



El conocimiento tácito en una empresa de baja tecnología



Staffan Laestadius

Investigador del Departamento de Economía y Gestión Industrial de la Kungliga Tekniska

Högskolan, Estocolmo

El debate académico dentro del área de la OCDE muestra un gran interés por la ventaja competitiva de las naciones. El origen de este interés se remonta a finales de la década de 1970, cuando se observó que el mundo industrializado antiguo se enfrentaba a una competencia más intensa por parte de los países de industrialización reciente (Laestadius 1980).

El argumento más extendido acerca del modo en que las economías industrializadas avanzadas debían hacer frente a ese desafío extraía sus bases científicas, en gran parte, de la teoría de Vernon sobre la producción internacional y el cambio estructural (Vernon, 1966) y de la teoría ortodoxa de la innovación. Los países industrializados avanzados, se afirmaba, debían especializarse en las fases tempranas, intensas en I+D, de los ciclos de los productos y procesos, sobre la doble hipótesis de que el desarrollo tecnológico e industrial empieza por la ciencia básica y continúa con la investigación aplicada, y de que los productos y los procesos intensivos en I+D son más avanzados y más difíciles de imitar que la producción con menor intensidad en I+D.

Esta *Perspectiva centrada en la Ciencia + Tecnología* (PC+T) sobre la competitividad tiene consecuencias para el análisis de los problemas con que se enfrentan los países industrializados pequeños. Muchas de las economías que tradicionalmente han funcionado bien en Europa pertenecen a esta categoría. Si hay economías de escala en I+D, los países más pequeños sufrirán desventajas comparativas al concentrar sus esfuerzos industriales en actividades intensivas en I+D.

Tarde o temprano, este tipo de análisis inspirados en la PC+T acaban llevándonos a una estrategia de *selección del nicho*, es decir, de selección de un nicho industrial lo suficientemente pequeño para permitir economías de escala en I+D

incluso en el marco de un presupuesto nacional de I+D pequeño. Si no se adopta esta estrategia, según esta forma de ver las cosas, los países pequeños se enfrentan con el riesgo de degradarse hasta convertirse en economías de media o baja tecnología.

Sin embargo, esta perspectiva de C+T tiene graves deficiencias y no puede constituir la base de una comprensión adecuada

El debate académico sobre la competitividad industrial está dominado por la Perspectiva Ciencia + Tecnología (PC+T). En este trabajo se defiende la idea de que esta PC+T ofrece una descripción incompleta de la formación del conocimiento y de las competencias industriales en la industria.

Basándose en un profundo estudio de caso sobre una fábrica sueca de cadenas de anclaje, Ramnäs, se analiza de forma detallada la circunstancia de que esta empresa de «baja tecnología», que no declara realizar actividad alguna de I+D y cuyo personal tiene niveles educativos formales relativamente bajos, muestra una alta competitividad internacional en cadenas para anclajes de plataformas petrolíferas, que es el segmento más duro del sector de fabricación de cadenas.

El estudio de caso muestra un proceso continuo de innovaciones incrementales, muchas de ellas adaptadas a la relación usuario-productor. Ramnäs es un fuerte receptor de demanda y da pruebas de una notable capacidad para transformar las demandas de sus clientes fuertes en productos de calidad. Es además un impulsor de la tecnología, ya que introduce por sí mismo nuevas calidades y normas en los mercados. La empresa tiene asimismo capacidad para absorber I+D ajena y transformarla en conocimiento industrialmente relevante. Algunos de los procesos de aprendizaje relacionados con estas capacidades son independientes de la ciencia.

Esta formación del conocimiento no puede ser entendida como un proceso de difusión nacido de la ciencia, sino como una transformación del conocimiento entre distintos mundos mentales. Tal transformación es en sí misma un proceso cognitivo, frecuentemente ignorado en los análisis de las competencias industriales y de la complejidad de los sistemas industriales.

da de las competencias que hacen falta para el éxito industrial y para la formulación de las políticas. Basándome en los resultados empíricos de un estudio de caso¹ de una empresa sueca de baja tecnología (y de su sector), considero que la perspectiva C+T nos da una descrip-



«La competitividad internacional de Ramnäs muestra (...) unas competencias industriales que se escapan a la perspectiva de C+T.»

«Si medimos las competencias por la educación formal (...), en conjunto la de esta empresa es muy baja comparada con los niveles medios de educación en Suecia.»

«(...) un análisis profundo de la empresa pone de manifiesto las innovaciones incrementales en productos y procesos producidas durante décadas.»

1) Este estudio fue financiado por el Consejo Nacional Sueco para el Desarrollo Técnico e Industrial.

2) Sobre los antecedentes de tipo empírico de este capítulo, ver Laestadius, 1994.

3) El tamaño de una cadena se indica por medio del diámetro de la pieza bruta (barra de acero) con la que se fabrican los eslabones. Un eslabón de la clase 4, de 157 milímetros, mide 94 centímetros de largo y pesa ¡345 kilos!

ción incompleta de la *formación del conocimiento* y de las *competencias industriales* que se necesitan para mantener la competitividad y la innovación.

En la segunda parte del artículo se ofrece una presentación y análisis detallados de la fabricación de cadenas en Suecia, actividad que es de baja tecnología desde un cierto punto de vista pero que desde otros se configura como muy innovadora y competitiva en los mercados internacionales. En la tercera parte, y comparando este análisis con los resultados de otros estudios de caso, llego a la conclusión de que las competencias industriales no pertenecen necesariamente al mismo *mundo mental* que la competencia en I+D. Y esto debería tenerse en cuenta al considerar la reestructuración de la formación profesional y de las escuelas industriales, en estos tiempos de tanta confianza en la ciencia.

La fábrica de cadenas de anclaje Ramnäs: alta calidad de una producción de baja tecnología²

Fundada en 1590, Ramnäs ha formado parte en todo momento del grupo siderúrgico que constituyó la base industrial de la competitividad internacional de Suecia en los siglos XVII, XVIII y XIX. En 1876, y con la ayuda de herreros inmigrantes, inició la producción de cadenas. La moderna competencia en las cadenas de anclaje y de fondeo tiene sus orígenes en la segunda Guerra Mundial y en la necesidad de aprovisionar a la flota mercante y de guerra de Suecia.

El esfuerzo conjunto realizado durante la guerra por Asea-Svets (empresa de soldadura), Ramnäs y Ljusne (otro fabricante de cadenas) permitió conseguir una gran competitividad internacional que duró hasta finales de la década de 1960. Por esa época, Ramnäs desarrolló aún más su propio sistema de producción y se convirtió en uno de los escasos fabricantes capaces de satisfacer la demanda cada vez mayor, registrada en la década de 1970, de cadenas de alta calidad y gran resistencia para el sector de las plataformas petrolíferas.

Hasta hoy, Ramnäs es el único fabricante mundial que ha suministrado cadenas de anclaje de la clase 4, con una medida del eslabón de más 100 milímetros (diámetro de la barra de acero)³, para las plataformas petrolíferas. A finales de 1994, entregó a Norsk Hydro (del yacimiento Troll en el Mar del Norte) las últimas unidades de un pedido de 6.000 toneladas de cadenas de 152 milímetros de la clase 4, por valor superior a 150 millones de coronas suecas (unos 20 millones de dólares de EE.UU.); es el mayor pedido jamás recibido (y la mayor cadena jamás entregada) en el sector, y representó más de la mitad de las ventas anuales de Ramnäs.

No se conoce el volumen total de la producción mundial de cadenas, pero el comercio mundial supera los 1.200 millones de dólares de EE.UU. La mayor parte de esta cifra, sin embargo, corresponde a cadenas más ligeras o de menos calidad que las grandes y pesadas cadenas de anclaje. Las cadenas pesadas, de alta calidad y reforzadas por medio de concretos, pueden significar hasta quizá un 5 % del mercado total.

El mercado mundial de las cadenas con concreto está dominado por fabricantes suecos, japoneses y españoles. Con algunas reservas, derivadas de la dificultad de interpretar las estadísticas de comercio, puede considerarse que Ramnäs, más o menos desde 1989, ha mantenido e incluso aumentado su cuota de mercado en términos de unidades, al mismo tiempo que ha elevado sus precios más que los competidores (debido a su mayor cuota en el subsector de los productos de alta calidad). Ramnäs ha podido aumentar asimismo su valor añadido por encima del promedio de las manufacturas en Suecia, alcanzando niveles muy destacados.

Según la terminología reconocida internacionalmente, tanto Ramnäs como el sector al que pertenece se consideran de baja tecnología (CIU, Rev. 3, 28.7420). La inversión en I+D no llega al 0,6 % del volumen de negocios y la empresa no informa de ninguna actividad sobre patentes. La competitividad internacional de Ramnäs muestra, sin embargo, unas *competencias industriales* que se escapan a la perspectiva de C+T.



El conjunto de estos sectores de la industria sueca han sido calificados en ocasiones de «intensivos en mano de obra no cualificada». Ramnäs no es una excepción. Si medimos las competencias por la educación formal, aproximadamente las dos terceras partes de los empleados no han cursado más que el primer ciclo de secundaria (9 años), más o menos la cuarta parte tienen 1-2 años de formación profesional, y el restante 10 % han completado el segundo ciclo de secundaria o tienen (sólo dos personas) estudios universitarios. Aproximadamente cuatro de los pocos empleados que han completado el segundo ciclo de secundaria (bachillerato) ha seguido en escuelas industriales prácticas una formación específica de la industria del acero. En conjunto, las competencias formales de la empresa son muy bajas comparadas con los niveles medios de educación en Suecia. También lo son en comparación con el sector nacional del metal.

Desde el punto de vista de la PC+T, una cadena es un producto muy viejo, su fabricación se desarrolla en un sector maduro, y su principal proceso, que es la soldadura, es una tecnología antigua, de la que hablan los manuales del mundo entero y desde hace mucho tiempo. Aun así, un análisis profundo de la empresa pone de manifiesto las *innovaciones incrementales* en productos y procesos producidas durante décadas.

Ramnäs ha conseguido que los conocidos procesos de corte, calentamiento, doblado, soldadura, tratamiento térmico, etc., sean idóneos y eficientes en la obtención de productos de acero de alta calidad y de dimensiones cada vez mayores para satisfacer las altas exigencias de las plataformas petrolíferas. Aun cuando, al menos a primera vista, una cadena es algo muy simple, el número de innovaciones que se han ido acumulando en el producto y en el proceso para que una cadena de ancla anterior a la guerra mundial sea tan distinta de una cadena de anclaje para el yacimiento Troll no puede pasarse por alto. Estas innovaciones, de hecho, se salen de forma más o menos completa de la Perspectiva de C+T. Sin embargo, explican la diferencia entre las empresas que son competitivas internacionalmente y las que no lo son.

Ramnäs ha demostrado ser competente para resolver los problemas de ingeniería que se le han ido presentando cotidianamente: también en los temas viejos ha sabido aportar nuevas combinaciones y variaciones inteligentes. Aunque no sea nada revolucionario mejorar contretes y grilletes, o cambiar los procesos de soldadura o calentamiento, estas innovaciones incrementales revelan una creatividad industrial de naturaleza colectiva y sistemática. Si a sus conocimientos empíricos unimos las *relaciones usuario-productor* estudiadas en la teoría moderna de la innovación (ver Lundvall, 1992, cap. 3; von Hippel, 1988), comprenderemos las muchas y diferentes funciones desarrolladas por Ramnäs. La empresa es un usuario fuerte, un *creador de demanda*, que obliga a sus subcontratistas y a sus proveedores de maquinaria a mejorar.

Prácticamente toda la maquinaria que se utiliza en esta pequeña fábrica de cadenas es el resultado de intensas conversaciones entre los técnicos de Ramnäs y sus proveedores. Por este procedimiento se han podido modificar las técnicas utilizadas y se ha podido diseñar equipo nuevo. Unas veces, se dan con todo detalle las especificaciones deseables; otras veces, simplemente se intercambian ideas; en ocasiones, el personal de Ramnäs realiza por sí mismo parte del diseño y de la fabricación de los equipos.

Ramnäs presenta dos perfiles diferentes en su función de *productor fuerte*. El primero consiste en que actúa como un *receptor de demanda* muy innovador, capaz de dialogar con compradores muy exigentes (como Norsk Hydro) y con empresas clasificadoras (como el American Petroleum Institute) de este sector, así como de desarrollar sus propios productos y procesos en respuesta a demandas de alta calidad. El segundo perfil de Ramnäs en su función de productor es el de actuar como *impulsor de tecnología*. De hecho, ha actuado como líder indiscutido, forzando la mejora de calidad en las cadenas de anclaje, y asimismo como líder en el desarrollo del diseño de producto y de la tecnología productiva.

Las competencias industriales se basan en gran medida en una buena *capacidad para absorber I+D externa* (ver «las com-

«(...) una buena capacidad para absorber I+D externa (...) y, lo que no es exactamente lo mismo, en una capacidad de aprendizaje de la propia organización.»

«La capacidad de aprendizaje (...) tiene la particularidad de crear un conocimiento industrialmente relevante. En parte, (...) implica la transformación del conocimiento científico, y en parte es un proceso de aprendizaje independiente de la ciencia.»



«Es difícil encontrar nada que tenga 'interés científico' en este proceso de innovaciones incrementales desarrollado en el ámbito de la planta.»

«Este método de formación del conocimiento se puede explicar como un proceso iterativo que, por la precisión de los parámetros iniciales, resulta económico y manejable.»

«(...) la capacidad de aprendizaje de Ramnäs ha compensado la falta de enseñanza básica y de formación formal.»

petencias del receptor» en Eliasson, 1990) y, lo que no es exactamente lo mismo, en una *capacidad de aprendizaje* de la propia organización. Sin embargo, ni estas capacidades, ni tampoco las actividades relacionadas con ellas, aparecen identificadas como innovadoras o incluidas en las listas de la I+D. De hecho, cuando se les pregunta a los empleados de Ramnäs, muchos de ellos, incluso los que han participado en estos procesos, tienen dificultades para separar e identificar sus actividades diarias como innovaciones incrementales (según la terminología utilizada en este artículo).

La capacidad de aprendizaje así identificada tiene la particularidad de *crear conocimientos industrialmente relevantes*. En parte, aunque no de manera total, implica la *transformación del conocimiento científico*, y en parte es un proceso de aprendizaje independiente de la ciencia. Permítaseme ilustrar estas ideas con algunos ejemplos del proceso de formación del conocimiento (que es nuestro concepto global) en Ramnäs.

El tipo de conocimientos subyacentes a los certificados de materiales (por ejemplo, los diagramas de fases) con que vienen los suministros de las acerías tienen una gran importancia; sin embargo, no se utilizan de forma directa en el proceso industrial de Ramnäs. Lo que cuenta en el tratamiento térmico es la velocidad de la cadena en el horno de chimenea, la temperatura (y su estabilidad) en los diferentes niveles del horno y la posibilidad de utilizar el equipo disponible para conseguir la calidad necesaria y prometida. La forma en la que todos estos parámetros interactúan, la manera de controlarlos, incluso bajo condiciones cambiantes y su relación con los demás elementos del proceso de producción de la cadena, tienen que ser estudiados y aprendidos en detalle por medio de la experiencia práctica.

El tratamiento del concreto, que tradicionalmente se introduce a presión en el eslabón para reforzarlo y reducir su deformación cuando está sometido a cargas, nos ofrece otro ejemplo. Es habitual que la corrosión reduzca la eficiencia del concreto y lo haga saltar. Este aspecto da lugar a una fuerte competencia entre los fabricantes de cadenas. Ramnäs ha abor-

dado el problema en cuatro frentes. El primero consiste en cambiar la forma de las bases del concreto, que es por donde éste se presiona para que encaje en el eslabón de acero, aún caliente y que acaba de ser soldado; la forma asimétrica y el distinto tamaño de ambas bases compensan la diferencia de temperaturas entre el lado del eslabón que ha sido soldado y el que no. Así se consigue un mejor ajuste y se reduce el riesgo de rotura. En segundo lugar, Ramnäs ha desarrollado un método de expansión que, por medio de una presión muy concentrada sobre los lados del concreto ya insertado, permite que éste se alargue, ensanchando el eslabón y creando en él una tensión que va disminuyendo a medida que eslabón y concreto van sufriendo la sufrida corrosión. En tercer lugar, Ramnäs ha desarrollado el método de soldadura de concretos, proceso en teoría bien conocido pero muy complicado cuando se trabaja con acero de alta calidad y de grandes dimensiones. En cuarto lugar, la empresa ha desarrollado una cadena sin concreto que, mediante un novedoso diseño de los eslabones, distribuye las fuerzas de forma nueva cuando está sometida a carga.

Es difícil encontrar nada que tenga «interés científico» en este proceso de innovaciones incrementales desarrolladas en el ámbito de la planta. Sin embargo, Ramnäs ha podido proteger y reforzar su competitividad internacional mejorando sus «sencillos» conocimientos sobre los procesos y productos.

Los procesos de aprendizaje que subyacen a todo este trabajo de desarrollo siguen la tradición de variación fragmentaria y sistemática de los parámetros, habitual en ingeniería. Los parámetros iniciales pudieran deberse al *conocimiento tácito* (ver Polanyi 1967 y Janik 1991) desarrollado entre todos los trabajadores, técnicos e ingenieros en la planta fabril de cadenas. Este método de formación del conocimiento se puede explicar como un proceso iterativo que, por la precisión de los parámetros iniciales, resulta económico y manejable. Desde una perspectiva epistemológica, esta forma de trabajar resulta parecida a lo que podríamos denominar metodología inductiva, aun cuando los participantes tienen dificultades para describir porqué han razonado de



una forma y no de otra. Cuando se les pregunta, suelen llamar a su creatividad «experiencia». Existe muy poca documentación escrita sobre todo este proceso de innovación incremental.

Tal experiencia, más o menos compartida por todos los empleados de Ramnäs, parece tener un carácter sistemático. Entre todos han construido un conocimiento muy exacto del comportamiento y de las interacciones entre la maquinaria y las cadenas en producción. Las condiciones de la producción distan de ser ideales. Existen peculiaridades por todas partes: los hornos no funcionan todos exactamente igual, y lo mismo les ocurre a las máquinas de soldar. Una aleación de acero de alta calidad y con bajo contenido de carbono exige, por ejemplo, un ajuste muy fino de la maquinaria de corte (la que corta las barras en trozos con los que se harán los eslabones) para mantener la productividad. De hecho, aun las diferencias entre dos partidas de acero de la «misma» calidad son a veces tan acusadas que hay que cambiar los parámetros que controlan la soldadura y el tratamiento térmico.

Hasta el momento, la capacidad de aprendizaje de Ramnäs ha compensado la falta de enseñanza básica y de formación formal. Con todo, parecen advertirse señales de que muy pocos empleados tienen un bagaje educativo suficiente para comprender y ajustar los complejos sistemas de control por ordenador que se están instalando por toda la fábrica.

Las competencias industriales en las empresas de baja tecnología: consecuencias para la formación profesional

El carácter social de la formación del conocimiento en las diferentes culturas (y las dificultades para el intercambio de tal conocimiento entre ellas) ha sido objeto de muchos estudios. En la década de 1930, el filósofo polaco Ludwick Fleck ya señaló que los hechos científicos (y, en general, el conocimiento) se crean en el marco de un *estilo mental* cincelado por los miembros de un *colectivo mental* (ver

Laestadius 1992, Cap. 2). Basándose en las ideas de Fleck, Mary Douglas, en su último estudio sobre el pensamiento en las organizaciones, ha creado el concepto de *mundo mental* para comprender bien el marco o contexto cultural en el que se forma el conocimiento (Douglas, 1986).

Con el aparato conceptual de Douglas, podemos interpretar y describir el proceso de aprendizaje y de formación del conocimiento que tiene lugar en Ramnäs. La capacidad de absorción no es fruto simplemente de la aplicación o *difusión* de los resultados de una I+D ajena, producida en los laboratorios científicos de las acerías o en los institutos de investigación sobre la soldadura (ver Rogers, 1962). De hecho, el concepto de difusión sitúa el fenómeno de las competencias industriales en una caja negra en la que queda protegido de una comprensión más profunda (Rosenberg, 1982, Cap. 7; Nelson, 1993, Cap. 1). Al adoptar este concepto de difusión, se supone que el conocimiento ya ha sido creado, que el trabajo intelectual más importante está hecho y que lo único que falta es que se extienda. Nuestra idea sobre la capacidad de absorción y de aprendizaje no es tan pasiva.

Desde la perspectiva de Fleck/Douglas, el proceso se parece más a una confrontación entre diferentes esferas del conocimiento, es decir, entre diferentes *mundos mentales*. Lo que es cierto o importante en un mundo mental puede no serlo en otro. Con ello, la transformación de un mundo mental a otro se convierte en un proceso cognitivo, de carácter básicamente colectivo, de aprendizaje y reaprendizaje en un nuevo contexto. Por lo tanto, las dificultades para que dos culturas se comuniquen y se integren los conocimientos de un mundo mental en otro son muy grandes y se les subestima con facilidad.

En el caso de Ramnäs, advertimos la transformación del conocimiento perteneciente a un mundo mental que podríamos llamar «científico» en un nuevo conocimiento perteneciente a otro mundo mental que podríamos llamar «industrial». Advertimos asimismo en la cultura industrial de Ramnäs una fuerte capacidad endógena de aprendizaje, más o menos independiente de la ciencia y probablemente

«En el caso de Ramnäs, advertimos la transformación del conocimiento perteneciente a un mundo mental que podríamos llamar 'científico', en un nuevo conocimiento perteneciente a otro mundo mental que podríamos llamar 'industrial'.»

«Es el resultado de este proceso de confrontación, y no el grado de 'cientifización', lo que constituye el fundamento de las competencias industriales.»

«No podemos postular a priori que exista una relación clara entre una alta intensidad de I+D y altas competencias industriales.»



«Los sistemas de formación profesional pueden, por una parte, transferir, desarrollar y comparar la experiencia industrial de diferentes empresas, y por la otra, comparar sus conocimientos industriales con el mundo mental científico.»

«La industria funciona con personas que trabajan y que resuelven problemas prácticos a partir de una base de conocimientos referida a un entorno industrial específico, y sólo ocasionalmente con un nivel científico profundo y general.»

mucho más importante. Además, parece depender poco del sistema educativo.

La confrontación entre los mundos mentales puede tener un aspecto distinto en otros casos. En los astilleros de pequeño tamaño de la costa occidental sueca, que son muy competitivos en el mercado internacional, he podido observar (en un miniproyecto actualmente en curso) confrontaciones parecidas entre la formación del conocimiento basada en los oficios tradicionales y un pensamiento industrial más «moderno». En una tesis reciente se han hallado confrontaciones culturales de consecuencias profundas entre los ingenieros de diseño y los de producción en el sector mecánico (Karlson, 1994, pág. 158 y sig.). Tenemos asimismo razones para suponer que, si se hiciera un estudio de la industria farmacéutica, resultaría un cuadro bien diferente, en el que las ciencias (biológica y química) tendrían un papel más importante.

Esta confrontación entre mundos mentales puede variar a lo largo del tiempo según vaya cambiando, en el proceso de desarrollo industrial, la importancia relativa de los distintos estilos de pensamiento. Es el resultado de este proceso de confrontación, y no el grado de «cientificación», lo que constituye el fundamento de las competencias industriales. Por lo tanto, puede crearse competitividad y excelencia tanto en sectores muy intensos en I+D como en sectores poco intensos, en industrias jóvenes como en maduras, en tecnologías «viejas» (por ejemplo, la fabricación de cadenas) como en otras «nuevas». No podemos postular *a priori* que exista una relación clara entre una alta intensidad de I+D y altas competencias industriales.

Comparada con muchas otras actividades industriales, como la producción de papel y pasta (que también está considerada como una tecnología media o baja) o la aeronáutica (considerada alta), la fabricación de cadenas es algo sencillo y sin mayor complicación. Sin embargo, si se examina en detalle, muestra una *complejidad* que, si se domina, hace que el proceso de producción e incluso el propio producto sean difíciles de imitar.

Esta complejidad se manifiesta a distintos niveles. En el caso de Ramnäs, se pro-

duce más bien a nivel de la planta y se concreta en innovaciones incrementales. En otras empresas cabe suponer que la complejidad importante para las competencias industriales se produce a otros niveles. En la aeronáutica, por ejemplo, podemos identificar sistemas de *producción integrada*, cuyo mantenimiento requiere un alto grado de competencias para la coordinación en la organización (ver Eliasson, 1994). Pero ni siquiera esto es lo mismo que I+D.

En las industrias de proceso, un reciente estudio de caso, muy completo, sobre la forma en que se gestionan las tareas en una refinería de petróleo y en una planta de pasta de papel (Perby, 1995) ha puesto de manifiesto una profesionalidad, un conocimiento de los sistemas y una «maestría en el oficio» que, a pesar de ser independientes del conocimiento científico, son lo suficientemente avanzados para permitir el ajuste fino de procesos de producción complejos y muy informatizados.

En el presente trabajo hemos podido ver cómo la formación del conocimiento en una empresa de baja tecnología, por competitiva que sea, es bastante independiente de la ciencia. Existen unas tradiciones industriales y una importante formación de conocimientos no triviales que son importantes para esa competitividad y que hemos denominado competencias industriales. Estas crecen y se desarrollan en distritos y sectores concretos, y pasan de una generación de trabajadores a la siguiente. A menudo, aunque en esto Ramnäs no sea un buen ejemplo, se forman y se transmiten en las escuelas de formación profesional de la zona. Los sistemas de formación profesional pueden, por una parte, transferir, desarrollar y comparar la experiencia industrial de diferentes empresas, y por la otra, comparar sus conocimientos industriales con el mundo mental científico.

De acuerdo con la perspectiva de C+T, se ha concedido a la ciencia, en estos tiempos de fuerte competencia internacional, una importancia especial en los planes de estudios de todas las escuelas industriales y programas de formación. Por supuesto que todo el que trabaja en la industria debe tener unos conocimientos básicos de las disciplinas científicas más importantes: de hecho, ya hemos



señalado que quizá la base teórica de Ramnäs sea hoy demasiado estrecha.

Se puede señalar que, en términos generales, una plantilla con un alto nivel de estudios (que no es el caso de la de Ramnäs) tendrá más facilidades para transformar sus competencias en nuevos procesos y productos. Ramnäs da muestras de excelencia en el modo muy especializado de soldar y forjar piezas pesadas. Si la industria del petróleo abandona las plataformas de prospección, o si la tecnología del anclaje sustituye las cadenas por cables o por fibras sintéticas, las competencias industriales especializadas de Ramnäs se verán amenazadas.

También se ha dicho (y nosotros lo hemos comprobado en 16 estudios de caso sobre otro tema, centrados sobre todo en empresas de media y baja tecnología) que existe un gran potencial de creatividad y de aprendizaje que puede movilizarse incluso entre los trabajadores poco formados de los sectores tradicionales. En particular, parece que este caso es el que se da cuando se combinan la formación profesional y unos cambios muy avanzados en la organización de la producción; un ejemplo de estos cambios puede ser la creación de equipos para realizar alguna tarea

conjunta, al tiempo que se reduce de manera drástica el número de capataces (Hamngren, Laestadius y Odhnoff, 1995).

El problema, sin embargo, es saber si la «cientificación» actual de la enseñanza y formación profesionales ignora estos otros modos de formación del conocimiento y de la competencia. El reto de los programas de formación profesional de nivel medio y bajo, en su reestructuración actual, está en el tratamiento y desarrollo de esta confrontación entre «las dos culturas» del conocimiento científico y de las competencias industriales. Un reto que se planteó ya hace algunos años en el famoso trabajo *Made in America* (Dertouzous, 1989, pág. 77 y sig.).

Para conservar la competitividad, es importante no sacrificar en el altar de la ciencia las tradiciones de creatividad industrial, espíritu innovador, capacidades prácticas, manufacturación industrial y conocimientos organizativos. La industria funciona con personas que trabajan y resuelven problemas prácticos a partir de una base de conocimientos referida a un entorno industrial específico, y sólo ocasionalmente con un nivel científico profundo y general. De hecho, las universidades técnicas se enfrentan al mismo desafío.

Referencias bibliográficas

- Dertouzous, Lester y Solow** (1989): *Made in America*, The MIT Press, Cambridge (Mass.) y Londres.
- Douglas, M.** (1986): *How Institutions Think*, Syracuse U.P., Siracusa, NY
- Eliasson, G.** (1990): «The Firm as a Competent Team», *Journal of Economic Behaviour and Organization*, Vol. 13, Núm. 3, pág. 275-298.
- Eliasson, G.** (1994): General purpose technologies, industrial competence and economic growth», mimeografía, INDEK, Kungl. Tekn. Högskolan, Estocolmo.
- Hamngren, I., Laestadius, S. y Odhnoff, J.** (1995): *Effektivare produktion (Una producción más eficiente)*, INDEK, Kungl. Tekn. Högskolan (TRITAIEO R 1995:3&8), Estocolmo.
- Hippel, E. von** (1988): *The Sources of Innovation*, Oxford Univ. Press, Nueva York y Oxford.
- Janik, A** (1991): *Cordelias tystnad (El silencio de Cordelia)*, Carlssons, Estocolmo.
- Karlson, B** (1994): *Product Design. Towards a New Conceptualization of the Design Process*, Diss., INDEK, Kungl. Tekn. Högskolan (TRITA-IEO R 1994:1), Estocolmo.
- Laestadius, S.** (1980): *Produktion utan gränser (Producción sin fronteras)*, Sekretariatet för framtidsstudier, Estocolmo.
- Laestadius, S.** (1992): *Arbetsdelningens dynamik (La dinámica de la división del trabajo)*, Arkiv, Lund.
- Laestadius, S.** (1994): *Ramnäs Ankarkätting AB-världsledande tillverkare av avancerad lågteknologi*, Informe de investigación, INDEK, Kungl. Tekn. Högskolan, (TRITA-IEO R 1994:2), Estocolmo.
- Lundvall, B.-Å.**, editores (1992): *National Systems of Innovation*, Printer Publ., Londres y Nueva York.
- Perby, M.L.** (1995): Vad gör en operatör? (¿Es el trabajo un operario de procesos?), Manuscrito final, INDEK, Kungl. Tekn. Högskolan, de próxima aparición.
- Nelson, R.**, editores (1993): *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Oxford U. P., Oxford y Nueva York.
- Polanyi, M.** (1967): *The Tacit Dimension*, Anchor Books, Nueva York.
- Rogers, E.** (1962): *Diffusion of Innovations*, The Free Press, Nueva York.
- Rosenberg, N.** (1982): *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge U. P., Cambridge.
- Vernon, R.** (1966): «International Investments and International Trade in the Product Cycle», *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 80, Pág. 190-207.