

# Estrategias tecnológicas de Hylsamex

••••• ALENKA GUZMÁN

MANUEL SORIA\*

En este trabajo se analizan las estrategias tecnológicas de la empresa siderúrgica Hylsamex<sup>1</sup> durante los últimos cuatro decenios. Esta empresa se ha caracterizado por su desempeño tecnológico, en particular por su actividad innovadora endógena que parece haber sido clave en el crecimiento de la productividad y en la creación de ventajas competitivas en los mercados nacional e internacional. Hylsamex ha basado la formación de sus capacidades tecnológicas en dos fuentes: la exógena y la endógena. Así, esta firma mexicana del acero ha adquirido un flujo de tecnología externa (maquinaria y equipos, asesoría, programas de cómputo, entre otros) de origen nacional o extranjero y también se ha nutrido de la innovación endógena gracias a un conjunto de factores entre los que destacan la investigación y desarrollo (ID) y el elevado perfil del capital humano. Primero se aborda la organización productiva de Hylsamex; más adelante se estudian las fuentes exógenas de creación tecnológica de dicha controladora por medio de los contratos de transferencia tecnológica (CTT), y por último se analiza la generación de tecnología endógena a partir del indicador de patentamiento.

## LA ORGANIZACIÓN PRODUCTIVA DE HYSAMEX

Hylsamex tiene nueve unidades de operación: a) División de Productos Planos de HYLSA; b) División de Productos No Planos (varilla y alambón); c) División de Tubos y sus Productos; d) División de Tecnología HYL; e) División de Materias

1. Hojalata y Lámina, S.A. (HYLSA) inició sus actividades como relaminadora en 1943 y actualmente es una siderúrgica integrada con actividades conexas. Hylsamex es una controladora (*holding*), filial del conglomerado Alfa del Grupo Monterrey.

Primas; f) Galvak;<sup>2</sup> g) Galvamet;<sup>3</sup> h) Hylsa-Bek,<sup>4</sup> e i) Acerex.<sup>5</sup> Estas unidades funcionan con el apoyo de las áreas de producción de chatarra, transporte y comercialización de acero.

Hylsamex produce el acero y sus productos en siete plantas, cada una con una línea de especialización ligada a las diversas divisiones. Por su dimensión y costos de producción, las plantas de Hylsamex pueden considerarse miniplantas (miniacerías), aunque son un poco más grandes y su sistema de producción de acero es totalmente integrado. Cinco plantas se ubican en el norte y dos en el centro del país. En Monterrey, Nuevo León, se localizan la de Aceros Planos (laminados) y la de Tubería de Acero; la de Lámina Galvanizada y Pintada se encuentra en San Nicolás de los Garza (Galvak-Galvamet), con una producción de 1.9 millones toneladas de acero líquido en ambas; en la población de Apodaca funciona una planta de barras que produce 4 400 toneladas de acero líquido; en la ciudad de Puebla se ubica la

2. Galvak se creó en 1980 y desarrolla la línea de galvanización del acero con tecnología moderna. Produce aceros recubiertos (galvanizados y pintados), tubería y perfiles industriales en diferentes presentaciones y acabados.

3. Galvamet produce paneles de acero y recubre la lámina.

4. Hylsa-Bek (Hylsa-Bekaert) produce alambre y sus derivados destinado a los mercados industrial, comercial y de la construcción.

5. Acerex es la división que realiza todos los servicios concernientes al soporte técnico, la entrega justo a tiempo y la calidad de los productos. Además incorpora valor agregado a los productos Acerex y mantiene una empresa conjunta con la estadounidense Worthington en un nuevo centro de servicio.

\* Profesores e investigadores de los departamentos de Economía de las unidades Iztapalapa y Xochimilco de la Universidad Autónoma Metropolitana, respectivamente <alenska@prodigy.net.mx>

planta de alambro y varilla, con una produccion de acero liquido de 6 800 toneladas. La division Hylsa-Bek tiene su planta de alambre y sus productos derivados en el Estado de Mexico y la division Acerex opera en la planta de San Nicolas de los Garza, Nuevo Leon. Finalmente las plantas de mineral de hierro se encuentran en Colima y Michoacan.

En conjunto las plantas de Hylsamex operan con un elevado empleo de la capacidad instalada (95%) y su produccion representa cerca de una quinta parte de la nacional, con poco mas de tres millones de toneladas en 1997. En este ultimo ano la empresa se expandio a America del Sur al adquirir la cuarta parte del capital de la siderurgica venezolana Sidor (Siderurgica del Orinoco). Con ello Hylsamex casi duplico su capacidad instalada en produccion de toneladas de acero liquido por ano.

Hylsamex ha desarrollado capacidades tecnologicas para generar sus fuentes propias de insumos: mineral de hierro, electricidad y tecnologia de reduccion directa, lo cual le permite funcionar en una situacion de mayor estabilidad frente a las fluctuaciones de los precios o escasez de estos insumos. Las minas de mineral de hierro operan con innovaciones tecnologicas que garantizan productividad y seguridad.

El progreso tecnologico de la empresa ha contribuido a mejorar la productividad y la calidad de los productos y a diversificar productos. La mejoría de la productividad de Hylsamex es comparable con los estándares mundiales. En 1987 la empresa requería 10 horas/hombre para producir una tonelada de acero; este nivel de productividad se redujo a la mitad en 1994, lo cual significa una clara convergencia con la productividad registrada por las siderurgias de los países industrializados.<sup>6</sup> Un conjunto de productos siderurgicos se transforman en otros de mayor valor agregado. Por ejemplo, las planchas laminadas en caliente se transforman en pipas y tubos estructurales; la plancha laminada en frío en productos galvanizados y pintados y en alambre y sus productos y sus derivados; la plancha galvanizada en paneles de poliuretano insulado, y la plancha de acero se corta al tamaño y dimensiones requeridas por los clientes.

Los principales productos siderurgicos fabricados por la empresa son, en orden de importancia por sus ventas: láminas (36%), lámina recubierta (galvanizada) y paneles de acero (23%), varilla (15%), alambro (7%), tubos (7%) y otros, 9% (mineral de hierro, tecnología).

Desde mediados de los ochenta Hylsamex orientó su producción a las exportaciones. Estados Unidos ha sido su principal mercado, pero en los años noventa los mercados se diversificaron hacia Europa y Asia. En 1995 crecieron de manera notable las exportaciones a Europa (Alemania, España e Italia), Sudamérica (Chile) y Asia (Japón y China), favorecidas por la fuerte devaluación del peso a finales de 1994.<sup>7</sup> En los años pos-

teriores continuó la diversificación, pero la crisis en los países del Sudeste Asiático y en Rusia limitaron las exportaciones a esas regiones.

En el mercado interno, Hylsamex abastece fundamentalmente a la industria de la construcción (70%) y en menor medida a la automovilística (15%). En 1997 contaba con 5 020 trabajadores sindicalizados y 3 076 empleados; 70% de la plantilla laboral se ubicaba en la producción; 2% en tecnología; 17% en la producción minera, y 11% en otras actividades. El nivel de empleo se redujo en los noventa: mientras que en 1990 el personal total fue de 10 500 trabajadores y empleados, en 1997 éste se había reducido 51.5 por ciento.

### LAS FUENTES EXÓGENAS DE CREACIÓN TECNOLÓGICA DE HYSAMEX

En general, las empresas que invierten en capital físico tangible (maquinaria y equipo) y en capital intangible (asesorías, patentes, programas de cómputo, ID, capacitación laboral, etcétera) realizan transferencia tecnológica hacia ellas proveniente del exterior. Según las teorías del crecimiento endógeno, la transferencia tecnológica ocurre no sólo con la compra de los bienes de capital, sino también con la adquisición del conocimiento tácito (*tacit knowledge*) y mediante otras formas de apropiación de los conocimientos y las técnicas, algunos de ellos no codificados o contabilizados. Además, las externalidades derivadas de la adquisición de la maquinaria y equipo y la difusión (*spillovers*) de los conocimientos de otras empresas o ramas industriales son fuentes adicionales de creación tecnológica.

Hylsamex se ha caracterizado por sus continuas e importantes inversiones en capital físico, especialmente de bienes de capital importados, y en diversos rubros definidos como capital intangible (ID, formación de capital humano y capacitación laboral). El colapso financiero de la economía mexicana a principios de los ochenta, la crisis de la deuda y la recesión en los años posteriores estancaron la inversión en muchas empresas, entre ellas Hylsamex. Ésta recuperó sus niveles de inversión una vez que renegoció su deuda y el financiamiento del Banco Mundial a finales de los ochenta. La inversión de la empresa de 1990 a 1997 se destinó a la modernización de todas sus plantas y ascendió aproximadamente a 1 200 millones de dólares, un promedio anual de 150 millones de dólares. La incorporación de tecnología de punta (colada continua a todos sus procesos de producción, automatización de sus procesos, programas de control de calidad, mejoras tecnológicas en el ahorro de energía) contribuyó a aumentar las capacidades tecnológicas de cada una de las plantas de la empresa, mejorando su eficiencia productiva y la calidad de sus productos; asimismo, permitió diversificar la producción a aceros de mayor valor agregado y especialización.

La información de la transferencia tecnológica adquirida durante 1973-1990 por Hylsamex es posible conocerla por medio de los contratos de transferencia tecnológica (CTT), regulados por la Ley de Transferencia Tecnológica. Esta Ley, publicada el

6. En 1974 Estados Unidos y Japón registraban un nivel de productividad de poco más de 10 horas hombre por tonelada (hh/ton) de acero y Francia más de 16. En 1993 la productividad de estos tres países convergió a 7 hh/ton y en 1996 mejoró a 5 hh/ton de acero.

7. Las exportaciones de Hylsamex representaron 35% de la producción.

31 de diciembre de 1972, entró en vigencia en enero de 1973 y se derogó en 1991. Los CTT constituyen un indicador muy valioso para el estudio del flujo exógeno de creación de tecnología. La información que contienen permite conocer: a] el origen y el tipo de titular de la tecnología transferida o contratada; b] el ámbito de aplicación de la tecnología transferida o contratada (producción, mercado y gestión administrativa); c] la duración de los contratos, y d] las formas de pago de la tecnología contratada o transferida.

### **Evolución de los contratos de transferencia tecnológica de Hylsamex**

La información de los CTT está disponible desde 1973 hasta 1990. No obstante, se mencionan previamente algunos datos sobre la adquisición de la tecnología en Hylsamex desde su creación hasta finales de los sesenta.

Hojalata y Lámina, S.A. (HYLSA) empieza a operar como relaminadora en 1943 en la ciudad de Monterrey con maquinaria y equipo obsoletos adquiridos al norte de Estados Unidos y al sur de Canadá. En los años cincuenta, en vías de modernizar su equipo para mejorar su producción de hojalata, importa nuevas máquinas de Estados Unidos e inicia la investigación sistemática sobre los procesos de reducción directa para producir fierro esponja. Al mismo tiempo, HYLSA inicia su primera etapa de expansión, creando nuevas filiales y diversificando su producción hacia aceros no planos. En el marco de esa expansión Hylsamex invierte en 1962 en maquinaria: unidad de reducción directa, una acerería y colada continua, una central eléctrica.

En la segunda etapa de expansión y modernización (1964-1967) Hylsamex aumenta la capacidad productiva de fierro esponja de su filial Compañía Minera Las Encinas y adquiere un nuevo horno eléctrico. El proceso de expansión de Hylsamex continuó en esa misma década con la construcción de una nueva planta siderúrgica en Puebla en 1968 y 1969, la cual produciría productos planos y no planos para abastecer la demanda de acero de las industrias y la construcción del centro del país. Para esta planta se adquirieron una acerería eléctrica compuesta de tres hornos de 60 toneladas de capacidad, dos máquinas de colada continua, tren de laminación y equipo mecánico, provenientes de Alemania Federal y equipo eléctrico originario de Suiza.<sup>8</sup> Enseguida se analiza la transferencia tecnológica durante los setenta y ochenta, a partir de los CTT.

De 1973 a 1990 se aprecian tres subperíodos en la tecnología transferida por Hylsamex registrada en los CTT. De 1973 a 1981 se registra un crecimiento dinámico de los contratos; en el lapso 1982-1988 se observa un descenso y estancamiento de los mismos y de 1989 a 1990 repuntan de manera importante. En el primer subperíodo el creciente registro de los CTT de Hylsamex se acompañó de una mejoría en el empleo de la capacidad instalada y en consecuencia del aumento de la produc-

ción.<sup>9</sup> El mejor aprovechamiento de los recursos puede asociarse a las repercusiones de las mejoras tecnológicas a raíz de la transferencia tecnológica, aunque también influyó el crecimiento de la demanda interna en el marco del auge petrolero, en particular en la demanda de tubos. Así, el mayor número de CTT adquiridos por Hylsamex coincide con el período de expansión de Pemex.<sup>10</sup>

En el segundo subperíodo, la notable caída de los CTT se asocia a los problemas financieros de Hylsamex.<sup>11</sup> Los enormes costos que representaba el pago de la deuda obstaculizaban las nuevas inversiones. En estos años, la severa recesión de la economía mexicana afectó el consumo interno de acero, aunque pese a las dificultades financieras la empresa mantuvo alrededor de seis CTT por año.

En 1989, una vez renegociada su deuda, Hylsamex aumentó nuevamente las transferencias tecnológicas y continuó haciéndolo de manera importante en los años noventa, pero de éstas últimas no se tiene el registro debido a la derogación de la Ley de Transferencia Tecnológica y los CTT. El proceso de liberalización de la economía mexicana iniciado a finales de los ochenta, el cual derivó en la adhesión al GATT y en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) exigía el cambio de la intervención estatal en la fijación de precios y las condiciones de los CTT. En ese marco, en junio de 1991 se derogó la Ley de Transferencia Tecnológica, después de 18 años de vigencia. Sin embargo, al considerar los altos montos de inversión realizados durante 1990-1997 (1 200 millones de dólares), Hylsamex debe haber mantenido un considerable nivel de transferencia tecnológica.

### **Origen y tipo de titular de los CTT de Hylsamex**

El origen se refiere al país de donde proviene la tecnología transferida y el tipo de titular especifica si el proveedor de la tecnología es un individuo, una empresa o una institución pública. De 1973 a 1999 se registraron 167 CTT, de los cuales 47.3% fueron de origen mexicano, 41.9% de Estados Unidos y 10.8% de otros países.<sup>12</sup> En la década de los setenta, en especial durante el segundo lustro, las principales fuentes de abastecimiento de la tecnología exógena de Hylsamex fueron fundamentalmente del país, pero a principios de los ochenta la transferencia tecnológica proveniente de Estados Unidos aumentó su importancia relativa. Así, en 1981-1983 más de la mitad de los CTT fueron de origen estadounidense.<sup>13</sup> En los años posteriores se redujo

9. De 1972 a 1980 la producción de Hylsamex creció 5.04% en promedio anual y la utilización de la capacidad instalada varió de 89.9 a 95.3 por ciento en el mismo período.

10. 72 de los 91 CTT registrados en este subperíodo (1973-1981) se adquirieron de 1978 a 1981, cuando la actividad petrolera en México afectó la demanda de acero.

11. De 1981 a 1982 el conglomerado Alfa estuvo al borde la quiebra; 60% de la deuda en 1983 de este grupo correspondía a Hylsa.

12. Esto corresponde a 79 CTT de origen mexicano, 70 provenientes de Estados Unidos y 18 de otros países.

13. La deuda contraída por Hylsamex con la transferencia de tecnología se agravó con la devaluación del peso de 1982.

8. G. Fourt, "La dynamique d'une sidérurgie privée au Mexique: Hylsa de Monterrey", *Document de Recherche*, núm. 29, París, 1987.

la contratación de tecnología de esa procedencia; la de origen nacional disminuyó y ambas mantuvieron una relativa convergencia. Cabe señalar que sólo hasta los años ochenta se transfirió tecnología de otros países. De 18 contratos registrados por otras naciones de 1979 a 1989, siete correspondieron a Japón, y empresas europeas y canadienses participaron con uno o dos contratos.

A lo largo del período analizado, Hylsamex diversificó sus fuentes de aprovisionamiento de tecnología. En principio, durante los setenta los proveedores de tecnología fueron esencialmente de origen mexicano, lo que se explica por el marco de una economía cerrada y un marcado proteccionismo industrial. Posteriormente, en los ochenta la participación de la tecnología estadounidense aumentó. Al final del período analizado, caracterizado por la apertura comercial de México y la promoción de las exportaciones, se observa que Hylsamex amplió sus contrataciones de tecnología hacia otros países, lo que ocurrió cuando daban inicio los procesos de mundialización en las industrias y compañías en varios países industrializados. La diversificación de fuentes de aprovisionamiento de la tecnología seguramente enriqueció el acervo de conocimientos tecnológicos de Hylsamex.

Al revisar el tipo de titular de la tecnología transferida, se identifica a las empresas como las principales proveedoras (88% en todo el período); los individuos aportaron 11.4% de la tecnología, de la cual más de dos tercios correspondió a individuos estadounidenses y más de un cuarto a individuos mexicanos. La contribución de los institutos fue marginal (0.6%) y en el período analizado sólo se registró un contrato con una institución mexicana.

En la actualidad se calcula que 30% de la tecnología para la fabricación de acero y automatización de procesos utilizada en Hylsamex es producida endógenamente y 70% proviene de empresas extranjeras. Es importante subrayar la nula participación de las empresas mexicanas en el aprovisionamiento de este tipo de tecnología. Las empresas proveedoras de tecnología para la fabricación de acero y automatización de procesos en Hylsamex son Shloemann Siemens y Ferrostaal de Alemania; ABB de Suiza; Metecno de Italia, y Woerthington Industries de Estados Unidos.

### Ámbito de aplicación de la tecnología transferida a Hylsamex

La producción, el mercado y la gestión administrativa son los tres grandes ámbitos de aplicación de la tecnología transferida o contratada. En cuanto a la producción, los CTT se refieren a la asistencia técnica, los conocimientos técnicos, las patentes, la ingeniería básica y la consultoría. En el dominio del mercado, los contratos corresponden a las marcas y en el ámbito de la administración consideran los programas de cómputo y la consultoría en operación administrativa. En cuanto al tipo de tecnología se identifican cinco: a] diseño; b] operación; c] proceso; d] de producto, y e] gestión administrativa.

El flujo más importante de los CTT recibidos por Hylsamex en el período de estudio (1973-1990) se centró en el ámbito de la producción, particularmente en lo que se refiere al tipo de proceso. El cuadro 1 muestra que 85% de los contratos se orientaron al ámbito de la producción y en menor medida a la gestión administrativa (10.2%) y el mercado (4.8%). Esto sugiere que la empresa modernizó sus procesos de producción incorporando de modo considerable la asistencia técnica, la ingeniería básica y los conocimientos técnicos. Los contratos en consultoría y en patentes fueron marginales y en el ámbito del mercado se orientaron a la concesión de marcas registradas. Finalmente, en el caso de la gestión administrativa, la adquisición principal se localizó en los programas de cómputo (8.4%) y poco en operación o gestión.

Con relación a los programas de cómputo, durante los años setenta y ochenta Hylsamex desarrolló sus propios programas para simplificar los procesos administrativos y de producción, en virtud de que los proveedores no poseían la especialización, la capacidad y los productos requeridos. En 1993 la empresa se percató de los rezagos de su *software* financiero respecto a los desarrollados por empresas internacionales especializadas. Fue entonces cuando contrató los servicios de la empresa alemana SAP.<sup>14</sup> La experiencia acumulada por el personal de informática fue esencial en el proceso de aprendizaje y ajustes del nuevo sistema. El problema del soporte técnico fue atendido por las empresas consultoras mexicanas que surgieron o crecieron alrededor de SAP (los grupos de consultoría de IBM de México y Hewlett Packard también de México).

Respecto al tipo de tecnología, más de la mitad de los CTT correspondió a proceso, seguidos por los destinados a operación y producto (con casi una cuarta parte en ambos) y por último en diseño (5.4%). Este conjunto de tecnología se aplicó esencialmente en el ámbito de la producción. Por ejemplo, en lo que concierne a proceso y a asistencia técnica e ingeniería de base destaca la incorporación de la colada continua, los hornos eléctricos y los aspectos relacionados con la mejoría de su tecnología endógena HYL. En el ámbito del mercado, las marcas registradas se dirigieron a productos.

Los contratos referentes a los programas de cómputo se ubicaron en su mayoría en la gestión administrativa, tanto por ámbito como por tipo, y en menor medida en la operación.

Al relacionar la información del dominio de la aplicación y el país de origen de la tecnología destaca México como la principal fuente de aprovisionamiento de ingeniería de base. De Estados Unidos proviene principalmente la asistencia técnica, aunque también los conocimientos técnicos y la ingeniería de base. La tecnología adquirida de otros países concierne sobre todo a los conocimientos técnicos (véase el cuadro 2). La empresa japonesa Ishikavajima Harima Heavy Industries Co. realizó los trabajos de ingeniería y construcción de una nueva acería a inicios de los ochenta. En el marco de dichos trabajos, la compañía japonesa aprovisionó a Hylsamex de dos hornos eléc-

14. "Hylsamex, una revolución sin nombre", *Expansión*, junio de 1996, p. 53.

C U A D R O 7

## DISTRIBUCIÓN RELATIVA DE LOS CONTRATOS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE HYLSEX POR ÁMBITO DE APLICACIÓN Y TIPO DE TECNOLOGÍA, 1973-1989 (PORCENTAJES)

	Diseño	Operación	Proceso	Producto	Gestión administrativa	Total
<i>Producción</i>	5.4	13.8	56.3	9.6	—	85.0
Asistencia técnica	0.6	3.6	19.8	1.8	—	25.7
Asesoría	0.6	2.4	1.2	0.6	—	4.8
Conocimientos técnicos	—	1.8	16.8	3.6	—	22.2
Patentes	—	—	0.6	1.2	—	1.8
Ingeniería básica	4.2	6.0	18.0	2.4	—	30.5
<i>Mercado</i>	—	—	—	4.8	—	4.8
Marcas registradas	—	—	—	4.8	—	4.8
<i>Gestión administrativa</i>	—	1.2	—	—	9.0	10.2
Operación o gestión	—	—	—	—	1.8	1.8
Programa de cómputo	—	1.2	—	—	7.2	8.4
<i>Total</i>	5.4	15.0	56.3	14.4	9.0	100.0

Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos de la Dirección General de Transferencia de Tecnología de la Secofi.

tricos de arco y una colada continua.<sup>15</sup> Las empresas, institutos o individuos mexicanos fueron proveedores importantes de la ingeniería básica, en tanto que los extranjeros lo fueron en asistencia técnica y conocimientos técnicos, aunque también aportaron tecnología de ingeniería de base. La ausencia de registro de CTT en los años noventa impide continuar el análisis de la tecnología transferida por Hylsamex.

En los años recientes se ha destinado de 10 a 35 por ciento de los ingresos (ventas) a la inversión, dependiendo de la situación financiera de la empresa y las condiciones del mercado. La inversión promedio realizada durante 1988-1994 se distribuyó en términos generales en: 7% a la expansión de Hylsamex (formación o adquisición de nuevas empresas, sin contar la compra de un tercio de la empresa venezolana Sidor); 70% a la modernización; 5% al desarrollo tecnológico, y 18% a la conservación y otros.

Durante el proceso de privatización de las siderúrgicas estatales en 1991, Hylsamex intervino en la compra de varias de plantas de dichas empresas, pero sólo obtuvo la licitación para adquirir la división sur de Altos Hornos de México (actualmente Hylsa-Bekaert), por lo cual su esfuerzo de inversión se orientó a la modernización de sus procesos productivos, especialmente en la División de Productos Planos. Así, como resultado de la inversión de 400 millones de dólares en esa División, en febrero de 1995 empezó a operar una nueva planta que utiliza la tecnología SMS de colada continua para producir planchones finos con una capacidad productiva de 750 000 toneladas de plancha laminada en caliente. En diciembre de 1995 la planta operaba a 83% de su capacidad instalada, lo cual refiere a una curva de maduración muy dinámica asociada a la calidad del capital humano. Según Hylsamex “ésta es la primera planta en el mundo que produce eficiente y rentablemente”. Esta planta se ha convertido en centro de adiestramiento para las empresas extranjeras que adquieren esta tecnología.

Asimismo, en alianza estratégica con la compañía estadounidense Worthington Industries, Acerex, filial de Hylsamex, invirtió 23 millones de dólares para instalar en Monterrey el Centro de Servicio Internacional. En la división de productos no planos (varilla y alambros) se realizaron inversiones en línea de reducción directa, incorporando el proceso HYL III con un reactor continuo en la planta de Puebla, a fin de mejorar la calidad y elevar la productividad en 11%. En esta misma planta se remplazaron dos coladas continuas por una individual más eficiente. Las otras divisiones también registraron montos importantes de inversión para dar mantenimiento o introducir mejoras tecnológicas.

### Duración de la aplicación de los CTT de Hylsamex

La información sobre la duración de los contratos es una herramienta útil para evaluar el dinamismo de aprovisionamiento en el flujo de la tecnología transferida. Para analizar la duración de la aplicación de la tecnología transferida a Hylsamex, según los CTT, se consideran tres subperíodos: a) hasta un año; b) de dos a nueve años, y c) de 10 a 26 años. Pese a que la ley de transferencia tecnológica tuvo una vigencia de 18 años, el registro de los contratos indica una duración superior, hasta 1999. Esta periodización hace referencia al corto, mediano y largo plazos. Cerca de tres quintas partes de los contratos tuvieron una vigencia hasta un año; más de una décima parte tuvieron una duración de dos a nueve años y, finalmente, menos de un tercio se ubicaron entre 10 y 26 años.

Más de la mitad de los CTT son del ámbito de la producción y registraron una duración hasta de un año, especialmente los de asistencia técnica e ingeniería de base. Alrededor de 30% de éstos se extendieron de 10 a 26 años, en especial en ingeniería de base y consultoría. Sólo 8.4% de los CTT tuvo una duración de dos a nueve años.

Los CTT del ámbito del mercado se distribuyen de manera uniforme en los tres subperíodos. En la gestión administrativa, en

15. G. Fourt, *op. cit.*, p. 9.

C U A D R O 2

ÁMBITO DE APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA TRANSFERIDA POR HYLsamEX SEGÚN PAÍSES DE ORIGEN, 1973-1989 (PORCENTAJES)

Ámbito de aplicación	México	Estados Unidos	Otros	Total
<i>Producción</i>	35.9	38.3	10.8	85.0
Asistencia técnica	8.4	15.0	2.4	25.7
Conocimientos técnicos	7.2	9.0	6.0	22.2
Asesoría	—	3.6	1.2	4.8
Patentes	—	1.8	—	1.8
Ingeniería básica	20.4	9.0	1.2	30.5
<i>Mercado</i>	1.8	3.0	—	4.8
Marcas registradas	1.8	3.0	—	4.8
<i>Gestión administrativa</i>	9.6	0.6	—	10.2
Operación o administración	1.8	—	—	1.8
Programas de cómputo	7.8	0.6	—	8.4
<i>Total</i>	47.3	41.9	10.8	100.0

Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos de la Dirección General de Transferencia de Tecnología de la Secofi.

particular en los programas de cómputo, la duración de los contratos fue fundamentalmente de 10 a 26 años y, en menor proporción, hasta de un año.

En lo que concierne a los tipos de tecnología se desprenden las siguientes observaciones. Alrededor de tres quintas partes de los CTT en la tecnología de administración y de diseño tuvieron una duración de largo plazo (10 a 26 años). En cambio, la duración de los correspondientes a operación, proceso y producto fue fundamentalmente corta (hasta un año) y en menor medida de mediano y largo plazos. Esto hace suponer que varios de los contratos se renovaron periódicamente, pero también que los cambios tecnológicos se incorporaron de manera sistemática. Cabe añadir que la confidencialidad de la información en los CTT se mantenía por siete años después de terminado el contrato.

El flujo de tecnología transferida, registrado en los CTT, sin duda fue un factor decisivo del progreso tecnológico de Hylsamex. El acceso a fuentes internacionales de tecnología permitió a la empresa incorporar tecnología de punta.

### El capital humano y la capacitación laboral

El nivel de escolaridad de los trabajadores de Hylsamex es relativamente elevado, comparado con el registrado por la gran división metálica básica en México. 100% de los obreros de Hylsamex tiene la primaria concluida, 80% la secundaria y 25% una carrera técnica o el bachillerato. En el plano nacional en el conjunto de las industrias de metálicas básicas 26% de los trabajadores concluyó primaria, 31.5% secundaria y 14.1% bachillerato.<sup>16</sup>

El nivel de escolaridad de Hylsamex se refuerza por un dinámico programa de capacitación. La empresa destina 1 o 2 por ciento de sus ingresos a la capacitación de obreros, técnicos y

empleados. Desde finales de los ochenta se institucionalizó el Programa de Multihabilidades a fin de ampliar las capacidades de los trabajadores hacia todas las principales áreas de la producción y la conservación de las plantas. El Centro de Adiestramiento Internacional, instalado en Hylsamex en Monterrey, capacita al personal de la empresa en la tecnología HYL y la producción de lámina a partir de la colada continua. La capacitación se hace extensiva a los clientes de las dos tecnologías mencionadas. La capacitación se refuerza por medio de los convenios internacionales con empresas, como el Instituto Japonés para la Calidad. Los círculos de calidad se implantaron en Hylsamex desde principios de la década de los ochenta; actualmente se han alcanzado los estándares ISO-9000 y el QS-9000, con lo cual se asegura la excelente calidad de los productos de esta empresa siderúrgica.

Asimismo, Hylsamex ha desarrollado programas de automatización de las operaciones y de la información para mejorar la eficiencia productiva, de mantenimiento y administrativa. Se calcula que 3 o 4 por ciento de los ejecutivos labora en informática, aunque también se contratan los servicios de profesionistas y técnicos de la IBM mexicana.

En lo que concierne a los empleados, directivos y funcionarios, 60% tiene licenciatura y 10% ha estudiado un posgrado; el elevado nivel de capital humano de Hylsamex contrasta con el nacional en las industrias metálicas básicas: 11.9% con licenciatura y 3.5% con posgrado. Los ejecutivos provienen principalmente de universidades privadas mexicanas: el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) y la Universidad de las Américas de Puebla. La mayoría de los altos ejecutivos posee maestría del ITESM, de Stanford, de Harvard y del MIT. Algunos de estos profesionistas han sido apoyados por la empresa con becas para realizar estudios de posgrado o cursos de actualización. Los técnicos provienen sobre todo de instituciones mexicanas públicas, incluyendo los tecnológicos regionales.

Hylsamex mantiene contactos permanentes con el ITESM, la Universidad de Nuevo León y otras universidades para realizar

16. H.E. Sobarzo, "Cambio tecnológico y perfil de la mano de obra en el sector manufacturero de México", Secretaría del Trabajo y Previsión Social, México, 1997, p. 49.

proyectos en común. Los vínculos entre la empresa y las universidades se expresan mediante: a) convenios de servicio social de los alumnos en Hylsamex; b) docencia de los ejecutivos de Hylsamex en dichas universidades, y c) participación de los ejecutivos de Hylsamex en la revisión de los planes de estudio de las universidades.

La asistencia de los ingenieros o los ejecutivos de Hylsamex a congresos internacionales, en el marco del Instituto Latinoamericano del Fierro y del Acero (ILAFA), el cual agrupa a las empresas siderúrgicas latinoamericanas, del Tratado de Libre Comercio de América del Norte y otros países, constituye también una fuente de nuevos conocimientos y experiencias que fortalecen la formación de capacidades tecnológicas de esta empresa.

#### LAS FUENTES ENDÓGENAS DE CREACIÓN DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS EN HYSAMEX

Los títulos de propiedad intelectual son uno de los principales medios con los cuales las empresas protegen sus invenciones. Es decir, las estrategias de protección de la producción endógena de tecnología de las empresas se codifican en este tipo de títulos. Entre los principales se encuentran las patentes, las marcas, el secreto industrial y el diseño industrial. Este apartado se centra en el análisis del patentamiento de Hylsamex como un indicador de producto de la actividad innovadora de la empresa<sup>17</sup> debido a su consistencia y a la existencia de información en el largo plazo tanto en la oficina de patentes en México (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial) como en la Patents and Trade Mark Office en Estados Unidos.

Las empresas protegen sus invenciones de imitaciones o procesos de ingeniería inversa por parte de empresas rivales y eventualmente aseguran los beneficios que de ellas se deriven. Las empresas solicitan patentar sus invenciones cuando éstas vislumbran expectativas favorables de ganancias. En general, las empresas eligen entre cuatro estrategias de patentamiento en función de la importancia de las invenciones, el nivel de competencia en el mercado y la utilización de otras formas de protección industrial (marcas, diseños industriales, etcétera). Estas estrategias son las siguientes: a) el patentamiento sistemático; b) el patentamiento selectivo; c) el patentamiento de bloqueo, y d) la combinación de las estrategias de patentamiento en el largo plazo.<sup>18</sup>

De acuerdo con la información disponible, Hylsamex ha seguido la estrategia de patentamiento selectivo. Es decir, patenta ciertas invenciones clave del proceso tecnológico HYL y otros procesos más. En referencia a sus productos, la protección intelectual se hace mediante marcas. Así, Hylsamex utiliza en algunos casos marcas para proteger sus productos en el mercado,

y las patentes protegen sus procesos industriales y algunos productos. Esta estrategia tecnológica muestra la dirección y la naturaleza de la actividad innovadora de Hylsamex.

#### Estrategia de patentamiento de Hylsamex

En 1957 HYLSA logró producir fierro esponja en escala industrial utilizando un proceso innovador (HYL), resultado de su propia ID y cuya patente fue solicitada ese mismo año. La primera planta de HYLSA con la tecnología HYL 1 tenía una capacidad de 90 000 toneladas por año, lo que significó para la empresa la posibilidad de controlar parte de sus insumos básicos, logrando así una relativa independencia y la minimización de costos. El éxito industrial del proceso de reducción directa HYL en 1957 marcó para HYLSA el inicio de una trayectoria de creación endógena de tecnología. En las décadas posteriores, la empresa continuó destinando cuantiosos recursos financieros y humanos al desarrollo de sus capacidades tecnológicas a fin de incorporar sistemáticamente innovaciones en la tecnología HYL. El patentamiento fue una estrategia utilizada por la empresa para proteger sus invenciones, las cuales auguraban beneficios futuros.

En este apartado interesa analizar la evolución del patentamiento de Hylsamex en México y en Estados Unidos en el período 1980-1996.

En la División de Tecnología de Hylsamex se realiza la investigación y se desarrollan los procesos de ingeniería experimental que dan lugar al conjunto de invenciones-innovaciones de la empresa. Por tanto, esa División constituye el laboratorio de ID, pero también es el centro de comercialización de la tecnología producida endógenamente por Hylsamex.

Como se señaló, Hylsamex mantiene una línea de investigación sistemática en torno a su tecnología de reducción directa HYL, lo cual le ha permitido incorporar continuamente innovaciones incrementales. En la División de Tecnología referida, la empresa destina anualmente a la ID entre 10 y 15 millones de dólares, equivalentes a entre 1 y 1.5 por ciento de su ingreso. El flujo de nuevos conocimientos e invenciones producidos por la División de Tecnología es patentado por Hylsamex de manera selectiva, en función de las expectativas de éxito. Así, la empresa utiliza los derechos de propiedad intelectual para proteger su tecnología y apropiarse de los beneficios que de ella se deriven.<sup>19</sup>

Hylsamex se ubica entre las empresas mexicanas con mayor número de patentes en México y en Estados Unidos, esto es, es una de las empresas mexicanas con mayor actividad innovadora por su registro de patentes en México (en el IMPI) y en Estados Unidos (en la Patent and Trade Mark Office).<sup>20</sup> Dichas patentes son reconocidas en escala mundial por la reducción de óxidos de hierro a hierro metálico utilizable en la fabricación de acero.

17. Según la definición de C. Freeman, *La teoría económica de la innovación industrial*, Alianza Universidad, Madrid, 1975.

18. D. Archibugi y M. Pianta, "Innovation Surveys and Patents as Technology Indicators: The State of the Art", *Innovation, Patents and Technological Strategies*, OCDE, París, 1996.

19. La División de Tecnología de Hylsamex es propietaria legal de las patentes registradas en México y Estados Unidos.

20. De 1980 a 1992 el Instituto Mexicano del Petróleo registró 250 patentes, la empresa Vitro Tec Fideicomiso 46 e HYLSA 30, según la Patent and Trade Marks Office.

### *Evolución de las patentes otorgadas a Hylsamex en México*

De 1977 a 1993 Hylsamex presentó 37 solicitudes de patentes ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual (IMPI) que se otorgaron de 1981 a 1996.<sup>21</sup> A principios de los ochenta Hylsamex presentó el mayor número de solicitudes de patentes, lo cual coincide con el importante flujo de tecnología externa recibido por la empresa.<sup>22</sup> Es notable el descenso del nivel de patentamiento de la empresa en la segunda mitad de los ochenta y principios de los noventa, período caracterizado por la apertura comercial, aunque a Hylsamex le fueron otorgadas una o dos patentes por año. Esta tendencia parece asociarse a la estrategia de Hylsamex de privilegiar el patentamiento en Estados Unidos, lo cual se analiza más adelante.

De las 37 patentes concedidas a Hylsamex en México destaca el trabajo en equipo, en particular de un grupo de 13 ingenieros que registran una frecuencia de 2 a 10 invenciones. En 83.8% de las patentes participaron de dos a cinco inventores y sólo 16.2% de patentes resultó de la investigación y experimentación de un inventor. Otra observación que se desprende de los registros de patentes es la participación mayoritaria de los inventores mexicanos (alrededor de 90%) y mínima de estadounidenses (10%).

### *El patentamiento de Hylsamex en Estados Unidos*

Estados Unidos constituye el mercado tecnológico internacional más importante; de ahí que las empresas interesadas en competir mundialmente busquen patentar sus invenciones en la Patent and Trade Marks Office de ese país.

El flujo de patentes registradas por diversos países en Estados Unidos permite contar con un indicador comparativo del dinamismo de la actividad innovadora de las empresas, las industrias y los países. En particular, México ha registrado 1 131 patentes en ese país de 1969 a 1994. Más de la mitad de ellas corresponde a individuos, cerca de una quinta parte a empresas nacionales, otra quinta parte a empresas transnacionales de Estados Unidos y una parte marginal a institutos nacionales de investigación superior (2.9%) y empresas transnacionales de otros países (0.88%).<sup>23</sup> Hylsamex es una de las principales empresas mexicanas que patenta en Estados Unidos.<sup>24</sup> De 1969 a 1993 registró 66 patentes, que representan 30% del total de patentes registradas por las empresas mexicanas y cerca de 6% del total de patentes mexicanas. Las empresas más cercanas, Vitro

21. De las patentes de Hylsamex concedidas, 86% podría tener vigencia actualmente si la empresa continúa pagando los derechos correspondientes.

22. Período anterior a las reformas a los derechos de propiedad intelectual en México.

23. Patent and Trade Marks Office.

24. Desde el inicio de su actividad innovadora, Hylsamex tuvo un vínculo importante con Estados Unidos. La patente madre del proceso HYL fue de un estadounidense (M. Maderas).



*n 1957 HYLSA logró producir fierro esponja en escala industrial utilizando un proceso innovador (HYL), resultado de su propia ID y cuya patente fue solicitada ese mismo año. La primera planta de HYLSA con la tecnología HYL 1 tenía una capacidad de 90 000 toneladas por año*

Tec Fideicomiso y Fabricación de Máquinas, S.A., participaron con 15.1 y 8.7 por ciento, respectivamente, durante el mismo período.<sup>25</sup> A diferencia del patentamiento en México, en Estados Unidos el período entre la solicitud y el otorgamiento es mucho más reducido, lo cual constituye un beneficio para la empresa. De 1979 a 1998 Hylsamex obtuvo en Estados Unidos 54 patentes otorgadas; de éstas, 24 se registraron de manera paralela en México y sólo 30 en aquel país. A principios de la década de los ochenta la empresa siderúrgica mexicana solicitó el mayor número de patentes de todo el período analizado. Incluso en los años de crisis financiera Hylsamex mantuvo su actividad innovadora que se expresa en las patentes solicitadas y concedidas en Estados Unidos.

Al comparar el nivel de patentamiento en México y en Estados Unidos se observa que Hylsamex orientó su estrategia de patentamiento hacia este último país, particularmente en la década de los noventa. Entre las probables razones que explican esa tendencia destacan: a] la importancia del mercado estadounidense en escala internacional; b] la presencia en Estados

25. Otras empresas e institutos mexicanos que patentan en Estados Unidos (1969-1993) son el Instituto Mexicano de Investigaciones Siderúrgicas y el Instituto Mexicano del Petróleo (Patent and Trade Office Mark).



Unidos de su competidor más cercano (proceso de reducción directa MILDREX), y c] México no representa un mercado tecnológico de riesgo. Por tanto, el patentamiento en Estados Unidos para HYLSA es una estrategia orientada a proteger sus invenciones de sus competidores, los cuales también confluyen en este mercado.

### Naturaleza de la tecnología patentada por Hylsamex: 1980-1996

Las patentes de Hylsamex se han centrado básicamente en torno al proceso de reducción directa HYL, aunque también ha desarrollado patentes de otros procesos (en acería, como corazas de hornos a base de paneles) y de producto (láminas con diversos recubrimientos).

Al analizar la naturaleza de la tecnología patentada por Hylsamex durante el período 1980-1996 se consideraron las 37 patentes registradas en México, de las cuales 24 también se obtuvieron en Estados Unidos.<sup>26</sup> Más de la mitad de las registradas paralelamente en ambos países correspondieron al proceso de reducción directa y válvulas; casi 30% a hierro esponja y hierro, y 16.7% a horno; de procesos químicos y separación de partículas no se registró ninguna patente.

Si sólo se consideran las patentes en México, la distribución cambia debido a que las patentes incluyen más procesos, por ejemplo químicos y de separación de partículas, y respecto a la reducción directa incluye el transporte neumático y el reactor de reducción directa. A este último campo corresponden casi tres quintas partes de las patentes.

En suma, el esfuerzo de Hylsamex en ID se orientó fundamentalmente a consolidar la tecnología HYL. En esa medida, las patentes registradas en Estados Unidos y México, producto de ese esfuerzo innovativo, correspondieron básicamente a las mejoras incrementales de los aspectos del proceso de reducción directa HYL. En los últimos años, Hylsamex ha patentado otros procesos y productos ligados a su producción de aceros planos. Esta estrategia muestra una clara especialización tecnológica que es la base de su competitividad en los mercados internacionales.

La difusión y la comercialización de la tecnología HYL I y posteriormente HYL III, incluida la asistencia técnica, transformaron a Hylsamex en una empresa que transfiere tecnología. Por tanto, "HYL pasó a un estadio superior de actividad y se coloca como competidora directa de las grandes firmas occidentales de ingeniería".<sup>27</sup> Esta tecnología endógena de Hylsamex ha sido difundida fundamentalmente en los países en vías de industrialización, aunque en la comercialización, ingeniería y la construcción de las plantas han participado empresas de países industrializados (Davy International de Estados Unidos; MAN GHHH de Alemania y Kawasako Heavy Industries de Japón; recientemente

Ferrostal AG de Alemania y Kvaerner Metals-HYL de Estados Unidos, entre otras).


### CONCLUSIÓN

El examen de la formación de las capacidades tecnológicas de Hylsamex desde el decenio de los cincuenta hasta la actualidad muestra que esta empresa ha seguido una estrategia tecnológica que se distingue por su dinamismo innovador, factor esencial de su crecimiento y éxito comercial.

Los importantes montos de inversión de Hylsamex han sido fundamentales para sus continuos flujos de tecnología recibida (equipo, maquinaria, asistencia, entre otros) y la creación endógena de tecnología, lo cual le ha permitido operar con tecnología de punta. Un aspecto crucial en el aprendizaje, la asimilación de las tecnologías transferidas, así como también en la creación endógena de tecnología, ha sido la calidad del capital humano y las habilidades acumuladas por los trabajadores.

Hylsamex operó con economías de escala menores a las empresas mexicanas estatales Altos Hornos de México y Sicartsa, pero con una elevada utilización de la capacidad instalada. Este hecho se asocia a la flexibilidad para adaptarse a las fluctuaciones de la demanda, pero también a las capacidades tecnológicas desarrolladas y acumuladas que hicieron posible un mejor empleo de todos los recursos de la producción.

El éxito industrial del pionero proceso HYL marcó la trayectoria tecnológica de esta empresa siderúrgica. Así, pese a los graves problemas financieros a que se enfrentó en los ochenta, Hylsamex recuperó su crecimiento y continuó su trayectoria tecnológica innovadora, una vez renegociada su deuda financiera y reactivada la afluencia de nuevas inversiones. Con el ingreso al GATT y posteriormente con los acuerdos comerciales con los países de América del Norte, Hylsamex entró en una nueva etapa de competencia de enormes desafíos (apertura comercial y crecimiento orientado a la promoción de exportaciones).

El crecimiento de las exportaciones de los productos de Hylsamex, así como su reconocida calidad en los mercados internacionales y la importancia mundial de la tecnología HYL, muestran que las capacidades tecnológicas desarrolladas por la empresa a lo largo de su existencia han sido la fuente de su crecimiento, su productividad y la creación de ventajas competitivas. 

### Bibliografía adicional

- Aboites, J., y M. Soria, *Innovación, propiedad intelectual y estrategias tecnológicas*. UAM-Xochimilco, Miguel Angel Porrúa, México, 1999.
- Griliches, Z., "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey", *Journal of Economic Literature*, vol. XXVIII, núm. 9, 1990.
- Guzmán, A., *Sources de la croissance, de la productivité et de la compétitivité: industrie sidérurgique mexicaine 1984-1994*, tesis doctoral de economía presentada en la Université de Paris 3 La Nouvelle Sorbonne, Paris, Francia, 8 de abril de 1999.
- Mendirichaga, R., *Una historia para la historia*, HYLSA, Monterrey, 1978.
- Peragallo, E., "HYLSA: cuando la necesidad y la audacia crean tecnología", *Ciencia y Desarrollo*, núm. 26, mayo-junio de 1979.

26. No se dispone de la información de las patentes registradas exclusivamente en Estados Unidos.

27. G. Fourt, *op. cit.*, p. 18.