

# I CONFERENCIA INTERNACIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL (CINDUS 2019)

## **Evaluación integral de la tecnología en procesos estratégicos de transferencia de tecnología en PyMEs manufactureras ecuatorianas**

### *Integral technology evaluation for strategic technology transfer process in Ecuadorian manufacturing SMEs*

**Walter David Quezada-Torres<sup>1</sup>, Gilberto Dionisio Hernández-Pérez<sup>2</sup>, Erenio  
González-Suárez<sup>2</sup>, Mario José Mantulak<sup>3</sup>, Walter Francisco Quezada Moreno<sup>4</sup>**

1- Aspirante a Dr.C., Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba. E-mail:  
wquezadatorres@gmail.com

2- Dr.C., Profesor Titular, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba. E-  
mail: ghdez@uclv.edu.cu

2- Dr.Cs., Profesor Titular, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba. E-  
mail: erenio@uclv.edu.cu

3- Dr.C., Profesor Titular, Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ingeniería,  
Argentina. E-mail: mantulak@fio.unam.edu.ar

4- Dr.C., Profesor Investigador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. E-mail:  
mfrancisco473@gmail.com

**Resumen:** Indicadores globales de los últimos años ubican a Ecuador dentro de las naciones con menor desempeño en actividades de innovación y competitividad, lo que pone de manifiesto problemas de diferente índole, entre otros asociados al recurso tecnológico y su gestión, especialmente en el tejido industrial manufacturero, considerado un sector estratégico para el desarrollo del país y que debe responder a desafíos globales asociados al medioambiente y a la responsabilidad social, cuyas causas radican en buena medida, en el nivel empresarial. En este contexto, uno de los objetivos de la investigación originaria que sustenta este trabajo, fue diseñar un proceder que incorporado al instrumental metodológico general desarrollado para gestionar estratégicamente el proceso de transferencia de tecnología en PyMEs manufactureras ecuatorianas permita la evaluación de nuevas opciones tecnológicas, candidatas a 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. El proceder propuesto se soporta en el análisis crítico de diferentes metodologías y herramientas de ingeniería y de gestión utilizadas en la evaluación de proyectos de inversión de tecnologías en diferentes contextos y escenarios, adecuado como parte de la solución desarrollada para aplicar en este tipo de empresas 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; Procedimiento de evaluación responsable de la tecnología; PyMEs manufacturas ecuatorianas

***Abstract:** Global index situated Ecuador within the nations with the lowest performance in innovation and competitiveness activities in the last years, which reveals different types of problems, among others associated with the technological resource and its management, especially in the Ecuadorian manufacturing industrial fabric, considered as a strategic sector for the development of the country and must respond to current global challenges associated with the environment and social responsibility, whose causes resides, to a large extent, at the business level. In this context, one of the aims of the original research that supports this work, was designed a procedure that incorporated into a developed general methodological tools to strategically manage the process of technology transfer in this type of companies that allows the evaluation of new technological options as candidates to be incorporated into the technological heritage of a SME of the Ecuadorian manufacturing industry, integrating its three dimensions (technical-economic, social and environmental), as support for the decision-making processes associated with this important business function. The proposed procedure is supported by a critical analysis of different engineering and management methodologies and tools used in the evaluation of technology investment projects in different contexts and scenarios, suitable as part of the solution developed to be applied in Ecuadorian manufacturing SMEs, as with the current legislation. As a result, an alternative solution is offered that integrates 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; Responsible evaluation procedure for the technology ; Ecuadorian manufacturing SMEs*

## 1. Introducción

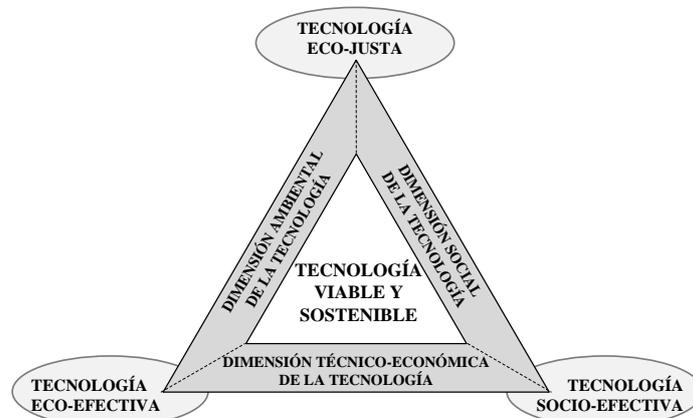
Las empresas contemporáneas que sobreviven en los mercados actuales se caracterizan por el uso intensivo de sus recursos; sin embargo, la movilización y gestión de los mismos, específicamente los tecnológicos, también depende del grado de conocimiento, comprensión y asimilación que sus empleados alcancen sobre estos (Acosta Prado y Fischer, 2014). Más aún cuando 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 (Armenteros Acosta *et al.*, 2012; Baraki y Brent, 2013). A esto se suman los aportes de Philbin (2013) al referirse también al 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, de manera que de la capacidad de gestión e integración obedecerá su posición competitiva. De esto dependerá que los desarrollos exitosos y la adopción de nuevas tecnologías, requerirán de modelos que incluyan elementos sociales y ambientales que permitan incrementar la sostenibilidad de un determinado sector (Aarras *et al.*, 2014).

Desde la perspectiva de la sostenibilidad, el procedimiento de evaluación propuesto se basa en un enfoque de integración de tres dimensiones: la ambiental, la social y la económica que incorporadas a la gestión corporativa, se denomina “triángulo de la sostenibilidad” (Schaltegger y Burritt, 2005 *apud* Schaltegger *et al.*, 2016). 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. 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 PyMEs que no siempre disponen del “cómo hacerlo”. Sin embargo, en lo conceptual y para uno de los objetos de la investigación originaria, se considera pertinente denominar a esta última dimensión 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; en aquellas que no lo sean, 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 estas tres dimensiones de la tecnología que son objeto de análisis en cualquier proceso de transferencia actualmente se constituye más que una necesidad, en un imperativo. 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.



**Figura 1.** Dimensiones de una tecnología viable y sostenible (TVS). **Fuente:** adaptado de Schaltegger *et al.* (2016).

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 por Simón (2005) y por Miranda *et al.* (2011, más aún cuando 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, con una correcta evaluación y control que deberá incidir directamente sobre la responsabilidad social de la empresa.

En este sentido, se concuerda con Sánchez Berriel (2018) en que no basta con que una evaluación sea integral, sino que de forma sinérgica debe demostrar también su sostenibilidad, aunque la evaluación de esta integralidad se de múltiples maneras (Eggenberger y Partidário, 2000; Bond *et al.*, 2001) que van desde evaluar conexiones entre intereses globales y locales, estratégicos y tácticos de diferentes metodologías, hasta evaluar los pilares económico, ambiental y social. No obstante, esta integración evaluativa es generalmente compleja y difícil de realizar, dada la relativa ausencia de metodologías y procedimientos adecuados (Eggenberger y Partidário, 2000), y donde generalmente la incertidumbre es alta, sobre todo al aplicar herramientas como el análisis multicriterio (Sánchez Berriel, 2018). Sin embargo, la evaluación desde una concepción integrada, considerando las interconexiones entre estas y su interpretación combinada, ayuda a reducir considerablemente la incertidumbre (Gibson, 2006). No obstante a ello, en la práctica se pueden encontrar aplicaciones orientadas a una evaluación integral de la transferencia de tecnologías, como por ejemplo, los aportes de Cegesti (2005) y Poch Ambiental S.A. (2009); también en Cuba se pueden encontrar ejemplos de aplicación de este enfoque integrador en decisiones tecnológicas, como los planteados por Hernández Oro (2014), referido a la variable fiabilidad en proyectos de instalaciones hidráulicas, Abreu Ledón *et al.* (2016) para apoyar los procesos decisorios vinculados con decisiones inversionistas de equipamiento productivo en PyMEs manufactureras y por Sánchez Berriel (2018) asociados a la utilización del cemento de bajo carbono (LC<sup>3</sup>) para los programas de vivienda, que constituyen obligados referentes por su vínculo de alguna que otra manera, con procesos de transferencia de tecnologías en sus respectivas aplicaciones. 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 la PyME manufacturera contribuye en un 12 % al PIB (Asobanca, 2019) y constituye el rubro más importante luego de la producción petrolera, se caracteriza por importar bienes y servicios de mayor valor agregado y de alta tecnología en el mercado internacional. Sin embargo, su competitividad ha estado permanentemente expuesta 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 (Uquillas, 2007), así como la 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 (Acosta Espinosa, 2009). 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 (WEF, 2018) y de cinco (5) 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) (WIPO *et al.*, 2018).

Para tratar de mejorar 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 entre otros sectores 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 (Ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad, 2015), lo que requiere de procedimientos evaluativos como el propuesto.

## **2. Metodología**

El trabajo investigativo se inició con la revisión de 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 de evaluación integral de las mismas.

En un segundo momento y derivado de la investigación originaria desarrollada por Quezada Torres *et al.* (2018/a;/b/) con el objetivo de 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 de tecnologías. Además este procedimiento incorpora un conjunto de herramientas de ingeniería y de gestión que en su conjunto ha sido validado mediante los métodos de evaluación de expertos en la temática y redes de flujo de trabajo derivada de las tradicionales redes de Petri.

### **3. Resultados y discusión**

Derivado de la identificación y análisis de las tecnologías consideradas estratégicas para los procesos de transferencia hacia la PyME que se ejecutarán 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 (4) 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 “*i*” 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 (González Suárez et al., 1997).

Por su parte, para el análisis económico correspondiente a esta evaluación que se somete cada  $OT_q$  a 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 (Hidalgo Nuchera et al., 2002). Estos propios autores recomiendan para el caso en que se decida el empleo de métodos cuantitativos, los clásicos métodos del **Valor Actual Neto (VAN)** y de la **Tasa Interna de Rentabilidad (retorno) (TIR)**. 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 el costo de oportunidad del capital invertido para un  $VAN = 0$  (expresión 2).

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

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

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)

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. 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 1 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.

$PRD_q$ (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

**Tabla 1.** 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. **Fuente:** elaboración propia.

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 Mérito Relativo (IMR)** y **Global (IMG)**, calculados por medio

de las expresiones 3 y 4, respectivamente, a partir de la información contenida en la Tabla 2.

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

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

Nº	Grupos de criterios / criterios de factibilidad	Pond. (ptos.)	Calificación cualitativa			IMR <sub>g</sub>
			Bien (10)	Medio (5)	Mal (1)	
1	<b>Criterios de factibilidad técnica</b>	10	x	x		IMR <sub>1</sub>
	1.1. Probabilidad de éxito técnico	7				
	1.2. Propiedad industrial	...				
	1.3. ...	...				
2	<b>Criterios de factibilidad comercial</b>	10	...	x	x	IMR <sub>2</sub>
	2.1. Oportunidad / necesidad	8				
	2.2. Posición competitiva	...				
	2.3. ...	...				
3	<b>Criterios financieros</b>	10	x	...		IMR <sub>3</sub>
	3.1. VAN / TIR	...				
	3.2. ...	...				
...	...	...	...	...	...	...
<b>IMG<sub>total</sub></b>		<b>3</b>				<b>IMG</b>

**Tabla 2.** 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. **Fuente:** adaptado de Hidalgo Nuchera *et al.* (2002).

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.

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

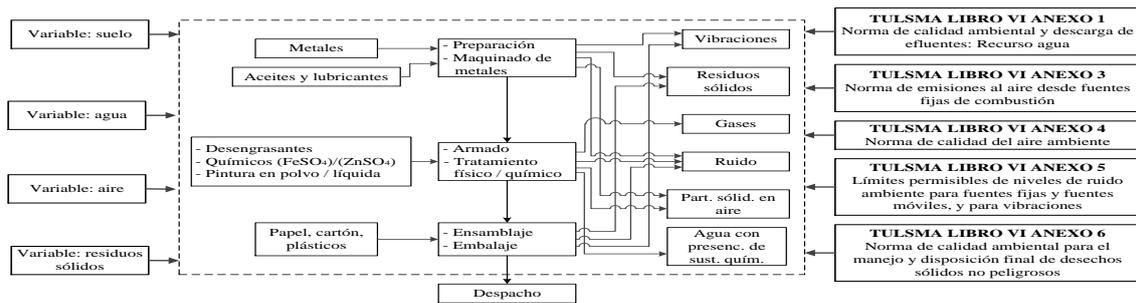
donde:

$IMG_{max}$ : 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.

• **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, 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 (TULSMA) dictadas y amparadas por 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. 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 la evaluación ambiental. Un ejemplo sintético de este proceder se muestra en la Figura 2 para el caso de una PyME manufacturera metalmecánica.



**Figura 2.** Ejemplo de variables e impactos a considerar en la evaluación ambiental de la tecnología en PyMEs manufactureras metalmecánicas ecuatorianas. **Fuente:** elaboración propia.

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. 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** ( $N_{I(y)}$ ) 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 (Tabla 3).

Esta valoración será integrada a una valoración ponderada (Tabla 4), utilizando una escala cualitativa en las categorías siguientes: cumple (C; 5 pts.); cumple parcialmente (CP; 3 pts.); no cumple (NC; 0 pts.).

Escala	Nivel de importancia de la norma técnica ambiental [ $N_{I(y)}$ ]
5 pts.	Altamente importante en el proceso que se estudia
3 pts.	Moderadamente importante
1 pto.	Mínimamente importante,

**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.

**Fuente:** elaboración propia.

Opción tecnol.	Norma técnica ambiental ( $A_y$ )										$E_{A(q)}$
	$A_1$			$A_2$			...	$A_y$			
	C	CP	NC	C	CP	NC	...	C	CP	NC	
	5	3	0	5	3	0	...	5	3	0	
$OT_{(1/1)}$	$OT_{(1/1)1}$			$OT_{(1/1)2}$			...	$OT_{(1/1)y}$			5,0
...	...				...		...		...		...
$OT_{(1/2)}$		$OT_{(1/2)1}$				$OT_{(1/2)2}$	...			$OT_{(1/2)y}$	1,6
...							...				...
$OT_{(2/3)}$			$OT_{(2/3)1}$		$OT_{(2/3)2}$		...			$OT_{(2/3)y}$	2,6
...	...						...	...			...
$OT_{(i/k)q}$	$OT_{(i/k)q1}$			$OT_{(i/k)q2}$			...	$OT_{(i/k)qy}$			

**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. **Fuente:** elaboración propia.

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

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

**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. **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.

$$E_{A(q)} = (\sum_1^y OT_{(i/k)y})/y \quad (\text{puntos}) \quad (6)$$

donde:

$E_{A(q)}$ : valor “normalizado” de la evaluación ambiental de la opción tecnológica de transferencia ( $OT_q$ ) para la tecnología “ $i$ ” del proceso “ $k$ ”, en puntos

$OT_{(i/k)y}$ : valoración del cumplimiento de la norma técnica ambiental “ $y$ ” por parte de la tecnología considerada en  $OT_q$ , en una escala cualitativa ordinal en las categorías señaladas en la tabla 4

$y$ : 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 como en su entorno. Para ello, se ha considerado como pertinente una adecuación en el uso de los indicadores para evaluar la Responsabilidad Social (RS) y se propone hacer uso de la guía publicada por el Consorcio Ecuatoriano para la Responsabilidad Social, Ceres-Ethos 2011 (Ceres, 2011).

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 (Tabla 6).

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

**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. **Fuente:** adaptado de Ceres (2011).

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 ( $I_S$ ) (Tabla 7), 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.).

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 ptos.); Moderado (M; 3 ptos.); Bajo / Ninguno (B / N; 1 / 0 ptos.)

$w$ : Cantidad total de elementos de evaluación social “ $w$ ” considerados en la opción tecnológica “ $q$ ”

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	
$OT_{(1/1)}$	$OT_{(1/1)1}$			$OT_{(1/1)2}$			...	$OT_{(1/1)w}$			5,0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$OT_{(1/2)}$		$OT_{(1/2)1}$				$OT_{(1/2)2}$	...			$OT_{(1/2)w}$	1,7
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$OT_{(2/3)}$					$OT_{(2/3)2}$		...		$OT_{(2/3)w}$		2,6
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$OT_{(i/k)q}$	$OT_{(i/k)q1}$			$OT_{(i/k)q2}$			...	$OT_{(i/k)qw}$			

Tabla 7. Evaluación social de la tecnología. Fuente: elaboración propia.

• **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  $OT_q$  y las posibilidades reales de su reducción / eliminación, la disponibilidad real de capital financiero y/o las vías para el acceso a créditos).

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

sujeto a las restricciones siguientes:

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

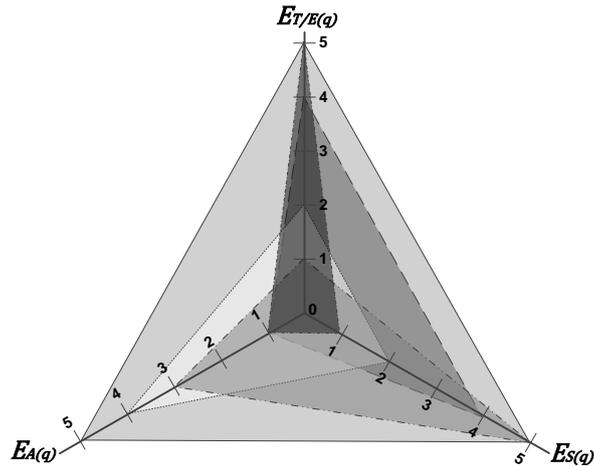
donde:

$E_{d(q)}$ : 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 con sus diferentes opciones tecnológicas, se muestra en la Figura 3.



**Figura 3.** Ejemplo de diagrama para la evaluación integral de la opción tecnológica “ $q$ ” de transferencia en sus tres dimensiones. **Fuente:** elaboración propia.

#### 4. 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 decisorios estratégicos asociados a la transferencia de tecnologías en las PyMEs manufactureras, que les permita mejorar su rendimiento productivo con responsabilidad social y niveles de competitividad.
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.

## 5. Referencias bibliográficas

1. Aarras, N.; Rönkä, M.; Kamppinen, M.; Tolvanen, H.; Vihervaara, P. (2014). Environmental technology and regional sustainability – The role of life-based design. *Technology in Society*. 36. ISSN: 0160-791X. pp. 52-59.
2. Abreu Ledón, R. (2004). Modelo y procedimiento para la toma de decisiones de inversión sobre el equipamiento productivo en empresas manufactureras cubanas. [Tesis Doctoral en Ciencias Técnicas]. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Departamento de Ingeniería Industrial. Santa Clara, Cuba.
3. Abreu Ledón, R.; Asencio García, J.; Fabelo Lago, O. (2016). Herramientas para la toma de decisiones de inversión sobre el equipamiento productivo en PyMEs manufactureras cubanas (pp. 201-224). En: *Hacia un desarrollo local y regional sostenible: contribuciones desde la academia en la América Latina fraterna*. 1ª ed. Mantulak, M. J.; Michalus, J. C. (Comp.). Editorial Universitaria Universidad Nacional de Misiones (EdUNaM). Posadas, Argentina. ISBN: 978-950-579-405-8. 290 p.
4. Acosta Espinoza, A. (2009). Ecuador: ¿un país maniatado frente a la crisis?. Friedrich Ebert Stiftung ILDIS. Quito, Ecuador. 21 p.
5. Acosta Prado, J. C.; Fischer, A. L. (2014). Condiciones de la gestión del conocimiento, capacidad de la innovación y resultados empresariales. Un modelo explicativo. *Revista Científica Pensamiento y Gestión*, 35. Ecuador. ISSN: 1657-6276. pp. 25-63.
6. Armenteros Acosta, M. d. C.; Medina Elizondo, M.; Ballesteros Medina, L. L.; Molina Morejón, V. (2012). Las prácticas de gestión de la innovación en las micro, pequeñas y medianas empresas: resultados del estudio de cambio en Piedras Negras Coahuila, México. *Revista Internacional Administración y Finanzas*, 5(4). México. ISSN: 2157-3182. pp. 29-50.
7. Asobanca. (2019). Boletín Macroeconómico (enero). Quito, Ecuador. 20 p. Disponible en: <https://www.asobanca.org.ec/publicaciones/bolet%C3%ADnmacroecon%C3%B3mico/bolet%C3%ADn-macroecon%C3%B3mico-enero-2019> extraído el 15 de mayo de 2019).
8. Baraki, Y. A.; Brent, A. C. (2013). Technology transfer of hand pumps in rural communities of Swaziland: Towards sustainable project life cycle management. *Technology in Society*, 35(4). ISSN: 0160-791X. pp. 258-266.

9. Bond, R., Curran, J.; Kirkpatrick, C.; Francis, P. (2001). Integrated impact assessment for sustainable development: a case study approach. *World Development*, 29(6). ISSN: ¿?. pp. 1011-1024.
10. Cegesti. (2005). Manual de transferencia y adquisición de tecnologías sostenibles. Velásquez, G.; Medellín Cabrera, E. A. (colaboradores). Fundación Centro de Gestión Tecnológica e Informática Industrial (Cegesti). San José, Costa Rica. 55 p.
11. Ceres. (2011). Guía Ceres de indicadores de responsabilidad social Ceres-Ethos 2011. Consorcio Ecuatoriano para la Responsabilidad Social (Ceres). Quito, Ecuador. 70 p.
12. Días Duque, J. A.; Gómez Sal, A. (2013). El problema de las dimensiones del desarrollo sostenible (pp. 25-32). En: Referencias para un análisis del desarrollo sostenible. Gómez Gutierrez, C.; Gómez Sal, A. (Eds.). Universidad de Alcalá. España. ISBN: 978-84-15595-86-1. 200 p.
13. Eggenberger, M.; Partidário, M. R. (2000). Development of a framework to assist the integration of environmental, social and economic issues in spatial planning. *Impacts assessment and Project Appraisal*, 18(3). pp. 201-207.
14. Fine, W. T. (1971). Mathematical evaluations for controlling hazards. [Online]. En: *Journal os Safety Research*. 3(4). ISSN: 0022-4375. pp. 157- 166. Disponible en: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/722011.pdf>. (extraído el 30 de noviembre de 2018).
15. Gibson, R. B. (2006). 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*. 8(3). ISSN: 1757-5605. pp. 259-280.
16. 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. (1997). Aplicación del Análisis complejo de procesos en la intensificación de instalaciones de la industria química en países en vías de desarrollo. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV). Santa Clara, Cuba. 115 p.
17. Hernández Oro, R. M. (2015). Contribución al cálculo y evaluación de la fiabilidad en el diseño de obras y sistemas hidráulicos en Cuba. [Tesis Doctoral en Ciencias Técnicas]. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV), Departamento de Ingeniería Industrial. Santa Clara. Cuba. 179 p.
18. Hidalgo Nuchera, A., León Serrano, G.; Pavón Morote, J. (2002). La gestión de la innovación y la tecnología en las organizaciones. Ediciones Pirámide, S. A. Madrid, España. ISBN: 84-368-1702-8. 559 p.
19. Ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad (2015). Política Industrial del Ecuador 2016-2025. Más industria mayor desarrollo. Vicepresidencia de la República del Ecuador. Ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad-Ministerio de Industrias y Productividad. Ecuador. 158 p.

20. Ministerio del Ambiente. (2015). 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]. Corporación de Estudios y Publicaciones. Quito, Ecuador. 80 p.
21. Miranda, T.; Machado, H.; Suárez, J.; Sánchez, T.; Lamela, L.; Iglesias, J. M.; Suset, A.; Pérez, A.; Milera, M.; Martín, G. J.; Campo, M.; López, O.; Simón, L. (2011). 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*, 34(4). ISSN: 2078-8452. pp. 393-412.
22. Philbin, S. P. (2013). Emerging requirements for technology management: a sector-based scenario planning approach. *Journal of Technology Management & Innovation*, 8(3). ISSN: 0718-2724. pp. 34-44.
23. Poch Ambiental S.A. (2009). Estrategia y potenciales de transferencia tecnológica para el cambio climático. CORFO. Santiago de Chile, Chile. 453 p.
24. Quezada Torres, W. D.; Hernández Pérez, G. D.; González Suárez, E.; Mantulak, M. J.; Corrales, W. (2018). The technology transfer in the development of the small and medium metal-mechanic ecuadorian enterprise. *International Journal of Emerging Research in Management & Technology*, 7(2). ISSN: 2278-9359. pp. 14-25.
25. Quezada Torres, W. D.; Hernández Pérez, G. D.; González Suárez, E.; Comas Rodríguez, R.; Quezada Moreno, W. F.; Molina Borja, F. (2018). Gestión de la tecnología y su proceso de transferencia en pequeñas y medianas empresas metalmecánicas del Ecuador. *Ingeniería Industrial*, 39(3). ISSN: 1815-5936; pp. 303-314.
26. Schaltegger, S.; Hansen, E. G.; Spitzack, H. (2016). Corporate sustainability management. (pp. 85-97). En: *Sustainability Science SE*. Netherlands. Heinrichs, H.; Martens, P.; Michelsen, G.; Wiek, A. (Eds.). *Springer Science+Business Media*. Dordrecht, The Netherlands. ISBN: 978-94-017-7242-6. pp. 85-97.
27. Sánchez Berriel, S. (2018). Modelo de evaluación integrada de impactos aplicado al proceso de introducción del cemento de bajo carbono en la industria cementera en Cuba. [Tesis Doctoral en Ciencias Económicas]. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Departamento de Economía. Santa Clara, Cuba. 190 p.
28. Senplades. (2012). Transformación de la matriz productiva. Revolución productiva a través del conocimiento y el talento humano. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (Senplades). Quito, Ecuador. 32 p.
29. Simón, L. (2005). Metodología para el establecimiento del Silvopastoreo. En: *El Silvopastoreo: Un concepto de pastizal*. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Cuba. ISBN: 978-959-7138-07-5. 268 p.
30. Sotolongo Sánchez, M. (2004). Seguridad del trabajo. Monografía. Documento en intranet de la Facultad de Ciencias Empresariales, UCLV. Santa Clara, Cuba.

31. Uquillas, A. (2008). El modelo económico industrial en el Ecuador. Ecuador. Observatorio de la economía latinoamericana, 14. 43 p. <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2008/au.htm>. (extraído el 18 de septiembre de 2016).
32. World Economic Forum (2018). The Global Competitiveness Report 2018. Schwab, K. (Ed.). World Economic Forum (WEF). Geneva, Switzerland. ISBN: 978-92-95044-76-0. 671 p.
33. World Intellectual Property Organization; Cornell University; INSEAD (2018). The Global Innovation Index. Energizing the world with innovation 2018. 11<sup>a</sup> ed. Dutta, S.; Lanvin, B.; Wunsch-Vincent, S. (Eds.). Cornell University SC Johnson College of Business; The Business School for the World INSEAD y World Intellectual Property Organization (WIPO). Geneva, Switzerland. ISBN: 979-10-95870-09-8. 430 p.