



Selección de tecnología empresarial: una revisión desde literatura

Enterprise technology selection: a literature review

Julián Alberto Uribe Gómez ¹

¹Facultad de ciencias económicas y administrativas, Instituto Tecnológico Metropolitano ITM, Colombia

*Autor de correspondencia: julianuribe@itm.edu.co

RESUMEN— La selección de tecnologías es un tópico que se articula con el área de la ingeniería llamada gestión o administración tecnológica, cuya finalidad es estudiar y proponer las mejores prácticas de selección de bienes tecnológicos bajo criterios que optimicen los recursos empresariales, por lo que el objetivo principal de este artículo es realizar una revisión de literatura sobre los métodos de selección de tecnología, enumerando los más conocidos y ejemplificando algunos de estos, donde se presente su eficacia. La metodología utilizada en esta búsqueda fue una revisión en diferentes bases de datos con el fin de recopilar casos de estudio y de éxito, así como fusión entre diferentes métodos y puntos de vista. Dicha revisión y la búsqueda permitieron recopilar y clasificar estos métodos, no obstante, ningún método es infalible o indispensable, ya que siempre hará falta la experiencia del análisis heurístico.

Palabras clave— *selección, tecnologías, gestión, innovación, modelos, estrategia, políticas.*

ABSTRACT— The selection of technologies is a topic that is articulated with the area of engineering called management of technology, whose purpose is to study and propose the best practices of selection of technological goods under criteria that optimize business resources, so the main objective of this article is to carry out a literary review on the selection methods, enumerating the best known methods and exemplifying some of these and their effectiveness. The methodology used in this search was a revision in different databases in order to collect cases of study and success, as well as a fusion between different methods and points of view. This revision and the search allowed to compile and classify these methods, however, no method is infallible or indispensable, since the experience of the heuristic analysis will always be needed.

Keywords— *selection, technology, management, innovation, model, strategy, politics.*

1. Introducción

La selección de tecnologías se puede considerar como uno de los tres conceptos de mayor importancia en la gestión tecnológica [1], esto se debe principalmente a que los ambientes empresariales se complejizan cada vez más. Esto representa un reto importante, ya que en un mundo globalizado, las empresas necesitan ser más competitivas y esto se puede lograr a través de criterios definidos que lo permitan, así, la selección de tecnologías ayudan a tomar decisiones entre tecnologías emergentes, cuyo foco se centra en complejidad de la evaluación que incluye aspectos estratégicos y operativos [2].

En la gestión tecnológica se podrían nombrar numerosas herramientas que permiten al profesional de tecnología decidir correctamente. Una de estas herramientas es el portafolio de métodos para estrategia y selección de tecnologías [3], la cual en términos generales se centra en la administración de tecnologías dentro de la organización evaluando aspectos como: capacidades, costos y eficiencias [4]. Ahora, seleccionar la tecnología correcta es siempre una tarea difícil para las

organizaciones, debido principalmente a que estas se están incrementado en número y en complejidad [5], esto conlleva a que la toma de decisiones empresariales se torne una tarea exhaustiva y difícil para los administradores e ingenieros, los cuales entienden que el componente tecnológico es un factor clave para lograr la ventaja competitiva.

En síntesis, la selección de tecnología influencia la ventaja competitiva de una empresa y es entendida como un tópico que debe tratarse con métodos de decisión multi criterio, donde se consideran enfoques tecnológicos, innovativos y de alto potencial de crecimiento [6]. Para lograr que esta ventaja sea sostenible en el tiempo, se requiere de continuas adaptaciones y actualizaciones sobre las diferentes tecnologías existentes y el desarrollo de algunas nuevas [5], donde las organizaciones necesitan manejar múltiples variables que en definitiva determinarán la selección de las tecnologías a utilizar [7], con base en esto se puede hablar de una pregunta clave de investigación que siempre ha llamado la atención en este

tema ¿Cómo diseñar procesos de selección de tecnologías aptas? [8] con un objetivo muy específico de la selección de tecnologías, el cual es en definitiva la obtención de nuevo *know-how*, componentes y sistemas que ayuden a las empresas a hacer mejores y más competitivos en productos y servicios, o simplemente que creen mejores soluciones [9].

2. Metodología

2.1 Teoría sobre la selección de tecnologías

Muchos autores han explorado el tema de selección de tecnologías, esta primera parte busca definir de modo general que significa y que implica la selección de tecnologías, de acuerdo a esto, se puede tener un primer acercamiento, por lo tanto, se puede definir la tecnología como el proceso a través del cual los seres humanos diseñan herramientas y máquinas para incrementar su control y su comprensión del entorno material.

El término proviene de las palabras griegas *tecné*, que significa ‘arte’ u ‘oficio’, y *logos*, ‘conocimiento’ o ‘ciencia’, área de estudio; por tanto, la tecnología es el estudio o ciencia de los oficios [10], es claro pensar entonces que la tecnología es en sí una de las mayores fuentes de ventaja competitiva en la industria [11], conociendo ahora el significado de la palabra tecnología, se puede definir ahora la frase “selección de tecnologías”, la cual se describe como el proceso de realizar elecciones técnicas y tecnológicas entre un número de alternativas, esta elección está fundamentada en las evaluaciones realizadas con algún tipo de criterio [12], usualmente maximizando los efectos positivos como los beneficios económicos y minimizando los negativos como los costos [13].

William Riddle y Lloyd Williams consideran [14] que la selección de tecnología es el proceso de determinar cuál método, técnica u herramienta satisface, mediante un criterio, un requerimiento particular. La selección requiere algunas capacidades como: identificar las tecnologías a ser consideradas, evaluarlas y elegir con base en criterios y riesgos, sin embargo, algunas decisiones se fundamentan más en listas de chequeo que en evaluar riesgos [15].

Kamal Ruder, Marthinus Pretorius y B.T. Maharaj [16] al igual que Amir Sanayei y Leslie Monplaisir reflexionan [17] sobre el hecho que los criterios de selección para la empresa deben ser multicriterio donde se incluyen factores cualitativos y cuantitativos,

adicional a esto, existen factores exógenos que actúan como restricciones, estos son: sociales, políticos, técnicos y económicos.

Sin lugar a dudas, la selección de una tecnología para un ambiente empresarial requiere de un amplio conocimiento en diferentes disciplinas como: economía, administración, ingeniería, incluso física y química [18], y se debe considerar también parámetros de control de procesos [19], y habilidades básicas en el diseño experimental, búsqueda e interpretación de datos mediante la vigilancia tecnológica, diseño de encuestas e instrumentación. Pero no solo habilidades en ingeniería, también se deben mezclar factores que solo se obtienen con base en la experiencia como la intuición.

Con base en lo anterior, se puede complementar que la selección tecnológica tiene un rol fundamental en las empresas, esta debe surgir como parte de un plan estratégico de mejoramiento y se debe articular con el proceso de transferencia tecnológica para lograr los propósitos buscados por la empresa en la implementación. El rol de la selección tecnológica se puede ver en la figura 1.

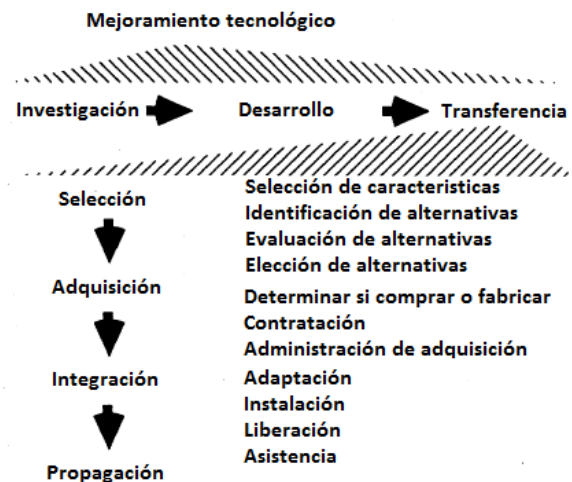


Figura 1. El rol de la selección tecnológica, adaptado de William Riddle y Lloyd Williams [14].

Para la revisión de literatura sobre la selección de tecnologías se identificaron 55 artículos con base a la vigilancia tecnológica realizada, de los cuales 24 de estos se encuentran como referentes en el tema durante los años 2013-2017, 15 artículos adicionales referenciados se enmarcan entre los años 2008-2012. En general se cuenta con 39 artículos que soportan la búsqueda sobre

la temática, lo que quiere decir que, un 70% de los artículos referenciados está en el rango de 5 a 10 años lo cual fue objeto de estudio.

Adicional a esto el 96% de los artículos consultados para el tema se tomaron en su mayoría de literatura de habla inglesa y bases de datos secundarias académicas como SCOPUS, Science Direct y Jstor.

De acuerdo a la pertinencia de las publicaciones, se utilizó el conteo de palabras claves y los mapas de concurrencia de palabras para identificar cómo es el comportamiento de las palabras y frases más frecuentes dentro de los textos analizados. Por lo tanto, la figura 2 presenta un análisis de frecuencias de palabras utilizando el *software* NETLOGO dentro de los artículos analizados, donde se encontró que las palabras más frecuentes en los artículos son:

- Technology (Tecnología) 33 repeticiones
- Selection (Selección) 23 repeticiones
- Management (Administración) 13 repeticiones
- Product (Producto) 6 repeticiones
- Decision (Decisión) 5 repeticiones
- Analysis (Análisis) 5 repeticiones

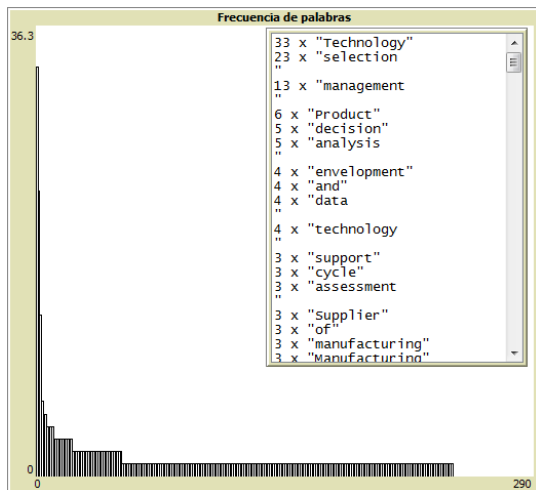


Figura 2. Análisis de frecuencias de palabras para la metodología de selección de artículos. Elaboración Autor.

La figura 3 presenta el mapa de calor de las frases claves más recurrentes en los artículos para el análisis de la revisión de literatura sobre los métodos de selección de tecnologías. El mapa presenta dos picos muy pronunciados, donde de acuerdo a la minería de datos realizada, estas frases corresponden a:

- Technology selection (Selección de tecnología)
- Technology management (Administración de tecnología)

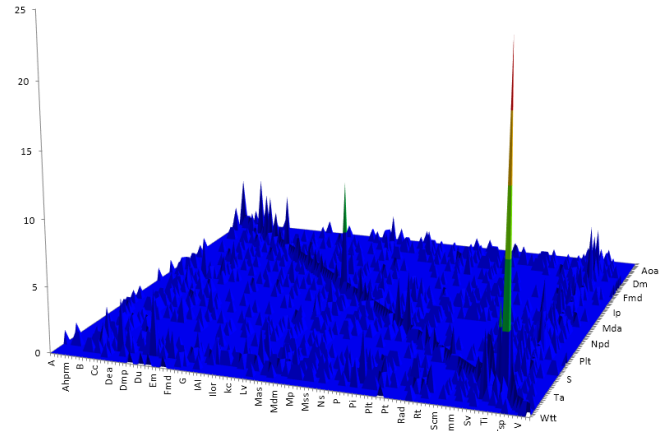


Figura 3. Mapa de calor que presenta las frases claves de los artículos sobre selección de tecnologías. Elaboración autor.

A partir de los criterios antes mencionados, se considera que los artículos seleccionados para la revisión de literatura, brindan una muestra confiable sobre las descripciones metodológicas y herramientas de la selección de tecnologías y aplicabilidad.

2.2 La estrategia tecnológica dentro de la selección

La selección tecnológica hace parte de una labor de empresa que busca desarrollar y mejorar procesos y sistemas para hacerla más competitiva, eficiente y llevar a crear mejores productos y servicios, pero para lograr esto es importante generar proyectos tecnológicos apalancados mediante una estrategia tecnológica que lo anteceda.

El término estrategia tecnológica se refiere entonces generalmente a un plan a largo plazo que guíe a los recursos actuales hacia un ambiente tecnológico [12] generando así, capacidades tecnológicas. La estrategia tecnológica entonces se incluye implícitamente en la selección tecnológica, esta surge de la importancia de la I+D en la empresa sumado a la creación de desarrollo de nuevos productos o servicios y a buscar una posición de liderazgo en el mercado [20].

Hao Shengbin y Wu Weiwei [20] han encontrado fuertes evidencias que la selección de tecnologías esta correlacionada con las capacidades tecnológicas y con el desempeño en innovación de la empresa, esto implicaría

que fundamentar una selección en una estrategia es lo más acertado para la empresa.

La estrategia tecnológica tiene relación directa con la gestión tecnológica debido a que ambas deben determinar para la empresa: la planeación de los recursos, la estructura organizacional y la gestión de la calidad [20]. El desarrollo de la estrategia requiere tres dimensiones importantes, la primera es la planeación, la segunda es la búsqueda de tecnologías que tengan un impacto a largo plazo, finalmente se busca la implementación, donde esta es claramente importante, ya que influenciará el camino hacia el cual la empresa se desarrollará tecnológicamente [12].

2.3 Revisión de criterios y proceso para la selección de tecnologías

Se ha considerado que la selección tecnológica es un fenómeno que se debe abordar desde un marco amplio, ya que cuenta con múltiples variables, esto debido a su aumento en número y complejidad [21] cada vez mayor, el incremento de la impredecibilidad en el mundo de los negocios expone a las empresas a incertidumbres y la selección de tecnologías es de importancia estratégica, muchos especialistas han indicado que la selección de tecnologías es uno de los tópicos más retadores para la administración y en la toma de decisiones, así como también el más importante en el proceso de innovación [22], ya que dependen de una serie de factores a tener en cuenta al momento de esta selección, estas variables reposan sobre marcos económicos técnicos y empresariales [23].

De acuerdo con esto, los gestores tecnológicos y administradores deben estimar para la selección de tecnologías factores como aspectos técnicos, estrategias organizacionales, planeación, mercado, aspectos financieros y campos de aplicaciones prácticas [5], en definitiva, la selección de tecnologías han sido estudiado de forma racional y determinística [24], este conjunto de factores ha llevado a estudiar y a emplear métodos multi criterio para la toma de decisiones en la adquisición y selección de tecnologías, muchos de ellos basados en programación matemática, análisis estadístico o criterios múltiples de decisión [25].

Estos modelos deben permitir a los gestores tomar decisiones basadas en evidencias cuando vayan a elegir las alternativas tecnológicas, seleccionando la tecnología disponible que mejor se acomode a los requerimientos de la organización [26], así, los objetivos que enmarcan la

utilización de los métodos son: identificar un método utilizable en el análisis de decisiones, identificar las tecnologías referentes, determinar los efectos que proporciona la tecnología específica, determinar costos, medir la racionalidad de la implementación y aplicar el modelo o método propuesto [27].

A grandes rasgos, algunos modelos se incluyen en categorías tan variadas como: revisión de pares no estructurada, puntuaciones, programación matemática, modelos económicos, análisis de decisiones, métodos interactivos y optimización [28], estos métodos pueden ser por su forma cuantitativos o cualitativos. Según Reza Farzipoor [29] tradicionalmente los modelos de selección de tecnología se han basado más sobre datos cardinales con menos énfasis en los datos ordinales, es decir, desde el concepto de toma de decisiones es más importante el aspecto subjetivo de la tecnología que el objetivo, primando en la elección de la tecnología aspectos en orden cualitativos, pero esto se debe a la comprensión primaria del aspecto complejo involucrado en el problema de la selección de tecnología, así por ejemplo muchos métodos encuentran en la asignación de pesos ponderados una medida de desempeño para seleccionar la tecnología, pero la dificultad asociada con este tipo de herramientas está en que la asignación es de naturaleza subjetiva [29].

Algunos autores como Daw Ma, Chia-Chin Chang y Shiu-Wan Hung proponen [5] metodologías combinadas o acercamientos integrados que evalúen el aspecto cualitativo y cuantitativo evidenciando combinación de métodos como el proceso analítico jerárquico con el método Delphi para la toma de decisiones de selección de tecnologías.

Gholam R. Amin y Ali Emrouznejad encuentran [30] un método combinado que explora la asignación de pesos multi criterio y el análisis de datos en presencia de variables de entrada y de salida objetivos y subjetivos para lograr la selección, otro ejemplo encontrado en la literatura sugiere aplicar métodos de programación lineal con las mejores combinaciones de las especificaciones de desempeño de la tecnología y luego en una siguiente fase utilizar una herramienta multi criterio [31] [32].

Existe una necesidad de validación a la selección de tecnologías que generen confianza en los administradores y gestores de tecnología, donde se puedan manipular y combinar métodos y variables cuantitativas con más conocimiento subjetivo de

expertos, en la tabla 1 se presenta una compilación de los métodos más comunes para la selección de tecnología con su respectiva categorización general, de acuerdo a tipo de acercamiento, utilidad en la fase tecnológica o aplicabilidad numérica o matemática.

Tabla 1. Métodos para la selección de tecnologías

Modelo multi criterio de decisión	
Tipo de acercamiento	
Acercamiento individual	Proceso analítico de jerarquía
Acercamiento individual	Proceso de análisis de red
Acercamiento individual	Análisis envolvente de datos
Acercamiento individual	Algoritmos genéticos
Acercamiento individual	Razonamiento basado en casos
Acercamiento integrado	Teoría de utilidad multi atributo
Acercamiento integrado	Toma de decisiones en grupo con múltiples atributos
Acercamiento integrado	Técnica de orden de preferencia por similitud con la solución ideal
Acercamiento integrado	Análisis geométrico para ayuda interactiva
Acercamiento integrado	Análisis de valor e ingeniería
Acercamiento integrado	Análisis de cluster
Acercamiento integrado	Análisis relacional Difuso "Gris"
De acuerdo a su utilización en la fase de proceso de selección	
Modelos de precalificación	Suma ponderada
Modelos de precalificación	Producto ponderado
Modelos de precalificación	Proceso analítico de jerarquía
Modelos de precalificación	Análisis envolvente de datos
Modelos en fase final de selección	Programación de metas

Modelos en fase final de selección	en	Teoría de juegos
Modelos en fase final de selección	en	Programación lineal
Modelos en fase final de selección	en	Análisis de cluster
Modelos en fase final de selección	en	Razonamiento basado en casos
Modelos en fase final de selección	en	Método basado en cuestionarios o tecnología asistida
Modelos en fase final de selección	en	Aproximación mediante citación de patentes
Modelos en fase final de selección	en	Modelos de costo total de propiedad
Métodos basados en matemática		
Programación Matemática	Suma ponderada	
Programación Matemática	Producto ponderado	
Programación Matemática	Programación de metas	
Programación Matemática	Teoría de juegos	
Programación Matemática	Programación lineal	

Fuente: Adaptado de [26] [33] [34] [35] [11] [36].

Muchos de estos métodos presentados y descritos en la tabla 1 han sido diseñados y probados para esclarecer el problema de la selección de la tecnología, estos han sido exitosamente ejecutados en áreas e industrias como las telecomunicaciones, energía nuclear, desalinización de aguas, proveedores de tecnologías y lubricantes [17] [37].

Es necesario considerar que, el éxito de una estrategia tecnológica como habilidad para cambiar la estructura de la empresa haciéndola más competitiva, parte de una buena selección tecnológica, la cual requiere de un proceso organizado y estructural [38], un proceso de adquisición y selección de tecnologías tiene las siguientes fases presentadas en la figura 4.

Noordin Shehabuddeen, David Probert y Robert Phaal presentan [39] un marco teórico simplificado para abordar la selección de tecnologías, este tiene cuatro pasos fundamentales que son:

- Numerar los factores claves en la selección, estos pueden ser: técnicos, financieros, políticos o de ambiente.
- Filtrado de necesidades: realizado con base en integrabilidad, usabilidad, alineación con la estrategia y riesgo.
- Procesos relevantes de la selección, en este punto se pueden encontrar los diferentes métodos y aplicación de metodologías para la selección, se pueden tener ecuaciones matemáticas, factores económicos y financieros y ponderaciones.
- Conocer la integración de todos los agentes en el proceso: todas las partes de la organización tienen un rol específico, por lo que se pueden causar efectos desde la función financiera, productiva o de recursos humanos, también existirán agentes externos como los competidores, los clientes o el gobierno.

La tabla 2 presenta un proceso de selección de tecnologías mediante indicadores, estos indicadores presentados son el ejemplo de una lista de chequeo para la selección y posible transferencia de la tecnología. Este listado puede ser utilizado con cualquiera de los métodos antes descritos en la tabla 1.

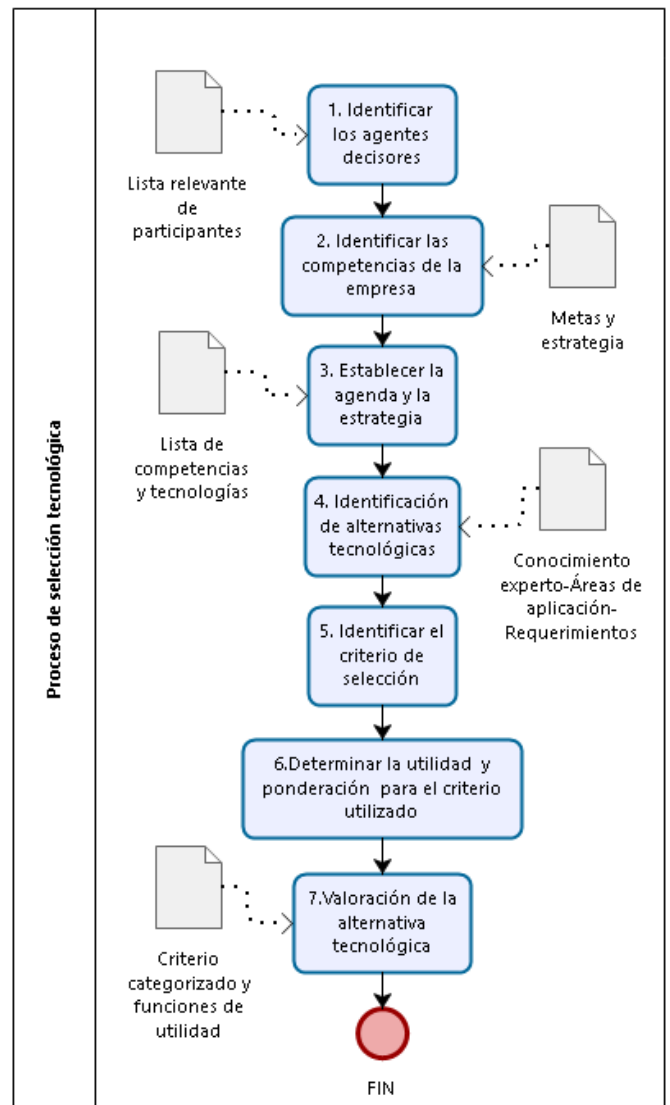


Figura 4. Proceso de selección de tecnologías. Fuente: adaptado de [16].

Tabla 2. Proceso de selección de tecnologías con base en 3 variables decisoras

Clasificación de las variables	Indicadores a medir
Variables tecnológicas	*Tecnologías probadas. *Características del proceso tecnológico. *Facilidades de operación y mantenimiento de la tecnología.

Variables económicas	*Capacidad de la organización para asimilar la tecnología propuesta.
	*Facilidad de adecuación de la tecnología para la certificación internacional de la misma o de los productos que se obtengan.
	*Capacidad de abastecimiento de materia prima requerida para el funcionamiento de la tecnología en la producción de nuevos productos o servicios.
	*Nivel de caducidad de la tecnología.
	*Frecuencia de actualización de tecnologías similares.
Variables comerciales y legales	*Pronóstico de costos y gastos de operación y mantenimiento.
	*Costo de la tecnología.
	*Participación del licenciante en el financiamiento del proyecto de adquisición de tecnología.
	*Estado legal y comercial de las empresas licenciantes.
	*Protección de la tecnología.
	*Condiciones del contrato de licencia.
	*Capacidad de comercializar productos desarrollados con la tecnología propuesta en otros mercados.
*Análisis de productos sustitutos de los productos obtenidos como parte de la tecnología.	

Fuente: adaptado de [40].

El análisis de patentes se ha considerado un método a priori para seleccionar una tecnología, ya que ayuda a definir una dirección o ruta sobre la cual se encamina la tecnología [22], esto implica que se debe indagar sobre su vida útil, para esto se deben determinar las diferentes etapas del ciclo de vida o fases del ciclo tecnológico, como son: emergente, crecimiento, madurez y decaimiento de la tecnología [41], este proceso provee la máxima cantidad de información sobre los antecedentes de una tecnología. Algunas clasificaciones propuestas se encuentran en la tabla 3, así como también oportunidad de desarrollo y futuras predicciones y tendencias, lo cual ayuda al administrador a tomar decisiones de selección.

En la etapa emergente, la empresa se concentra en la I+D para generar nuevas innovaciones tecnológicas, en el estado de crecimiento la empresa busca ingresar en el campo de la innovación, haciendo actividades referentes que apunten a patentar sus innovaciones, durante el estado de madurez la actividad de patentar tiene limitaciones concentrándose en actividades efectivas en el corto tiempo, en el estado de decaimiento las empresas ven la tecnología con variaciones menores por lo que deben volcar sus esfuerzos en conseguir tecnología preferiblemente avanzada y comenzar de nuevo el ciclo de vida de la tecnología.

Tabla 3. Diferentes niveles de una tecnología

Nivel de tecnología
Tecnología antigua
Variación menor
Accesorio
Variación significativa
Modificación de la tecnología conocida
Mejoramiento
Novedad
Novedad/Nueva
Nueva
Radicalmente nueva/ruptura o creación de brecha

Fuente: adaptado de [41].

2.4 Causas y efectos de la selección de tecnologías sobre las empresas

Los diferentes métodos cualitativos y cuantitativos para seleccionar la tecnología han permitido atravesar una barrera de incertidumbre de un modo más o menos acertado, sin embargo, acertar en la tecnología adecuada para la empresa u organización no es suficiente, debido a que la tecnología seleccionada puede tener efectos sobre otras variables dentro de la organización y que son igualmente importantes para su selección. Así, resultados de estudios empíricos muestran que uno de los factores más importantes para la selección de la tecnología es el beneficio que esta misma trae [5], este beneficio puede ser entendido de muchas maneras, como: en el concepto de innovación, la cual es una condición necesaria para la valoración empresarial [42], la influencia sobre el mercado existente, el tamaño del mercado potencial, y la comercialización [5] [22], también puede tener

beneficios en la gestión de personal debido a que una correcta estrategia tecnológica, lo cual puede derivar en empleos más cualificados, aprendizaje y creatividad [20]. Sin embargo, tradicionalmente el valor presente neto, la tasa interna de retorno y el retorno de la inversión han sido factores evaluados por los investigadores para cualificar la tecnología [43], lo anterior, lleva a pensar que la mayoría de metodologías de evaluación y selección de tecnologías están relacionadas con el aspecto financiero [44] y la gestión administrativa [45].

No obstante, una selección tecnológica no apropiada sobre un sistema tiene efectos negativos en la productividad y sobre las capacidades empresariales, causando diversos problemas como el decrecimiento en la rentabilidad y la producción de la empresa [46], así la selección tecnológica tendrá su causa y sus efectos sobre componentes financieros.

La evaluación y selección de alternativas solo es resultado de un proceso previo y riguroso, que depende del conocimiento de variables importantes y características de la tecnología, así por ejemplo existen tres condiciones iniciales a tener en cuenta para la elección de una tecnología, estas son: costos, beneficios e ideas o nociones preconcebidas, estos aspectos son básicos para determinar la selección [47], muchas metodologías empíricas de selección de tecnologías basan sus criterios en aspectos económicos, algunas metodologías de investigación operativa en la industrial utilizan la optimización en tiempo real como alternativa de selección, basándose en los costos o la pérdida de ganancia para realizar la elección [48].

Es importante que la selección de tecnologías apoye no solamente la estrategia organizacional sino aspectos que impacten en el proceso de manufactura en casos de empresas que se dediquen a la transformación de bienes y servicios F. T S Chan, H. K. Chan, M. H. Chan y P. K. Humphreys consideran [49] que la selección de tecnologías debe afectar directamente las seis dimensiones de la manufactura que son: costo, desempeño, calidad, entrega, flexibilidad e innovación, por lo tanto es importante ver como la tecnología a adquirir va a impactar estas variables. Estas dimensiones pueden catalogarse como indicadores de desempeño de un sistema cuyas entregas son: capital empleado, costos operativos, espacio de trabajo requerido y trabajo en proceso y utilizando como variables de salida la calidad y la reducción del *lead time* [50].

Otros autores como Fernando Suarez resaltan [51] que la marca, la credibilidad del vendedor y el precio son factores igualmente importantes para la adquisición de tecnología, adicional a esto, también existen factores externos e internos que pueden afectar la decisión, esto se puede ver en la figura 5.



Figura 5. Factores para la evaluación de tecnología, adaptado de [47].

De forma complementaria, la selección de tecnología debe ser entendida como un proceso dentro de la cadena de valor empresarial, debido a que es un ajuste adaptativo constante en la cual las empresas deben trabajar desde su plan estratégico PHVA [7].

Este plan estratégico debe incluir decisiones que favorezcan el aumento de la ventaja competitiva, mejoren la competitividad y el crecimiento corporativo, esto se logra mayoritariamente mediante la correcta selección de la tecnología y es de allí de donde emerge su importancia como proceso, sin embargo el incremento en la competencia sobre todo en industrias que producen de forma más económica han forzado a transformar la industria cambiando la cadena de valor a través de la innovación y la adición de valor [52].

Dentro de su diseño como proceso corporativo es importante resaltar que al ser de índole transversal a toda la empresa, el producto o servicio ofrecido se verá afectado por la selección, entonces, una de las decisiones más importantes durante la etapa de definición del producto o proceso es la selección del componente tecnológico [5]. La etapa inicial del proceso deberá considerar como la tecnología afectará su ciclo, por esta razón la selección de tecnología influye no solo a los costos iniciales de manufactura del producto [53], sino también a los costos de uso de la tecnología, la duración

y su potencial de reúso [54], en términos generales a esto se le llamara Costo del ciclo de vida, lo cual tiene que ver con la optimización de los costos, cuando se adquiere o se compra una tecnología. El ciclo de vida se refiere entonces a todos los costos incurridos desde la compra de la tecnología hasta su obsolescencia [54].

Ju Xiaofeng, Jiang Peng y Yin Yun describen [28] algunas variables que afectan el costo de producción con una determinada tecnología: la inflación, costo de adquisición, desempeño, experiencia en el mantenimiento y en la operación, características del sitio y los salarios locales.

Es importante notar que la mayor parte de variables que afectan los costos de la tecnología tienen que ver directamente con el productor del bien o servicio, esto implica que la decisión recae sobre esta figura, el consumidor es incapaz de distinguir como los productos son manufacturados con diferentes tecnologías, así el productor debe buscar minimizar los costos de producción, entonces la decisión en la selección de tecnología puede ser modelada solamente como una función que minimice los costos de producción [55].

Para evaluar entonces esta función Gholam R. Amin y Ali Emrouznejad proponen [30] considerar dos tipos de costos: el costo de mantenimiento, reparación y los gastos en labor. Es importante notar que altas inversiones en tecnología al principio implica bajos costos de mantenimiento, por otro lado, inversiones en tecnología de poca calidad implica incurrir en altos niveles de costos anuales en mantenimientos y reparaciones, por lo que el proceso de evaluar y seleccionar una tecnología debería considerar el costo de todo el ciclo de vida del sistema, esto incluye el diseño, la construcción, operación, mantenimientos, reparaciones y reemplazos [56].

3. Conclusiones

La selección de tecnologías ha cobrado importancia en cualquier empresa de base tecnológica para consolidar su estrategia empresarial, y así mismo, una metodología esencial para la toma de decisiones, por otra parte, debe ser considerada una herramienta básica para cualquier negocio que quiera incursionar en nuevos y más complejos ambientes tecnológicos.

La selección de tecnologías contiene herramientas bastas en diferentes campos, tal y como se presentó, dichas herramientas pueden ser utilizadas de acuerdo a la naturaleza del problema, por otro lado, en el texto se resalta el proceso de selección de tecnología desde tres

enfoques diferentes: simplificado, mediante uso de indicadores y por el análisis de patentes.

Sin embargo, un proceso de selección también tiene sus dificultades en el momento de su aplicación, debido a que el proceso se toma ligeramente sin ningún tipo de comprensión, administración o gestión adecuada. Cuando no se entiende que esto es una herramienta utilizada como apoyo al factor humano que no toma decisiones por sí misma, se puede llevar a tomar decisiones erróneas, en muchos casos riesgosos para las empresas.

Las herramientas de la selección siempre están variando en cantidad y aplicabilidad, por lo cual es un vasto mundo por explorar y explotar, sus combinaciones no tienen fin, y por cada problema se puede estar seguro que existirá una nueva metodología, lo importante es entender su dinámica y sus efectos en el desarrollo de la estrategia tecnológica empresarial.

4. Referencias

- [1] E. Bohemia, C. De Bont, and L. S. Holm, *Conference proceedings of the Design Management Academy Research Perspectives on Creative Intersections*, vol. 5, no. June, 2017.
- [2] N. Ahmady, E. Ahmady, and H. Sadeghi, "Technology selection in the presence of fuzzy data and dual-role factors," *Adv. Manuf. Technol.*, pp. 801–811, 2012.
- [3] R. Phaal, C. J. P. Farrukh, and D. R. Probert, "Technology management tools: Concept, development and application," *Technovation*, vol. 26, no. 3, pp. 336–344, 2006.
- [4] D. Cedillos, S. Acha, N. Shah, and C. N. Markides, "A Technology Selection and Operation (TSO) optimisation model for distributed energy systems: Mathematical formulation and case study," *Appl. Energy*, vol. 180, pp. 491–503, 2016.
- [5] D. Ma, C.-C. Chang, and S.-W. Hung, "The selection of technology for late-starters: A case study of the energy-smart photovoltaic industry," *Econ. Model.*, vol. 35, no. 2013, pp. 10–20, Sep. 2013.
- [6] C. Loué and S. Ben Slimane, *Proceedings of the 12th European Conference on Innovation and Entrepreneurship*, 2017.
- [7] D. Xia, B. Chen, and Z. Zheng, "Relationships among circumstance pressure, green technology selection and firm performance," *J. Clean. Prod.*, vol. 106, pp. 487–496, Dec. 2014.
- [8] B. Wang, "Requirements Traceability Technologies Selection for Industry," *Proc. - 2016 IEEE 24th Int. Requir. Eng. Conf. RE 2016*, pp. 450–455, 2016.
- [9] M. Torkkeli and M. Tuominen, "The contribution of technology selection to core competencies," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 77, no. 3, pp. 271–284, 2002.
- [10] E. Bravo, "Globalización, innovación tecnológica y pobreza.

- Aproximación a las nuevas conceptualizaciones en Latinoamérica,” vol. 21, no. 3, pp. 543–556, 2012.
- [11] Y.-C. Shen, S.-H. Chang, G. T. R. Lin, and H.-C. Yu, “A hybrid selection model for emerging technology,” *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 77, no. 1, pp. 151–166, Jan. 2010.
- [12] M. Lamb and M. Gregory, “Industrial Concerns in Technology Selection,” pp. 206–208, 1997.
- [13] M. Akhundzadeh and B. Shirazi, “Technology selection and evaluation in Iran’s pulp and paper industry using 2-filtered fuzzy decision making method,” *J. Clean. Prod.*, vol. 142, pp. 3028–3043, 2017.
- [14] W. E. Riddle and L. G. Williams, “Technology Selection : An Educational Approach,” no. 11, pp. 1199–1206, 1987.
- [15] R. Hallman *et al.*, “Standardized and Repeatable Technology Evaluation for Cybersecurity Acquisition,” no. May. San Diego, p. 28, 2017.
- [16] K. A. Ruder, M. W. Pretorius, and B. T. Maharaj, “A technology selection framework for the telecommunications industry in developing countries,” *IEEE Int. Conf. Commun.*, pp. 5490–5493, 2008.
- [17] A. Sanayei and L. F. Monplaisir, “Integrating product life cycle issues in technology selection,” *Technol. Manag. Emerg. Technol. (PICMET), 2012 Proc. PICMET '12*, pp. 1401–1407, 2012.
- [18] C. Chadderton, C. M. Foran, G. Rodriguez, D. Gilbert, S. D. Cospes, and I. Linkov, “Decision support for selection of food waste technologies at military installations,” *J. Clean. Prod.*, vol. 141, pp. 267–277, 2017.
- [19] E. Oviedo, I. Dominguez, P. Torres, D. Komilis, and A. Sánchez, “Understanding biowaste composting in developing countries: lessons from Colombia.” p. 13, 2017.
- [20] H. Shengbin and W. Weiwei, “The Impact of Technology Selection on Innovation Performance,” pp. 5781–5783, 2007.
- [21] D. Xia, Q. Yu, Q. Gao, and G. Cheng, “Sustainable technology selection decision-making model for enterprise in supply chain: Based on a modified strategic balanced scorecard,” *J. Clean. Prod.*, vol. 141, pp. 1337–1348, 2017.
- [22] W. Yan-ling, “Research on Technology Selection for Enterprises with Tools of Patent Analysis,” no. 1, pp. 1651–1657, 2012.
- [23] A. Erfani, R. Ghasempour, and H. Oraee, “Issues in the Technology Selection for a Wind Farm in Iran,” *J. energy Manag. Technol.*, pp. 71–78, 2017.
- [24] P. Tingling and M. Parent, “An exploration of enterprise technology selection and evaluation,” *J. Strateg. Inf. Syst.*, vol. 13, no. 4, pp. 329–354, Dec. 2004.
- [25] M. Safdari, I. Mahdavi, and N. Cho, “Selecting technology acquisition strategy through applying PROMETHEE method: and industrial automation,” in *13th International conference on industrial engineering*, 2017, no. June, p. 11.
- [26] D. R. Georgiadis, T. A. Mazzuchi, and S. Sarkani, “Using Multi Criteria Decision Making in Analysis of Alternatives for Selection of Enabling Technology,” vol. 16, no. 3, pp. 287–303, 2012.
- [27] D. Petrovic, I. Cvetkovic, M. Kankaras, and N. Kapor, “Objective Technology Selection Model: The Example of Complex Combat Systems,” *J. Sci. Eng. Res.*, vol. 8, no. 3, pp. 105–114, 2017.
- [28] J. Xiaofeng, J. Peng, and Y. Yun, “Understanding the complex nature of engineering technology selection: A new methodology based on systems thinking,” *Syst. Eng. Procedia*, vol. 4, no. 2011, pp. 196–202, 2012.
- [29] R. Farzipoor Saen, “Technology selection in the presence of imprecise data, weight restrictions, and nondiscretionary factors,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 41, no. 7–8, pp. 827–838, May 2008.
- [30] G. R. Amin and A. Emrouznejad, “A new DEA model for technology selection in the presence of ordinal data,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 65, no. 9–12, pp. 1567–1572, Jun. 2012.
- [31] M. Khouja, “The use of data envelopment analysis for technology selection,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 28, no. 1, pp. 123–132, 1995.
- [32] E. Vol and R. C. Baker, “A closer look at use of data envelopment analysis for technology selection,” *Chem. Enginering*, vol. 32, no. 1, pp. 101–108, 1997.
- [33] W. Ho, X. Xu, and P. K. Dey, “Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 202, no. 1, pp. 16–24, 2010.
- [34] L. De Boer, E. Labro, and P. Morlacchi, “A review of methods supporting supplier selection,” *Eur. J. Purch. Supply Manag.*, vol. 7, no. 2, pp. 75–89, 2001.
- [35] A. Friederich, T. Bernd, and L. De Witte, “Methods for the selection of assistive technology in neurological rehabilitation practice,” *Scand. J. Occup. Ther.*, no. December 2008, pp. 308–318, 2014.
- [36] M. Mouâd and L. Cherkaoui, “A comparison between fuzzy TOPSIS and fuzzy GRA for the vertical handover decision making,” 2017.
- [37] P. Yu and J. H. Lee, “Optimal technology selection considering input levels of resource,” *Ind. Manag. Data Syst.*, vol. 113, no. 1, pp. 57–76, 2013.
- [38] J. M. J. Herps, H. H. Van Mal, J. I. M. Halman, J. H. M. Martens, and R. H. M. Borsboom, “The process of selecting technology development projects: a practical framework,” *Manag. Res. News*, vol. 26, no. 8, pp. 1–15, 2003.
- [39] N. Shehabuddeen, D. Probert, and R. Phaal, “From theory to practice: Challenges in operationalising a technology selection framework,” *Technovation*, vol. 26, no. 3, pp. 324–335, 2006.
- [40] J. Odriozola, “Metodología para la gestión de la adquisición de tecnologías protegidas,” *Ing. Ind.*, vol. XXXIV, no. 3, pp. 265–276, 2014.
- [41] Y. L. Wang, “Research on technology selection for enterprises with tools of patent analysis,” *Int. Conf. Manag. Sci. Eng. - Annu. Conf. Proc.*, no. 1, pp. 1651–1657, 2012.
- [42] S. Sandoval, “La Cadena Global De Valor: Consideraciones

- Desde El Ciclo Del Capital,” *Probl. Desarro.*, vol. 46, no. 182, pp. 165–190, Jul. 2015.
- [43] F. T. S. Chan, M. H. Chan, and N. K. H. Tang, “Evaluation methodologies for technology selection,” *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 107, no. 1–3, pp. 330–337, 2000.
- [44] S. Farooq and C. O’Brien, “Risk calculations in the manufacturing technology selection process,” *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 21, no. 1, pp. 28–49, 2010.
- [45] G. Cifuentes, “Local management and leadership for innovation: a critical analysis from Colombia,” in *ICICTE 2017 proceedings*, 2017, pp. 398–406.
- [46] A. Vafadar, M. Tolouei-Rad, and K. Hayward, “Evaluation of the Effect of Product Demand Uncertainty on Manufacturing System Selection,” *Procedia Manuf.*, vol. 11, no. June, pp. 1735–1743, 2017.
- [47] M. Cochran, “Introduction of a Technology Selection Model,” *Sci. York*, vol. 0, pp. 1–10, 2009.
- [48] J. . Forbes and T. . Marlin, “Design cost: a systematic approach to technology selection for model-based real-time optimization systems,” *Chem. Engineering*, vol. 20, no. 6, pp. 717–734, 1996.
- [49] F. T. S. Chan, H. K. Chan, M. H. Chan, and P. K. Humphreys, “An integrated fuzzy approach for the selection of manufacturing technologies,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 27, no. 7–8, pp. 747–758, 2006.
- [50] E. E. Karsak, “Using data envelopment analysis for evaluating flexible manufacturing systems in the presence of imprecise data,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 35, no. 9–10, pp. 867–874, 2008.
- [51] F. F. Suarez, “Network Effects Revisited : the Role of Strong Ties in Technology Selection,” *Acad. Manag. J.*, vol. 48, no. 4, pp. 710–720, 2005.
- [52] J. Ratnasingam *et al.*, “Innovations in the Forest Products Industry : The Malaysian Experience,” vol. 41, no. 2, pp. 601–607, 2013.
- [53] L. G. Debo and B. Toktay, “Market Segmentation and Product Technology Selection for Remanufacturable Products,” vol. 51, no. 8, pp. 1193–1205, 2015.
- [54] R. Folgado, P. Peças, and E. Henriques, “Life cycle cost for technology selection: A Case study in the manufacturing of injection moulds,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 128, no. 1, pp. 368–378, Nov. 2010.
- [55] D. W. Boyd, R. L. Phillips, and S. G. Regulinski, “A model of technology selection by cost minimizing producers,” vol. 28, no. 4, pp. 418–424, 2015.
- [56] M. I. Kamami, G. M. Ndegwa, and P. G. Home, “Fuzzy based decision support method for selection of sustainable wastewater treatment technologies,” *Int J Agrie Biol Eng Open Access Int J Agrie Biol Eng*, vol. 4, no. 1, pp. 41–51, 2011.