



# Evaluación, avalúo y ciclo de vida de la tecnología (Parte I)

L.R. Vega-González

*Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM*

*Coordinación de Vinculación,*

*Laboratorio de Cibernética y Sistemas*

*E-mail: lrvg@servidor.unam.mx*

(recibido: junio de 2001; aceptado: diciembre de 2002)

## Resumen

El impacto de la variable tecnológica dentro de las organizaciones ha sido tratado con diversos enfoques por muchos autores. Se ha hecho referencia a la forma en la que la tecnología influye en la competitividad, la productividad y el desempeño de las organizaciones. Sin duda, las organizaciones poseen tecnología pero ¿Cómo evaluarla? Por su importancia, el problema de evaluación tecnológica se ha estudiado por Naciones Unidas (UNIDO, 1996), haciendo énfasis en el lugar que ocupa esta actividad dentro del proceso de planeación para la transferencia de tecnología. Casi siempre el tratamiento del concepto de evaluación tecnológica se ha hecho de manera muy general sin considerar que las características de la tecnología varían y se modifican a lo largo de su ciclo de vida. Este artículo recupera la experiencia de más de cinco años realizando gestión para la transferencia de tecnologías de la Universidad Nacional Autónoma de México. En primer lugar nos ocuparemos de identificar a quién beneficia evaluar tecnología, para posteriormente estudiar las características del mismo problema. Se aplicará además un método de evaluación para revisar aspectos estratégicos clave para la transferencia. Se desarrolla también una forma para cuantificar los aspectos críticos, ubicar las fases y la evolución del ciclo de vida de la tecnología y por último, visualizar gráficamente la forma de cómo se da el conocimiento tácito y acumulado en las organizaciones para ubicar el conocimiento transferible dentro de las mismas.

Descriptores: evaluación tecnológica, ciclo de vida, transferencia y conocimiento organizacional.

## Abstract

*Several authors with different focus have treated the impact of the technology variable in the organizations. They had treated the technology variable influence in competitiveness, productivity and performance of the organizations. Doubtless organizations own technology but how can we evaluate it? United Nations (UNIDO, 1996) has strongly indicated the place the technology evaluation activity has within the technology transfer planning process. Nearly always the evaluation concept had had a generalist treatment without considering that the technology characteristics change along its life cycle. This work recovers five years experience period pursuing the National*

*Autonomous University of Mexico technology transfer. In first place we will identify who is benefited making technology evaluation and what are the characteristics of the problem. Besides of that, we will apply an evaluation method looking through key strategic aspects for the transference. We will develop a way to quantify the critical aspects, identify the phases and evolution of the life cycle and finally visualize graphically the way the tacit and accumulated knowledge is generated within organizations to determine the transferable knowledge within themselves.*

*Keywords: technology evaluation, life cycle, technology transference, and organization knowledge*

## ¿Quién requiere evaluar tecnología?

Absolutamente toda persona, organización o institución participa directa o indirectamente en los procesos de evaluación tecnológica. Muchas veces además de evaluar tecnología en forma indirecta, lo hacemos en forma inconsciente. Esto sucede cuando en el ámbito personal adquirimos un medicamento, una PC, un auto, un juguete u optamos por algún servicio. Un proceso de evaluación tecnológica más consciente, o que al menos debería serlo, es cuando las empresas requieren una nueva tecnología de producto, de proceso o equipo. Otro caso es cuando ciertas organizaciones productivas o de servicios requieren de nuevas tecnologías de operación.

Un aspecto que merece mención aparte, es el relativo a los procesos de intercambio, comercialización o transferencia de tecnología, que se dan entre firmas, o bien, de instituciones o centros de investigación públicos o privados hacia las empresas.

Porter (1987 y 1991), Narendra (2001) y Pao Long (2000),

entre otros autores, han señalado que las estrategias que existen detrás de esto, son, entre otras, la búsqueda del aumento de la competitividad, de la utilidad y de la productividad. En otros casos, lo que se busca es la apertura de nuevos mercados, y en algunos otros, la supervivencia de algunas empresas al introducir nuevas tecnologías.

Cuando el intercambio tecnológico comercial se manifiesta en el ámbito global entre diferentes países, las estrategias buscan el desarrollo económico y social, la aceleración de la Tasa de crecimiento económico (PIB), la modificación de la estructura productiva, la adecuación de la producción a los recursos disponibles, así como la disminución de los impactos ambientales.

Desde hace muchos años, las Naciones Unidas (1996) determinaron que el núcleo de un proceso de selección, negociación, adaptación y absorción tecnológica es la evaluación de tecnología intensiva realizada con criterios apropiados.

Para UNIDO, la evaluación tecnológica debe realizarse una vez que se conocen las tecnologías disponibles, según el

caso, obteniéndose las tecnologías de uso potencial que pueden colaborar para la solución del problema tecnológico.

Todo esto se realiza antes del proceso de negociación, por lo que el objetivo central de una evaluación tecnológica debe ser, además de obtener el abanico de tecnologías adecuadas para resolver el problema tecnológico, el proveer elementos para realizar la compra, intercambio o transacción más adecuada y justa en términos de recibir una completa satisfacción de la necesidad tecnológica que se tiene, por lo que se paga o invierte.

Este trabajo está orientado a la evaluación de tecnología necesaria para iniciar y optimizar un proceso de transferencia tecnológica. Esta última es una actividad institucionalizada internacionalmente, (Santero y Gopalakrishnan, 2000). Es evidente que el manejo de una buena metodología de evaluación es necesaria para los departamentos o áreas encargadas de la vinculación entre las instituciones de investigación y desarrollo y la industria. De otra forma, es posible caer en un circuito de



esfuerzos y administración inútiles y costosos al intentar realizar la transferencia de tecnologías no orientadas hacia el mercado.

La transferencia de tecnología es una práctica común en las universidades de todo el mundo Matkin (1990). En 1995, en el Centro para la Innovación Tecnológica de la Universidad Nacional Autónoma de México se manejaba un inventario aproximado de unos 250 proyectos, de los cuales sólo unos 2 o 4 pagaban regalías. Por otra parte, de cada 4 o 5 propuestas de proyecto, por parte de los distintos Centros o Institutos Universitarios, sólo uno calificaba para abrirse como proyecto para transferencia. Se estima que a lo largo de 10 años de operación fueron propuestos y manejados más de 1000 proyectos, de los cuales sólo uno o dos fueron parcialmente exitosos.

Haciendo un cálculo simple se puede notar que la razón o indicador de éxito adimensional (RE) de aquellos años estaba entre 0.002 y 0.004. Por supuesto que esto sucedía por las dificultades tan enormes para realizar innovaciones, entendiendo esto último como el complicado proceso de hacer llegar una idea inventiva a la sociedad y al mercado.

Otro factor que contribuía al bajo valor de RE era sin duda el que se abrieran proyectos de transferencia para muchas tecnologías que no estaban bien evaluadas. Esto por supuesto obedecía a razones políticas o a compromisos interinstitucionales, pero contribuía al uso no eficiente de los recursos.

### **Condiciones de mercado básicas para el flujo de tecnología de los Centros de I&D hacia el sector productivo**

La tecnología en sí misma constituye un objeto de comercio, por lo que es desarrollada, producida, comprada, vendida, importada, exportada y se comporta como una mercadería, por lo tanto, se sujeta a las leyes del mercado.

Desde hace mucho tiempo, se sabe que existe un mercado de tecnología en el que la oferta la determinan las empresas, los consultores y firmas de ingeniería, los centros de I&D, las universidades, los proveedores, los clientes y hasta la información contenida en bibliotecas y bases de datos. Por su parte, la demanda es determinada por los mismos actores, aunque principalmente empresas por pequeñas y grandes en todos sus giros.

El intercambio de tecnología se realiza generalmente por medio de contratos de transferencia de tecnología relativos a tecnologías de proceso, de producto, o equipos tales como maquinaria o unidades de proceso especiales. También se refieren a mejores métodos de producción, a la fabricación de nuevos productos, o bien, al uso de sistemas operativos y de comercialización más modernos.

En algunos casos, las empresas tienen acceso a las tecnologías que necesitan, a través de desarrollos conjuntos, jointventures, alianzas y desarrollos

cooperativos, por medio de la formación de consorcios de investigación, o asociaciones universidad-industria, Rebentisch & Ferreti (1993). En cualquiera de los casos, las transacciones se realizan por medio de las licencias de uso necesarias.

Resalta el hecho de que las variables determinantes en la oferta de tecnologías son las posibilidades de negocio y el control que las empresas o países pueden tener sobre la innovación a través de los títulos de propiedad intelectual obtenidos. Otros factores que influyen en la oferta son si la tecnología es clave o emergente, el nivel de integración del paquete y la competitividad de los oferentes.

En resumen, para que pueda existir un flujo de tecnologías de los centros e institutos de investigación y desarrollo hacia las empresas, se deben cumplir al menos las siguientes condiciones:

1. Es imperativo que las tecnologías recibidas por el sector privado sean totalmente integradas y representen oportunidades de negocio real.
2. Aquellos empresarios que sean usuarios finales evitarán adquirir tecnologías que representen riesgos para su operación o altos costos de adaptación y asimilación.
3. Los empresarios que adquieran tecnologías no incorporadas evitarán adquirir aquellas que representen



altos costos de escalamiento o problemas técnicos para su desarrollo, producción y comercialización final.

4. Una buena evaluación tecnológica es imperativa cuando el objetivo es impulsar el proceso de innovación.

En los últimos años, la dinámica del cambio tecnológico ha influido para que se presenten otras variables determinantes y estratégicas en el mercado, como son el ciclo de vida de la tecnología, el control de los mercados por grandes grupos internacionales, la asimetría y disponibilidad de la información, el descubrimiento de diferentes formas de conocimiento, tales como el codificado el tácito y el secreto. Finalmente, a principios del siglo XXI se ha mostrado una gran importancia a la percepción, la imagen pública y a los aspectos de impacto socioeconómico y ambiental.

### El problema de la evaluación de la tecnología (PET)

El problema de la evaluación tecnológica (PET) tal vez sea hoy más complejo que hace algunos años, ya que el número de variables que influyen en el mismo se ha incrementado. Esto se debe a que los usuarios de tecnología están sujetos a una dinámica de cambio cada vez mayor en el entorno económico, político y social.

El PET es un problema complejo y dinámico, ya que es una

función del tiempo, y en muchos casos, faltan datos del comportamiento de las tecnologías en los mercados. Por si esto fuera poco, también es un problema que depende de la situación y de la percepción de los actores que participan en el proceso de transferencia. La tabla 1 presenta una matriz reducida de criterios y variables que hay que tomar en cuenta en el proceso de evaluación.

### El ciclo de vida de la tecnología

Para el análisis del ciclo de vida nos auxiliaremos con la figura 1 que muestra las fases de desarrollo, introducción, estabilización y decrecimiento del ciclo de vida de las tecnologías.

La fase de desarrollo corresponde a la etapa o tiempo que transcurre entre el momento en que surge la idea inventiva y el

final del desarrollo de un prototipo de laboratorio. Se dice que en esta fase las tecnologías son precompetitivas.

Durante esta fase todo es incierto, ya que se desconocen los costos reales y finales del desarrollo porque aún no se completa. También se desconoce si existirán problemas técnicos para el escalamiento e introducción industrial y cuál será la recepción y percepción del mercado.

Durante la fase de introducción y crecimiento ya se cuenta con un prototipo de laboratorio, pero se inicia el escalamiento industrial, y con ello, los problemas que esto representa. Se desconoce si habrá problemas técnicos para la adaptación y asimilación de la tecnología a los procesos productivos, el costo final del escalamiento, la percepción y aceptación del mercado y el

Tabla 1. Factores y criterios de evaluación múltiples en el proceso de evaluación. (Tomado y modificado del curso de Gestión Tecnológica dictado por la Unidad de Inteligencia Tecnológica, en el Centro de Instrumentos de la UNAM, Marzo del 2001).

Tecnológicos	Financieros	Contractuales	Sociopolíticos	Ambientales
Dimensiones tecnológicas	Rentabilidad	Alcance de la licencia	Impacto en el empleo	Impacto ambiental
Adaptabilidad	Activos fijos requeridos	Precio y forma de pago	Impacto sociocultural	Regulaciones
Complejidad	Costos	Exclusividad	Modelo de desarrollo	Seguridad de operaciones
Grado de innovación	Capital de trabajo	Protección de la tecnología	Políticas específicas	Capacidad de gestión ambiental
Cambios organización	Liquidez	Acceso a mejoras		Derechos industriales
Flexibilidad	Sensibilidad	Asistencia técnica		
		Territorialidad		

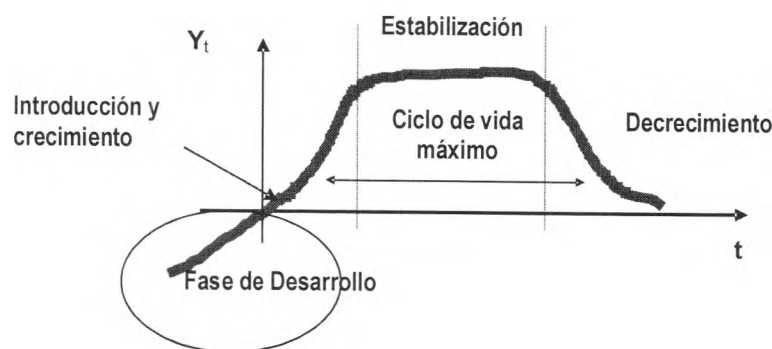


Figura 1. Ciclo de vida de la tecnología  
Adaptado de Levitt (1965), Pride y Ferrel (1986), Schewe y Smith (1988)

comportamiento de la competencia. Esta fase se considera como la etapa de competencia inicial.

A la fase de estabilización también se le conoce como fase de explotación, ya que presenta las condiciones de mayor estabilidad. La tecnología ya ha ganado su porción del mercado y en esta zona algo característico es el impulso por la optimización de los procesos productivos.

La fase de decrecimiento es la parte final del ciclo de vida. La tecnología poco a poco va perdiendo terreno en el mercado y es muy probable que llegue alguna innovación tecnológica que ocupe su lugar, para volver a iniciar el ciclo.

Finalmente, una situación que agrava el problema de evaluación tecnológica en un proceso de transferencia de tecnología, es el problema de la percepción de los actores participantes en el proceso. La visión que el inventor, científico o quien desarrolla la tecnología

tiene de la misma, es diferente a la de quien la va a adquirir.

Generalmente, la idea de partida de los inventores es que la tecnología es “muy buena” ya que se han invertido muchos años y recursos para su desarrollo. Esto no siempre es cierto, ya que en muchos de los casos los desarrollos se han llevado a cabo sin tomar en cuenta los requerimientos del mercado. Comúnmente corresponde a los Gestores de Tecnología ubicar la situación real de la misma desde el punto de vista comercial o de mercado.

### Método y elementos propuestos para evaluar tecnología

El método de evaluación tecnológica propuesto por Medellín y Vega (1995) fue presentado como una herramienta básica para la transferencia de tecnología. Sin embargo, ahora sabemos que la importancia de la evaluación tecnológica puede incrementarse, si además de plantearse como una meto-

dología auxiliar en el proceso de gestión tecnológica, se identifica como uno de los aspectos estratégicos de mayor importancia para la transferencia. Esto sucede cuando se optimiza y utiliza más eficientemente el proceso, tomando en cuenta aspectos específicos del ciclo de vida de la tecnología.

Los aspectos mínimos fundamentales que deben ser considerados para una buena evaluación tecnológica son:

- . Aspectos críticos
- . Grado de Integración del paquete tecnológico
- . Indicadores Globales de desempeño y
- . Precio de la Tecnología.

A continuación describiremos los tres primeros niveles de evaluación. El precio de la tecnología será tratado en detalle en la segunda parte de este artículo.

### Aspectos Críticos (AC)

En el libro clásico “From Concept to Market”, Gary (1989) realizó el análisis de algunas centenas de factores que los fabricantes de especialidades en la industria de productos químicos debían tomar en cuenta para que las tecnologías de proceso respectivas llegaran exitosamente al mercado. El estudio se basaba en un extenso cuestionario que con preguntas muy específicas calificaba diversos aspectos relacionados con el producto. Resalta el hecho de que la primera categoría de análisis estaba conformada



INGENIERIA Investigación y Tecnología

una tecnología, las preguntas pueden ser:

¿La gente común percibe la necesidad de esta tecnología?

\_\_\_(-2) Muy poco, casi nadie ha requerido el producto tecnológico

\_\_\_(-1) Pocas gentes lo han requerido

\_\_\_(0) No lo sé.

\_\_\_(+1) El producto tecnológico se requiere frecuentemente

\_\_\_(+2) La mayor parte de la gente requiere del producto tecnológico.

De manera similar deberán generarse preguntas para los otros aspectos críticos. Se debe realizar un protocolo de cuestionarios y aplicaciones para obtener el resultado promedio. Se sugiere la aplicación de los cuestionarios a los inventores, expertos en la tecnología, especialistas del mercado y finanzas, así como público en general.

Al final, se puede construir una gráfica sencilla como la que se muestra en la figura 2.

Con la escala seleccionada se pueden generar rangos para la calificación final, según el promedio de calificaciones de los cuestionarios aplicados.

### Grado de Integración del Paquete Tecnológico (GIPT)

El segundo nivel de evaluación lo constituye la identificación del grado de integración del paquete tecnológico. Un paquete tecnológico está constituido por los diferentes grados de tecnología de operación, tecnología de producto, tecnología de equipo y tecnología de proceso.

Una forma de evaluación simple del GIPT es, por un lado, el reconocimiento de los tipos de tecnología que conforman el paquete, y por el otro, la visualización e identificación del nivel de información con la que se cuenta.

Debe requerirse información general y particular sobre el proceso, los equipos, el servicio y mantenimiento, las materias primas, la operación de los sistemas, los productos, sus rendimientos y desechos, el personal requerido para la fabricación, las condiciones para una licencia, la forma y cantidad de personal requerido para su administración y si la organización lleva a cabo investigación.

### Indicadores Globales de Desempeño (IGD)

El tercer nivel de evaluación lo constituye la identificación de los Indicadores Globales de Desempeño. Esto equivale a identificar las ventajas comparativas de la tecnología con respecto a los competidores y respecto al líder tecnológico mundial. La forma más propia de medir el desempeño tecnológico es a través de la definición y la medición de las dimensiones tecnológicas.

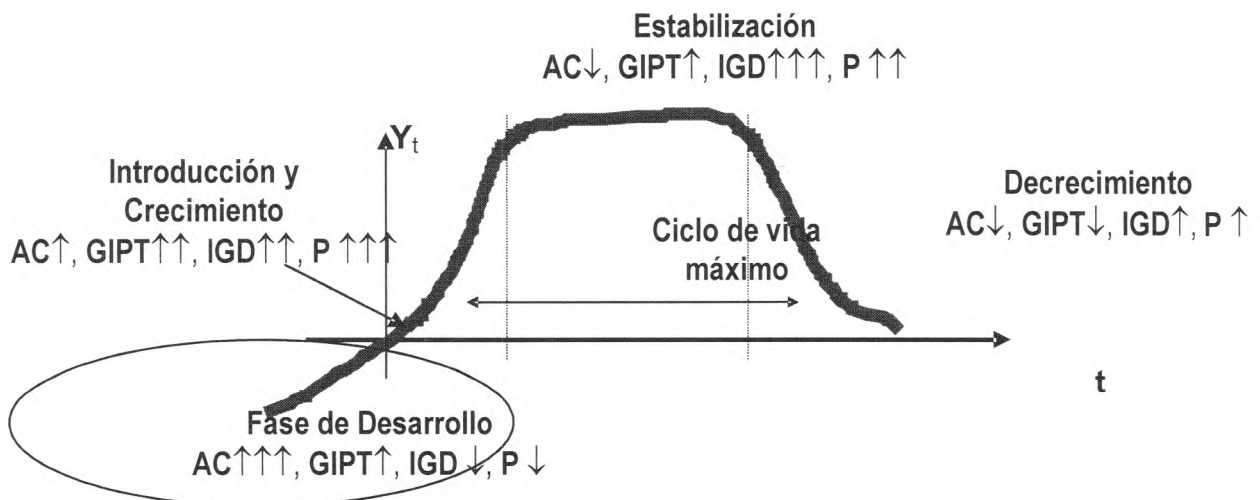


Figura 3. Importancia relativa de los niveles de evaluación tecnológica según el ciclo de vida de la tecnología



Las dimensiones tecnológicas pueden definirse en dos niveles: (a) global y (b) desagregado.

Ejemplos de (IGD) a escala global pueden ser las medidas de producción global de una unidad productiva: Ton/día, piezas/día, Kw/btu. Otra forma de medir el desempeño global puede ser a través de medidas de precisión o exactitud en instrumentos o equipos. Una medición a escala desagregada que aplica en procesos intermedios es por ejemplo el número de sepas microbianas/ml-hora en procesos biológicos o consumo de carretes/Unidad productiva-año en procesos de la industria textil.

En esta sección es posible incluir otros indicadores de desempeño, tales como el tipo de diseños respecto a los estándares internacionales (Nixon, 1999).

### Precio de la Tecnología (P)

El cuarto nivel de la evaluación lo constituye el precio asignado a la tecnología. Al proceso seguido para asignar el precio o valor de una tecnología se le conoce como avalúo. Es un proceso complejo y es tratado con profundidad en la segunda parte de este trabajo.

### La evaluación tecnológica y su relación con otros aspectos estratégicos

#### El ciclo de vida de la tecnología

El ciclo de vida de la tecnología es un concepto conocido desde hace muchas décadas (Levitt,

1965). Se trata de un juicio o pronóstico del tiempo que tomarán las etapas de introducción, crecimiento, mantenimiento y declinación del producto tecnológico. Sus estimaciones se pueden basar en la curva histórica de demanda de los productos previos similares y en estimaciones de la variación estacional (Kurawarwalla y Matsuo, 1998). Hoy en día los productos tecnológicos cada vez tienen ciclos de vida más cortos, (Lansati y West, 1997), (Hayes y Wheelwright, 1979). Los ciclos de vida de los productos sustentados en componentes electrónicos se ha reducido a 2 años en computadoras industriales y hasta a seis meses en el caso de algunos otros productos, tales como la instrumentación industrial.

Una estrategia clara para enfrentar la reducción de los ciclos de vida de las tecnologías es hacer que éstas sean escalables y compatibles entre sí.

Otra forma de aprovechar el concepto en forma efectiva y productiva es identificar la importancia de los diferentes niveles de evaluación tecnológica, según las fases de desarrollo del ciclo de vida de los productos tecnológicos. En la figura 3 se puede ver la importancia relativa de los factores de acuerdo a la fase. La importancia se marca con la dirección y la cantidad de flechas.

En la fase de desarrollo, los aspectos críticos son fundamentales, el grado de integración del paquete tecnológico co-

mienza a tomar importancia, mientras que los indicadores globales de desempeño aún no pueden ser medidos, ni el precio de la tecnología.

En la fase de introducción y crecimiento, los aspectos críticos siguen siendo importantes, aunque se supone que las interrogantes en los aspectos financieros y de mercado ya han sido superadas.

En esta fase cobra una gran importancia el grado de integración del paquete tecnológico y los indicadores globales de desempeño, ya que de ellos depende la pendiente de subida desde el punto de vista de la realización del escalamiento industrial apropiado, así como de la asimilación de tecnologías de producción. El precio se convierte en una variable muy relevante, ya que definirá la aceptación del mercado, y por lo tanto, la pendiente de subida.

En la fase de estabilización, los aspectos críticos de mercado, financieros y de calidad de la tecnología han sido totalmente superados. El grado de integración del paquete tecnológico pierde cierta importancia relativa, ya que es un paquete totalmente integrado y teóricamente optimizado, mientras que los indicadores globales de desempeño adquieren una importancia relevante, ya que de su valor depende la permanencia que la tecnología pueda lograr en esta fase.

El precio también influye en las preferencias del consumidor.

Puede parecer que en la fase de decrecimiento o caída, la



importancia de todos los niveles de evaluación disminuyen; sin embargo, esto no es cierto, ya que tanto un buen desempeño del producto tecnológico como un precio adecuado, contribuirán sustancialmente para hacer que la pendiente de bajada no sea tan pronunciada.

### Transferibilidad y conocimiento

La transferibilidad ha sido definida por Grant y Gregory (1997), como la facilidad con la cual cierta tecnología es capaz de ser transmitida y asimilada.

La acumulación de conocimiento es un factor determinante para que el proceso de transferencia se lleve a cabo exitosamente, ya que un proceso de transferencia tecnológica representa necesariamente la transmisión de conocimiento de una firma transmisora a una firma receptora.

El conocimiento tácito es el conocimiento propio, adquirido por los integrantes de una organización. Se dice que la tecnología es más transferible en cuanto más madura el conocimiento tácito.

En la tabla 2 se muestra la relación entre los procesos de producción y su conocimiento propio en relación con las fases del ciclo de vida.

En la figura 4 puede verse un comparativo entre la curva del ciclo de vida y las curvas de conocimiento acumulado por la experiencia.

### Conclusiones

En la tabla 3 se presenta un resumen de los diferentes aspectos tratados en este trabajo. A lo largo del ciclo de vida de la tecnología, las complejidades del problema de evaluación cambian, por lo que los actores involucrados pueden utilizar los distintos elementos de evaluación del método presentado para optimizar los procesos de transferencia.

El método de evaluación tecnológica presentado, identifica cuatro aspectos fundamentales, los aspectos críticos, el grado de integración del paquete tecnológico, el índice global de desempeño y el precio de la tecnología.

Hay que resaltar que la primera categoría de análisis de los aspectos críticos está conformada por aspectos relativos al mercado, es decir, debemos entender que si se quiere llegar al mercado hay que tomar en cuenta los requerimientos del mismo antes de iniciar los desarrollos. Debe quedar bien claro que la tecnología es un

objeto de comercio, por lo que sería deseable que al menos hubiera un cliente o usuario potencial para promover su desarrollo.

Intentar transferir tecnologías que han sido producto de investigación básica, para las cuales no se hizo al menos un sondeo del mercado al inicio de su desarrollo, es poco eficiente y muy costoso. La investigación básica tiene su propio espacio y lugar, ya que su objetivo fundamental es la generación de conocimientos. Son muy pocos los casos en los cuales una investigación básica culmina con una innovación radical aportando productos o beneficios a la sociedad. La mayor parte de los casos han sido por casualidad o serendipity (Royston, 1989).

El cambio tecnológico está propiciando una reducción vertiginosa del ciclo de vida de los productos tecnológicos, por lo que hay que tener mucho cuidado en considerar esta situación al establecer el calendario de los tiempos de

Tabla 2. Ciclo de vida VS conocimiento adquirido

Ciclo de vida→ Proceso/conocimiento ↓	Fase de desarrollo	Fase de introducción y crecimiento	Fase de estabilización
¿Cómo se lleva a cabo el proceso?	Proyectos, taller y a nivel laboratorio	Producción en lotes, islas de automatización. Producción en serie	Líneas de ensamble, manufactura integrada por computadora, equipo robusto y estandarizado
¿Cómo se da el conocimiento?	Know How intensivo, expertos con poca experiencia en operaciones	Refinamiento de los procesos, construcción de mapas conceptuales y desarrollo de pericias	Conocimiento codificado, rutinas eficientes y repetitivas, aprendizaje intensivo por experiencia



desarrollo de los proyectos. Este caso debe contribuir para la definición de prioridades de investigación y la planeación de actividades de los grupos de trabajo.

Existen dos zonas de conocimiento transferible a lo largo del ciclo de vida de los productos tecnológicos. La primera se presenta en la fase de desarrollo, en la cual el conocimiento transferible es el Know How intensivo de los investigadores o inventores de la tecnología, quienes pueden ser parte o no de una organización productiva. La segunda zona pertenece exclusivamente a las empresas u organizaciones que realizan el escalamiento industrial, introducen la tecnología al mercado y elaboran el producto tecnológico. El trabajo de los operadores y los niveles de supervisión y dirección produce conocimiento; sin embargo, no todo el conocimiento desarrollado a través del trabajo práctico por los operadores a lo largo del ciclo de vida de las tecnologías es transferible.

El límite inferior del conocimiento transferible lo establece el conocimiento tácito, el cual es propio de los individuos que operan las organizaciones. Este conocimiento casi nunca puede plasmarse en documentos, manuales o sentencias, por lo que no puede ser codificado ni difundido. En otras palabras, sólo ellos saben lo que saben. El límite superior de conocimiento transferible lo establece la experiencia o conocimiento acumulados por los

niveles de supervisión y/o dirección

El fenómeno se ilustra en la gráfica de la figura 4, aunque no guarda unidades comparables. El ciclo de vida marcado como la gráfica de la función  $Y(t)$  puede estar en unidades del producto tecnológico difundidas en el mercado, mientras que las curvas de conocimiento podrían estar medidas en número de documentos, planos, manuales, instructivos, bitácoras, planos u otros elementos de codificación del conocimiento.

En un principio, la experiencia que acumula la organización que está produciendo y comercializando el producto tecnológico crece en forma exponencial, pero este conocimiento no es transferible hasta que la etapa de introducción y crecimiento llega hasta un cierto nivel mínimo. El otro extremo lo marca la fase de decrecimiento del producto tecnológico. Finalmente, hay que recordar que la tecnología al igual que la ciencia producen y están basadas en el conocimiento. La

rápida, flexible asimilación y uso del mismo para la generación de nuevos productos tecnológicos seguramente contribuirá a la permanencia futura de las organizaciones. Las capacidades tecnológicas resultarán determinantes en el éxito de los proyectos de transferencia de tecnologías (Yin, 1992).

Mejorar o acelerar la razón o indicador de éxito (RE) de tecnologías transferidas en las universidades, requerirá de cambios en las organizaciones, específicamente de la inclusión y uso de los factores estratégicos que internacionalmente se ha identificado y que influyen en los procesos de transferencia (Janaro y Bommer, 1991), así como de la generación de un ambiente organizacional propicio (Jassawalla y Sashitall, 1998). Afortunadamente el analista dispone de herramientas de evaluación que aplicadas en el marco del ciclo de vida de los productos tecnológicos resultarán ser altamente estratégicos.

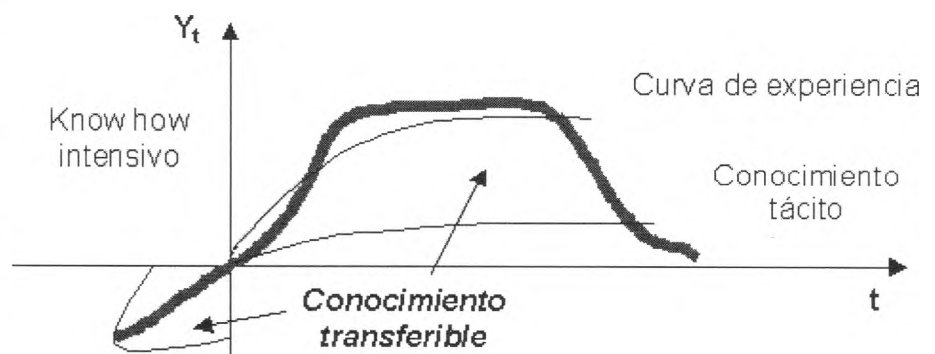


Figura 4. Conocimiento transferible, según el ciclo de vida de la tecnología. Tomado y modificado de Grant y Gregory (1997)



Tabla 3. Resumen de aspectos estratégicos en la evaluación de la tecnología para la transferencia

Fase del ciclo de vida	¿Quién debe evaluar tecnología?	Aspectos principales del problema de evaluación	Elementos de evaluación y su importancia relativa	¿Cómo se da el conocimiento?
1. Desarrollo	Investigadores, gestores de tecnología y clientes	Tecnología precompetitiva, se desconocen los costos reales y finales, si existirán problemas técnicos para el escalamiento e introducción industrial y cuál será la recepción y percepción del mercado.	AC↑↑↑, GIPT↑, IGD↓, P↓	Investigadores, ingenieros y técnicos con Know How intensivo, expertos con poca experiencia en operadores
2. Introducción y crecimiento	Empresarios que escalarán los desarrollos usuarios de tecnología y gerentes de tecnología	Se desconoce si habrá problemas técnicos para la adaptación y asimilación de la tecnología a los procesos productivos, el costo final del escalamiento, la percepción y aceptación del mercado y el comportamiento de la competencia. Esta fase se considera como la etapa de competencia inicial.	AC↑, GIPT ↑↑, IGD ↑↑, P↑↑↑	La asimilación de tecnología en las empresas productivas y/o de servicios, da origen a la optimización de los procesos, productivos, al desarrollo de pericias y habilidades, construcción de mapas conceptuales por parte de ingenieros, operadores y técnicos.
3. Estabilización	Evaluaciones comparativas de tecnología por parte de productores, clientes y usuarios. Benchmarking	Competencia franca e incertidumbre limitada. La fase de estabilización también se le conoce como fase de explotación, ya que presenta las condiciones de mayor estabilidad. La tecnología ya ha ganado su porción del mercado y en esta zona algo característico es el impulso por la optimización de los procesos productivos.	AC↓, GIPT↑, IGD↑↑↑, P↑↑	La asimilación de un 100% de la tecnología da origen al conocimiento codificado, rutinas eficientes y repetitivas, aprendizaje intensivo por experiencia. Generación del conocimiento tácito intrínseco por parte de los operadores. Acumulación de experiencia en los niveles de supervisión.
4. Decrecimiento	Igual a la fase anterior, evaluaciones de nuevas tecnologías para mejores innovaciones	La fase de decrecimiento es la parte final del ciclo de vida. La tecnología poco a poco va perdiendo terreno en el mercado y es muy probable que llegue alguna innovación tecnológica que ocupe su lugar, para volver a iniciar el ciclo.	AC↓, GIPT↓, IGD↑, P↑	Adaptación de nuevas tecnologías para dar origen a innovaciones de mejora o graduales para extender la vigencia del producto. Se emprende nueva investigación. Extensión del conocimiento tácito adquirido y el acumulado

## Referencias

- Gary S.L. (1989). *From Concept to Market*. John Wiley & Sons.
- Grant B.E. y Gregory M.J. (1997). Tacit Knowledge, The Life Cycle and International Manufacturing Transfer. *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 9, No.2, 149-159.
- Hayes R. y Wheelwright S. (1979). *The Dynamics of Process*
- Product-Life Cycles. *Harvard Business Review*, 105-107.
- Lansati M. y West J. (1997). Technology Integration: Turning Great Research Into Great Products. *Harvard Business Review*, May-June, 69-79.
- Jassawalla A.R. y Sashittal H.C. (1998). Accelerating Technology Transfer: Thinking About Organizational Pronoia. *Journal of Engineering Technology Management*, Vol. 15, 153-177.
- Janaro R.E. y Bommer R.W. (1991). Strategic Issues Affecting an International Technology Transfer. *Technology Forecasting & Social Change*, Vol. 39, No. 4, 377-390.
- Kurawarwala A.A. y Matsuo H. (1998). Product Growth Models for Medium Term

- Forecasting of Short Life Cycle Products. *Technology Forecasting & Social Change*, Vol. 57, Elsevier Science Inc. 169-196.
- Levitt T. (1965). Exploit the Product Life Cycle. *Harvard Business Review*, 93- 105.
- Matkin G.W. (1990). *Technology Transfer & the University*. American Council on Education & Macmillan Publishing Co.
- Medellín C.E. y Vega G.L.R. (1995). Evaluación de tecnología, herramienta de gestión útil para la transferencia. Anais do XV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos Brasil. Vol. 2, 731-735.
- Narendra K. y R. (2001). International Technology Transfer a Complement to Economic Restructuring. *International Journal of Technology Management*, Vol. 21, Nos.5/6, 604-611. Elsevier
- Nixon B. (1999). Evaluating Design Performance. *International Journal of Technology Management*, Vol. 17 Nos.7/8, 814-829. Elsevier
- Pao Long C. y Scott S.C.L (2000). The Evaluation Model for the Technology Needs of Taiwan high tech industries. *International Journal of Technology Management*, Vol. 18, Nos. 1/2, 133-145. Elsevier
- Porter M.E. (1987). *Ventaja competitiva*. 14<sup>a</sup> Reimpresión. Ed. Continental, México.
- Porter M. (1991). *La ventaja competitiva de las naciones*. Plaza & Janes, Barcelona, España.
- Pride W.M. y Ferrel O.C. (1986). *Marketing, decisiones y conceptos básicos*. Editorial Interamericano, 183.
- Rebentisch E.S. y Ferreti M. (1995). A Knowledge Asset Based View of Technology Transfer in International Joint Ventures. *International Journal of Technology Management*, Vol. 12, No.1, 81-25. Elsevier
- Royston M.R. (1989). *Serendipity, Accidental Discoveries in Science*, John Wiley & Sons Inc.
- UNIDO (1996). *Manual on Technology Transfer Negotiation*. United Nations Industrial Development Organization, Vienna.
- Santoro M.D. y Gopalakrishnan S. (2000). The Institutionalization of Knowledge Transfer Activities Within Industry - University Collaborative Ventures. *International Journal of Technology Management*, Vol. 17, Nos. 1/2, 299-319. Elsevier.
- Schewe D.C. y Smith R.M. (1988). *Mercadotecnia, conceptos y aplicaciones*. McGraw Hill, México.
- Yin J.Z. (1992). Technological Capabilities as Determinants of the Success of Technology Transfer Projects. *Technology Forecasting & Social Change*, Vol. 42, No. 1, 19-28, Elsevier Science Publishing Company.

### Semblanza del autor

Luis Roberto Vega-González. Es ingeniero mecánico electricista por la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Obtuvo la maestría en ingeniería de sistemas en el área de planeación por la DEPEFI-UNAM y la maestría en administración de las organizaciones por la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Contaduría y Administración de la UNAM. Asimismo, se especializó en gestión de la innovación tecnológica por el Centro para la Innovación Tecnológica y la FCyA de la UNAM. Durante más de veinte años colaboró en diversas firmas nacionales e internacionales con proyectos en las áreas de instrumentación, control y potencia. Actualmente es coordinador de vinculación y gestión tecnológica del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) de la UNAM.