

Metodología Híbrida ANHEPROMAP para formular una Estrategia Tecnológica – Caso Sector Petroquímico Secundario de México

MSc. Ing. Johanna Trujillo¹, MSc. Ing. Vladimir Amador², MSc. Ing. Othoniel Vázquez³

Resumen—Esta investigación propone una metodología híbrida que permite identificar las estrategias tecnológicas (ET) de la Cadena de Suministro del Etano (CSE), necesarias para que el Sector Petroquímico Secundario (SPS) de México compita ante la globalización de éste mercado interno. Se incluye el análisis combinado de tecnologías patentadas sustentables¹ y disruptivas², las cuales son priorizadas mediante el uso del Análisis Jerárquico de Procesos (AHP) y finalmente se elabora el Mapa de Ruta (MR) de la secuencia tecnológica seleccionada.

Palabras clave—estrategia tecnológica, sustentable, disruptiva, mapa de ruta, AHP.

Introducción

Una *estrategia* es definida como un conjunto de políticas o directrices transversales, únicas e “irreplicables” que se aplican a todas las actividades de la Cadena de Valor (Porter, 2008), para diferenciar o posicionar productos, servicios u organizaciones globalmente en entornos competitivos nacionales o internacionales (Porter, 1990). Una *estrategia competitiva* sustentable y exitosa debe contar con una infraestructura tecnológica a la medida de las necesidades del mercado, que dé respuesta rápida a la dinámica competitiva e innovadora con: 1. visión competitiva, 2. plataformas competitivas, 3. conocimientos y activos competitivos (Hagell, Seely Brown, & Davison, 2008). En caso de que se requiera de reinventar el modelo de negocio adicionando estrategias tecnológicas disruptivas, éstas debe estar dirigidas a la satisfacción las necesidades del cliente, buscando innovar los procesos e impactando el mercado (Johnson, Christensen, & Kargerman, 2008).

Una *Estrategia Tecnológica* (ET) busca soportar el modelo de negocio mediante el aprovechamiento de una o varias tecnologías en diferentes procesos, productos o niveles de decisión con el fin de ser más competitivos. En la definición de las ET los tomadores de decisiones utilizan de dos tipos: a) *Estrategias Tecnológicas Sustentables* (ETS), debido a que los resultados son de menor riesgo y fáciles de visualizar en la etapa de planeación (Geiger & Makri, 2006); b) *Estrategias Tecnológicas Disruptivas* (ETD) son de alto riesgo, pero los resultados esperados prospectivamente no son visibles claramente (Kostoff, Boylan, & Simons, 2004).

1.1. Planteamiento del problema

México es un mercado atractivo para los principales productores petroquímicos en el mundo (Brenner; Pacheco). La Industria Petroquímica actual aporta el 6% del PIB total en México que incluye el petróleo y sus derivados (Staff, 2014). El Sector Petroquímico (SP), en 1997 importaba el 41% del mercado interno y para el 2012 esta cantidad ascendió al 66%, lo que permite ver un déficit incremental entre la demanda interna y la capacidad de producción.

El Gobierno Mexicano ha mantenido de forma monopólica y con políticas proteccionistas el SPS durante muchos años, hasta el 2014 cuando la Ley Secundaria de la Reforma Energética origina que: a) las *empresas multinacionales globales* puedan ingresar y competir en el mercado interno con producción a escala, menores costos, modelos de negocio estratégicos y grandes componentes de I+D (Gobierno de la República de México, 2014), entre los competidores potenciales para toda la CS del petróleo sin restricciones tecnológicas se destacan los ubicados en Oriente Medio, Europa y América del Norte (Brenner; Pacheco); y b) las *empresas privadas* y del estado mexicanas compitan bajo las mismas condiciones (Gobierno de la República de México, 2014).

Con certidumbre se espera que para el 2015 la Compañía Brasileña Brasken en Coatzacoalcos (Veracruz, México) empiece a competir en la Industria Petroquímica Secundaria de México para las líneas de negocio del Etano y aromáticos. Para lo cual los tomadores de decisiones deben plantear una ET en los procesos clave y de apoyo para generar elementos diferenciadores y competitivos en el sector. Con lo anterior, las preguntas de investigación de este documento son: ¿Cuáles son las metodologías para formular una ET con elementos diferenciadores, que una organización, sector o Cadena de Suministro (CS) puede utilizar para competir en el mercado interno contra líderes globales?, ¿Cuál debe ser el alcance y la secuencia de adopción óptima de las tecnologías sustentables y disruptivas?, ¿Qué tan factible es el uso de técnicas para la toma de decisiones para priorizar la proyección de inversión tecnológica?

El propósito de ésta investigación es desarrollar una propuesta metodológica útil para el diseño y planeación de ETS y ETD para cualquier tipo de organización, empresa o sector, que sirva para competir ante las empresas globales con producción a escala y con procesos sólidos de Innovación y Desarrollo (I+D). La metodología híbrida ANHEPROMAP propuesta tiene cuatro objetivos: a) El *primero* es identificarlas y priorizarlas mediante la evaluación de criterios tecnológicos utilizando un AHP. b) El *segundo* es diseñar la ruta tecnológica que soporte la estrategia, integrando los proyectos tecnológicos del primer objetivo a fin de competir en cualquier

¹ **Tecnología Sostenida o Sustentable:** son establecidas para el logro del objetivo, pueden ser de alta tecnología pero sirven para mantener el desempeño en el tiempo la producción de un producto, proceso o servicio sin romper los paradigmas establecidos.

² **Tecnología Disruptiva:** puede ser una nueva tecnología o la combinación de existentes cuya aplicación puede cambiar radicalmente los paradigmas tecnológicos de productos o servicios existentes y generar en ocasiones nuevos mercados.

sector. c) El *tercero* es aplicar la metodología híbrida en un caso de estudio para la *selección de tecnologías en la CSE del SPS de México*, ante los cambios regulatorios y monopólicos de las políticas energéticas y la entrada al mercado de competidores locales y globales. El *cuarto* validar los *pasos metodológicos* por el Método Delphi (MD) con el estadístico *Alfa de Cronbach*.

En el *segundo numeral* de éste artículo se encuentra la revisión del estado del arte, el cual fue construido bajo una búsqueda sistemática de información. El *tercer numeral* tiene el planteamiento del problema para el caso de estudio *selección de tecnologías en la CSE del SPS de México*. El *cuarto numeral* presenta la metodología híbrida para el establecimiento de una ET, propuesta a partir de la revisión de la literatura y la contextualización de los conceptos clave de *RoadMap (MR)*, *AHP*, *MD* y *AC*. El *quinto numeral*, contiene la aplicación de la metodología objeto de investigación de éste artículo. En el *sexto numeral*, a fin de aplicar la metodología en otros contextos o sectores económicos y observar la confiabilidad, la replicabilidad y la validez de la metodología para sustentar la toma de decisiones de la ET, se somete a expertos del SPS de México los pasos metodológicos por el método Delphi y se calcula el Alfa de Cronbach (AC). Por *último*, se analizan los resultados, se presentan las conclusiones y las recomendaciones.

Estado del Arte

El proceso de Innovación y Desarrollo (I+D) en las organizaciones, debe ser un proceso de calidad, exploración y explotación para obtener una ventaja competitiva. La I+D está sujeta a la inversión de *recursos* para generar un nivel productivo de acuerdo a los requerimientos a) *externos*: del mercado, la regulación, la adaptación, etc.; b) *internos*: de la estructura organizacional, el método, el proceso, el tipo producto, etc. (Geiger & Makri, 2006).

Actualmente los *procesos de planificación tecnológica* son poco estructurados, a corto plazo y con bajo riesgo. La selección de tecnologías se hace con un único criterio, sin utilizar metodologías para la toma de decisiones con certidumbre, adicionalmente las plataformas integradoras no son compatibles para las nuevas tecnologías respecto a las existentes (Kostoff et al., 2004).

Un *proceso industrial* son los pasos requeridos para la transformación de material en un producto final. La secuencia de un proceso o servicio requiere de recursos “clave” ser competitivos en un sector económico, por lo que éstos deben estar soportados en una ET direccionada al proceso o al producto, buscando que el I+D logré la reducción de costos, mayores rendimientos de en capital, operacional, en las propiedades del material (Kajikawa, Usui, Hakata, Yasunaga, & Matsushima, 2008).

Algunos autores basan la implementación de ET bajo el diseño de Mapas de Ruta únicamente, sin vincular técnicas para la toma de decisiones (Kajikawa et al., 2008). Ésta investigación ha clasificado éstas técnicas o metodologías para el establecimiento de la ET como *empíricas*, *descriptivas*, *estadísticas*, *cuantitativas* (*modelado dinámico*, *lineal*, *multi criterio*, etc.) e *híbridas*. Los empíricas han usado por años denominada *modelos de Gestión del Conocimiento* los cuales son orientados hacia el control de un proceso o producto clave (Kajikawa et al., 2008; Ward, 2012), las matrices de priorización o diagramas usados para la toma de decisiones (Moghaddam & Sahafzadeh, 2010).

Dentro de las *descriptivas* están el diseño de cuestionarios sistemáticos, muestreo, tabulación y análisis de datos utilizando matrices probabilísticas de decisión (Ebrahimi, Baerz, Hosseini, & Azar, 2013), diseño de instrumentos revisados como el MD (Shen, Chang, Lin, & Yu, 2010) y de priorización (Moghaddam & Sahafzadeh, 2010). Las *estadísticas* son las que utilizan los principios de la Inteligencia de Negocios para la toma de decisiones, entendiéndose que las técnicas son el planteamiento y validación de hipótesis bajo estadística inferencial, el análisis estadístico multivariado, el diseño de experimentos, etc. (Geiger & Makri, 2006).

Las *cuantitativas* parten de la complejidad del modelamiento con ecuaciones linealizadas como p.e. el trabajo realizado por Lee, donde se presentan los beneficios a largo plazo de las inversiones tecnológicas para 5 continentes en BioHidrógeno; en especial éste modelo diseña una ET con indicadores globales de la base de datos de la Universidad de Purdue: Global Trade Analysis Project (GTAP), que se simulan en varios escenarios con el Modelo de Equilibrio General Computado (CGE), con el fin de justificar la inversión (D.-H. Lee, 2013). Otras técnicas cuantitativas para el diseño de ET con técnicas estadísticas (Geiger & Makri, 2006) y las multicriterio para la toma de decisiones (Gerdri & Kocaoglu, 2007; Kostoff et al., 2004).

Las *híbridas*, combinan modelos cuantitativos y/o cualitativos para la selección de estrategias tecnológicas; en la revisión de literatura se encontraron: las multi criterio avanzadas que combinan Análisis Jerárquico de Procesos y el método Delphi Fuzzi (Gerdri & Kocaoglu, 2007; Kostoff et al., 2004; Shen et al., 2010)

1.2. Análisis Jerárquico de Procesos

El *Proceso Analítico Jerárquico*, en sus siglas en inglés: *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, es un metodología de análisis multicriterio para la toma de decisiones de forma estructurada, no es un árbol de decisión (Saaty, 1990), cada nivel representa una parte diferente del problema que contiene objetos o eventos relacionados y dependientes entre sí. El AHP sirve para observar, sintetizar y analizar la complejidad de un problema. Busca cumplir un objetivo, priorizando las alternativas con base en unos criterios que los tomadores