vende	Vende	Vende
SICARTSA	Proceso interno		Vende	
TAMSA				Vende sin costura

Fuente: Elaboración propia con datos de CANACERO. "Diez años de estadísticas siderúrgica, 1991-2000". México, 2000.

Como podemos observar en este mismo cuadro 2.14 IMEXSA que es la principal productora de acero en México y únicamente fábrica semiterminados y exporta el 70% de su producción por lo que no representa un competidor para las otras siderúrgicas por lo que goza de una posición de monopolio en el mercado. De hecho IMEXSA es proveedor de algunas laminadoras y de AHMSA.

AHMSA e HYLSA son las dos siderúrgicas integradas que producen y venden productos planos y largos. También fabrican láminas galvanizadas y pintadas que venden en el mercado extranjero y nacional por lo que son competidoras de las otras dos en el mercado de planos.

SICARTSA fabrica únicamente productos largos de los cuales una parte exporta y otra se vende a las laminadoras en México. Es importante señalar que el grupo al que pertenece, que es VILLACERO, participa en la cadena productiva a partir de la extracción de mineral de hierro hasta las comercializadoras.



Figura 2.5

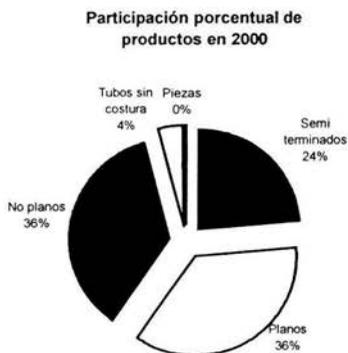
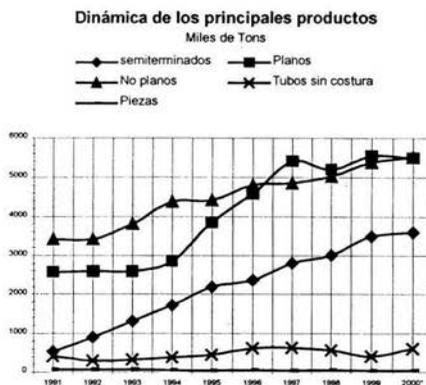


Figura 2.6



Fuente: CANACERO. "Diez Años de estadística siderúrgica 1991-2000", México, 2000

Como podemos observar en la figura 2.6 los productos semiterminados son los que han tenido mayor crecimiento en nuestro país ya que en 1992 representaban 12.3% de la producción total y en 2000 cierran representando 24% del acero nacional (ver figura 2.5). El crecimiento de semiterminados se liga a la estrategia de producción de IMEXSA, empresa perteneciente al grupo ISPAT-Internacional y que, como habíamos dicho, ha incrementado 285% su producción de semiterminados en este periodo, destinando 70% de su producción a exportaciones.

Los productos planos incrementaron ligeramente su participación en el total de la producción pasando de 35% en 1992 a 38% en 2000. Se puede observar un crecimiento notable entre 1994 y 1997, años en que disminuyen las importaciones de productos siderúrgicos debido a la crisis económica.

Los productos largos han disminuido su participación en el total de la producción pasando de 47% en 1992 a 35.23% en 1999. A este grupo pertenece la varilla y el alambón y es importante señalar que en los últimos años el precio de estos productos ha tenido un crecimiento mínimo al compararse con otros productos de la construcción como son el PVC, el cemento o el ladrillo. La producción de largos disminuye mientras que la de planos aumenta ligeramente y la de semiterminados aumenta vertiginosamente.

Los tubos sin costura han disminuido su participación en el total de la producción pasando de 3.9 a 2.7 % en el mismo periodo. Es importante señalar que en México el único productor de tubos sin costura es TAMS A y ahora



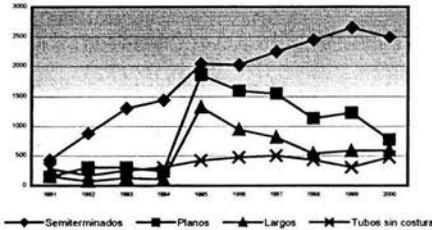
pertenece al grupo Argentino-Italiano DST por lo que su estrategia está suspendida a las necesidades del grupo.

Las piezas de vaciado especial y forja básicamente son fabricadas por las otras empresas de la cadena productiva, debido a que requieren procesos específicos de elaboración.

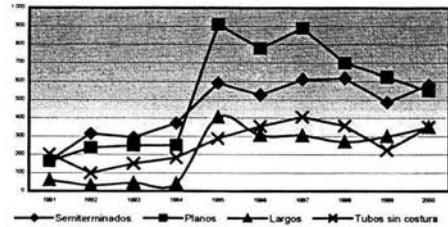
### 2.4.3 Desempeño exportador de la industria

Insertada en un ambiente globalizado, la industria siderúrgica integrada queda supeditada a los retos que representa un mercado mundial, los cambios más notables se advierten en la manera que las distintas empresas han hecho reacomodos para ajustar su producción y modificarla con nuevas líneas para la exportación. La sobrevivencia de muchas de ellas ha dependido de su capacidad de adaptación para suplir el mercado interno por exportaciones.

**Figura 2.7**  
 Exportación siderúrgica nacional  
 por productos  
 Volumen: Miles de toneladas



**Figura 2.8**  
 Exportación siderúrgica nacional  
 por productos  
 Valor: Miles de dólares

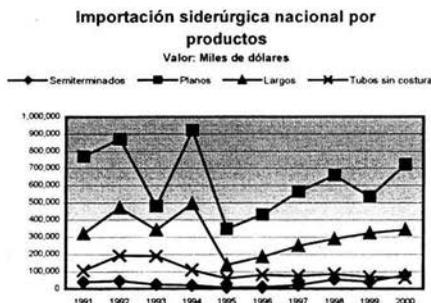


Fuente: CANACERO. "Diez años de estadística siderúrgica". México, 2000

Como lo vemos en las siguientes figuras 2.7 y 2.8, en tanto que las exportaciones a partir de 1994 en valor y volumen, se incrementaron vertiginosamente. La producción nacional se vio afectada este año por dos acontecimientos el primero fue la macro devaluación del peso en diciembre 1994 deteriorando la demanda interna (ver figuras 2.9 y 2.10), situación que catapultó los principales productos de la industria integrada al mercado exterior, especialmente al de los EE.UU. gracias a la entrada en vigor ese año del TLCAN.



**Figura 2.9**



**Figura 2.10**



Fuente: CANACERO "Diez años de estadística siderúrgica 1991- 2000". México, 2000

Este frenesí por la búsqueda de mercados internacionales unido a la actitud maximizadora empresarial por la obtención del beneficio económico, se pone también de manifiesto claramente en la región latinoamericana, mientras Brasil, Argentina y Venezuela han aumentado su producción en 6.0, 15.5 y 11.6% respectivamente de 1988 a 1997, mientras que México lo ha hecho en 83.2% de acuerdo a datos de la CANACERO. Por otra parte a finales de esta década nuestro país se ubica como el décimo-quinto mayor productor de acero líquido en el mundo, la apertura comercial llevo al país a mantener durante los últimos cinco años de este periodo una balanza comercial superávitaria.<sup>62</sup>

### 2.4.3.1 La producción nacional en EE.UU.

Entre 1990 y 1998 los productos en México han aumentado su peso relativo en las importaciones de EE.UU. pasando de 6.09%. A partir del TLCAN se aceleraron las exportaciones de productos siderúrgicos mexicanos pasando de una tasa porcentual promedio de crecimiento de 3.0 a 6.8%, el comercio entre EE.UU. y México, en el código 72 que corresponde a hierro y acero se ha incrementado en 278.5% entre 1990 y 1998.

<sup>62</sup> CANACERO, "Diez años de estadística siderúrgica 1987-1998"., México.,1998



**Cuadro 2.11**

**Principales países exportadores de hierro y acero a los EE.UU.  
 Participaciones en porcentaje (1990-1998)**

PAIS	AÑO	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Japón		20.74	20.18	19.88	12.02	11.61	10.05	8.35	9.15	14.8
Canadá		16.45	17.06	20.98	23.37	17.12	18.66	18.2	17.2	14.2
Rusia		0.00	0.00	0.08	1.13	4.81	5.07	4.25	8.10	8.72
Brasil		6.38	7.64	6.95	6.00	7.30	8.30	8.18	7.86	6.92
México		3.52	3.16	2.91	3.92	4.69	6.91	7.55	8.30	6.49
Alemania		8.49	7.75	7.67	8.77	7.43	6.29	7.86	7.06	4.99
Francia		7.36	6.66	6.40	6.02	5.62	5.01	5.21	4.26	3.78
Inglaterra		4.47	4.15	3.63	4.56	4.14	3.89	3.83	3.28	3.34
República de Sudáfrica		2.32	2.26	2.72	3.17	2.52	2.61	2.57	2.24	2.88
Italia		1.73	1.76	1.65	4.02	3.72	2.38	2.68	2.77	1.94

Fuente: Retomado de Álvarez Medina, María Lourdes. "Cambio tecnológico en la industria siderúrgica mexicana integrada (1992-1999)". Tesis (Doctorado en Administración de Organizaciones). UNAM. México. 2000. P. 91. El cual fue elaborado con datos de la CEPAL y con base en el Sistema para analizar el crecimiento del comercio internacional (MAGIC), México. P.12.

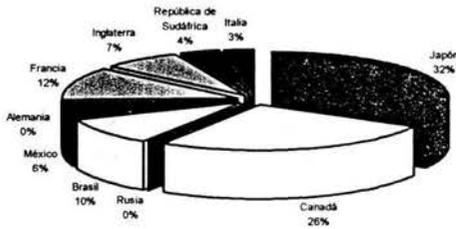
En el cuadro 2.11, se muestran ordenados los diez principales socios comerciales siderúrgicos que contribuyeron con 72% de las importaciones de hierro y acero en los Estados Unidos durante 1998.

Los principales exportadores de hierro y acero a Estados Unidos de América (EE.UU.) son Japón y Canadá, ambos países han disminuido su participación en el período bajo estudio. Sin embargo son responsables por el 37.19% de las importaciones. Rusia es el país que más ha aumentado su participación en el mercado del hierro y acero en los EE.UU. a partir de 1992 creciendo a una tasa porcentual promedio de 68.41%. En segundo lugar se ubica México que creció a una tasa de 6.5% y en tercer lugar la República de Sudáfrica con 2.3 %. Italia y Brasil incrementaron su participación ligeramente, mientras que Alemania, Francia e Inglaterra perdieron participación. El cambio en la participación porcentual por países en al inicio 1991 y al final del periodo en 1998, lo podemos observar en la figura 2.11 y 2.12 respectivamente.



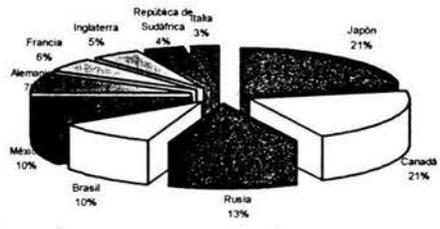
**Figura 2.12**

**Importación siderúrgica de EE.UU. 1991**



**Figura 2.13**

**Importación siderúrgica de EE.UU. 1998**

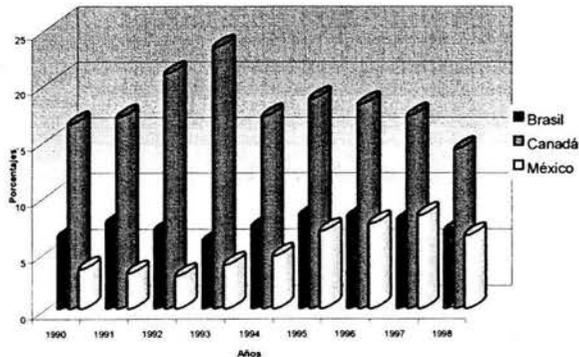


Fuente: Op. cit

En este mercado nuestro país se vio afectado por la entrada repentina de Rusia y que a demás incurrió en prácticas desleales de comercio (Dumping), debido a la caída de su mercado interno, pero una vez que Rusia opta por una economía de mercado, inundo el mercado mundial de acero dirigiendo sus productos al mercado EE.UU.. Brasil y Canadá se convierten en los competidores de nuestro país, por un lado Canadá goza de mayores preferencias arancelarias para sus productos que México, pero Brasil sin tener ningún tratado comercial con EE.UU. se presenta como un fuerte contendiente en este mercado. Ver la siguiente figura 2.14 donde se advierte este comportamiento.

**Figura 2.14**

**Participación porcentual en el mercado importador siderúrgico de EE.UU. de Brasil, Cánada y México**



Fuente: Op.cit.



A manera de conclusiones de este capítulo, observamos que el incremento de la Producción potencial siderúrgica en nuestro país, buscaba sustituir importaciones y coadyuvar en la industrialización nacional, y fue gracias a la intervención Estatal que apoyo fuertemente, el desarrollo de una industria siderúrgica con políticas expansionistas por el lado de la Demanda, en la compra de tecnología de punta, lo cual maximizo la producción. Pero estas adquisiciones no fueron precedidas de la total industrialización del país, sino por la crisis de los años ochenta.

El abandono de las políticas económicas expansionistas, obliga a la reconversión de la industria siderúrgica integrada, lo que significa, que el Estado deja de preservar los buenos niveles de empleo y producción y delega a que sean los agentes económicos privados, que en el mercado fijen estos niveles. Por lo tanto, la respuesta a la gran capacidad de oferta de los 70's debido a la creación de SICARTSA, es negativa, pues no es hasta la década de los noventa cuando comienza a desarrollarse, pero colocando su producción, en el mercado internacional, sin olvidar que el plan inicial era abastecer al mercado nacional.

De esta manera tenemos una industria siderúrgica desvinculada del aparato productivo nacional, es en este periodo 1991-2000, la supervivencia de esta industria esta supeditada a los requerimientos de un mercado mundial acerero en muy malas condiciones. Paradójicamente gracias la devaluación del peso mexicano en 1994 y previo acuerdo comercial, la producción nacional irrumpe en el mercado de EE.UU., el cual, capta un 70% de las exportaciones nacionales, por lo que el crecimiento de la industria siderúrgica mexicana se encuentra relacionado al crecimiento de la economía de EE.UU.. a fines del año 2000 ya se avizoraba una caída del producto en este país, por lo que se puso de manifiesto la siguiente afirmación en la caída de la producción nacional. En el siguiente, capítulo abordaremos a detalle las características relativas que guardan entre sí, las tecnológicas predominantes en nuestro periodo de estudio para poder interpretar el impacto de estas, en la industria siderúrgica.



# C A P Í T U L O III

## LA APLICACIÓN DE NUEVOS PROCESOS EN LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA



Los hechos que relataremos a continuación, acreditarán nuestro marco teórico clásico, por que, ponen énfasis en que los niveles de la actividad económica que están dictaminados por cuestiones de oferta, y limitada esta, por cuestiones tecnológicas que solo son modificables en el largo plazo. Por otra parte, más adelante observaremos el proceso de "destrucción creativa", del cual hace mención Schumpeter, en el que nuevos procesos más eficientes sustituyen a los establecidos en la búsqueda maximizadora del beneficio empresarial, incentivando la inversión capitalista, convirtiéndose así, la constante innovación tecnológica como la fuerza más poderosa dentro de la economía para elevar los niveles de riqueza de una nación, ya que esta incrementa la producción y el empleo. Al mismo tiempo, este capítulo relaciona las expectativas que motivaron la inserción de los procesos analizados, en la planta siderúrgica mexicana, y que se pretendían lograr al momento de operar en el mercado nacional.

En un primer apartado hablaremos del desarrollo histórico y la fabricación actual del acero. Un segundo apartado describe el proceso Siemens, así como de su gradual desplazamiento de las plantas siderúrgicas. Por procesos como el Convertidor al oxígeno o BOF, del que da cuenta, nuestro tercer apartado. El HEA, su impacto económico lo describimos en la cuarta parte, junto con el proceso HYL para el cual se emplea la reducción directa del mineral de hierro generando hierro esponja que se utiliza como principal material de carga en el proceso HRD. Una de las innovaciones más importantes a partir de los años cincuenta fue la llamada Colada continua, de la cual damos parte en la quinta sección.

### 3.1 Desarrollo y fabricación de acero

"El acero, es definido como; un hierro aleado con una cantidad variable de otros elementos químicos (carbono, manganeso, silicio, etc.) que, calentado a determinada temperatura y enfriado con cierta velocidad, adquiere por el temple gran elasticidad y dureza".<sup>1</sup>

A partir de los siglos XIX y XX se despliega la era industrial, en la que el ser humano logra obtener grandes cantidades de acero en estado líquido libre de escorias lo que significó un cambio tecnológico mayúsculo ya que anteriormente se obtenía en estado sólido o pastoso lo que restaba calidad.

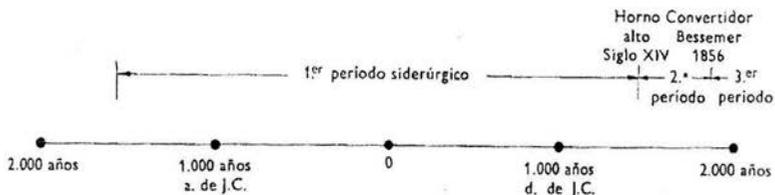
Esto se logro gracias a la última generación de procesos, que incorporaron la oxidación para obtener acero mezclando arrabio y chatarra en modernos hornos de afino, como el Siemens, BOF y el HEA, en los cuales centramos esta investigación. Lo anterior permitió obtener aceros con mejor

<sup>1</sup> Apraiz Barreiro, José. "Fabricación de Hierro, acero y fundición". Tomo I. 1ª ed. URMO.S.A. España.1978. P. 770.



composición química a diferencia de procesos anteriores como el Thomas y Bessemer (ver figura 3.1). Los nuevos procesos permitieron reducir el contenido de Nitrógeno en el acero de 0.02% hasta reducirlo a 0.001 %. Esta disminución que a nosotros los economistas no parece decirnos nada, permitió aumentar las características mecánicas (resistencia a la tracción, dureza y tenacidad), así como una mayor deformabilidad, soldabilidad y envejecimiento del acero. Sin embargo, estos cambios incentivaron la inversión en infraestructura ya que los mejores aceros hacen posible conseguir el nivel de justificación económica de proyectos que de otra forma sería imposible resolver con materiales diferentes. Por ejemplo, las placas de acero han disminuido su costo pero han incrementado su calidad, así que hoy día es posible contar con cargueros marítimos con una capacidad 70 veces mayor que hace apenas 50 años, lo que a redituado en la disminución de los fletes, y también en los últimos 100 años la resistencia de las barras aumento un 82% gracias al desarrollo de nuevos aceros, para la industria constructiva que al igual que el ejemplo anterior, impactan en el crecimiento y dinamismo de la economía.<sup>2</sup>

Figura: 3.1 Desarrollo histórico del acero



Fuente: Apraiz Barreiro, José. "Fabricación de Hierro, acero y fundición". Tomo I. 1ª ed. URMO.S.A. España. 1978. P. 768.

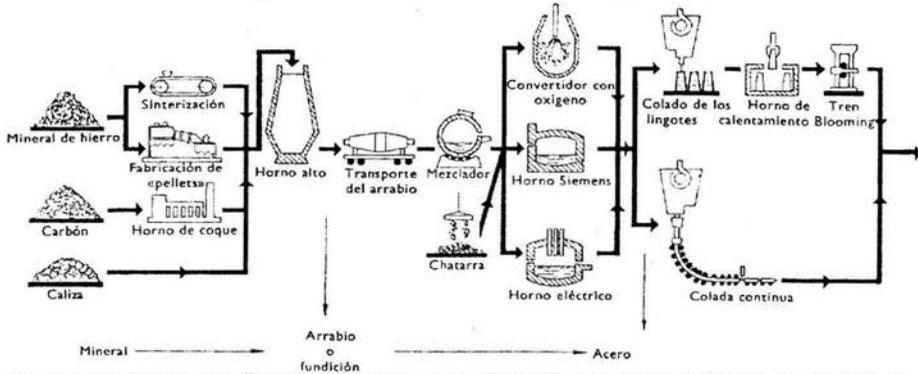
Por lo anterior, recordemos que el gran número de aplicaciones que representó un material con estas características pronto desplazó tanto a la madera como a la piedra en usos industriales y domésticos, durante los últimos 150 años. Como lo dijimos anteriormente, estas características especiales y los nuevos usos encontrados al acero, permitieron el florecimiento de actividades industriales, correspondientes a la construcción de puentes, naves industriales, barcos, aviones, maquinas, herramientas, ferrocarriles, automóviles, etc., etc.. Por lo que, la Era industrial se explica en gran parte gracias a la producción de acero económico y en grandes cantidades y con una mejor calidad en su composición metalográfica.

Ahora bien, durante el último cuarto del siglo XX, la elaboración clásica integrada del acero en sus rasgos más generales, desde que llega el mineral de hierro, a la planta hasta que se convierte en chapa, barra, lamina, tubo, alambre, varilla, perfil estructural, etc. Consiste en las siguientes fases:

<sup>2</sup> Para obtener más información entre los procesos de fabricación de acero, puede consultar a Lasheras y Esteban, José Ma. "Tecnología del acero". 3ª ed. España. 1978. P.169.



Figura 3.2: Esquema de elaboración del acero



Fuente: Apraiz Barreiro, José. "Fabricación de Hierro, acero y fundición". Tomo I. 1ª ed. URMO.S.A. España.1978. P. 494.

### 1ª fase: Elaboración de las materias primas

- En una primera fase se concentran las materias primas como el *mineral de hierro* que se obtiene de la ganga férrica, y esta debe producir entre un 20% o 30 % de acero por tonelada de ganga, para que esta sea redituable económicamente<sup>3</sup>. Pasando previamente por un proceso de sinterización o aglutinación y pelletización que prepara al mineral en forma de pelletitas.
- El carbón pasa a la coquizadora, llevándolo a su compactación para que no se pulverice dentro del alto horno debido al peso de la carga de la parte superior por medio de un proceso anaeróbico que dura 15 horas, para llegar al alto horno a una temperatura de 1,200 a 1,300° C, al nuevo material se le llama *coque*.
- Así también otra materia prima es la piedra caliza el cual se le llama *material fundente*, que sirve para mantener la temperatura dentro del horno, con estos tres elementos se produce el arrabio el cual es el primer producto de la fundición de mineral de hierro dentro del Alto horno.

### 2ª fase: Alto horno:

Ya en el Alto horno los tres materiales elaborados anteriormente pasan a una línea transportadora la cual sucesivamente alterna una carga de coque, otra de sinter o de pellets y otra de material fundente. Este es un ciclo continuo tanto que suele detenerse 1 o 2 veces por año para su mantenimiento solamente. La vaciada o sangrado del horno lleva entre 7 u 8 minutos el cual contiene el arrabio en estado liquido, ya que por otro canal de mayor altura se vacía la escoria. El

<sup>3</sup> Entrevista realizada al Ing. José Sánchez Cisneros que funge como profesor en la carrera de Ingeniería Mecánica y Eléctrica; impartiendo la asignatura Conformado de materiales, Procesos de manufacturas y Corte de Metales, en la ENEP Aragón, la información proporcionada por el profesor fue determinante para la elaboración y comprensión de las tres primeras fases del procesos siderúrgico.



ciclo es reavivado en el crisol (parte baja del horno) por la entrada a presión de aire caliente en orificios que se nombran toberas, alcanzando en su interior temperaturas superiores a 1500° C.<sup>4</sup>

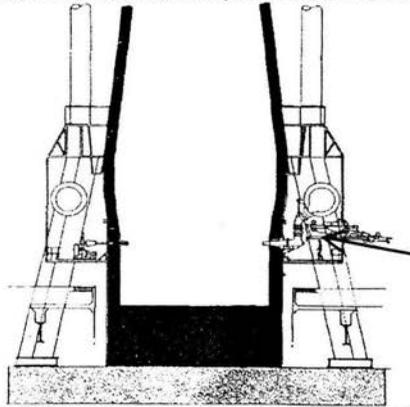
Los gases que se generan son limpiados por estufas coopers que separan el polvo y gases del aire caliente para volver a inyectarlo otra vez a las toberas, los gases son recuperados y utilizados como energéticos en la planta peletizadora y coquizadora.

Cabe mencionar, que desde el siglo XIV el hombre, no ha encontrado proceso más eficientemente de fabricar arrabio como en el Alto horno, por lo que al incremento de la demanda de arrabio, se han generado rendimientos a escala por la vía de incrementar paulatinamente su tamaño, como lo vemos en el siguiente cuadro 3.1 y en la figura 3.3. Para lograr cubrir la demanda las empresas siderúrgicas han estado implantado dispositivos, que permitan la optimización de la producción siderúrgica.

**Cuadro 3.1 Características y producción de los grandes altos hornos en la segunda mitad del siglo XX**

Año	Diámetro del Crisol en m	Volumen útil en m <sup>3</sup>	Producción potencial diaria de arrabio en toneladas	Consumo de coque kg/t
1950	7	800	1.000	1.000
1960	9	1.500	3.000	900
1970	12	2.500	7.000	500
1975	14	4.000	10.000	480

**Figura 3.3 Alto horno en 1975 con 60 m. de alto por 14 m. de crisol.**



Fuente: Apraiz Barreiro, José. "Fabricación de Hierro, acero y fundición". Tomo I. 1ª ed. URMO.S.A. España. 1978. P. 272.

<sup>4</sup> En la obra de González, Fernando. y Soberan, Manuel. "La industria siderúrgica en México (Notas para la planeación)". Volumen II. 1956. IIEC-UNAM. P. 45-62; podrá encontrar más información sobre el funcionamiento del Alto horno.



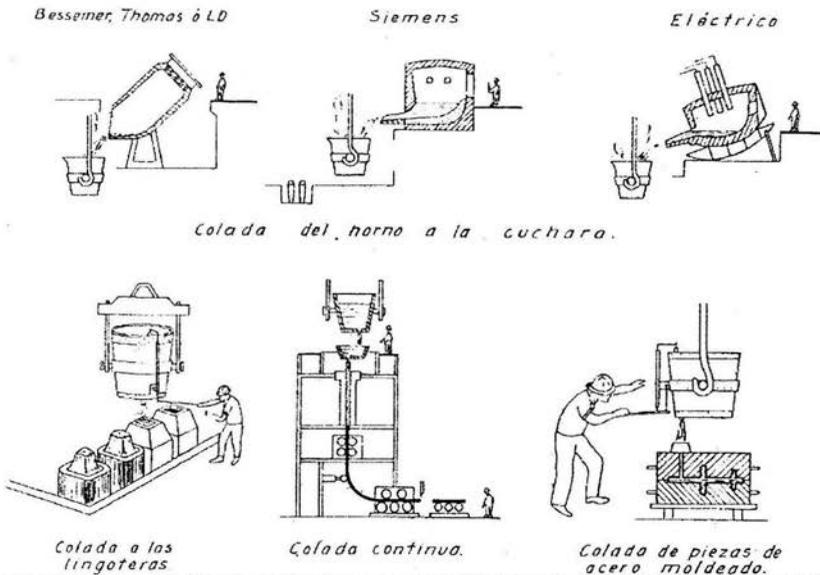
### 3ª fase: La aceración:

Para llevar acabo la transformación del arrabio en acero, el primero tiene que ser transportado en estado liquido hacia un mezclador o directamente al convertidor mediante tres diferentes procesos según sea el caso y enriquecidos con chatarra 1- El Horno Siemens, 2- El Convertidor al oxígeno (BOF) o el Horno eléctrico de arco (HEA), vea la figura 3.4.

### 4ª fase: La colada del acero:

Por último, cuando el arrabio ahora es convertido en acero pasa despojado de la escoria directamente si se utiliza la opción de la Colada continua o indirectamente si se utiliza la Colada en lingote, hacia su elaboración final en planchón, placa, varilla lisa o corrugada, lamina perfil estructural, alambón o en piezas, etc. Si se utiliza la segunda opción los lingotes se introducen en hornos de recalentamiento a 1250°C, y de ahí pasan al rojo vivo al tren de molinos blooming, que tienen como función presionar los lingotes por medio de rodillos para darle la forma requerida. El proceso llamado de Colada continua, lo estudiamos a detalle más adelante ver figura 3.4., donde aparece también un tercer tipo de colada, con la cual se elaboran piezas.<sup>5</sup>

**Figura 3.4** Diferentes tipos de convertidores y coladas de acero



Fuente: Apraiz Barreiro, José. "Fabricación de Hierro, acero y fundición". Tomo I. 1ª ed. URMOS.A. España.1978. P. 646.

<sup>5</sup> Para obtener una mayor descripción técnica de la elaboración del arrabio y del funcionamiento del Alto horno puede consultar Apraiz Barreiro, José. "Fabricación de Hierro, acero y fundición". Tomo I. 1ª ed. URMOS.A. España.1978. P. 257.



## 3.2 La eliminación del horno Siemens

El proceso Siemens, es un horno de solera con cámaras de regeneración de calor, y calentamiento con gas inventado por William Siemens 1856. Con este tipo de tecnología es con la que inicio operaciones FUNDIDORA y AHMSA.

Desde los primeros años del siglo XIX se venían haciendo infructuosos ensayos y pruebas para fabricar acero en hornos de solera por fusión de mezcla de hierro, chatarra y arrabio ninguna tentativa tuvo éxito hasta el año 1865 en que Pierre Martin; logró fabricar acero en un horno de solera, provisto de los regeneradores de calor ideados por Siemens, por eso se le suele también llamar Siemens-Martin. A partir de la segunda mitad del siglo XX, el calentamiento de estos hornos se hace con el fuel-oil.<sup>6</sup>

El éxito del nuevo proceso de producción fue debido principalmente al empleo de un horno con cámaras de regeneración de tipo Siemens, con el que se pudieran alcanzar en la solera (plancha donde se calienta la carga del horno), temperaturas del orden de 1,600° a 1,650°, superiores a las que corresponden a la fusión del hierro y de aceros, superiores también a las máximas que se alcanzaban en aquella época en otros hornos de solera, que se utilizaban para pudelar (proceso del segundo periodo siderúrgico), en la fusión de metales no férreos, etc.

### El nuevo proceso presenta las siguientes ventajas:

1. El uso del carbón para generar gas gasógeno que posteriormente fue reemplazado por el **Fuel-oil**.
2. Los **recuperadores y regeneradores de calor**,
3. La **flexibilidad** en el uso de chatarra, arrabio mineral de hierro en cantidades distintas por lo que la producción no dependió de las posibilidades de adquisición de materias primas con respecto a cuestiones técnicas cosa que no permitía el proceso Bessemer y Thomas.
4. Los aceros Thomas y Bessemer, bajos en carbono y con muy alto contenido en nitrógeno (de 0,100 a 0,0200 %), no podían utilizarse como los aceros Siemens, que sólo contenían de 0,0050 a 0,0100 % de nitrógeno, **para trabajos de embutición con deformación en frío**, como la que debe emplearse para la fabricación de las carrocerías de los automóviles.

Su importancia fue muy grande y aumento desde principio de siglo pasado hasta 1960. Los hornos Siemens, a mediados del siglo XX, eran, con mucha diferencia, las instalaciones más importantes para la fabricación de acero, y en 1950 se llegó a fabricar en ellos 70 % de la producción total de acero en el mundo. En México se elaboraba 44% del acero nacional mediante este proceso<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> Derivado del petróleo natural, obtenido por refinación y destilación, destinado a la calefacción.

<sup>7</sup> Apraiz Barreiro, José. "Fabricación de Hierro, acero y fundición". Tomo I. 1ª ed. URMO.S.A. España.1978. P. 417.



Sin embargo, a partir del año 1970 comenzaron a desaparecer muy rápidamente y estuvieron sustituyéndose por Convertidores soplados por oxígeno. Se pensaba que, para 1980, su uso fuera abandonado en el mundo.

### 3.3 La fundición de acero con BOF

Catalogado, como el más importante proceso de fabricación de acero en la segunda mitad del siglo XX, el Basic Oxygen Furnace (BOF) que parte del proceso LD por el nombre de las dos ciudades austriacas que lo vieron nacer Linz y Donawitz. Se caracteriza por que emplea un revestimiento básico cerrado por abajo, con una lanza vertical que se introduce por la boca del convertidor y por la que se inyecta oxígeno puro a velocidad supersónica traspasando la capa de escoria y llegando directamente a la carga líquida.

La fabricación de acero con oxígeno fue realizada por primera vez con éxito por Robert Durrer, Profesor del Instituto de siderurgia de la Escuela Politécnica de Berlín, que luego lo fue también de la Escuela Politécnica de Zúrich. Después de numerosos ensayos, consiguió, en marzo de 1948, con la ayuda de su antiguo alumno y luego colaborador Heinrich Hellbrugge, fabricar acero por este procedimiento en un convertidor de 2,5 toneladas en los talleres de la empresa paraestatal Von Roll'schen Eisenwerken de Gerlafingen (Suiza), de la que Durrer era en aquella época Director Técnico.

Este proceso está basado en el efímero horno Bessemer el cual contenía aire enriquecido con oxígeno, pero que como nunca contó con la capacidad tecnológica de generar oxígeno puro y barato.<sup>8</sup> Por lo que, se puede atribuir al profesor Durrer el mérito de haber desarrollado esta innovación siderúrgica, también fue hasta que se saltó otro obstáculo como lo fue el encontrar materiales refractarios que en el interior del horno fueran capaces de soportar altas temperaturas.

#### El nuevo proceso representa las siguientes ventajas:

1<sup>a</sup> **La calidad del acero fabricado con oxígeno es mucho mejor** que la del acero Bessemer o Thomas. Es sensiblemente del mismo orden de calidad que la de los aceros Siemens.

En el último tercio del siglo XIX, en la época en que los ferrocarriles tuvieron su mayor desarrollo, la demanda de acero Bessemer y Thomas fue muy grande. En aquellos años se fabricaba con gran éxito con esos procesos aceros para; perfiles, barras, placa gruesa y rueda para la fabricación de vagones,

<sup>8</sup> "El costo de una tonelada de oxígeno en 1910 era de 800 dólares por tonelada, para 1970 había bajado a 9 dólares por tonelada de oxígeno. Las innovaciones tecnológicas que se dieron en torno al surgimiento del BOF demuestran que el progreso tecnológico no existe de manera aislada, sino que es favorecido por el resultado de una serie de condiciones propicias, como en este caso, los costos accesibles del oxígeno. Posteriormente el uso intensivo del BOF que permitió acelerar el ciclo de producción de acero en ocho veces". Simón Domínguez, Nadima. Rueda Peiro, Isabel. (Coordinadoras), "Globalización y Competitividad. La industria siderúrgica de México". IIEC-UNAM. 2002. P. 36.



locomotoras y rieles para la construcción de vías que cumplieran perfectamente las exigencias de la industria en aquellos años.

Posteriormente; esos procesos no alcanzan, las normas exigidas para la fabricación de placa para embutir, de primera calidad, como la que se utilizó, por ejemplo para carrocerías que desde mediados del siglo XX consume en grandes cantidades la industria del automóvil o la industria alimenticia por su gran demanda de hojalata para la conservación de sus productos.

Con el empleo del oxígeno se consiguió fabricar en los convertidores BOF aceros que sólo contienen de 0,0020 a 0,0050 % de nitrógeno, y cuya calidad era igual a la de los aceros Siemens, que contenían de 0,0050 a 0,0100 % de nitrógeno, para trabajos de embutición con deformación en frío, requeridos por la industria automotriz.<sup>9</sup>

2<sup>a</sup> **El costo completo** de una planta industrial mediante el proceso BOF, es muy inferior si opera mediante volúmenes muy grandes, es decir, generando economías de escala, en comparación con hornos el Siemens o con HEA de la misma capacidad de producción. Además, el entretenimiento y las reparaciones de los convertidores BOF son mucho más sencillas a las correspondientes a una acería Siemens. El convertidor BOF es el más sencillo de los hornos empleados en la siderurgia, y el horno Siemens, que en el siglo XX ha sido el más importante, es el más complicado de todos los utilizados para fabricar acero. Desde el punto de vista industrial y económico estos detalles tienen una gran importancia.

3<sup>a</sup> **El proceso es de corta duración**, cada colada dura unos 40 minutos en total. Una operación Siemens dura unas 5 a 6 horas y una colada en los hornos eléctricos dura de 2 a 4 horas.

4<sup>a</sup> Tiene la **ventaja de basarse fundamentalmente en el empleo del arrabio** líquido obtenido en los Altos hornos. Además, tiene la ventaja de cargar del 10 al 35 % de **chatarra**, y así se pueden aprovechar los **despunte**s y el **defectuoso** que aproximadamente en esas proporciones siempre se producen en las fábricas siderúrgicas.<sup>10</sup>

5<sup>a</sup> El acero BOF, al final de la fase oxidante antes de colar, contiene generalmente, sobre todo cuando se emplean fundiciones altas en manganeso, menos oxígeno que el que corresponde en general a los aceros Bessemer, Thomas y Siemens en esa misma fase de fabricación y, por ello, **su desoxidación es más sencilla** y se hace con adición de menor cantidad de desoxidantes.

<sup>9</sup> Apraiz Barreiro, José. "Fabricación de Hierro, acero y fundición". Tomo II. 1<sup>a</sup> ed. URMO.S.A. España.1978. P. 432 y 433. y para obtener mayor información sobre la composición química consultar a Lasheras y esteban, José Ma."Tecnología del acero". 3<sup>a</sup> ed. 1978. España. P. 169.

<sup>10</sup> En "tecnología del acero". José Ma. Lasheras y esteban ed. 3<sup>a</sup>. 1978. P. 171 y 172. España., puede encontrar un estudio comparativo de porcentajes de las cargas de varios convertidores.



6ª **Maximización de la producción:** Obsérvese (en el cuadro 3.2) que la Producción potencial de estas instalaciones es extraordinaria. Así, por ejemplo, con 3 convertidores de 300 toneladas y sólo 2 funcionando y uno en reparación, se alcanza una producción de 6. 200.000 toneladas al año.

**Cuadro 3.2**  
**Producciones correspondientes a los convertidores al oxígeno de distintos tamaños y duración de las coladas**

Producción potencial, en toneladas	Duración de las coladas en minutos	Producciones aproximadas en un año de 320 días	
		2 crisoles instalados y 1 en marcha	3 crisoles instalados y 2 en marcha
30	30	460, 000	920, 000
100	35	1, 300.000	2, 600. 000
200	40	2, 300. 000	4, 600. 000
300	45	3, 100. 000	6, 200. 000

Fuente: Apraiz Barreiro, José. "Fabricación de Hierro, acero y fundición". Tomo I. 1ª ed. URMO.S.A. España. 1978. P.437.

Todas estas ventajas que trajo esta tecnología hicieron que en 25 años desplazará casi completamente a los procesos imperantes como el Bessemer, Thomas y Siemens, y a partir del año 1968 ocupa, por su importancia, el primer lugar entre los procesos de fabricación de acero.<sup>11</sup> Ya para el año 1975, 51.4% de la producción mundial de acero fue fabricado por este procedimiento, en 1990 se incrementa a 56.6 % año en el que el HEA y el hierro esponja comienza a crecer en importancia respecto del BOF en el mundo y en nuestro país.

Con este tipo de proceso; o vía tecnológica Alto horno-BOF-Colada continua, para producir 1.3 millones de toneladas de acero al año, y fabricar palanquilla y con estos aceros no planos (barras, alambón, varilla y perfiles estructurales), inicio operaciones la primera etapa de SICARTSA terminada en 1976, recuérdese que se querían construir cuatro etapas, y la última de estas contaría con una Producción potencial de 10 a 11 millones de toneladas de acero, lo que permitiría exportar excedentes luego de satisfacer la demanda interna.<sup>12</sup> Así también, en esta década AHMSA y FUNDIDORA, realizan inversiones para instalar esta nueva tecnológica.

<sup>11</sup> Apraiz Barreiro, José. "Fabricación de Hierro, acero y fundición". Tomo I. 1ª ed. URMO.S.A. España.1978. P. 429.

<sup>12</sup> Rueda Peiro, Isabel. "De la privatización a la crisis -El caso de Altos Hornos de México- ".1ª ed. Porrúa. IIEC-UNAM. 2001.P.93".



### 3.4 La fundición de acero con HEA

Sir Humphry Davy, utilizando la corriente eléctrica, fabricó por primera vez con carácter experimental, en 1810, metales alcalinotérreos por electrólisis y también fue el primero que empleó el arco eléctrico,<sup>13</sup> para la extracción y fusión experimental de metales. En esos casos para producir la energía eléctrica empleaba numerosas pilas de Volta, que había sido inventada en el año 1800, formadas por láminas de Cobre y Zinc bañadas por una solución diluida de ácido sulfúrico.

En el año de 1870. Werner y William Siemens, que anteriormente habían puesto a punto su horno con regeneradores de calor para fabricar acero, comenzaron sus trabajos para aplicar la electricidad a la metalurgia. En 1878, William patentó el primer Horno Eléctrico de Arco (HEA) con electrodos horizontales para fabricar acero y, en 1879, patentó otro segundo con dos electrodos verticales, uno superior que atravesaba la bóveda y otro inferior que atravesaba la solera del horno (figura 3.5). En ambos casos la energía eléctrica era suministrada por un dinamo inventado por su hermano Werner Siemens en 1867 para la creación de electricidad.

De los diferentes y numerosos tipos de hornos eléctricos que se construyeron y ensayaron en los últimos años del siglo XIX, y en los primeros años del siglo XX, para fabricar acero, solamente el horno ideado por Heroult con tres electrodos verticales ha tenido universal aceptación. Todos los HEA que se utilizan en la actualidad son muy similares a los primeros construidos por Heroult en aquellos años. En la actualidad, tienen tres electrodos verticales y el arco salta sobre aquellos y la chatarra. Los HEA, a partir de los primeros años del siglo XX, sustituyeron rápidamente a los hornos de crisol, que para el año 1950 quedaron completamente abandonados. Al principio, se instalaron hornos de 100, 500 y 1.000 kg., pero luego se fue elevando su capacidad a 2, 5, 10 y 25 toneladas.

En 1930, se instaló en EE.UU. el primer HEA de 100 toneladas de capacidad y, en 1975, funcionaban ya en EE.UU. varios hornos de 400 toneladas. La producción de acero fabricado en horno eléctrico llegó, en 1922, a 1 millón de toneladas, lo que representaba un 1 % de la producción mundial. en el año 1974, la producción de acero eléctrico fue de unos 127 millones de toneladas.<sup>14</sup>

#### El nuevo proceso representa las siguientes ventajas:

1. En los HEA se fabrican principalmente los aceros de alta calidad. Y una de las principales ventajas de esta tecnología es que **su instalación es mucho más sencilla y menos costosa** que la de cualquier otro proceso de los utilizados para

<sup>13</sup> Se refiere a un Arco voltaico, que hace un flujo de chispas en el punto donde se interrumpe un circuito eléctrico con breve intervalo.

<sup>14</sup> Apraiz Barreiro, José. "Fabricación de Hierro, acero y fundición". Tomo II. 1ª ed. URMO.S.A. España.1978. P. 499.



fabricar acero por que la chatarra que es la principal materia prima no es elaborada dentro de la misma planta. Cuando algunos grupos industriales quieren independizarse en el suministro de aceros, en general, lo más sencillo para ellos es montar HEA y algún tren de laminación.<sup>15</sup>

2. Además, el **aprovisionamiento de materias primas es más libre y relativamente más sencillo**. El HEA se carga con chatarra, que puede adquirirse en mercados muy diversos. En cambio, los hornos Siemens y los convertidores exigen grandes cantidades de arrabio, generalmente controlados por poderosos grupos siderúrgicos que, en ocasiones, pueden poner dificultades para su suministro.

Estas circunstancias hacen que esta tecnología sea la instalación más asequible para ser montada por empresas en crecimiento, que quieran trabajar libres de la influencia de los grandes grupos siderúrgicos.

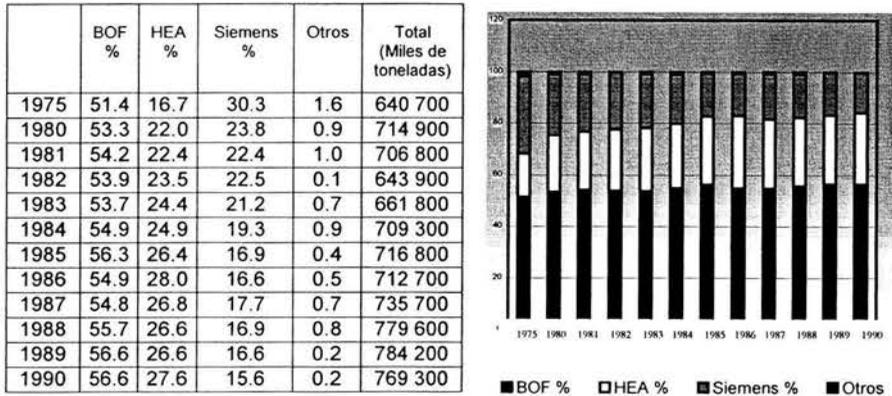
Como elementos de adición auxiliares se cargan, también en los hornos eléctricos, pequeñas cantidades de arrabio, de mineral de hierro y de ferroaleaciones. Para la formación de escoria se añade caliza, cal, arena, espato flúor y coque, y al final del proceso se añade ferrosilicio, ferromanganeso, aluminio, carburo de calcio y silicio-calcio, como elementos desoxidantes y auxiliares del proceso.

En la siguiente figura 3.5, observamos las tendencias que han seguido los anteriores procesos siderúrgicos, durante el último cuarto de siglo. Vemos como el proceso Siemens avanza en franca retirada debido no solo las ventajas tecnológicas y económicas del BOF y el HEA sino también por el incremento de los precios del fuel oil. Por otra parte en 1990 las cifras de los procesos imperantes como el HEA y el BOF, pudieran estar marcando una tendencia favorable al proceso HEA, debido a la contracción mundial de los mercados del acero, así como del desarrollo de otros materiales como los plásticos, el aluminio o los semiconductores los cuales se muestran como bienes sustitutos del acero. Por lo que el HEA se muestra con una mayor flexibilidad para producir aceros de mayor calidad los cuales serán demandados grandemente por la industria del siglo XXI.

<sup>15</sup> Si desea más información sobre la disminución de los costos por ocupar electricidad puede consultar a Fernando Gonzalez, Manuel Soberan. "La industria siderúrgica en México (notas para la planeación)", IIº Volumen. 1º ed. México. 1950. IIEC- UNAM. P. 63.



**Figura 3.5**  
**Producción mundial de acero líquido por procesos**  
**(Millones toneladas)**



Fuente: Economic Comission for Europe. "Iron and Steel Scrap". Steel series. United Nations. Italy. 1991. P. 9.

### 3.4.1. El proceso HYL

Este proceso debe su nombre a la empresa mexicana Hojalata y Lámina, S.A. (HYLSA). Comenzó sus actividades en 1940, laminando chapa, para ello utilizaba como materia prima llantones importados. Montó luego un horno eléctrico para fabricar acero en el año 1945. Posteriormente, al encontrarse con dificultades para la adquisición de chatarra, decidieron fabricar hierro esponja y emplearla como materia prima en la fabricación de acero en los hornos eléctricos sustituyendo la chatarra. En 1957 puso en marcha la primera planta en Monterrey bajo este proceso.

El proceso HYL es un proceso de fabricación bastante complejo y alternativo a la vía tecnológica Alto horno- BOF. Utiliza reactores fijos con cuatro etapas de trabajo (Ver figura 3.6 b). El proceso, por lo tanto, no es continuo como todos los demás señalados anteriormente. El mineral de hierro se reduce por la acción de un gas reductor constituido por 14 % de CO y 75 % de H<sub>2</sub> preparado por reformado del gas natural, con exceso de vapor de agua. El gas reductor se prepara en un reformador catalítico con gas natural y vapor de agua y se compone; de 75 % de H<sub>2</sub>, 14 % de CO 8 %, de CO<sub>2</sub>, y 3 % de CH<sub>4</sub> un calentador y seguido de una enfriador, en contacto con agua en el que el gas se enfría y deshidrata, para volver a calentarse en el calentador que precede al reactor siguiente, y así se repite el ciclo en los reactores, en que se desarrolla el proceso.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Apraiz Barreiro, José. "Fabricación de Hierro, acero y fundición". Tomo II. 1ª ed. URMO.S.A. España.1978. P. 738.

Figura 3.6a: Diagramas del proceso HRD.

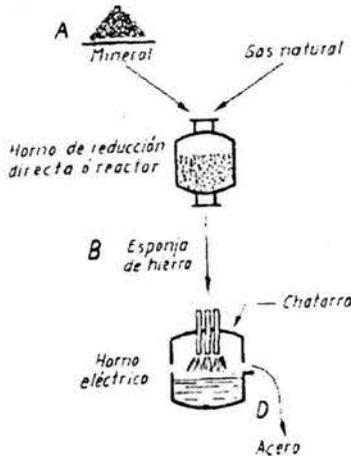
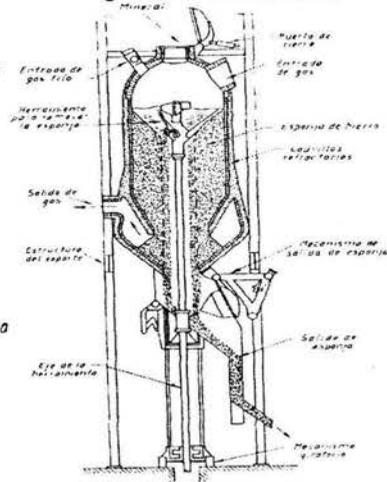


Figura 3.6b: Reactor HYL.



Fuente: Op.cit. P. 715 y 745 respectivamente.

### El nuevo proceso presenta las siguientes ventajas:

1. Utilizando el hierro esponja se puede fabricar el acero de **una forma más directa que la clásica**. En vez de seguir el camino tradicional mineral-arrabio-acero con BOF o Siemens, se puede emplear el camino mineral-esponja de hierro-acero, que es el que se ha comenzado a emplear en algunas pequeñas acerías y que es más directo como lo describe la gráfica 3.6 a.
2. Se trata de hierro metálico obtenido directamente del mineral, en **instalaciones de precio relativamente reducido**, si se compara con el de las grandes y modernas instalaciones siderúrgicas.

Para construir plantas para menos producciones, de 300. 000 a 2 millones de t/acero/año empleando ese mismo camino clásico, es necesario invertir de 400 a 1.000 dólares por t/acero/año en países muy industrializados y de 500 a 1.500 dólares t/acero en países de poco desarrollo.

Finalmente, para construir las siderúrgicas integrales que emplean el camino mineral-esponja de hierro-HEA a este proceso también se denomina Horno de Reducción Directa (HRD), que con menores producciones de 200.000 a 1 millón de t/año, hay que invertir sólo de 100 a 300 dólares t/año. Se comprende de aquí, que en este aspecto, este último procedimiento tiene gran aplicación en países como el nuestro que cuentan con gas natural y minerales ricos de aquí que



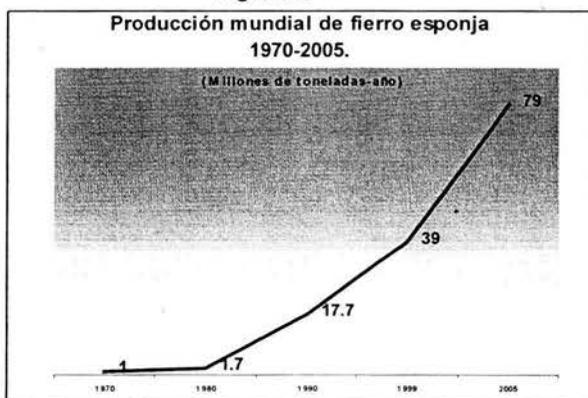
empresas como IMEXSA y TAMSA, estén operando con el mismo proceso que HYLSA.<sup>17</sup>

3. Es un producto que **sustituye en parte a la chatarra**, que en algunos países escasea a veces es difícil de adquirir y tiene, en ocasiones, precios bastante irregulares.

4. Con su fabricación se **tiende a evitar el empleo del coque** que es necesario utilizar en los Altos hornos y **del que hay un déficit mundial** por escasear los carbones coquizables.

Ahora bien, el desarrollo en la producción de hierro esponja o briquetas ha aumentado del alrededor de un millón de toneladas en 1971 hasta 39 millones de toneladas en el año 1999. En 1994, se pronosticó que el consumo de hierro esponja en el año 2005 llegaría a 49 millones de toneladas, equivalente al 3% de la demanda mundial de carga metálica en la industria. La proyección ha sido revisada nuevamente en 1999, corrigiendo la demanda en un escenario mínimo de 72 millones de toneladas, o 6% de la demanda mundial de carga metálica. La entrada de productores con horno eléctrico a segmentos de aceros de alta calidad ha estado aumentando la demanda del hierro esponja. Para el año 2005, (ver figura 3.7) el hierro esponja podría alcanzar alrededor del 22% de la carga metálica alimentada a los hornos eléctricos, complementando la demanda de chatarra y permitiendo la producción de aceros que no pueden ser obtenidos a partir de la carga de chatarra sola.<sup>18</sup>

Figura 3.7



Fuente: Simón Domínguez, Nadima, e Rueda Peiro, Isabel. —coordinadoras—. "Globalización y Competitividad -La industria siderúrgica en México- 1ª ed. IIEC-UNAM. México. 2002. P. 189.

<sup>17</sup> Si desea obtener una descripción detallada del proceso en cuestión consulte, Apraiz barreiro, José. "Fabricación de Hierro, acero y fundición". Tomo II. 1ª ed. URMO.S.A. España.1978. P. 738.

<sup>18</sup> Simón Domínguez, Nadima, y Rueda Peiro, Isabel. —coordinadoras—. "Globalización y Competitividad -La industria siderúrgica en México- 1ª ed. IIEC-UNAM. México. 2002. P. 189.



Este aumento ha sido favorecido por los siguientes factores: El aumento de la producción de acero en hornos eléctricos, la expansión del horno eléctrico hacia los aceros de mayor calidad, la menor generación de chatarra interna por mejores rendimientos entre procesos, el aumento en la demanda de chatarra comprada, además de la creciente calidad química de la chatarra.

### **3.5 Optimización de la producción mediante la Colada continua**

La Colada continua es una innovación tecnológica que comenzó a utilizarse hacia el año 1950. En este nuevo proceso, parte del acero líquido, para la producción directa de palanquillas o productos planos (slabs) de longitud teóricamente ilimitada y espesores variables desde 50 a 300 mm, en lugar de obtenerse en lingotes de acero como en el procedimiento tradicional de la Colada en lingote, que fue el único proceso hasta mediados del siglo XX. Este se lleva a cabo por el vaciado del acero líquido en moldes para convertirlo en lingotes, el enfriamiento de éstos para desmoldarlos, luego su recalentamiento y transporte al molino desbastador y el proceso del mismo nombre. (ver figura 3.8)

Uno de los factores que más ha contribuido al éxito de la Colada continua es el empleo del molde metálico oscilante refrigerado con agua, inventado por Junghans, al que puede considerarse realmente como el iniciador e inventor de la Colada continua. Patentó su descubrimiento en Alemania, en 1933, y EUA, en 1938, y las primeras máquinas de tipo experimental las construye en el año 1943.

En los Estados Unidos, en la fábrica de Watervliet, de la Allegheny Steel Company, comenzó a trabajar en 1949 una Colada continua proyectada por Junghans, que posteriormente fue modificada por Rossi, pero también trabajaba con tiempo y con bastante irregularidad. Puede considerarse que la Colada continua comenzó a funcionar industrialmente con regularidad y éxito en 1950. La primera instalación fue proyectada por Junghans y se instaló en la empresa Mannesman, en Alemania en la fábrica de Huckingen. Trabajó con un HEA de 6 toneladas de capacidad. Posteriormente, Junghans se asoció con Sri y fundaron la sociedad Concast Ltd., que ha sido la empresa que más impulso dio a este procedimiento en los primeros años de su desarrollo.

#### **Descripción del proceso**

En la Colada continua, se vierte el acero fundido desde la cuchara de colada a una artesa intermedia y de ésta pasa el acero líquido de una manera continua y sin interrupción a unos moldes de cobre sin fondo refrigerados con agua, cuyo hueco central tiene el mismo perfil que se desea obtener. Estos moldes están sometidos a un rápido movimiento vertical de oscilación que facilita el deslizamiento del acero solidificado.



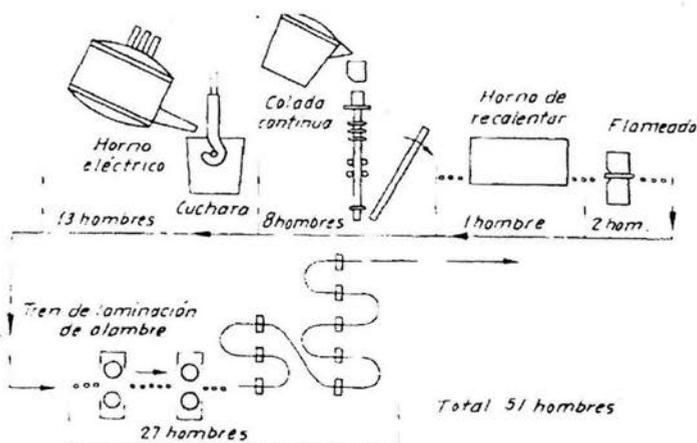
Como los moldes de cobre son abiertos por la parte inferior, el iniciarse la colada es necesario colocar un tope o cabeza móvil (sujeto por abajo con una larga barra vertical llamada falsa barra), que sirve para cerrar la salida del molde y evitar el escape del acero fundido que se cuela en la lingotera.

El acero se solidifica al caer sobre el tope colocado en el interior del molde y el tope se pone en movimiento luego, en el momento oportuno, para que la acumulación y altura del acero fundido en la lingotera sean las adecuadas.

La solidificación de la palanquilla de acero en el molde metálico refrigerado con agua comienza por el exterior y no es completa en la zona interna hasta el cabo de un cierto tiempo. Cuando la barra sale del molde, contiene metal fundido en el interior y entonces está constituida por una costra o piel exterior, ya solidificada, y por una zona central donde el acero se encuentra todavía en estado líquido (figura 3.8).

La solidificación de la parte central o corazón de barra se completa fuera del molde por la acción de gran cantidad de agua pulverizada a presión. Esta fase de la operación recibe el nombre de refrigeración secundaria. Esta refrigeración secundaria, que se realiza con chorros de agua, suele terminar un poco antes de que todo el acero del interior de la barra se haya solidificado y, entonces, comienza el enfriamiento al aire. La barra no se pone en contacto con el mecanismo de arrastre constituido por los rodillos conductores hasta que la solidificación en el interior es completa. En las Coladas continuas curvas, los rodillos enderezadores son a la vez rodillos de arrastre.

Gráfica. 3.8: Diagramas de la colada continua



Fuente: Apraiz Barreiro, José. "Fabricación de Hierro, acero y fundición". Tomo II. 1ª ed. URMO.S.A. España.1978. P. 684.

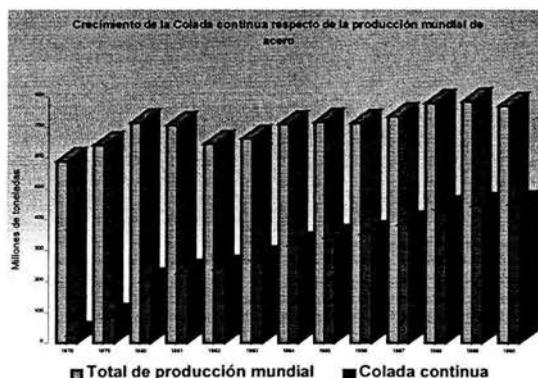


Las principales ventajas de la colada continua son las siguientes:

- 1ª **No es necesario** el empleo de los grandes trenes de laminación *blooming* o *slabbings* de mayor precio que la Colada continua.
- 2ª **No se necesita fabricar lingotes** como producto intermedio en el proceso de fabricación de barras, **lo que ha reducido el consumo de mano de obra a la mitad.**
- 3ª Se **reduce la pérdida de material** por despunte de los lingotes, se aumenta el rendimiento del material obtenido en la operación y se obtiene una proporción de palanquilla útil en peso, superior a la que corresponde al procedimiento en lingote.
- 4ª **Se obtiene un producto de gran uniformidad** y se evitan las segregaciones más o menos importantes de diversos elementos, principalmente Carbono, Fósforo y Azufre, que siempre presentan la cabeza y pie de los lingotes de acero.
- 5ª **Se reduce el tiempo** que transcurre desde que llegan las materias primas a la fábrica, hasta que se obtienen las palanquillas.
- 6ª **Se reducen los costos en la empresa**, ya que los gastos necesarios para instalar una Colada continua son, en general, inferiores a los correspondientes a un tren *blooming* con sus servicios complementarios de hornos de calentamiento, acondicionamiento, etcétera.

Debido a esta innovación tecnológica que optimiza la producción de acero, en el año 1955 había ya en el mundo 20 instalaciones de colada funcionando a escala industrial. En 1972, funcionaban ya más de 200 con una producción, del orden de 20 millones de toneladas de acero al año, su desarrollo ha continuado de forma permanente.<sup>19</sup>

Figura 3.9:



Fuente: Economic Commission for Europe. "Iron and Steel Scrap". United Nations, Steel series. Italy. 1991. P.2.

<sup>19</sup> Apraiz Barreiro, José. "Fabricación de Hierro, acero y fundición". Tomo II. 1ª ed. URMO.S.A. España. 1978. P. 682.



La figura 3.9. advierte la tendencia creciente que guarda la Colada continua respecto de la producción mundial, se espera que siga esta tendencia especialmente por el proceso de modernización que requieren las plantas siderúrgicas del Ex-bloque soviético por su anexión al mercado mundial. Cabe aclarar que el incremento vertiginoso de la Colada continua, no implica la desaparición total de la colada en lingote y la colada de piezas de acero, ya que hay una pequeña porción de productos siderúrgicos, que solo se pueden obtener por medio de estos procesos (regrese a la figura 3.4, P. 51).

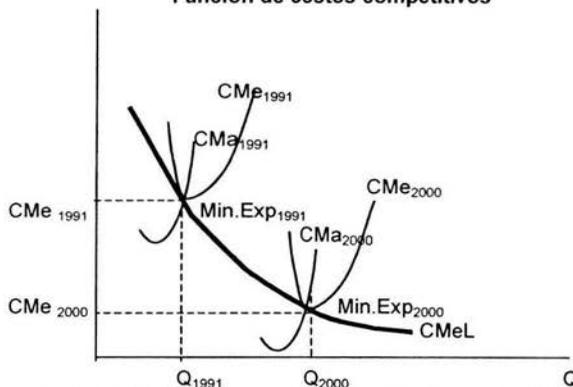
En resumen, en todo este capítulo hemos demostrado como los nuevos procesos siderúrgicos han impactado favorablemente en los niveles de la economía todo esto en función de la capacidad creativa e innovadora empresarial. La demanda insaciable por este producto, llevó al gigantismo industrial, logrando economías de escala gracias a la ocupación en gran cantidad de capital humano y financiero invertido; ejemplo de esto es la evolución del tamaño alcanzado por el Alto horno. Esto también llevo a que el mercado del acero estuviera dominada por monopolios, ya que durante la primera mitad del siglo XX, la producción mundial de acero estaba concentrada en algunas regiones del mundo. En EE.UU. se concentraba aproximadamente la mitad de la producción.<sup>20</sup> Por otra parte, la reducción de los costos de instalación y operación de una planta siderúrgica ha permitido que naciones como México, Brasil, Argentina, Venezuela, Sudáfrica, Taiwán y Corea se reconozcan como los *steel active countries*, por el aumento vertiginoso de su producción potencial y por pelear fuertemente en el mercado mundial del acero con las naciones industrializadas.

Sí, la incorporación de nuevas tecnologías permiten optimizar la producción, es decir, producir la máxima cantidad al menor costo para obtener el máximo beneficio económico posible dado el precio competitivo, en suma a la apertura comercial y la total privatización de la industria integrada. Observaremos como la dinámica de la función de los costos se aplicará bajo los supuestos o restricciones antes señaladas en la creación automática de economías de escala (ver en la figura 3.10 la curva de costo medio en el largo plazo CMeL). Gráficamente, observaremos como a partir de 1991 año de inicio de nuestro periodo de investigación la conducta racional de las empresas privadas permite minimizar costos medios expresado gráficamente por los puntos (CMe<sub>1991</sub>) y (CMe<sub>2000</sub>) en busca de alcanzar el Mínimo de explotación a corto (MinExp<sub>1991</sub>) y a largo plazo (MinExp<sub>2000</sub>) a medida que aumenta la Q<sub>1991</sub> hacia Q<sub>2000</sub>, este comportamiento microeconómico determinara al modelo macroeconómico representado por la figura 3.11a.

<sup>20</sup> Simón Domínguez, Nadima. Rueda Peiro, Isabel. (Coordinadoras), "Globalización y Competitividad. La industria siderúrgica de México-". IIEC-UNAM. 2002. P. 37.



Figura 3.10  
Función de costos competitivos



Fuente: elaborada en base a Mochón, Francisco. "Economía teoría y política". 3ª ed. McGraw- Hill. España. 1994. P. 154.

Ahora bien, con la ayuda de la Figura 3.11a observamos que el crecimiento de la industria siderúrgica hablando en términos macro, como un desplazamiento de la Producción potencial hacia la derecha que permitirá el incremento paulatino de la producción de 1991 ( $Q_{1991}$ ), hasta alcanzar el punto ( $Q_{2000}$ ); debido a que la industria producirá acero mediante el BOF y la Colada continua, que han sido, seguramente en el siglo XX los dos procesos más espectaculares e importantes desarrollados en el campo siderúrgico y muy en particular en México en el campo de la reducción directa mediante el proceso HYL. Explicado de otra forma; las innovaciones técnicas permitirán el incremento de la Oferta agregada de 1991 ( $OA_{1991}$ ), en dirección al punto  $OA_{2000}$ . Suponemos esto, gracias al análisis de las tecnologías y por las tendencias mundiales marcadas que reflejan el incremento en la producción acerera, que llevó en 1900 a producir 27 millones de toneladas y 710 millones en 1974 y 1980 se esperaba alcanzar 1.000 millón de toneladas y que se fabricará 75 % en BOF y un 18 % en HEA.<sup>21</sup>

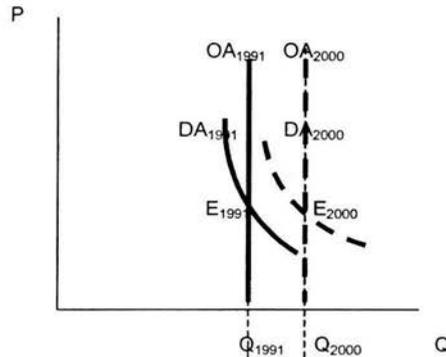
Debido a los anteriores adelantos técnicos en la industria nacional, el impacto en la producción y el empleo de estas innovaciones la expresaremos teóricamente mediante una función de producción agregada, la cual, determinara a la Oferta Agregada. Corroborando que son cuestiones de oferta y/o reales las que limitan el crecimiento del producto nacional y el empleo, dado que una mejor tecnología ( $\Delta t$ ) aplicada a los factores que intervienen en la producción (K, L); traerá consigo una mayor productividad al cierre del periodo ( $Pme_{2000}$ ) que la registrada en 1991 por lo que la productividad aumentará ( $Pme_{2000} > Pme_{1991}$ ). Esto llevará sin duda al incremento del acervo de capital K gracias al desplazamiento de la inversión empresarial hacia actividades que brinden mayor beneficio económico. Por tanto, hay un incremento en la producción potencial, del capital y

<sup>21</sup> Apraiz Barreiro, José. "Fabricación de Hierro, acero y fundición". Tomo I. 1ª ed. URMO.S.A. España. 1978. P. 718.

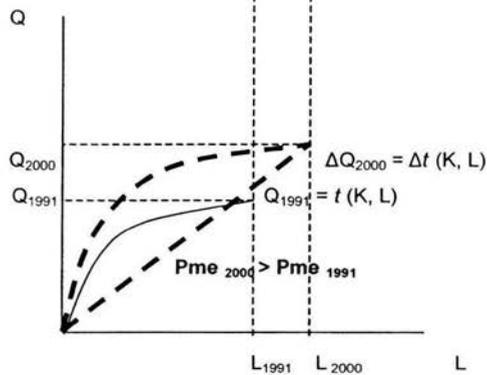


también del aumento de la demanda de mano de obra  $L$  en la industria. Lo anterior lo podemos ver gráficamente en la figura 3.11b.

**Figura 3.11 a. Incremento de la oferta agregada (OA) y la producción nacional siderúrgica (Q).**



**Figura 3.11b Función de producción agregada**



Más aún, si el modelo económico clásico es concordante con la realidad económica de nuestro país observaremos como las nuevas tecnologías aplicadas alientan el crecimiento económico del país, sin la participación económica del Estado. Ahora, damos paso al siguiente capítulo donde analizamos el impacto en los procesos siderúrgicos citados anteriormente, sobre los niveles de producción y empleo durante el periodo 1991-2000. Todo lo anterior, en función de los retos que imponen la apertura internacional del mercado acerero, la privatización de la industria y la búsqueda frenética por incrementar la productividad de las empresas para poder permanecer en el mercado.



# C A P Í T U L O I V

## INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y PRODUCCIÓN ACERERA EN EL PERIODO 1991-2000



En este último capítulo, observaremos la repercusión de la innovación tecnológica en la producción, el empleo y cambio hacia tecnologías más productivas en la industria siderúrgica integrada, para este fin separamos el capítulo en tres secciones.

En el primero, detallamos la evolución durante la década de los noventa de los procesos Siemens, BOF y HRD, así como el de la Colada continua, en la producción nacional. También, esta primera sección retoma un estudio el cual nos lleva a comprender la capacidad innovadora de la industria siderúrgica integrada. En el segundo apartado, tenemos el comportamiento de las cifras que arroja la industria durante la década pasada en el cual vemos la dinámica de la productividad, la producción y el empleo indicadores clave del funcionamiento de la industria acerera del país. Sin embargo, este documento no quedara concluido sin detenernos en analizar los determinantes de competitividad internacional de la industria nacional en especial al sector siderúrgico integrado, para cumplir con este objetivo hacemos comparaciones en cuanto a insumos y promoción a la I+D.

#### **4.1 Dinámica de los procesos en la industria**

Si bien en el anterior capítulo vimos que las expectativas de crecimiento económico en el mundo eran muy optimistas se esperaba que la producción de acero mundial llegaría a 1000 millones de toneladas, al comenzar los años ochenta, en realidad fue de 700 millones de toneladas en esos años,<sup>1</sup> la merma en la producción se debió al gran aumento del precio del petróleo, así como de un cambio de modelo económico, que interpretaba a la economía por el lado de la oferta, por lo que; el Estado renunció a participar como el principal agente económico, en la mayoría de los países con economía de mercado, y por otra parte la crisis de la deuda externa en nuestro país, repercutió en las expectativas nacionales, prueba de ello fue la demora de las dos fases de SICARTSA y la suspensión de las otras dos fases.

Es así como en casi toda la década de los ochenta el aparato industrial de nuestro país atraviesa por un periodo de ajuste estructural, para poder competir internacionalmente sin apoyos gubernamentales.

Y no es hasta 1991, cuando una nueva política económica de oferta opera plenamente en México. A partir de este año, toda la industria nacional del acero corre por cuenta de la iniciativa privada, por lo que estos empresarios bajo un esquema de conducta maximizadora, tienden a aproximar la oferta agregada de la industria hacia la Producción potencial. Continúan también; con la modernización de la planta productiva, a la vez, que este año se elimina la fabricación de acero por medio del horno Siemens en nuestro país.

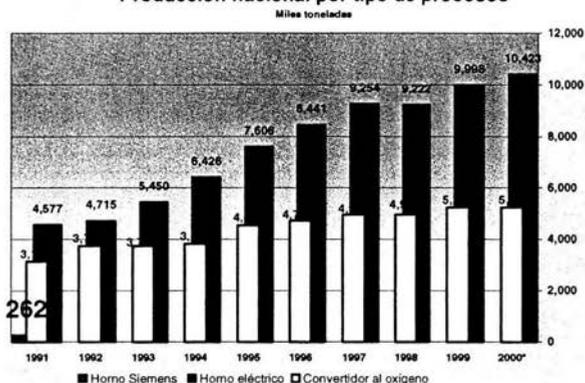
<sup>1</sup> CANACERO. "Diez años de estadística siderúrgica", 50 Aniversario 1989- 1998. P. 4.



En particular, si damos cuenta del dinamismo de la producción de acero por la vía tecnológica HRD, tenemos que ha crecido de manera importante en la década presentada, llegando en 1997 a poco más del doble de lo alcanzado en 1991, mientras que el BOF a pesar de haber mostrado una tendencia ascendente, hacia 1996 y 1997 presenta un crecimiento promedio del 4% anual (ver figura 4.1).<sup>2</sup>

Figura 4.1

Producción nacional por tipo de procesos



Fuente: CANACERO, "Diez años de estadística siderúrgica 1990-2000"

Durante este periodo, la industria siderúrgica integrada mexicana a registrado dos cambios tecnológicos muy importantes, siguiendo las tendencias al igual que en el resto del mundo. Al mismo tiempo que se desarrolla la nueva tecnología para la elaboración de arrabio insumo para el BOF y del hierro esponja insumo del HRD, se observaron cambios en la producción, como lo vemos en la figura 4.2, el hierro esponja en esta década fue el material de carga para la aceración más producido. Lo cual marca una tendencia para los próximos años, recuerde que en esencia el proceso HRD es el proceso HYL de origen mexicano. Gracias a esto nuestro país se ha convertido en el principal productor de hierro esponja, y ha formado un círculo virtuosos por la propiedad intelectual de este proceso ya que la empresa HYLSA, a comenzado a instalar plantas productoras de hierro esponja en el extranjero, especialmente en los países Asiáticos.

Otro cambio tecnológico que notamos en esta década lo vemos en la figura 4.3, y se debe al paulatino incremento de la producción nacional, por medio de la Colada continua proceso que desde los años setenta y ochenta se incorpora a la planta productiva integrada del país, siguiendo la misma tendencia mundial.

<sup>2</sup> Cabe recordar que las cinco empresas integradas existentes en el país han contribuido aproximadamente con el 80% de la producción total de acero, con lo que su participación se ha mantenido similar a la alcanzada antes de dicho año, cuando una parte importante de la industria era controlada por el Estado. De aquí la importancia de la rama integrada en las cifras de la industria total que utilizamos en el siguiente apartado.



**Figura 4.2**



**Figura 4.3**



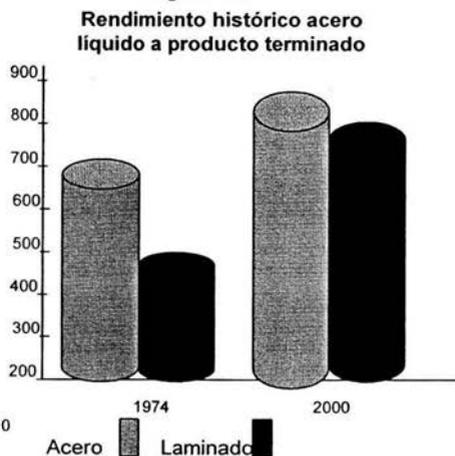
Fuente: CANACERO, "Diez años de estadística siderúrgica 1990- 2000".

La optimización que brinda la Colada continua, en la producción de acero tiene grandes efectos desde el punto de vista del ahorro en materias primas; de energía, así como de mano de obra y también en menor gasto de capital en forma de equipo. De 1975 al 2000, el rendimiento de acero líquido a producto terminado aumentó de 65% a poco más de 90% (véase figura 4.4).

**Figura 4.4**



**Figura 4.5**



Fuente: Simón Domínguez, Nadima., Rueda Peiro, Isabel. "Globalización y Competitividad, la industria siderúrgica en México". 1ª ed. IIEC-UNAM. 2002. P.176.

El resultado de la mayor optimización de la planta siderúrgica entre el acero líquido y los productos laminados, se puede ejemplificar al comparar el crecimiento de estos dos renglones entre 1974 y el 2000. Así, mientras que la producción de acero aumentó un 18%, la producción correspondiente de laminados aumentó en 57%, como puede observarse en la figura 4.5. "La Colada



continua trajo la desaparición de miles de puestos de trabajo en procesos obsoletos, pero también creó otros en áreas de nueva tecnología. Sobre todo, racionalizó el balance de materiales y de energía de la industria. Generalmente, los costos del cambio tecnológico se concentran en el corto plazo y los beneficios sólo pueden ser evaluados en el largo plazo”.<sup>3</sup>

#### 4.1.1 La actitud innovadora por empresa

Este subapartado se apoya en el estudio llamado “Competitividad, comercio exterior y tecnología de la industria siderúrgica integrada en México” que fue realizado por Alvarez Medina, Ma. De Lourdes, en el cual se presentan los resultados de una encuesta realizada a funcionarios de cuatro siderúrgicas integradas en México: AHMSA, HYLSA, SICARTSA e IMEXSA, para conocer la capacidad innovadora de la industria integrada.<sup>4</sup>

En el estudio, HYLAMEX es la siderúrgica de mayor desempeño innovador, por que es la única que realiza actividades de (I+D) formalmente, y tiene patentes tanto nacionales como internacionales. Los directivos de AHMSA, SICARTSA e IMEXSA señalaron innovaciones incrementales que no se formalizan a través de patentes y van dirigidas a mejoras en el proceso con el objeto de elevar la calidad y reducir costos.<sup>5</sup>

En AHMSA, se registra la existencia de innovaciones que se han realizado en los talleres de la empresa, todas ellas de proceso. Por ejemplo, el proceso de recocido, que le valió el premio de “Círculos de calidad” que se otorga cada año y le permitió ahorrar 4 millones de dólares.

Los funcionarios de SICARTSA reportaron entre sus innovaciones más importantes la construcción de un carro termo para transportar arrabio, éste fue fabricado dentro de la empresa y tiene un valor de un millón de dólares. Menciona también un proyecto para fabricar ladrillos de escoria, que deberán servir como insumos para el nuevo horno eléctrico, lo que les permitirá reciclar acero, evitar contaminación y bajar costos.

En IMEXSA, algunos directivos señalaron como una de sus principales innovaciones el método desarrollado para fabricar acero utilizando al 100% el HRD. Indican que son los únicos en el grupo ISPAT y en México que fabrican acero sin usar chatarra y que esto les da una ventaja comparativa ya que el acero que obtiene es de alta pureza. En general, sus innovaciones son producto de su búsqueda continua para reducir costos, principalmente en energéticos.

<sup>3</sup> Retomado de Simón Domínguez, Nadima., Rueda Peiro, Isabel. “Globalización y Competitividad, la industria siderúrgica en México”. 1ª ed. IIEC-UNAM. 2002. P.189., elaborado con cifras de las estadísticas del “Instituto Internacional de Siderúrgica y Hierro. (IISI)”. P.175-176.

<sup>4</sup> Op. cit. P. 224.

<sup>5</sup> En el estudio no se analiza a TAMSA



En cuanto al tipo de inversión en tecnología (1992-1999). La tendencia de la industria siderúrgica en los países industrializados es hacia la creación de productos con mayor valor agregado, mientras que disminuyen Producción potencial y abandonan partes del proceso productivo que son contaminantes, dejando que éstos se lleven acabo en los países en desarrollo. Por lo anterior, damos a conocer el objetivo de las principales inversiones en tecnología que se realizaron en las siderúrgicas integradas ubicadas en México en la década de los noventa.

HYLSA invirtió 1500 millones de dólares en tecnología. Esto representa 44.4% de la inversión total de las siderúrgicas integradas. Dirigió la inversión a crear nuevas tecnologías en su planta de HRD, a instalar equipo para fabricar productos como es la lámina ultra delgada de alta calidad y muy bajo costo, este nuevo producto tiene un gran futuro dentro del mundo siderúrgico. También incluyó en su inversión instalaciones para fabricar aceros recubiertos que han incrementado su demanda en forma importante durante los últimos años. Esto le permitió incrementar el valor agregado en la mezcla de productos, ya que la lámina galvanizada se vende a precios tres veces superiores al precio del planchón y al doble de la laminada rolada en caliente.

AHMSA invirtió 971 millones de dólares, que representan 28.8% del total de la inversión de las siderúrgicas integradas. Dirigió su inversión a modernizar los procesos que agregan mayor valor al producto, como son los laminados recubierto, ya sea galvanizados o pintados. A pesar de que la empresa aparece en segundo lugar en inversión, ésta vendió la línea de galvanizado y pintado a Industrias Monterrey, S.A., durante el inicio de su crisis financiera, por lo que le quedaron activos con mayor calidad, menor tiempo, etc.

SICARTSA e IMEXSA han invertido pocos recursos y los han destinado a incrementar su capacidad instalada, automatizar equipo que mejora el proceso productivo y la calidad, lo que les permite diferenciar un poco sus productos. De hecho, la estrategia de IMEXSA depende del Grupo ISPAT y aunque sería factible que empezara a fabricar productos con mayor valor agregado, como son los laminados, la empresa seguirá dedicada a vender productos semiterminados.



## 4.2 Incremento de la productividad, el principal impacto

Para 1992 toda la industria siderúrgica esta en manos de la iniciativa privada sin participación gubernamental o programas de apoyo y dentro de un ambiente de liberalización de mercados, por lo tanto se eliminan los impuestos especiales o regulaciones excesivas. El cuadro 4.1, nos muestra el comportamiento de la Producción potencial, Producción, el Empleo y el Producto medio o productividad.

Cuadro 4.1  
Indicadores de Productividad en la Industria Siderúrgica de México

Año	Producción potencial <sup>A</sup>	Producción de acero <sup>B</sup>	Empleo	Productividad
	PP	Q	L	Q/L
1990	11,052.30	8,734.20	48,921	179
1991	11,003.30	7,964.00	37,990	210
1992	12,543.30	8,459.40	32,058	264
1993	12,720.40	9,198.80	31,358	293
1994	13,820.40	10,260.10	28,631	358
1995	13,730.40	12,147.40	32,101	378
1996	14,955.40	13,171.80	33,816	390
1997	15,561.40	14,218.30	34,000	418
1998	18,055.40	14,181.70	33,500	423
1999	18,493.40	15,242.70	30,000	508
2000	18,918.40	15,586.20	29,500	528
2001	18,918.40	13,300.00	29,500	451
2002	18,918.40	14,050.50	28,000	502

A: Se refiere al total de acero líquido

B: Se refiere sólo a las empresas integradas y las acerías

Fuente: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). "Examination of country reports submitted for peer review exercise", Directorate for science, technology and industry. P. 3.

Como un total, las empresas siderúrgicas emprendieron inversiones aproximadamente de 6 billones de dólares en la modernización de sus plantas, llevando a incrementar la Producción potencial en poco más 7 millones de toneladas, para llegar cerca de los 19 millones de toneladas de acero,<sup>6</sup> (vea la figura 4.6). Esta es la década de mayor crecimiento en la Producción potencial superando incluso al periodo de los años setenta,<sup>7</sup> donde el Estado intervino decisivamente a incrementar la producción siderúrgica.<sup>8</sup>

Sin embargo, la privatización y el cambio tecnológico, implicaron la reducción del empleo en 1990 eran aproximadamente más de 50.000 empleos disminuyendo alrededor de 29.500 plazas en 2000. Esto dio como resultado, un significativo incremento de la productividad y se refleja en las casi 2 toneladas per cápita en 1990 y alrededor de las cinco toneladas per cápita en 2000, como

<sup>6</sup> Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). "Examination of country reports submitted for peer review exercise". Directorate for science, technology and industry. P. 1.

<sup>7</sup> Regrese al cuadro 2.11 de la P.34, para mayor referencia.

<sup>8</sup> Para estudiar el comportamiento de la producción y el consumo nacional puede consultar, CANACERO. "Diez años de estadística siderúrgica, 1989-1998". (Edición de 50 aniversario). P.3.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



podemos ver en la figura 4.7, la productividad se elevó en un poco más del doble. Esto se debe a que junto a las innovaciones tecnológicas como el BOF, HRD, y la Colada continua que maximizaron la producción, también se les unió una nueva organización en el trabajo llamada Toyotismo o *Just in time*, así como de un mayor incremento de equipo de cómputo y automatización del proceso siderúrgico, lo que ha obligado a prescindir de actividades repetitivas las cuales son hechas por los nuevos dispositivos automatizados. Por lo que, la administración de las empresas que actúan según las señales de un mercado competitivo, han organizado a su personal para laborar de forma eficiente y productiva, anteponiéndose así, a la visión paraestatal la cual tenía como principio generar y mantener los empleos aun que se sacrificara la productividad de la empresa, con el fin de elevar la demanda efectiva.

Figura 4.6

Desempeño siderúrgico Mexicano  
1990-2000  
millones de toneladas

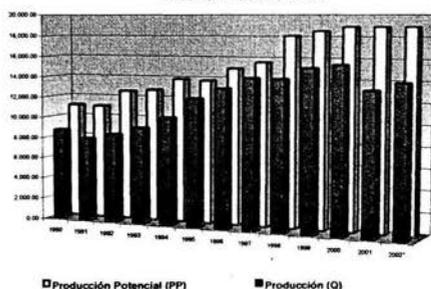
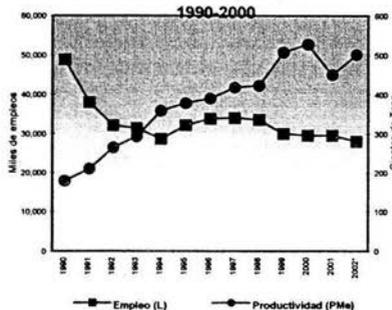


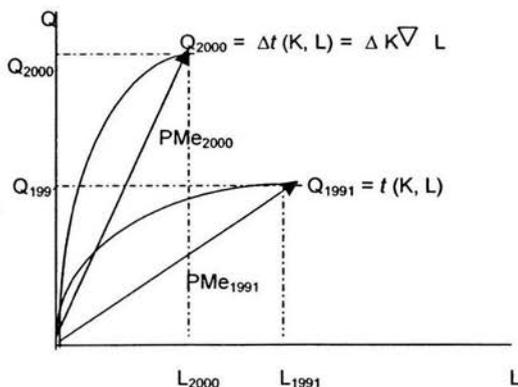
Figura 4.7

Productividad y Empleo  
1990-2000



Fuente: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Examination of country reports submitted for peer review exercise - Directorate for science, technology and industry - P. 3.

Figura 4.8 Función de producción agregada 1991-2000





Contrastando la teoría expresada mediante la figura 3.11b de la página 65 con el comportamiento real de la función de producción agregada expresada en la figura 4.8, se registra un incremento del producto siderúrgico nacional al año 2000 ( $Q_{2000}$ ). Sí bien, la producción del año 1991 ( $Q_{1991}$ ) y corresponde en gran parte a las innovaciones técnicas ( $\Delta t$ ) pero también a las políticas económicas de ajuste estructural que simultáneamente permitieron el incremento del acervo de capital ( $\Delta K$ ) y llevando al incremento del  $PME_{2000}$  respecto al  $PME_{1991}$ . La única variable que no aumento según lo expuesto teóricamente fue el trabajo ( $\nabla L$ ), esta caída acelerada del empleo se mantuvo durante los primeros años del periodo llegando a ser positiva cuando el país encuentra acceso al mercado del TLCAN en los años 1994 a 1997; justificando así, los supuestos clásicos de la oferta, pero no recuperan los empleos perdidos vea la figura 4.7.

### 4.3 La competitividad de la industria siderúrgica mexicana

El incremento de la productividad y la disminución en el consumo de mano de obra, así como la firma de un TLCAN, junto con la devaluación de 1994 en nuestro país, prepararon el auge de las exportaciones mexicanas de acero a EE.UU., por lo anterior tenemos que observar el siguiente cuadro 4.2, donde comparamos los rubros que sustentan la competitividad de la industria mexicana.

En comparación con Canadá y EE.UU., nuestro país presenta costos de producción más bajos por tonelada métrica despachada, como podemos ver en el siguiente cuadro 4.2. En México en número de horas-hombre necesarias para producir una tonelada de acero en promedio es el doble del número de horas necesario en EE.UU y Canadá. Sin embargo, debido a los bajos salarios que perciben los trabajadores mexicanos comparados con los otros dos países, el costo total de la mano de obra es inferior 36% y 43%.<sup>9</sup>

**Cuadro 4.2**  
**Comparación de costos**

Dólares por toneladas a marzo de 1997

	EE.UU	Canadá	México
Horas-hombre por tonelada de acero. Costo por hora	4,20	4,50	8,70
Costo de mano de obra por ton.	37,00	30,50	10,00
Materia prima	141,00	144,00	117,00
<b>Otros materiales</b>	177,00	176,00	173,00
Costos de operación	472,00	456,00	377,00
Más: Gasto financieros	38,00	37,00	57,00
Costos antes de impuestos	510,00	493,00	434,00

Fuente: Op. cit. P.114, elaborado con datos de "Sharkey, Andrew, Perspectivas para el NAFTA y la integración de las Américas, ponencia presentada en el congreso de ILAFA, 1997".

<sup>9</sup> Álvarez Medina, María Lourdes. "Cambio tecnológico en la industria siderúrgica mexicana integrada (1992-1999)". Tesis Doctorado en Administración de Organizaciones. UNAM. México. 2000. P. 114.



Por otro lado, el costo de las materias primas básicas como el mineral de hierro y el carbón es 20% más bajo en México que en EEUU y Canadá pero no se tiene esta ventaja en otros materiales. En tanto los gastos financieros son mayores para nuestro país en aproximadamente 33 %. Los costos promedio antes de impuestos en México son inferiores a los de EE.UU y Canadá en 17 y 21 % respectivamente, por lo que nuestra industria no es tan productiva y eficiente como las de los otros países, basando su competitividad en bajos salarios y bajos costos de materias primas.<sup>10</sup>

En el siguiente listado observamos que en el 2003 nuestro país se encuentra en el ámbito mundial dentro de los siguientes rubros:<sup>11</sup>

a)	Población-----	8°
b)	PIB-----	9°
c)	Territorio-----	11°
d)	Exportación de bienes-----	12°
e)	I+D-----	25° con 0.4% del PIB
f)	Tecnología-----	47°
g)	Urbanización-----	49°
h)	Competitividad-----	53° de 59 países
i)	Desarrollo Humano-----	54° <sup>12</sup>

Ahora bien analizando en los primeros cuatro rubros nuestro país se encuentra dentro de las primeras quince naciones más pobladas lo que significa que hay un gran mercado potencial, así como de tener una de las riquezas nacionales más grandes, pero a partir del quinto punto observamos que el reto para los siguientes años es avanzar en cuestiones de ciencia y tecnología, por que nuestra capacidad de generar producto y colocarlo en el extranjero es buena; pero por carecer de generación o asimilación de tecnología este producto es de bajo valor agregado por su baja calificación técnica, y un ejemplo puede ser el auge exportador de semiterminados por IMEXSA. Sin embargo, esto trae sin

<sup>10</sup> Op.cit. P.114.

<sup>11</sup> La información del rubro de tecnología y competitividad, la obtuvimos de: Cabrera Villegas, Jorge. "Indicadores internacionales de competitividad", Hacia los límites del conocimiento, IPN-CIECAS, Vol. VI, No. 5, 2004. P. 11,12.

<sup>12</sup> "México destina hoy día el 0.4% del PIB a investigación y desarrollo experimental, es decir, en un país de más de 100 millones de personas, sólo 45 mil se dedican al que hacer científico y tecnológico, de éstos se considera que sólo 25 mil son investigadores, de los cuales 16 mil están registrados en el Sistema Nacional de Investigadores. De ellos, solo mil están en el área de ingeniería civil, industrial, eléctrica, mecatrónica, química, física, etcétera.

... hay una relación profundamente estudiada, desde el punto de vista académico, entre la inversión, la investigación, el desarrollo y el gasto que hace un país en ciencia y tecnología, con la competitividad y la calidad de vida reflejada en términos de ingreso *per cápita* de la población. Estados Unidos por ejemplo, con cerca de un 2.7% en gasto del PIB en ciencia y tecnología, se ubica en una posición competitiva primaria, número uno a nivel mundial, con un ingreso *per cápita* varias veces mayor al que tiene un país como el nuestro. Vemos que países como España, que hace 30 años tenía un desarrollo económico y social más rezagado que el nuestro, ahora ha marcado, junto con Corea y Brasil, una enorme diferencia con países como México....

... Mucha gente –continúo- cree que solamente los países ricos invierten en ciencia y tecnología, y es exactamente al revés, los países que en algún momento hicieron inversiones en este rubro han alcanzado riquezas, como Japón o Corea, que no cuentan con recursos naturales ni petróleo pero han logrado la supremacía mundial en tecnología. ..." cita y datos expuestos por el Dr. Manuel Méndez Nonell, durante su conferencia titulada "Políticas de apoyo a la investigación, ciencia y tecnología", obtenidos de la Publicación TECNOCULTURA. Tecnológico de estudios superiores de catepec (TESE). Año. 3, No.5, 2003. P. 4-6.



duda, repercusiones hacia el medio ambiente y en detrimento del desarrollo humano de nuestro país.

A manera de conclusiones, podemos decir que durante la década pasada lo que ha predominado es un cambio tecnológico, más no un predominio de innovaciones en los procesos y en la organización del trabajo. Las empresas sólo han seguido la inercia mundial en tecnología comenzada por el Estado en la década de los setenta, y una vez privatizada la industria siderúrgica, persigue la minimización de costos, para esto se ha recurrido al despido de miles de empleados. Otro factor importante durante este periodo se debe a que la industria contó con materias primas baratas esto incidió en aletargar la actividad innovadora de las empresas, ya que con las anteriores acciones se obtienen beneficios. Con este, capítulo termina nuestra investigación y pasamos a detallar nuestras conclusiones finales.



## CONCLUSIONES



El eje de nuestra hipótesis radicó en establecer; mediante el marco teórico que brinda la Nueva macroeconomía clásica, el impacto de la innovación tecnológica como causa principal del pujante incremento de la producción acerera integrada durante la década de los noventa. A lo anterior, podemos afirmar que la teoría económica sustento del nuevo paradigma clásico; la cual tiene como parámetro ideológico la competencia perfecta, también puede desenvolverse y adaptarse muy bien a una competencia monopólica donde la innovación tecnológica rompe con los cuestionamientos sobre la pérdida de la eficiencia de los mercados, tornándola en el catalizador del sistema económico y donde el científico es el promotor del crecimiento económico de las naciones. Esta teoría puede explicar y correlativamente en la realidad económica y pone a nuestro alcance soluciones para convertirse en políticas económicas.

Una vez, analizando el incremento de la producción, podemos decir que en este periodo se encontró operando un cambio de tecnologías sustitutivas de trabajo. Por que, los procesos BOF, HRD, Colada continua ya habían sido instalados en la industria desde los años setenta por las empresas paraestatales, por lo que, no hay innovación de gran tamaño en la industria. De lo anterior, podemos decir que la innovación se da en los años setenta pero el cambio tecnológico se da en los noventa. Mas aún, la industria una vez, privatizada totalmente a partir de 1991, esta tratando de encontrar su punto de coste mínimo por esto continuara el desempleo y el incremento de la productividad, vía el incremento del acervo de capital en la industria.

Para evitar el desempleo hay que invertir en I+D, así como de crear empresas nuevas, ya que el incremento de la producción en la industria no garantizara el incremento del empleo. Los capítulos anteriores muestran a una IP (iniciativa privada) protagonista de un cambio tecnológico dedicada a seguir las tendencias mundiales, periodo donde las acereras integradas no han invertido en innovación tecnológicamente. La falta de actitud innovadora las sitúa en una posición vulnerable dentro del mercado mundial ya que pueden perder competitividad, salvo HYLSA que es la que tiene un programa de I+D.

Nuestro primer objetivo; y desarrollado en el Capítulo I, planteaba establecer si la innovación tecnológica ayuda a incrementar el nivel del producto de una nación, y si en la teoría económica la innovación incrementa el bienestar microeconómico, hemos fijado que es determinante para el sistema económico la constante innovación que conlleve al cambio progresivo de tecnologías más productivas, ya que este dinamismo es lo que sustenta en gran parte al paradigma de la Nueva macroeconomía clásica dando énfasis a la creación de capital humano el cual garantiza el buen funcionamiento de una economía de mercado.

En nuestro segundo objetivo buscamos explicar el surgimiento y comportamiento de la industria durante el periodo 1991-2000. por lo que en el Capítulo 2, observamos que esta industria ha podido sortear los retos que un mercado mundial impone logrando ganar competitividad en los mercados asiáticos y en particular en el de EE.UU.. Gran parte de las exportaciones



siderúrgicas se han realizado, por las políticas económicas de ajuste estructural que originaron malas condiciones del mercado nacional aunado a las sucesivas crisis económicas y en especial la de 1994.

Para el cumplimiento de nuestro tercer capítulo, cabe decir que fue el que nos costo más trabajo, por nuestra formación de economistas se nos dificultó la comprensión de términos técnicos en materia siderúrgica, pero que fue necesario dominar para que este capítulo cumpliera con su objetivo, de manera que la información esta muy cuidada para que pueda ser entendible por lectores no expertos en estos temas. Para este fin, analizamos diferentes procesos siderúrgicos y observamos que precisamente las innovaciones que introdujo el Estado en los años setenta han sido las que más han optimizado la producción en el último cuarto del siglo XX. El BOF incremento la producción en gran manera al igual que la Colada continua a la vez que esta minimizo los costos. Por otra parte; el procedimiento HRD ha demostrado ser una de las tecnologías más eficientes y acordes a la disponibilidad de materias primas en el país este procedimiento fue adaptado en México por medio del proceso HYL, de aquí la importancia de adaptabilidad y que esta empresa se encuentre como dominante dentro de la industria; siempre y cuando, el gas natural y la electricidad, los cuales son los principales insumos para producir fierro esponja se encuentren disponibles de forma económica para esta actividad. La formula para asegurar que la industria cuente con estos insumos económicos y que no pierda competitividad en el plano internacional, debe apuntar a la conducción de inversión privada al sector energético, por lo que, su reforma aumentara la Producción potencial energética del país.

Para el cuarto objetivo, en el respectivo Capítulo 4, señalamos que en verdad el impacto de estas tecnologías incrementó la producción ya que después de pasar por un periodo de reconversión todavía durante nuestro periodo de estudio la industria siderúrgica integrada esta luchando por conseguir la optimización económica de sus recursos productivos. Las empresas ahora en este periodo muestran un comportamiento racional por la privatización y buscan la obtención de beneficios, pero tomando como estrategia disminuir costos. Debido a la existencia de un mercado nacional deprimido, un mercado internacional con sobreproducción siderúrgica, y la existencia de tecnologías que no permiten la flexibilidad de las empresas en un periodo donde la demanda ya no esta garantizada, esto lleva alas empresas a reducir trabajadores agravándolo, aún más, el *just in time* y la automatización. Por lo tanto el cambio tecnológico fue precedido de un incremento de la producción y la productividad así como de la competitividad pero no así del empleo como lo dicta la teoría económica, esto quizá, se debe a que la reconversión industrial todavía esta en marcha. La industria se muestra en lucha por consolidarse y sobrevivir en mercados de gran competencia, como los del mundo de hoy. Desde otra mirada, se concibe que la productividad se incrementa pero en detrimento de puestos de trabajo, es decir, desempleo de trabajadores y aumento de la productividad en la industria del acero son una función inversa relativamente y sellan este periodo de la industria siderúrgica integrada.



## RECOMENDACIONES



Por toda la situación expuesta a lo largo de este documento nos es posible recomendar la conformación de un Instituto Mexicano del Acero, coordinado y auspiciado por el Consejo nacional de ciencia y tecnología (CONACYT); que promueva la alta tecnología en materia siderúrgica al mismo tiempo que elabore un programa que vincule directamente a universidades e institutos de educación superior y empresas nacionales en la creación, desarrollo y mejora de procesos productivos y materiales siderúrgicos; así también de elaborar métodos para economizar materias primas, etc, etc. Por lo que esta institución debe enfocarse también en la formación de capital humano así como de contar con un programa de fomento de la cultura empresarial para incubar ideas o propuestas patentadas en sus instalaciones o mejor dicho en sus laboratorios y buscar financiamiento para la formación de unidades productivas.

Este proyecto debe operar con recursos de la IP, el Estado debe apoyar por medio de una política fiscal especial dándole prerrogativas a este gasto. Si bien el Estado tiene la responsabilidad más grande en estas cuestiones en un país como el nuestro que esta en vías de desarrollo precisamente por la falta de conocimiento. La IP también debe empezar a arriesgarse e invertir en I+D, aunque los beneficios no se observen en el corto plazo, siempre el gasto en I+D es garantía de un buen porvenir para los agentes económicos implicados. Este instituto; arrojaría beneficios a mediano y largo plazo, pero se deben promover prioritariamente proyectos que den resultados en el corto plazo para no minar la solvencia financiera de las empresas. Las industrias altamente dependientes del acero como lo son la construcción y la automotriz así como la metalmecánica que están relacionadas directamente con la producción de bienes de capital, serían las más favorecidas

La pauta que marca el proceso HYL nos da alientos esperanzadores, sabemos que es difícil y costoso este tipo de tareas, pero esta es la vía más factible ya que; incrementar el gasto en el rubro de educación, aun más en especial al rubro de I+D; que busque generar el capital humano de primer nivel se convierte en gran prioridad en nuestro país y más aún que impacte favorablemente en la producción, empleo y nivel de vida, para atenuar las altas tasas de desempleo en el país.



## BIBLIOGRAFÍA



1. Andjel, Eloisa. *Keynes: Teoría de la demanda y el desequilibrio*. 1ª. ed. Facultad de Economía, UNAM-DIANA. 1992.
2. Álvarez Medina, María Lourdes. *Cambio tecnológico en la industria siderúrgica mexicana integrada (1992-1999)*. Tesis de Doctorado en Administración de Organizaciones. UNAM. México. 2000.
3. Apraiz Barreiro, José. *Fabricación de Hierro, acero y fundición*. Tomo I y II. ed. 1ª. URMO.S.A. España.
4. Cabrera Villegas, Jorge. Indicadores internacionales de competitividad, "Hacia los límites del conocimiento", IPN-CIECAS. Vol. VI, No. 5, 2004.
5. CANACERO. "Diez años de estadística siderúrgica". México. 1988-1997, 1989-1998, 1990-1999, 1991-2000.
6. CANACERO. "Directorio de socios", México .1989-1990, 2000
7. CANACERO, "Posición de la Industria Siderúrgica Mexicana ante los Retos". México.1998.
8. Corona Treviño, Manuel. *Teorías económicas de la innovación tecnológica*. 1ª ed. CIECAS-IPN. México. 2002.
9. Dornbusch, Rudiger. Fischer, Stanley. *Macroeconomía.*, 6ª.ed. McGraw-Hill. España. 1994.
10. Elster, Jhon. *El Cambio Tecnológico -Investigaciones sobre la racionalidad y la transformación social-*. 1ª ed. Gedişa. España., 1992.
11. Freeman, Christopher. *La Teoría económica de la innovación industrial*. 1ª. ed. Alianza. España. 1975.
12. González. S, Fernando. *La industria Siderúrgica de México*. -notas para la planeación, Volumen I. 1ª ed. IIEC-UNAM. México. 1956.
13. Jones, Hywel G. *Introducción a las teorías modernas del crecimiento económico*. 2ª ed. España. 1988.
14. Keynes, Jhon. *Teoría General de la ocupación, el interés y el dinero*. 2ª ed. FCE. México. 1970.
15. Lasheras, José Ma. *Tecnología del acero*. 3ª ed. España. 1978.
16. Martínez peinado, Javier. *Economía mundial*, 1ª ed. Mc graw Hill. España. 1995.



17. Méndez Nonell, Manuel. Conferencia titulada: Políticas de apoyo a la investigación, ciencia y tecnología. "TECNOCULTURA". Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec (TESE). Año. 3, No.5, 2003.
18. Mochon, Francisco. *Economía teoría y política*. 3ª ed. Mc-Graw Hill España. 1994.
19. Nelson, Peck y Kalachek. *Tecnología, Crecimiento Económico y Bienestar Público*. 1ª ed. Limusa. México. 1996.
20. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). "Examination of country reports submitted for peer review exercise". Directorate for science, technology and industry.
21. Ortiz Wadgyamar, Arturo. *Política económica de México 1982-1994*. -Dos sexenios neoliberales-. 2ª ed. Nuestro tiempo. México. 1994.
22. Pérez-Moreno, Lucía. Rumbo a la Unión Americana. "Acero-Steel, North American Steel Journal". CANACERO. Vol.4, #26. 1999.
23. Phelps, Edmundo S. *Golden Rules of economic Growth*. 1ª ed. W.W. Norton & Company Inc. EE.UU. 1966.
24. Robinson, Joan. *Ensayos sobre análisis económico*. 1ª ed. F.C.E., España. 1960.
25. Rózga Luter, Ryszard. Evolución en Economía. Publicación de CIECAS, IPN. "Hacia los límites del conocimiento". Vol. 5. No. 19. 2003.
26. Rueda Peiro, Isabel. *De la privatización a la crisis – El caso de Altos Hornos de México-*, Colección Jesús Silva Herzog. 1ª ed. Porrúa. México 2001.
27. Rueda Peiro, Isabel. *El Capitalismo ya no es de Acero*. 1ª ed. IIEC-UNAM. Mexico. 1990.
28. Samuelson, Paul A. y Nordhaus, William D. *Economía*. 15ª ed. McGraw-Hill. España. 2002.
29. Sariego, Juan Luis. y Reygadas, Luis. *La Industria paraestatal mexicana – El Estado y la minería mexicana (Política, trabajo y sociedad durante el Siglo XX)*. FCE. México. 1988.
30. Simón Domínguez, Nadima. y Rueda Peiro, Isabel. (Coordinadoras), *Globalización y Competitividad –la industria siderúrgica de México-*, IIEC-UNAM. México. 2002.



31. Smith, Adam. *Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*. 2ª ed. al Español. FCE. México. 1958.
32. Suárez, Andrés S. *Diccionarios de economía y administración*. 1ª ed. McGraw-Hill. España. 1992.
33. United Nations, Economic Commission for Europe. "Iron and Steel Scrap", Steel series., Italy. 1991.
34. Varian Harl, R. *Microeconomía Intermedia*. 4ª ed. Antonio Bosch. España. 1996.
35. Villegas, Jaime. Información, la nueva economía del conocimiento. "Hacia los límites del conocimiento". CIECAS-IPN. Vol.:V. No. 21. 2003.
36. Zorrilla Arena, Santiago. Silvestre Méndez, José. *Diccionario de economía*. 2ª ed. Océano. México. 1985.