



Evaluación integral de la transferencia de tecnologías en empresas manufactureras ecuatorianas

Integral assessment of technology transfer in Ecuadorian manufacturing companies

Walter David Quezada-Torres^I, Gilberto Dionisio Hernández-Pérez^I, Erenio González-Suárez^I, Mario José Mantulak^{II}, Walter Francisco Quezada-Moreno^{III}

^I Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba.

Correo electrónico: wquezadatorres@gmail.com, ghdez@uclv.edu.cu, erenio@uclv.edu.cu

^{II} Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Posadas, Argentina.

Correo electrónico: mmantulak@gmail.com

^{III} Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.

Correo electrónico: mfrancisco473@gmail.com

Recibido: 9 de mayo del 2019.

Aprobado: 3 de julio del 2019.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue diseñar un proceder para gestionar estratégicamente el proceso de transferencia de tecnología en empresas manufactureras ecuatorianas, específicamente para las pequeñas y medianas. Esto permite la evaluación de nuevas opciones tecnológicas para ser incorporadas a su patrimonio tecnológico, integrando sus tres dimensiones (técnico-económica, social y ambiental) como apoyo a los procesos decisorios asociados a esta importante función empresarial. Se realiza un análisis crítico de metodologías y herramientas de ingeniería y de gestión utilizadas en, la evaluación de proyectos de inversión de tecnologías en diferentes contextos y escenarios, aplicados en las Pequeña Y Mediana Empresa (PyMEs) manufactureras ecuatorianas, conforme con la legislación vigente. Como resultado se ofrece una solución alternativa que integra equilibradamente las tres dimensiones de la tecnología en una evaluación pertinente de opciones tecnológicas, asociada a los procesos estratégicos de gestión de transferencia de tecnologías.

Palabras Clave: transferencia de tecnologías, dimensiones de la tecnología, evaluación de la tecnología, PyMEs manufacturas ecuatorianas.

ABSTRACT

The research purpose was to design a procedure incorporated into the general methodological instrumental developed to manage the technology transfer process strategically in Ecuadorian manufacturing enterprises, specifically for small and mediums. The a forementioned allows the evaluation of new technological towards its inclusion into the technological heritage, embracing its three dimensions –technical-economic, social and environmental– as support for the associated decision-making processes with this critical business function. It is performed critical analysis of engineering and management methodologies and tools used in the assessment of technology investment projects in different contexts and scenarios, applied in SMEs Ecuadorian manufacturing, by following current legislation. As a result, an alternative solution is proposed combining the three dimensions of technology in a balanced way in a pertinent evaluation of technological options, associated with the strategic processes of technology transfer management.

Keywords: technology transfer, dimensions of technology, evaluation for the technology, Ecuadorian manufacturing SMEs.

I. INTRODUCCIÓN

Las empresas contemporáneas que sobreviven en los mercados actuales se caracterizan por el uso intensivo de sus recursos; sin embargo, la movilización y gestión de los mismos, específicamente los tecnológicos, también depende del grado de conocimiento, comprensión y asimilación que sus empleados alcancen sobre estos[1]. La tecnología, además de ser un conjunto de conocimientos e informaciones, constituye una de las principales fuentes de competitividad, experiencia, equipos, instalaciones y software que debe ser sostenible y estar alineada con el desarrollo económico, social y ambiental del país, el territorio y la organización[2; 3]. Philbin (2013) habla sobre el rápido acceso a la tecnología, aunque también establece nuevos retos y ofrece oportunidades que involucran, no solo el nivel empresarial, sino también las dimensiones social y ambiental [4]. Su capacidad de gestión e integración dependerá en buena medida su posición competitiva que permita a su vez, que tanto los desarrollos exitosos como la adopción de nuevas tecnologías, requieran de modelos de gestión que incluyan elementos sociales y ambientales que permitan incrementar también la sostenibilidad de un determinado sector[5].

Desde la perspectiva de la sostenibilidad, el procedimiento de evaluación propuesto se basa en un enfoque de integración de tres dimensiones: la económica, la ambiental y la social que incorporadas a la gestión corporativa, se denomina "triángulo de la sostenibilidad" (Schaltegger y Burritt, 2005 *ápud Schaltegger et al.*, 2016) [6]. En este sentido, Días Duque y Gómez Sal (2013) señalan que la concepción tridimensional ha transitado hacia un enfoque multidimensional con la adición de nuevas perspectivas de análisis[7]. Así, se destacan también, entre otras, la tecnológica que si bien enriquece el análisis, también hace más compleja la aplicación de este concepto en la práctica empresarial, en particular para las Pequeñas Y Medianas Empresas (PyMEs) que no siempre disponen del "cómo hacerlo". Sin embargo, en lo conceptual, se considera pertinente denominar a la primera dimensión (económica) como "técnico-económica", donde el primer término del par se refiere a su viabilidad técnico-tecnológica.

Otro aspecto de interés conceptual asociado a este tema es el referido a la equidad de las dimensiones en el "triángulo de la sostenibilidad", a la hora de evaluar integralmente el proceso de transferencia de tecnologías. En tal sentido, se considera que este "triángulo debe ser equilátero" (refiriéndose a su forma geométrica) en concordancia con los elementos técnico-económico, ambiental y social. Así, por ejemplo, en aquellas que no sean ambientalmente compatibles, tendrían en la inmensa mayoría de los casos, la oposición de un candidato ecológico (o con "etiqueta verde") con similares prestaciones técnico-tecnológicas en condiciones económicas que no resistirían una comparación racional. Un enfoque similar puede ser aplicado a la dimensión social, asociado a sus correspondientes variables para casos concretos.

Este enfoque equitativo o responsable de la transferencia de tecnología basado en estas tres dimensiones que deben ser objeto de análisis en cualquier proceso de este tipo que actualmente se desarrolle, constituye más que una necesidad, en un imperativo del momento. En la figura 1 se representa este enfoque, incluso con una propuesta de denominación de las tecnologías que permiten mantener "unidas" casuísticamente cada par de dimensiones (tecnología eco-justa; tecnología eco-efectiva y tecnología socio-efectiva); para aquellas que lo logran en todos los "puntos de unión" entre sus tres dimensiones podría ser denominada como "tecnología viable y sostenible" (TVS), sintetizando en este último término de la denominación propuesta, la responsabilidad social y ambiental que asume la misma.

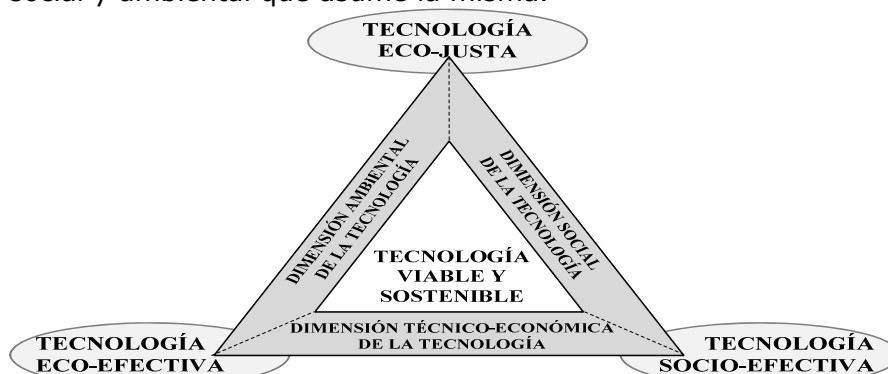


Fig. 1. Dimensiones de una tecnología viable y sostenible (TVS)

Fuente: adaptado de Schaltegger *et al.* (2016)[6].

EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS MANUFACTURERAS ECUATORIANAS

Este enfoque forma parte también de la solución conceptual-metodológica que contribuye al conocimiento de las bases de la gestión de tecnologías ecológicamente sanas, socialmente pertinentes, económica y financieramente atractivas, y técnicamente viables, formuladas, entre otros, por Miranda *et al.* (2011). La incorporación de los factores económicos, sociales y ambientales en la planificación, diseño y evaluación de proyectos de inversión resulta indispensable para lograr un verdadero desarrollo sostenible[8]; con una correcta evaluación y control que deberá incidir directamente sobre la responsabilidad social de la empresa.

Se concuerda con Sánchez Berriel (2018) en que no basta con una evaluación integral, debe sinérgicamente demostrar su sostenibilidad[9]. La evaluación de esta integralidad se lleve a cabo de múltiples maneras, que van desde evaluar conexiones entre intereses globales y locales, estratégicos y tácticos de diferentes metodologías, hasta evaluar los pilares económico, ambiental y social [10; 11]. No obstante, esta integración evaluativa es generalmente compleja y difícil de realizar, dada la relativa ausencia de metodologías y procedimientos adecuados generalmente la incertidumbre es alta, sobre todo al aplicar herramientas como el análisis multicriterio[9; 11]. Sin embargo, la evaluación desde una concepción integrada, considerando las interconexiones entre estas y su interpretación combinada, ayuda a reducir considerablemente la incertidumbre[12]. Pero, en la práctica existen aplicaciones orientadas a una evaluación integral de la transferencia de tecnologías, como por ejemplo, los aportes de Cegesti (2005), Poch Ambiental S.A. (2009) y Cervea y Ureña (2017)[13; 14; 15]. En Cuba, se aprecian ejemplos de aplicaciones de este enfoque integrador en decisiones tecnológicas, como los planteados por Hernández Oro (2014, Abreu Ledón *et al.* (2016) y por Sánchez Berriel (2018). El trabajo de Hernández Oro (2014), se refiere a la variable fiabilidad en proyectos de instalaciones hidráulicas. Ledón *et al.* (2016) apoya los procesos decisorios vinculados con decisiones inversionistas de equipamiento productivo en pequeñas y medianas empresas (PyMEs) manufactureras. Dichos trabajos constituyen obligados referentes por su vínculo de alguna u otra manera, con procesos de transferencia de tecnologías en sus respectivas aplicaciones[9; 16; 17]. Como se puede evidenciar, es claro que la evaluación integral y su aplicación en otros campos y contextos, no solo contribuyen a generar nuevos métodos y aplicaciones para apoyar procesos decisorios específicos, sino que permiten visualizar desde múltiples perspectivas el vínculo e interacción entre varios factores para definir medidas que contribuyan al desarrollo sostenible en general.

En Ecuador, las PyMEs manufactureras contribuyen en un 12 % al PIB y constituyen el rubro más importante luego de la producción petrolera; se caracterizan por importar bienes y servicios de mayor valor agregado y de alta tecnología en el mercado internacional[18]. Sin embargo, su competitividad se expone a factores limitantes, tales como:

- la contracción de la economía nacional
- una inadecuada distribución del ingreso que resta capacidad y tamaño al mercado interno e incentiva la importación de bienes de consumo, alentando la dependencia tecnológica como consecuencia de una lenta innovación que afecta a la productividad[19]
- falta de una reactivación sostenida de la capacidad productiva y escasos encadenamientos de producción y consumo, además de una reducida vinculación con el sectorial industrial[20].

Esto se refleja en el desfavorable posicionamiento alcanzado por el país de acuerdo con indicadores en competitividad e innovación, con una caída del puesto 71 alcanzado en 2013 al puesto 86 en 2018 de entre 140 países evaluados en el ranking mundial de competitividad y de cinco lugares en el ranking mundial de innovación en 2018, por debajo de su posición en 2017 y del mejor lugar alcanzado en 2013 (lugar 83) [21; 22].

Para mitigar esta situación y dentro del proyecto de inversión pública como parte de la "Estrategia nacional para el cambio de la matriz productiva" del país, se ha trazado la Política Industrial del Ecuador para el periodo 2016-2025, priorizando a la industria manufacturera. En estos documentos programáticos se han definido los lineamientos respecto a la gestión de la tecnología, con la particularidad de enfocarse entre otros aspectos, en procesos de transferencia y asimilación para la inversión productiva de tecnologías que favorezcan el desempeño competitivo de la industria ecuatoriana, pero con responsabilidad social[23], lo que requiere de procedimientos evaluativos como el propuesto.

II. MÉTODOS

El trabajo investigativo en que se basó este resultado se inició con la revisión y análisis de varias fuentes bibliográficas y otras que permitieron caracterizar el estado del conocimiento y de la práctica ecuatoriana sobre la gestión estratégica de la transferencia de tecnologías en PyMEs manufactureras, para establecer fundamentos y criterios científicos y metodológicos respecto a la transferencia de tecnologías y los métodos para su evaluación integral.

Para crear un instrumento metodológico alternativo y complementario que contempla un sistema de procedimientos para la gestión de transferencia de tecnologías en este tipo de empresas, se analizó toda la información obtenida que se sintetizó de manera creativa en uno de los procedimientos específicos orientado a la evaluación integral de la tecnología en procesos estratégicos de transferencia [24; 25]. Este procedimiento incorpora un conjunto de herramientas de ingeniería y de gestión que en su conjunto han sido validadas mediante los métodos de evaluación de expertos en la temática y redes de flujo de trabajo derivadas de las tradicionales redes de Petri.

III. RESULTADOS

Derivado de la identificación y análisis de las tecnologías consideradas estratégicas para los procesos de transferencia hacia la PyME manufacturera a ejecutar en el marco de los correspondientes planes por periodos (por ejemplo, anuales y de menor alcance) en que se ha desagregado la estrategia de transferencia de tecnologías (ETT) en la PyME en cuestión. Se desarrolla el procedimiento propuesto mediante la consecución de cuatro pasos, cuyo objetivo se centra en evaluar un grupo de **opciones tecnológicas** (OT_q) existentes en el mercado tecnológico para su futura transferencia (obtención) en función de sus tres dimensiones (técnico-económica, ambiental y social) como apoyo a los procesos decisorios para mejorar el desempeño competitivo con responsabilidad social en la PyME en cuestión, mismos que se describen a continuación.

- **Paso 1. Evaluación técnico-económica de las opciones tecnológicas de transferencia.**

La evaluación técnico-económica de las diferentes OT_q debe enfocarse en primera instancia (evaluación técnica), a la solución de los puntos débiles de las tecnologías patrimoniales "j" de los procesos "k". Para ello pueden ser utilizadas herramientas de ingeniería y gestión, tales como la adecuación casuística del método de la matriz de comparación propuesta por Cegesti (2005), del Índice de Funcionalidad propuesto por Abreu Ledón *et al.* (2016) o la metodología del **Análisis Complejo de Procesos (ACP)** para casos específicos de mayor complejidad y precisión evaluativa [13; 16; 26].

Por su parte, Hidalgo Nuchera *et al.* (2002), recomienda que para el análisis económico correspondiente a la evaluación a que se somete cada OT_q para ser transferida a la PyME, pueden utilizarse métodos cuantitativos y/o cualitativos, en dependencia; entre otros factores, de si el nivel de incertidumbre que se maneje es escaso o elevado, en función de si la tecnología a transferir es madura (métodos cuantitativos) o inmadura (métodos cualitativos), respectivamente. También señalan que para el caso en que se decida el empleo de métodos cuantitativos, pueden utilizarse los clásicos métodos del **Valor Actual Neto (VAN)** y de la **Tasa Interna de Rentabilidad (retorno) (TIR)** [27].

Un análisis integral y casuístico de ambas variables de esta dimensión, presupone que individualmente para cada OT_q , debe cumplirse que $VAN_q > 0$ en el periodo de tiempo (años) "n" de vida útil económica estimada de la tecnología candidata a ser transferida (**expresión 1**), y que su $TIR_q > r$ (tasa de interés, rentabilidad, descuento, etc.) o que el costo de oportunidad del capital invertido para un $VAN = 0$ (**expresión 2**).

$$VAN_q = -C_0 + \sum_{a=1}^n C_a / (1+r)^n \quad (\$) \quad (1)$$

$$VAN_q = -C_0 + \sum_{a=1}^n \frac{C_a}{(1+TIR_q)^n} = 0 \quad (\$) \quad (2)$$

Donde:

C_0 : valor de la inversión inicial realizada en la OT_q , en (\$)

C_a : flujo de caja en el año "a" ($a = 1, n$), en (\$)

r: tasa de interés (rentabilidad, descuento, etc.) que el proveedor (cedente) de la tecnología demanda por la aceptación del pago aplazado (generalmente constante para el periodo)

Cuando se justifica y decide aplicar métodos cualitativos, los autores antes referidos proponen la utilización de las tradicionales listas de chequeo para el cálculo de los que denominan **Índice de**

EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS MANUFACTURERAS ECUATORIANAS

Mérito Relativo (IMR) y Global (IMG) [27], calculados por medio de las expresiones 3 y 4, respectivamente, a partir de la información contenida en la **Tabla 1**.

$$IMR_g = \frac{\sum(Ponderación\ del\ criterio\ de\ factibilidad \times Calificación\ cualitativa)}{\sum(Ponderación\ del\ criterio\ de\ factibilidad \times 10)} \quad (\text{puntos}) \quad (3)$$

$$IMG = \sum IMR_g \quad (\text{puntos}) \quad (4)$$

Tabla 1. Ejemplo de lista de chequeo de criterios de factibilidad para la evaluación técnica y/o económica de las opciones tecnológicas de transferencia para las tecnologías consideradas estratégicas "i" del proceso "k" de la PyME.

N°	Grupos de criterios / criterios de factibilidad	Pond. (ptos.)	Calificación cualitativa			IMR_g
			Bien (10)	Medio (5)	Mal (1)	
1	Criterios de factibilidad técnica					IMR_1
	1.1. Probabilidad de éxito técnico	10		x		
	1.2. Propiedad industrial	7	x			
	1.3. ...	...			...
2	Criterios de factibilidad comercial					IMR_2
	2.1. Oportunidad / necesidad	10			x	
	2.2. Posición competitiva	8		x		
	2.3. ...	...	...	
3	Criterios financieros					IMR_3
	3.1. VAN / TIR	10	x			
	3.2. ...	...			...
...
	IMG_{total}	3				IMG

Fuente: adaptado de Hidalgo Nuchera *et al.* (2002) [27].

Finalmente, la evaluación correspondiente a la $E_{T/E(q)}$ de la opción tecnológica "q" por este método en una escala normalizada de 5 puntos para su evaluación integral por el procedimiento propuesto, se obtiene mediante la **expresión 5**.

$$E_{T/E(q)} = \frac{IMG \times 5}{IMG_{max}} \quad (\text{puntos}) \quad (5)$$

Donde:

IMG_{max} : cantidad máxima de puntos según la sumatoria obtenida de la ponderación de cada uno de los criterios de factibilidad aplicados para la OT_q analizada.

Sin embargo y según señalan Abreu Ledón *et al.* (2016), en aquellos casos en que el período de vida útil económica de la tecnología en cuestión, sea menor que el periodo en que se enmarca el análisis (por ejemplo, un año), se deben realizar estimaciones de inversiones futuras en estas tecnologías para permitir la comparación entre las posibles alternativas [16]. Así, el valor correspondiente a la **evaluación técnico-económica** [$E_{T/E(q)}$] de la opción tecnológica "q" está determinado por el **Periodo de Recuperación Descontado** (PRD_q). En la **Tabla 2** se muestra como un referente experimental, la $E_{T/E(q)}$ correspondiente, de acuerdo con el PRD_q calculado para cada OT_q ; no obstante, cada PyME puede adecuarla a sus necesidades específicas para la toma de decisiones al respecto.

Tabla 2. Criterio valorativo (referencial) para la evaluación técnico-económica $E_{T/E(q)}$ de la opción tecnológica "q" correspondiente a la tecnología "i" del proceso "k" en función de su PRD_q para PyMEs manufactureras ecuatorianas.

PRD_q (años)	$E_{T/E(q)}$ (ptos.)
$PRD_q \leq 3$	5
$3 < PRD_q \leq 5$	3
$5 < PRD_q \leq 10$	1
$PRD_q > 10$	0

• **Paso 2. Evaluación ambiental de las opciones tecnológicas de transferencia.**

La evaluación ambiental de las OT_q consideradas en la proyección estratégica de los procesos de transferencia para el plan correspondiente al periodo fijado por la PyME en cuestión, está condicionada por la normativa vigente en Ecuador según el Artículo N°. 1 de la Ley de Gestión Ambiental. Para ello se utiliza como guía lo estipulado en el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) con carácter obligatorio, en el cual se detallan las actividades de protección ambiental que tiene que cumplir toda actividad económica, diferenciadas en siete (7) anexos que comprenden las normas técnicas ambientales dictadas y amparadas por el Acuerdo N°. 061 del Ministerio del Ambiente (2015), contentivas de los límites máximos permisibles de las emisiones de diferente tipo que pueden provocar contaminación ambiental[28]. La evaluación ambiental parte de la identificación casuística de las variables ambientales influyentes que interactúan entre los procesos productivos, el medio ambiente y su impacto provocado en la PyME, así como las normas técnicas ambientales implicadas en esta evaluación. Un ejemplo sintético de este proceder se muestra en la **Figura 2** para el caso de una PyME manufacturera metalmeccánica.

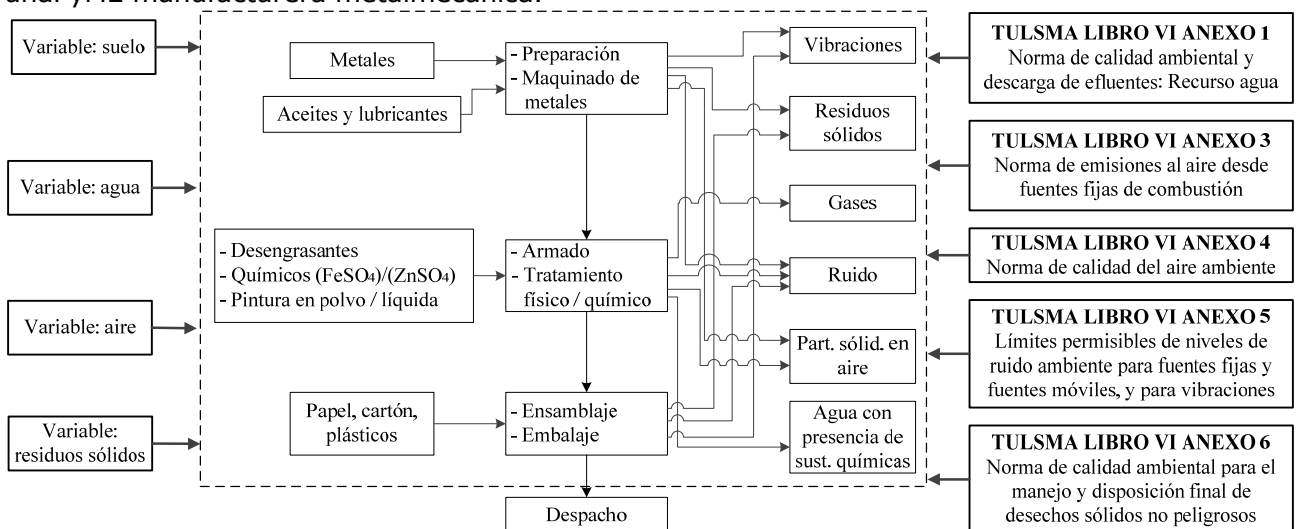


Fig. 2. Ejemplo de variables e impactos a considerar en la evaluación ambiental de la tecnología en PyMEs manufactureras metalmeccánicas ecuatorianas

La evaluación ambiental de la opción tecnológica (OT_q) objeto de transferencia se realiza mediante una valoración cuantitativa, de acuerdo con el cumplimiento de los parámetros ambientales establecidos por el TULSMA y sus normas referidas anteriormente. No obstante, también pueden ser utilizadas otras herramientas de ingeniería y gestión, tales como: el **Índice Relativo de Impacto Ambiental (IRIA)** propuesto por Sotolongo Sánchez (2004) adaptado del método Fine (Fine, 1971) o el **Análisis de Ciclo de Vida (ACV)** para casos específicos en los que se requiera de un análisis más detallado por su complejidad y precisión[29; 30]. Sin embargo, el empleo de estas herramientas alternativas requiere de una adecuación para ser integradas en el procedimiento propuesto.

Identificados los parámetros a evaluar, se determina el nivel de importancia de la **norma técnica ambiental correspondiente ($N_{i(q)}$)** dentro del proceso productivo específico estudiado, donde se involucra la tecnología considerada como opción de transferencia OT en los marcos de este procedimiento, apoyados en una guía de evaluación, como se observa en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Guía para la determinación del nivel de importancia de la norma técnica de calidad ambiental vigente en el Ecuador para la evaluación ambiental de las OT en PyMEs manufactureras

Escala (ptos.)	Nivel de importancia de la norma técnica ambiental [$N_{i(q)}$]
5	Altamente importante en el proceso que se estudia
3	Moderadamente importante
1	Poco importante

Esta evaluación se integra a una valoración ponderada de cada OT_q como se refleja en la Tabla 4, utilizando una escala cualitativa en las categorías siguientes: cumple (C; 5 pts.); cumple parcialmente (CP; 3 pts.); no cumple (NC; 0 pts.).

EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS MANUFACTURERAS ECUATORIANAS

Tabla 4. Evaluación ambiental de las opciones opción tecnológicas [$OT_{(i/k)q}$] de acuerdo con el cumplimiento de la normativa técnica ambiental vigente en Ecuador

Opción Tecnol.	Norma técnica ambiental (A_y)										$E_{A(q)}$
	A_1			A_2			...	A_y			
	N_{A1}		5	N_{A2}		3	...	$N_{A(y)}$		N_I	
	C	CP	NC	C	CP	NC	...	C	CP	NC	
	5	3	0	5	3	0	...	5	3	0	
$OT_{(1/1)1}$	$OT_{(1/1)1}$			$OT_{(1/1)2}$		...	$OT_{(1/1)y}$				5,0
...
$OT_{(1/2)2}$		$OT_{(1/2)1}$				$OT_{(1/2)2}$	...			$OT_{(1/2)y}$	1,6
...					
$OT_{(2/3)2}$			$OT_{(2/3)1}$		$OT_{(2/3)2}$	...			$OT_{(2/3)y}$		2,6
...					
$OT_{(i/k)q}$	$OT_{(i/k)q}$			$OT_{(i/k)q}$		...	$OT_{(i/k)q}$				

En la **Tabla 5** se expone una guía general para aplicar esta escala, aunque se reitera también el carácter casuístico de este análisis valorativo con el uso de los anexos antes señalados.

Tabla 5. Guía para la calificación del cumplimiento de la normativa técnica ambiental vigente en Ecuador para la evaluación ambiental de las **OT** en PyMEs manufactureras

Categoría de la escala	Criterio de evaluación
Cumple (C; 5 pts.)	Considera todas las variables ambientales que aplican en el caso considerado y con todos los requisitos de las normas técnicas ambientales asociadas a esta
Cumple parcialmente (CP; 3 pts.)	Considera todas las variables ambientales que se corresponden con el caso y parcialmente (la mayoría) de las normas técnicas ambientales que aplican
No cumple (NC; 0 pts.)	No considera todas las variables ambientales que se corresponden con el caso y ninguna / solo algunas de sus normas técnicas ambientales asociadas

Fuente: elaboración propia.

Así, el valor "normalizado" de la **Evaluación Ambiental** $E_{A(q)}$ para cada opción tecnológica "q" se determina mediante la **expresión 6**.

$$E_{A(q)} = [\sum_1^y (OT_{(i/k)y} \times N_{I(y)})] / y \times N_{I(max)} \quad (\text{puntos}) \quad (6)$$

Donde:

$E_{A(q)}$: valor "normalizado" de la Evaluación Ambiental de la opción tecnológica de transferencia (OT_q) para la tecnología "j" del proceso "k", en puntos

$OT_{(i/k)y}$: valoración del cumplimiento de la norma técnica ambiental (A_y) "y" por parte de la tecnología considerada en OT_q , en una escala cualitativa ordinal en las categorías señaladas en la **Tabla 5**, en puntos

$N_{I(y)}$: valor del nivel de importancia " N_I " de la norma técnica ambiental "y" en el proceso "k", en una escala cualitativa ordinal en las categorías señaladas en la **Tabla 3**, en puntos

$N_{I(max)}$: valor máximo posible (5 pts.) del nivel de importancia " N_I " de la norma "y" en el proceso "k", en puntos

y: cantidad total de normas técnicas ambientales consideradas en la opción tecnológica "q"

• **Paso 3. Evaluación social de las opciones tecnológicas de transferencia.**

La evaluación social de cada opción tecnológica "q" [$E_{S(q)}$] consiste en analizar aquellos impactos sociales que directa o indirectamente se pueden provocar derivados de un proceso de transferencia de tecnología, tanto en la PyME manufacturera como en su entorno. Para ello, se ha considerado pertinente una adecuación en el uso de los indicadores para evaluar la Responsabilidad Social (RS), para lo cual se propone hacer uso de la guía publicada por el Consorcio Ecuatoriano para la Responsabilidad Social, Ceres-Ethos 2011[31].

No obstante y para los fines de la investigación, se ha realizado una adecuación casuística de este con orientación hacia los procesos de transferencia de tecnologías, considerando específicamente aquellos elementos de evaluación relacionados con el público interno (personal de la empresa) y

externo (comunidad) sobre los que impacta un proceso de este tipo, como se observa en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Indicadores para la evaluación social $E_{S(q)}$ de la opción tecnológica "q" de la tecnología "i" del correspondiente proceso "k" en PyMEs manufactureras ecuatorianas

Sub-dimens.	Indicadores sociales (I_S) para la evaluación social de la OT_q
Público interno	Influencia en la salud, seguridad y condiciones de trabajo
	Desarrollo profesional, formación y capacitación y empleabilidad
	Desempleo
	Compromiso con el mejoramiento de la calidad ambiental
	Gerenciamiento de los impactos sobre el medio ambiente y del ciclo de vida del producto
	Minimización de entradas y salidas de recursos e insumos
Público externo	Empleabilidad
	Trabajo impuesto en la cadena productiva
	Conocimiento y gerenciamiento de los daños potenciales de los productos y servicios / tecnología enriquecida
	Gerenciamiento del impacto de la empresa en la comunidad de entorno

Fuente: adaptado de Ceres (2011)[31].

De esta manera, la evaluación social $E_{S(q)}$ de la opción tecnológica "q" se realiza mediante una valoración cuantitativa, de acuerdo con los impactos sociales generados considerados (I_S), ponderados mediante una escala cualitativa ordinal en las categorías siguientes: Alto (A; 5 pts.); Moderado (M; 3 pts.); Bajo / Ninguno (B / N; 1 / 0 pts.). Esto se refleja en la tabla 7.

Tabla 7. Evaluación social de la tecnología

Opción Tecnol.	Elemento de evaluación social (I_{S_w})										$E_{S(q)}$
	I_{S_1}			I_{S_2}			...	I_{S_w}			
	A	M	B/N	A	M	B/N	...	A	M	B/N	
	5	3	1/0	5	3	1/0	...	5	3	1/0	
$OT_{(1/1)1}$	$OT_{(1/1)1}$			$OT_{(1/1)2}$			...	$OT_{(1/1)w}$			5,0
...
$OT_{(1/2)2}$		$OT_{(1/2)1}$				$OT_{(1/2)2}$	...			$OT_{(1/2)w}$	1,7
...
$OT_{(2/3)2}$						$OT_{(2/3)2}$	...			$OT_{(2/3)w}$	2,6
...
$OT_{(i/k)q}$	$OT_{(i/k)q}$			$OT_{(i/k)q}$			...	$OT_{(i/k)q}$			

Así, el valor "normalizado" de la **Evaluación Social** [$E_{S(q)}$] para cada opción tecnológica "q" se determina mediante la **expresión 7**.

$$E_{S(q)} = (\sum_1^y OT_{(i/k)w}) / w \quad (\text{puntos}) \quad (7)$$

Donde:

$E_{S(q)}$: valor "normalizado" de la Evaluación Social de la opción tecnológica (OT_q) correspondiente a la tecnología "i" del proceso "k" objeto de transferencia, en puntos

$OT_{(i/k)w}$: valoración del cumplimiento del elemento de evaluación social "w" que apliquen al caso de los expuestos en la tabla 5, por parte de la tecnología considerada en OT_q , en una escala cualitativa ordinal en las categorías: Alto (A; 5 pts.); Moderado (M; 3 pts.); Bajo / Ninguno (B / N; 1 / 0 pts.)

w: Cantidad total de elementos de evaluación social "w" considerados en la opción tecnológica "q"

- **Paso 4.** Evaluación integral de las opciones tecnológicas de transferencia

A partir de los resultados obtenidos de las evaluaciones técnico-económica [$E_{T/E(q)}$], ambiental [$E_{A(q)}$] y social [$E_{S(q)}$] de las opciones tecnológicas (OT_q) objeto de transferencia, se determina la Evaluación Integral [$EI_{(q)}$] (valor "normalizado") de cada una de estas opciones de transferencia, resumidas también en una variable de decisión de este tipo, calculadas mediante la expresión 8, donde la selección debe recaer en aquella opción que obtenga el mayor valor $E_{T/E(q)}$, sin descartar necesarios análisis casuísticos de otros factores influyentes sobre esta decisión, no incluidos en estas evaluaciones parciales (por ejemplo, la evaluación de los riesgos asociados a cada OT_q las posibilidades reales de su reducción / eliminación, la disponibilidad real de capital financiero y/o las vías para el acceso a créditos).

$$EI_{(q)} = E_{T/E(q)} + E_{A(q)} + E_{S(q)} \quad (\text{puntos}) \quad (8)$$

EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS MANUFACTURERAS ECUATORIANAS

sujeto a las restricciones siguientes:

$$1) \forall E_{d(q)} > 0$$

$$2) \Delta[E_{d(max.)} - E_{d(q)}] \geq 0,5 \times E_{d(max.)}$$

donde:

$E_{d(q)}$: valor "normalizado" de la evaluación de cada dimensión "d" de la opción tecnológica "q"

$E_{d(max.)}$: valor máximo ("normalizado") entre las "d" dimensiones de la opción tecnológica "q"

d : cantidad de dimensiones de la opción tecnológica evaluada ($d = 1, 3$)

Un ejemplo de la representación gráfica de una Evaluación Integral de transferencia de tecnología $EI_{(q)}$ con sus diferentes opciones tecnológicas, se muestra en la Figura 3.

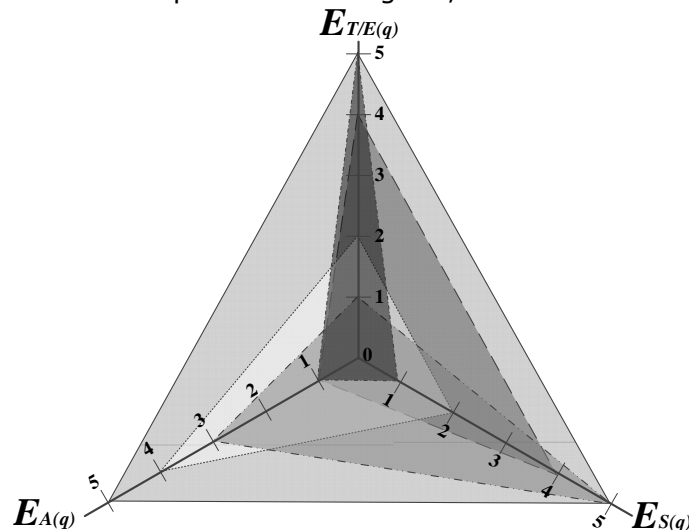


Fig. 3. Ejemplo de diagrama para la evaluación integral de la opción tecnológica "q" de transferencia en sus tres dimensiones

IV. DISCUSIÓN

La revisión de la literatura evidencia la complejidad de integrar aspectos evaluativos que a su vez, sean coherentes, sintéticos y prácticos, precisamente por la ausencia de metodologías y procedimientos adecuados que se ajusten a las necesidades y contextos en los que serán aplicados. En este sentido y en correspondencia con los desafíos globales actuales que enfrenta la industria, específicamente en la integración de las dimensiones técnico-económica, ambiental y social de las tecnologías, la responsabilidad social constituye un aspecto clave. Es un elemento distintivo en la evaluación de las opciones tecnológicas en los procesos estratégicos de transferencia que se ejecuten en las PyMEs manufactureras ecuatorianas que permite superar las "conformistas y pragmáticas" evaluaciones unidimensionales, basadas generalmente solo en su dimensión técnico-económica.

V. CONCLUSIONES

1. El análisis del "estado del conocimiento y la práctica" puso en evidencia la necesidad de desarrollar nuevos métodos y herramientas científicamente fundamentadas que contribuyan a apoyar los procesos decisivos estratégicos asociados a la transferencia de tecnologías en las PyMEs manufactureras, de manera que les permita mejorar su rendimiento productivo con responsabilidad social y niveles de competitividad más altos.
2. Desde una perspectiva de sostenibilidad, la tecnología debe responder a los desafíos actuales y específicamente a los relacionados con la responsabilidad social, sin dejar de lado los requerimientos técnico-económicos que cada organización le impone, de manera que puedan ser evaluados integral y simétricamente, particularmente en los procesos requeridos para su transferencia; sin embargo, para lograrlo se requiere de enfoques conceptuales y soluciones específicas de acuerdo con el tipo de PyME, tamaño y entorno / contexto en que esta se desempeña.
3. El procedimiento para la evaluación integral de las opciones tecnológicas implicadas en sus procesos de transferencia [$EI_{(q)}$], constituye un novedoso y pertinente procedimiento que integra de forma coherente las tres dimensiones de la tecnología (técnico-económica, ambiental y social) mediante el uso de escalas cualitativas ordinales que consideran, tanto

elementos cuantitativos como cualitativos de estas tres dimensiones que incluyen el cumplimiento de restricciones, normativas y procedimientos legales vigentes en Ecuador. 🏠

VI. REFERENCIAS

1. Acosta Prado JC, Fischer AL. «Condiciones de la gestión del conocimiento, capacidad de la innovación y resultados empresariales. Un modelo explicativo». *Revista científica Pensamiento y Gestión*. 2014; (35):25-63. ISSN 1657-6276.
2. Armenteros Acosta MC, Medina Elizondo M, Ballesteros Medina LL, Molina Morejón V. «Las prácticas de gestión de la innovación en las micro, pequeñas y medianas empresas: resultados del estudio de campo en Piedras Negras Coahuila, México». *Revista Internacional Administración y Finanzas*. 2012; 5(4):29-50. ISSN 2157-3182.
3. Baraki YA, Brent AC. «Technology transfer of hand pumps in rural communities of Swaziland: Towards sustainable project life cycle management». *Technology in Society*. 2013; 35(4):258-266. ISSN 0160-791X.
4. Philbin S. «Emerging requirements for technology management: a sector-based scenario planning approach». *Journal of Technology Management & Innovation*. 2013; 8(3):34-44. ISSN 0718-2724.
5. Aarras N, Rönkä M, Kamppinen M, Tolvanen H, Vihervaara P. «Environmental technology and regional sustainability - The role of life-based design». *Technology in Society*. 2014;(36):52-59. ISSN 0160-791X.
6. Schaltegger S, Hansen EG, Spitzack H. Corporate Sustainability Management (Capítulo 7). En: Sustainability Science SE. Heinrichs H, Martenset P. (Eds). The Netherlands: Springer Science+Business Media Dordrecht; 2016. ISBN 978-94-017-7242-6; pp. 85-97.
7. Días Duque J.A, Gómez Sal A. El problema de las dimensiones del desarrollo sostenible (Capítulo 3; pp. 25-32). En: Referencias para un análisis del desarrollo sostenible. Gómez Gutiérrez C. (Ed.). España: Universidad de Alcalá; 2013. ISBN 978-84-15595-86-1; 200 p.
8. Miranda T, Machado H., Suárez J, Sánchez T, Lamela L, Iglesias J.M, Suset A, Pérez A, Milera M, Martín GJ, Campos M, López O, Simón L. «La innovación y la transferencia de tecnologías en la Estación Experimental "Indio Hatuey": 50 años propiciando el desarrollo del sector rural cubano (Parte I)». *Pastos y Forrajes*. 2011; 34(4):393-412. ISSN 2078-8452.
9. Sánchez Berriel S. Modelo de evaluación integrada de impactos aplicado al proceso de introducción del cemento de bajo carbono en la industria cementera en Cuba [Tesis de doctorado en Ciencias Económicas]. Santa Clara, Cuba: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV); 2018.
10. Bond R, Curran J, Kirkpatrick C, Francis P. «Integrated impact assessment for sustainable development : A case study approach». *World Development*. 2001; 29(6):1011-1024. ISSN 0305-750X.
11. Eggenberger M, Partidário M.R. «Development of a framework to assist the integration of environmental, social and economic issues in spatial planning». *Impacts assessment and Project Appraisal*. 2000; 18(3):201-207; ISSN 1461-5517.
12. Gibson R.B. «Beyond the pillars: sustainability assessment as a framework for effective integration of social, economic and ecological considerations in significant decision-making». *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*. 2006; 8(3):259-280. ISSN 1757-5605.
13. Cegesti. Manual de transferencia y adquisición de tecnologías sostenibles. Velásquez G, Medellín Cabrera E.A. (col.). San José (Costa Rica): Fundación Centro de Gestión Tecnológica e Informática Industrial (Cegesti); 2005. ISBN 9968-9821-3-X, 55 p.
14. Poch Ambiental S.A. Estrategia y potenciales de transferencia tecnológica para el cambio climático. Santiago de Chile, (Chile): CORFO; 2009. 453 p.
15. Cervera Ferri J.L, Ureña, M.L. Indicadores de producción verde. Una guía para avanzar hacia el desarrollo sostenible. En: Rovira S, Patiño J. (Coord.). Santiago de Chile (Chile): Unidad de Innovación y Nuevas Tecnologías de la División de Desarrollo Productivo y Empresarial, Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL); 2017. LC/TS.2017/2; 177 p.
16. Abreu Ledón R, Asencio García J, Fabelo Lago O. Herramientas para la toma de decisiones de inversión sobre el equipamiento productivo en PyMEs manufactureras cubanas (Capítulo 9; pp. 201-224). En: Mantulak M.J, Michalus J.C. (Eds.). Hacia un desarrollo local

- y regional sostenible: contribuciones desde la academia en la América Latina fraterna. Posadas (Argentina): Editorial Universitaria Universidad Nacional de Misiones (EdUNaM); 2016. ISBN 978-950-579-405-8; 290 p.
17. Hernández Oro R.M. Contribución al cálculo y evaluación de la fiabilidad en el diseño de obras y sistemas hidráulicos en Cuba [Tesis de doctorado en Ciencias Técnicas]. Santa Clara, Cuba: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV); 2015.
 18. Asobanca, Boletín Macroeconómico (enero) 2019. Quito (Ecuador): Asociación de Bancos del Ecuador (Asobanca). [Citado: 15 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://www.asobanca.org.ec/publicaciones/bolet%C3%ADn-macroecon%C3%B3mico/bolet%C3%ADn-macroecon%C3%B3mico-enero-2019>
 19. Uquillas A. El modelo económico industrial en el Ecuador. Quito (Ecuador): Universidad Andina "Simón Bolívar"; 2008. [Citado: 18 de septiembre de 2016]. Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2008/au.htm>
 20. Acosta Espinoza A. «Ecuador: ¿un país maniatado frente a la crisis?». *Revista Análisis Económico*. 2009;(21):153-182, ISSN 2448-6655.
 21. World Economic Forum. The Global Competitiveness Report 2018 (Insight Report), Schwab K. (Ed.). Geneva (Switzerland): World Economic Forum (WEF); 2018. ISBN 978-92-95044-76-0; 671 p.
 22. World Intellectual Property Organization, Cornell University, INSEAD. Global Innovation Index 2018. Energizing the world with innovation, 11th ed. Geneva (Switzerland): Cornell University. SC Johnson College of Business; The Business School of the World INSEAD; World Intellectual Property Organization (WIPO); 2018. ISBN 979-10-95870-09-8; 430 p.
 23. Ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad. Política Industrial del Ecuador 2016-2025. Más industria mayor desarrollo. Quito (Ecuador): Vicepresidencia de la República del Ecuador, Ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad, Ministerio de Industrias y Productividad; 2015. 158 p.
 24. Quezada Torres W.D, Hernández Pérez G.D, González Suárez E, Comas Rodríguez R, Quezada Moreno W.F, Molina Borja F. «Gestión de la tecnología y su proceso de transferencia en pequeñas y medianas empresas metalmeccánicas del Ecuador». *Ingeniería Industrial*. 2018; 39(3):303-314; ISSN 1815-5936.
 25. Quezada Torres W.D, Hernández Pérez G.D, González Suárez E, Mantulak M.J, Corrales W. «The technology transfer in the development of the small and medium metal-mechanic ecuadorian enterprise». *International Journal of Emerging Research in Management & Technology*. 2018; 7(2):14-25; ISSN 2278-9359.
 26. González Suárez E, Schuart L, González Rodríguez V, García Rodríguez A, Rodríguez Rico I, Gallardo Aguilar I, Berberena González V, Regalado Ciriano N, Granela Pérez H, Cardoso Romero G, Morales Pérez M. Aplicación del Análisis complejo de procesos en la intensificación de instalaciones de la industria química en países en vías de desarrollo. Santa Clara (Cuba): Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV); 1997.
 27. Hidalgo Nuchera A, León Serrano G, Pavón Morote J. La gestión de la innovación y la tecnología en las organizaciones. Madrid (España): Ediciones Pirámide, S. A.; 2002. ISBN 84-368-1702-8; 559 p.
 28. Ministerio del Ambiente. Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria. Acuerdo N°. 061. [Registro Oficial: Quito, 04 de mayo de 2015, Edición Especial N°. 316]. Quito (Ecuador): Corporación de Estudios y Publicaciones; 80 p.
 29. Fine W.T. «Mathematical evaluations for controlling hazards». *Journal of Safety Research*. 1971; 3(4):157-166; ISSN 0022-4375.
 30. Sotolongo Sánchez M. Seguridad del trabajo [Monografía]. Santa Clara (Cuba): Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas. Documento en intranet de la Facultad de Ciencias Empresariales; 2004.
 31. Ceres. Guía Ceres de indicadores de responsabilidad social Ceres-Ethos 2011. Quito (Ecuador): Consorcio Ecuatoriano para la Responsabilidad Social (Ceres); 2011; 70 p.