

Conocimiento e innovación tecnológica en la ingeniería industrial

AGUILAR-FERNÁNDEZ, Mario†, DELGADO-RODRÍGUEZ, Alfredo, GARCÍA-JARQUÍN, Brenda y ACOSTA-GONZAGA, Elizabeth*

Recibido 10 de Julio, 2017; Aceptado 25 de Septiembre, 2017

Resumen

Permanentemente, las empresas se encuentran en un proceso de rediseño y mejora en el que la innovación juega un papel central en el logro de un desempeño más productivo, competitivo y rentable. En este sentido, la ingeniería industrial ha jugado un papel notable desde su aparición, a la vez que ha evolucionado su visión, rango de acción y aplicación, aspectos que son patentes en los nuevos conceptos que definen esta disciplina y los tópicos que se abordan como parte del campo laboral. La finalidad del presente documento tuvo como objetivo realizar un análisis orientado por el concepto del Institute of Industrial Engineers, para determinar las áreas de oportunidad para la investigación en temas prioritarios y emergentes para innovación y la competitividad de las organizaciones, mediante una revisión de la literatura científica publicada en idioma inglés, en revistas de investigación original y libros reconocidos por la Web of Science. Como resultado se evidenció la emergencia y fortalecimiento de temas fuertemente articulados a la innovación, además de la vigencia de otros que podrían considerarse agotados pero que probablemente han evolucionado en el seno de las organizaciones.

Innovación, Empresas, Campo laboral

Abstract

Companies are permanently in a process of redesign and improvement in which innovation plays a central role in achieving a more productive, competitive and profitable performance. In this sense, industrial engineering has played a notable role since its appearance, while its vision, range of action and application has evolved, aspects that are evident in the new concepts that define this discipline and the topics that are addressed as part of the labor field. The purpose of this paper was to conduct an analysis guided by the concept of the Institute of Industrial Engineers, to determine the areas of opportunity for research on priority and emerging issues for innovation and the competitiveness of organizations, through a review of the literature published in the English language, in original research journals and books recognized by the Web of Science. As a result, the emergence and strengthening of issues strongly linked to innovation was evidenced, as well as the validity of others that could be considered exhausted but probably have evolved within organizations.

Innovation, Business, Labor

Citación: AGUILAR-FERNÁNDEZ, Mario, DELGADO-RODRÍGUEZ, Alfredo, GARCÍA-JARQUÍN, Brenda y ACOSTA-GONZAGA, Elizabeth. Conocimiento e Innovación Tecnológica en la Ingeniería Industrial. Revista de Ingeniería Industrial 2017. 1-1:19-40

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: elz.acosta.gonzaga@gmail.com

Introducción

La ingeniería industrial ha sido eje de creatividad e innovación tecnológica para el desarrollo y mejora de procesos y de las organizaciones mismas. Así, la participación y aportes de profesionales en este campo del conocimiento son de gran valor para asegurar el bienestar social y el crecimiento económico frente a los contextos de globalización y competitividad del siglo XXI. Conocer los marcos de referencia que conforman el estado del arte en la investigación y las prácticas ingenieriles, y particularmente las que conciernen a los aspectos industriales, se vuelve de gran valía para mejorar programas educativos y asegurar una formación profesional de calidad y pertinente en cuanto a las exigencias del campo laboral y de investigación.

Tal vez una característica de las últimas décadas del siglo XX y seguramente seguirá siendo así durante el XXI, es la velocidad y el volumen con que se publican datos, información y generación de nuevos conocimientos, haciendo imposible para el investigador o el profesionalista el dominio absoluto de todos los aspectos de su especialidad.

Más allá de las críticas sobre la parcelación del conocimiento en el mecanicismo Newtoniano y ante la imperiosa y a la vez paradójica necesidad de abordar los problemas sociales, ambientales y económicos desde visiones multidisciplinarias o interdisciplinarias, se hace indispensable la revisión y análisis de la literatura existente en campos específicos. Contar con estos ejercicios tiene valor para reorientar la formación profesional, a través de ubicar áreas de oportunidad y emergentes para la formación e investigación científica y tecnológica, que permitan detonar procesos de innovación para el desarrollo social y económico.

En este contexto, el objeto del ejercicio que se reporta se avocó al análisis de literatura científica original publicada en áreas del hacer ingenieril, para determinar temas prioritarios y emergentes bajo el concepto del Institute of Industrial Engineers.

El documento hace un repaso a las funciones de la ingeniería, así como al concepto y antecedentes de la ingeniería industrial, enseguida, se describen los métodos y resultados de las búsquedas en Web of Science y por último se presentan las conclusiones.

Ingeniería Industrial**Ingeniería**

El surgimiento de los ingenieros obedeció a la evolución de las necesidades del ser humano. El aumento de la población y la creciente complejidad de las organizaciones sociales acrecentaron la magnitud y la diversidad de los bienes y servicios requeridos para satisfacer aquellas necesidades; en consecuencia, la provisión de los correspondientes satisfactores ya no podía lograrse con las capacidades comunes a todos los miembros del grupo social y nacieron así, los ingenieros. Este largo proceso de la historia nos ha traído a una situación insospechada: la supervivencia de la raza humana comienza a estar amenazada por causas novedosas, antítesis de las que motivaron el nacimiento de la ingeniería: esto es, las amenazas ya no provienen de las necesidades insatisfechas, sino de un cúmulo de desarrollos que transforman el mundo quizá más allá de lo prudente e impactan en formas inesperadas en la calidad de vida (Reséndiz, 2008; Niebel, 1990).

La ingeniería cumple dos funciones principales o también dicho de otra manera, realiza una función central que se desarrolla en dos etapas: en primer lugar.

Analizar y entender ciertos problemas que alguien plantea, y luego concebir las soluciones más apropiadas para los mismos. A la primera etapa se le llama diagnóstico y a la segunda diseño. Así pues, la ingeniería es una profesión que, en cualquiera de sus actividades, busca satisfacer ciertas necesidades humanas de orden material mediante el diagnóstico y el diseño aplicado a los problemas que deben abordarse para alcanzar ese propósito (Reséndiz, 2008).

Antecedentes de la Ingeniería Industrial

La principal meta económica de una nación es alcanzar un alto y creciente nivel de vida de sus ciudadanos. Así, la productividad es un determinante central, debido a que es una de las causas más radicales de la renta nacional per cápita. Se espera que cuanto mayor es la producción de bienes y servicios en cualquier país, más elevado será el nivel de vida medio de su población (Porter, 1990; OIT, 1990).

La productividad, en la actualidad, es una de las consideraciones de interés nacional, sin embargo, los esfuerzos por mejorar los niveles y la tasa de crecimiento de la productividad nacional tienen que empezar en sus unidades económicas básicas, sean éstas empresas industriales, comerciales o de servicios (Sumanth, 1999).

Una empresa capitalista se conceptualiza como un espacio físico dentro del cual tiene lugar un conjunto de procesos de transformación (de materia, energía e información), organizados y orientados hacia la producción y venta de mercancías para lograr, en forma sostenida, la máxima ganancia posible y durante el mayor tiempo posible para sus propietarios y que tiene como soporte interno determinadas relaciones sociales basadas en el trabajo asalariado (Pacheco, 2002).

El único camino para que un negocio o empresa pueda crecer y aumentar su rentabilidad (o máxima ganancia posible), es aumentando su productividad. Por incremento en la productividad se entiende al aumento en la producción por hora de trabajo (Niebel, 1990).

La concepción clásica de productividad es desde el punto de vista técnico, una concepción estrecha y a posteriori. Es decir, es la relación volumétrica (no dineraria) entre los resultados de un proceso de trabajo (bien o servicio) y los insumos consumidos en su elaboración (OIT, 1990). Una definición más amplia de productividad podría ser la cualidad emergente de los procesos de trabajo que tienen lugar al interior de la empresa que hace que mejoren permanentemente y en todos los sentidos, es decir, en forma continua, sostenida e integral (Pacheco, 2002). Por lo tanto, las empresas con un nivel de productividad mayor al del promedio de su sector industrial, tienden a contar con mayores márgenes de utilidad. Por ejemplo, el aumento de la productividad de la mano de obra, puede deberse a una mejora en el trabajo. La búsqueda de este tipo de mejoras da origen a la ingeniería industrial.

A continuación, se muestran cronológicamente, los antecedentes de la ingeniería industrial (Niebel, 1990; Valdes, 1996; Sumanth, 1999; Khalil, 2000).

- En Francia en 1760, Jean Rodolphe Perronet, realizó los estudios de tiempos para la fabricación de alfileres comunes.
- En Inglaterra en 1776, Adam Smith, publica La Riqueza de la Naciones.
- En Inglaterra de 1820 a 1832, Charles W. Babbage, hace estudios de tiempo en alfileres comunes y publica el libro sobre la economía de la maquinaria y los fabricantes.
- De los años 1880 en adelante, aparece la división del trabajo y la producción en masa.
- De 1881 a 1911, Frederick W. Taylor, comienza sus trabajos sobre estudio de tiempos y presenta sus descubrimientos a través de ensayos. Siendo el principal el denominado Los Principios de la Administración Científica.
- De 1901 a 1916, Henry L. Gantt, desarrolla su sistema de salarios y bonificación y publica sus obras Trabajo, Salarios y Ganancias y Liderazgo industrial.
- De 1909 a 1917, Frank B. Gilbreth, publica su artículo titulado Sistema de Colocación de Ladrillos y da a conocer el estudio de movimientos y el compendio de Administración Científica. Y junto con Frank B. y Lillian M., publican Aplicaciones del Estudio de Movimientos
- De 1911 a 1913, Harrington Emerson publica La Eficiencia como base para la Operación y Salarios y Los Doce Principios de la Eficiencia.
- En 1914, Robert Hoxie, publica Administración Científica y Trabajo.
- Entre 1920 y 1940, aparece el control de la producción, los modelos de inventario, la teoría de filas y la ingeniería económica.
- En la década de los 30 se desarrolla el control estadístico de procesos con Walter A. Shewhart.
- En 1933, Ralph M. Barnes, recibe su PhD. Es el primer grado de doctor otorgado en Estados Unidos en el campo de la ingeniería industrial por la universidad Cornell. Su tesis se relacionó al estudio de tiempos y movimientos.
- En 1940, Morris L. Cooke y Philip Murray, publican Trabajo Organizado y Producción.
- En la década de los 40, aparecen formalmente los estudios de productividad, de ingeniería económica, teoría de inventarios, manejo de materiales, distribución de planta y ergonomía o estudios del factor humano.
- En 1948, se funda el Instituto de Ingeniero Industriales en Columbus, Ohio.
- En la década de los 50 aparecen los estudios de confiabilidad, de investigación de operaciones, análisis estadístico y técnicas de redes. Aparece el concepto de calidad total (TQM, por sus siglas en inglés) de Armand Feigenbaum.
- En la década de los 60 aparecen los estudios de diseño de sistemas, sistemas de información, teoría de decisiones, simulación y teoría de optimización.
- En los 60 y 70, nace la dinámica de sistemas, con Jay W. Forrester.

- En la década de los 70, aparecen los estudios de justo a tiempo (JIT, por sus siglas en inglés) y Kanban. El sistema planificación de requerimiento de materiales (MRP I) Así como el mantenimiento industrial.
- De 1975 a 1986, se emiten las normas MIL STD, como guías para la medición del trabajo.
- En la década de los 80 aparecen los estudios de la revolución tecnológica y la gestión de la tecnología de Tarek Khalil y Frederick Betz. Así como el concepto de manufactura de categoría mundial de Richard J. Schonberger y el MRP II.
- En las décadas de los 80 y 90, Benjamín Coriat, escribe El Taller y el Cronómetro, Pensar al Revés, El Taller y el Robot.
- Para finales de la década de los 80, el tiempo que un ingeniero industrial dedicaba a sus funciones principales era: medición del trabajo 33.4%, métodos de trabajo 21.1%, ingeniería de producción 13%, análisis y control de fabricación 9.9%, planificación de instalaciones 8.6%, administración de salarios 5.6%, seguridad 2.6%, planificación de la producción e inventarios 2.0%, control de calidad 1.1%, otros 2.7%. En este periodo surge la metodología de mejora de procesos seis sigma.
- Al inicio de la década de los 90 se empezó a considerar la importancia de la reingeniería (TRM) de Michael Hammer y James Champy, la teoría de las restricciones (TOC) de Eliyahu M. Goldratt, la organización abierta al aprendizaje (La Quinta Disciplina) de Peter M. Senge y la organización creadora de conocimiento (KCC) de Ikujiro Nonaka e Hirotaka Takeuchi.
- Al final de la década de los 90 aparece el sistema de costos ABC, con Robert S. Kaplan y Robin Cooper. Tema relacionado con el Balanced Scorecard de Robert S. Kaplan y David Norton.
- En las décadas de los 90 y 00, se desarrolla la logística y la administración de la cadena de suministros (SCM, por sus siglas en inglés).
- En la primera década del siglo XXI, continúan los estudios de dinámica de sistemas de Jay W. Forrester, con el pensamiento sistémico y la modelación de sistemas complejos con John D. Sterman.

Como se puede apreciar en la evolución de la ingeniería industrial, se tiene que en sus inicios, dicha disciplina surgió con la finalidad de optimizar la productividad en las organizaciones. Sin embargo, en los últimos años ha considerado también la inclusión de la sistémica y la complejidad como disciplinas que integran factores dinámicos como el comportamiento humano, la variabilidad, el caos, la evolución, entropía, etc.

Conceptos

Ingeniería Industrial

El concepto de ingeniería industrial con mayor reconocimiento, lo proporciona el Instituto de Ingenieros Industriales:

Industrial Engineering (IE) is concerned with the design, improvement and installation of integrated systems of people, materials, information, equipment and energy. It draws upon specialized knowledge and skill in the mathematical, physical, and social sciences together with the principles and methods of engineering analysis and design, to specify, predict, and evaluate the results to be obtained from such systems (IIE, 1992).

Por otro lado, un ingeniero industrial es sinónimo de integrador de sistemas (a big-picture thinker, en otras palabras) (Allnoch, 1997).

Los ingenieros industriales están capacitados para diseñar y analizar los elementos de los cuales se componen los sistemas hombre-máquina, trabajando sinérgicamente con subsistemas diseñados a través de otras disciplinas de la ingeniería. Los ingenieros industriales se centran en la mejora de cualquier sistema que se está diseñando o evaluando. Hacen que las tareas humanas individuales sean más productivas y eficientes, optimizando el flujo, eliminando movimientos innecesarios, utilizando materiales alternativos para mejorar la fabricación, mejorando el flujo de producto a través de los procesos y la optimización de la configuración de los espacios de trabajo. Fundamentalmente, el ingeniero industrial se encarga de reducir costos y aumentar la rentabilidad a través de garantizar el uso eficiente de los recursos financieros, recursos humanos, materiales y físicos (Salvendy, 2001).

Innovación

El concepto de innovación fue reconocido por la OECD (2005) en su protocolo llamado el Manual de Oslo, donde la define como la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado producto, ya sea que se trate de un bien o servicio y sea tecnológico u organizacional.

En razón de lo anterior, la o las mejoras pueden impactar en procesos, métodos de comercialización o nuevos métodos organizativos, así como, en las prácticas internas empresariales, la organización de espacios laborales o en las relaciones exteriores (OECD, 2005).

Calidad de Vida

Actualmente en la ciencia económica existe una forma de medir el bienestar social a través la cantidad de bienes materiales y servicios útiles producidos por un país, dividido entre el número de sus habitantes, correlacionado con algunos factores económicos objetivos. Pero no debe ser confundido con el concepto de estándar o nivel de vida, que se basa primariamente en ingresos. La Organización Mundial de la Salud en su grupo estudio de Calidad de Vida la ha definido como "la percepción de un individuo de su situación de vida, puesto en su contexto de su cultura y sistemas de valores, en relación a sus objetivos, expectativas, estándares y preocupaciones" (OMS, 2003).

Áreas de estudio

El panorama actual de conocimientos de la ingeniería industrial se proporciona en el Handbook of Industrial Engineering (Salvendy, 2001) y en el Maynard's Industrial Engineering Handbook (Zandin, 2001). El Instituto de Ingenieros Industriales (IIE, 1992), se encuentra actualmente en el proceso de desarrollo de un cuerpo de ingeniería industrial específico de conocimientos. Los elementos de la ingeniería industrial (II), incluyen los siguientes:

Ingeniería de operaciones

Involucra los aspectos de gestión y control de la II y trabaja para asegurar todos los requisitos necesarios para ejecutar en forma efectiva un negocio.

Las principales áreas de conocimiento en este campo incluyen: ciclos de vida de productos y procesos, pronósticos, programación de proyectos, programación de la producción, gestión de inventarios, gestión de la capacidad, cadena de suministro, distribución y logística.

Conceptos tales como requerimientos de materiales de planificación y planificación de recursos empresariales encuentran sus raíces en este dominio.

Investigación de operaciones

Es el análisis organizado y sistemático de situaciones complejas. El análisis hace uso de ciertos métodos disciplinarios específicos, tales como probabilidad, estadística, programación matemática y la teoría de colas. El propósito de la investigación de operaciones es proporcionar una comprensión más completa y explícita de situaciones complejas, para promover un rendimiento óptimo utilizando todos los recursos disponibles. Los modelos que se desarrollan describen sistemas determinísticos y probabilísticos y se utilizan para facilitar la toma de decisiones. Las áreas de conocimiento en la investigación de operaciones incluyen la programación lineal, optimización de redes, programación dinámica, programación entera, programación no lineal, metaheurística, análisis de decisiones, teoría de juegos, sistemas de filas y simulación. Aplicaciones clásicas incluyen el problema del transporte y el de asignación.

Ingeniería de producción y diseño del trabajo

Es el diseño de un proceso de producción o de fabricación para la creación eficiente y eficaz de un producto. Una herramienta clásica incluida en esta área de conocimiento es el diseño, selección de máquinas para producir el producto, y el diseño de la maquinaria.

En estrecha relación con la ingeniería de producción, el diseño de trabajo incluye actividades tales como procesos, procedimientos y diseño de áreas de trabajo, que se orienta a la creación eficiente de bienes y servicios. El conocimiento de la simplificación del trabajo y la medición del trabajo son cruciales para el diseño funcional.

Estos elementos forman una base fundamental, junto con otras áreas de conocimiento en II, para cumplir con los principios de la manufactura esbelta.

Instalaciones y gestión de la energía

Implica el intento de lograr la óptima organización en las fábricas, edificios y oficinas. Además de abordar los aspectos de la distribución dentro de una instalación. Las personas en este campo también poseen el conocimiento de materiales y manejo de equipo, así como el almacenamiento y warehousing. Esta área también incluye la colocación óptima y dimensionamiento de instalaciones de acuerdo a las actividades que se requieren. Se incorpora el cumplimiento y uso de estándares. El aspecto de la gestión de energía de esta área abarca los sistemas atmosféricos, la iluminación y los sistemas eléctricos. A través del desarrollo de la gestión responsable de los recursos, en el dominio de gestión de la energía, los ingenieros industriales han establecido una base de trabajo en la sostenibilidad.

Ergonomía

Es la aplicación de los conocimientos en las ciencias biológicas, ciencias físicas, ciencias sociales y la ingeniería que estudia las interacciones entre el ser humano y el medio ambiente total de trabajo, como la atmósfera, el calor, la luz y el sonido, así como las interacciones de todas las herramientas y equipos en el lugar de trabajo.

La ergonomía se refiere a factores humanos. Las personas en este campo tienen un conocimiento especializado en áreas como: principios antropométricos, standing/sitting, análisis de tareas repetitivas, la capacidad de trabajo y la fatiga, la visión y la iluminación, el oído, el sonido, el ruido, la vibración, el procesamiento humano de la información, indicadores y controles, e interacción hombre-máquina.

Miembros en este campo también tienen en cuenta los aspectos organizativos y sociales de un proyecto.

Ingeniería económica

Se refiere a las técnicas y métodos que estiman la producción y evalúan el valor de las mercancías y servicios en relación con sus costos. El análisis de ingeniería económica se utiliza para evaluar la accesibilidad de un sistema. Fundamental para esta área de conocimiento son, el valor y la utilidad, la clasificación de los costos, el valor temporal del dinero y la depreciación. Estos se utilizan para realizar el análisis de flujo de caja, la toma de decisiones financieras, análisis de reemplazo, el análisis del punto de equilibrio y de costo mínimo, la contabilidad y la contabilidad de costos. Además, esta área involucra la toma de decisiones que implican riesgos e incertidumbre y la estimación de los elementos económicos. El análisis económico también se ocupa de las incidencias fiscales.

Calidad y confiabilidad

La calidad es el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer necesidades expresadas o implícitas. La confiabilidad es la capacidad de un elemento para realizar una función requerida bajo condiciones establecidas por un período determinado.

La comprensión de probabilidad y estadística forman una base clave de estos conceptos. Áreas de conocimiento en la calidad y la confiabilidad son: conceptos de calidad, gráficos de control, muestreo de aceptación del lote, la rectificación de la inspección y la auditoría, el diseño de experimentos y el mantenimiento. Seis sigmas tiene sus raíces en el dominio de la calidad, sin embargo, su aplicabilidad ha crecido hasta abarcar una estrategia total de la gestión empresarial.

Gestión de la ingeniería

Se refiere a la organización sistemática, asignación y aplicación de recursos económicos y humanos en relación con la ingeniería y las prácticas empresariales. Áreas de conocimiento incluyen: la organización, el personal, el trabajo en equipo, orientación al cliente, sistemas de gestión de conocimiento, procesos de negocios, innovación tecnológica y la responsabilidad de los recursos.

Gestión de la cadena de suministros

Se ocupa de la gestión de la entrada de los bienes y servicios de fuentes externas que se requieren para que un negocio produzca sus propios bienes y servicios. La información también se incluye como una forma de entrada. Áreas de conocimiento incluyen: el diseño de operaciones competitivas, planificación y logística, gestión de clientes y relaciones con los proveedores, y las tecnologías de la información, que permiten el aprovechamiento de la cadena de suministro.

Conocimiento e innovación tecnológica

La economía mundial es cada vez más dependiente de la producción, distribución y uso del conocimiento (Chang & Chen, 2004).

Se ha estimado que más del 50% del producto interno bruto (PIB) de las economías de los principales países de la OECD se basa ahora en el conocimiento (Maskell, Eskelinen, Hannibalsson, Malmberg, & Vatne, 1996). El éxito de la innovación depende de la manera en la que el conocimiento, es obtenido y administrado, en otras palabras, éste depende de una gestión eficiente (Popescu, 2012). Esta relación ha sido soportada por varios autores (Samara, Georgiadis, & Bakouros, 2012; Hurmelinna-Laukkanen, 2011; Popescu, 2011; Du Plessis, 2007; White & Bruton, 2010; Malik, 2004; Alavi & Leidner, 2001).

Así, la importancia de la innovación descansa en las siguientes razones: a) es la base de la competitividad (Krugman, 1979), b) es una herramienta para analizar el desarrollo y crecimiento económico y c) el objetivo de la innovación es entender mejor el papel del conocimiento en las economías (Lundvall, 1998).

En un esfuerzo por comprender mejor la dinámica de la innovación, algunos investigadores han encontrado que el proceso de innovación debe ser estudiado desde el punto de vista sistémico, ya que se trata de actores, estructuras, interacciones, relaciones y artefactos no tangibles tales como el conocimiento; todos éstos en un entorno dinámico.

De hecho, muchos investigadores apoyan esta perspectiva y creen que el mejor camino para el estudio de la innovación es a través de la dinámica de sistemas y las teorías de la complejidad ya que el recurso más importante es el conocimiento al interior de las interacciones del proceso de innovación (Allen, 2014; Allen & Strathern, 2005; Cannarella & Piccioni, 2008; Carayannis & Campbell, 2012; Chang & Chen, 2004; Choi, Kim, & Lee, 2010; Fleming & Sorenson, 2001; Floysand & Jakobsen, 2011; Chris Freeman, 1996; Galanakis, 2006; Richard M. Goodwin, 1950; Richard Murphey Goodwin, 1982; Hanusch & Pyka, 2007; Hirooka, 2006; Jensen, Johnson, Lorenz & Lundvall, 2007; Kash & Rycroft, 2002; Kok, 2009; Leydesdorff, 2000; Lindsay, 2005; Lundvall, 1992; Lundvall & Johnson, 1994; MacGregor & Carleton, 2012; Malerba & Cantner, 2006; Metcalfe & Ramlogan, 2008; Nonaka, Kodama, Hirose, & Kohlbacher, 2014; Norman, Charnaw, Yip, Saad, & Lombardo, 2010; Pei & Makse, 2013; Pyka & Scharnhorst, 2009; Rycroft, 2007; Sorenson, Rivkin, & Fleming, 2006).

Una visión similar de las condiciones generales que determinan el comportamiento de las empresas y el entorno de las mismas está dada en los análisis de "sistemas de innovación", que dan continuidad a los estudios sobre la innovación en el campo de la economía. Lundvall (1992), Porter (1990), Freeman & Soete (1997) & Stoneman (1995) encontraron que la innovación es la mayor contribución al crecimiento para el bienestar económico sobre el tiempo (Christopher Freeman & Soete, 1997; Lundvall, 1992; Porter, 1990; Stoneman, 1995).

Por lo tanto, no es sorpresa que los gobiernos traten de promover la innovación para resolver los problemas económicos y sociales de sus países, incluso si estos intentos no son siempre exitosos [ver por ejemplo el “Green Paper on Innovation” por la Comisión Europea (1995) y “National Innovation Systems” por la OECD (1997)].

Debido al enfoque interactivo de la innovación, se ha hecho hincapié en la no linealidad del proceso innovador y el carácter socialmente distribuido de la producción de conocimiento (Gibbons, 2004; Lundvall, 2000; Von Hippel, 2004). Esto es porque la innovación concebida como un proceso en red focaliza su atención en los flujos de conocimiento, por lo que la innovación ya no es un concepto lineal que se circunscribe al conjunto de capacidades y habilidades relacionadas con la producción de artefactos (innovación tecnológica), sino con un cuerpo heterogéneo de conocimiento codificado (explícito) y no codificado (tácito), piezas de conocimiento que se combinan, aplican y distribuyen en procesos de interacción y aprendizaje entre diversos agentes homogéneos y/o heterogéneos de un entorno regional (empresas, universidades, centros tecnológicos, etc.)(Castro, Rocca & Ibarra, 2008).

Desde esta perspectiva, la innovación aparece como una cualidad emergente que resulta de las relaciones entre los elementos del sistema y en diversas ocasiones involucra innovaciones simultáneas.

Estas cualidades emergentes se dan en contextos en los que entran en juego bienes tangibles e intangibles, en los que la gestión del conocimiento a través de redes, pasa de ser una cualidad para el aseguramiento de la operación, a ser una capacidad competitiva y en el proceso ingenieril es el catalizador entre la promoción y la identificación de estas nuevas aptitudes sistémicas y sus mecanismos de retroalimentación positiva (Edquist, 1997; Kline & Rosenberg, 1986).

Es decir, la innovación no se genera gracias a la aplicación de la fórmula lineal: investigación básica + investigación aplicada + producción + marketing + comercialización = innovación (Sauri, González & Ruiz, 2014), sino más bien, la innovación es a) un proceso no lineal en el que no se pueden saber a priori todas las salidas posibles, b) donde el recurso más importante es el conocimiento y el proceso más valioso es el aprendizaje, c) en el que las partes del conocimiento son tácitos, adquiridos por interacción, rutina y experiencia, d) en el cual, las habilidades están distribuidas desigualmente entre individuos, organizaciones, regiones y naciones (Lundvall, 1998; Lundvall & Johnson, 1994), y además, es un proceso complejo, dinámico y multidimensional. Dado lo anterior, se tiene entonces que la innovación aparte de ser un proceso per se, también es el resultado de la transformación de un conjunto de componentes desde un estado menos coherente a un estado más coherente, singular y dinámico, es decir, presenta propiedades de un fenómeno emergente el cual solo surge de los procesos de interacción entre los elementos del sistema, es decir.

Que solo cuando sus elementos actúan en conjunto, existe la probabilidad de que surja la innovación, pero no cuando estos elementos actúan de manera aislada.

De esta forma, se tiene que la innovación es un proceso dinámico con entradas, procesos y salidas, bucles de retroalimentación positivos y negativos, es también un sistema abierto en interacción con los factores externos que lo rodean, por lo que la ingeniería industrial cuenta con las herramientas necesarias para aportar alternativas al estudio de la innovación tecnológica.

Métodos

Un esquema de revisión analítica es necesario para evaluar sistemáticamente las contribuciones de un cuerpo de literatura determinado (Ginsberg & Venkatraman, 1985). Generalmente, un proceso de esta naturaleza consiste de tres etapas: planeación (son definidos los objetivos y se identifican las fuentes clave de los datos), ejecución (se definen las palabras clave, se agrupan las publicaciones y se clasifican los resultados, es decir, se recolectan, organizan, procesan y analizan los datos), y finalmente, se reportan los resultados (Tranfield, Denyer, & Smart, 2003).

Como procedimiento complementario también se utilizaron las siguientes tres etapas: colección de datos (en la que puede emplearse conocimiento que existe en la literatura de artículos seleccionados y la búsqueda en bases de datos), análisis (que van del review al meta-analysis) y síntesis (es el producto de la revisión) (Crossan & Apaydin, 2010).

En resumen, los métodos utilizados para realizar la revisión sistemática de literatura se centraron en las aportaciones de Tranfield, Denyer y Smart, (2003) y de Crossan y Apaydin (2010).

Las consideraciones para las tres etapas de la revisión, fueron las siguientes:

Se realizó un análisis de la literatura actual de documentos de investigación originales, concernientes a la ingeniería industrial, vigentes, relevantes, pertinentes, suficientes, visibles y de alto factor de impacto, fundamentalmente. El rango del estudio incluyó documentos publicados durante el periodo de 1966 al 2014, en la base de datos Web of Science(Thomson Reuters, 2014).

La búsqueda inicial se realizó con las palabras clave Industrial Engineering, y los criterios para seleccionar documentos fueron:

- a. Que los estudios incluyeran un modelo (cuantitativo o cualitativo) para representar, explicar, analizar o estudiar la ingeniería industrial.
- b. La búsqueda se restringió en estudios publicados en lengua inglesa.
- c. No se consideraron palabras, que pueden llegar a ser sinónimas.
- d. Para identificar artículos de revisión, se buscaron, únicamente, documentos con las frases o palabras clave: concept, literature review, state of the art, technological innovation e innovation, en el título.

El tipo de investigación, de acuerdo con las fuentes de información, es principalmente documental. La estrategia de revisión bibliográfica contiene un número de etapas diseñadas para proveer un método sistemático en la consulta de libros y revistas.

- Primeramente, se identificaron palabras clave derivadas de cada tema de estudio.
- De las palabras clave se construyeron frases compuestas.

- El primer acercamiento a las búsquedas, se realizó en Web of Science.
- Con los resultados de las búsquedas se procedió al diseño de una base de datos en el Software EndNote X7, el cual facilitó la estructuración del documento final.
- Las referencias identificadas fueron seleccionadas de acuerdo con dos criterios: primero, por los títulos de los artículos, y segundo, a través de la lectura de los abstracts. Después, se realizaron las búsquedas.
- Las búsquedas de los artículos se llevaron a cabo con el auxilio de bases de datos (EBSCO HOST y ProQuest) y revistas electrónicas (Emerald, Blackwell Sinergy, DirectoWeb e Infolatina), en Internet (directamente en los sitios web de los autores de los artículos), y por último, comunicándose directamente con los autores de los artículos más difíciles de encontrar por algún otro medio.

Para seleccionar la metodología utilizada de investigación se consideraron los criterios del estándar internacional para este tipo de documentos ISO 7144- 86 (International Organization for Standardization, 2000).

Resultados

En Google Académico, que es un buscador de Google especializado en artículos de revistas científicas, enfocado en el mundo académico, al realizar una búsqueda con las palabras "Ingeniería Industrial".

Aproximadamente se encontraron 28.800 resultados relacionados. Y con "Industrial Engineering", resultaron aproximadamente 900.000.

Al utilizar Web of Science, con el perfil de búsqueda siguiente, se ubicaron 317 artículos publicados (ver tabla 1).

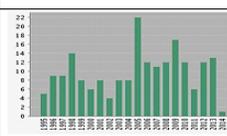
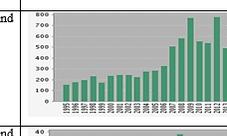
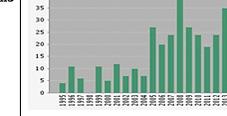
Palabra(s) clave	Artículos publicados	Áreas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
Title: (industrial engineering)	317	Research areas: (engineering or operations research management science or business economics) and research domains: (science technology)	

Tabla 1 Artículos publicados por año del área de ingeniería industrial

Fuente: Web of Science, 2014

Para cada una de las 9 áreas de estudio de la ingeniería industrial, descritas en el punto 2, se realizó entre el 11 y 22 de abril del 2014, una búsqueda de los artículos publicados anualmente en un periodo de 1966 al 2014, no obstante en las gráficas aparecen de 1995 a la fecha. La base de datos utilizada fue Web of Science. La literatura científica recuperada, en su totalidad, es en lengua inglesa. Finalmente, se diseñó una tabla para concentrar los perfiles de búsqueda correspondientes a cada palabra, palabras o frases clave.

En el área de ingeniería de operaciones (ver tabla 2), se utilizaron las palabras clave: forecasting, inventory management, supply chain, materials requirements planning y enterprise resource planning.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Áreas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (forecasting)	3,408	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	
TITLE: (inventory management)	363	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	

TITLE: (supply chain)	5,944	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	
TITLE: (materials requirements planning)	8	Research areas: (engineering or operations research management science or business economics or computer science or mathematics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (enterprise resource planning)		Research areas: (computer science or engineering or business economics or operations research management science) and research domains: (science technology)	

Tabla 2 Artículos publicados por año del área de ingeniería de operaciones
Fuente: Web of Science, 2014

En el área de investigación de operaciones (ver tabla 3), se utilizaron las palabras clave: decision analysis, integer programming, linear programming, metaheuristics, nonlinear programming, network optimization, simulation y system dynamics.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Areas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (linear programming)	2,418	Research areas: (computer science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (metaheuristics)	369	Research areas: (computer science or operations research management science or engineering or mathematics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (simulation)	131,265	Research areas: (engineering or computer science) and research domains: (science technology) and research areas: (engineering or computer science or	Citation Report feature not available. The Citation Report feature is not available from a search containing more than 10,000 records. If your search results exceed this limit, then you will see the

TITLE: (decision analysis)	1,811	Research areas: (engineering or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (nonlinear programming)	1,084	Research areas: (engineering or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (network optimization)	4,842	Research areas: (engineering or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (integer programming)	2,128	Research areas: (operations research management science or engineering or mathematics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (System dynamics)	21,158	Research areas: (engineering or computer science or mathematics) and research domains: (science technology)	Citation Report feature not available.

Tabla 3 Artículos publicados por año del área de investigación de operaciones
Fuente: Web of Science, 2014

En el área de ingeniería de producción y diseño del trabajo (ver tabla 4), se utilizaron las palabras clave: fixture design, machine design, production engineering, work design, lean manufacturing y project scheduling.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Areas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (fixture design)	159	Research areas: (engineering or automation control systems or operations research management science or materials science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (machine design)	282	Research areas: (engineering or materials science or automation control systems or physics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (production engineering)	98	Research areas: (engineering or mechanics or materials science) and research domains: (science technology)	

TITLE: (work design)	55	Research areas: (business economics or engineering or computer science or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (lean manufacturing)	176	Research areas: (engineering or computer science or business economics or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (project scheduling)	712	Research areas: (operations research management science or engineering or computer science or business economics) and research domains: (science technology)	

Tabla 4 Artículos publicados por año del área de ingeniería de producción y diseño del trabajo

Fuente: Web of Science, 2014

En el área de ingeniería de instalaciones y gestión de la energía (ver tabla 5), se utilizaron las palabras clave: material and equipment handling, storage and warehousing, atmospheric systems, electrical systems, sustainability y sizing and facilities.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Áreas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (material and equipment and handling)	45	Research areas: (engineering or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (storage and warehousing)	62	Research areas: (engineering or operations research management science or business economics or materials science) and research domains: (science technology)	

TITLE: (atmospheric systems)	7	Research areas: (meteorology atmospheric sciences or chemistry) and research domains: (science technology)	
TITLE: (electrical systems)	202	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	
TITLE: (sustainability)	6,491	Research areas: (environmental sciences ecology or engineering or business economics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (sizing and facilities)		Research areas: (engineering or operations research management science or business economics) and research domains: (science technology)	

Tabla 5 Artículos publicados por año del área de ingeniería de instalaciones y gestión de la energía

Fuente: Web of Science, 2014

En el área de ergonomía (ver tabla 6), se utilizaron las palabras clave: anthropometric and principles, repetitive and task and analysis, work capacity, visión and lighting, human information processing, human-machine interaction y hearing or vibration or noise or sound.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Áreas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (anthropometric and principles)	4	Research areas: (engineering or biophysics or orthopedics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (repetitive and task and analysis)	5	Research areas: (engineering or operations research management science or mathematics or neurosciences neurology) and research domains: (science technology)	
TITLE: (work and capacity)	148	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	

TITLE: (vision and lighting)	153	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	
TITLE: (human information processing)	26	Research areas: (engineering or business economics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (human-machine interaction)	99	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	
TITLE: (hearing) OR TITLE: (vibration) OR TITLE: (noise) OR TITLE: (sound)	85,191	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	Citation Report feature not available

Tabla 6 Artículos publicados por año del área de ergonomía
Fuente: Web of Science, 2014

Para el área de ingeniería económica (ver tabla 7), se utilizaron las palabras clave: value and utility, time value of money, cash flow analysis, financial decision making, replacement analysis y risk and uncertainty.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Áreas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (value and utility)	150	Research areas: (business economics or engineering) and research domains: (science technology)	
TITLE: (time and value and money)	29	Research areas: (business economics or operations research management science or engineering) and research domains: (science technology)	

TITLE: cash flow analysis)	10	Research areas: (engineering or business economics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (financial decision making)	15	Research areas: (business economics or engineering) and research domains: (science technology)	
TITLE: (replacement analysis)	24	Research areas: (engineering or operations research management science or business economics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (risk) AND TITLE: (uncertainty)	589	Research areas: (engineering or business economics or mathematics) and research domains: (science technology)	

Tabla 7 Artículos publicados por año del área de ingeniería económica
Fuente: Web of Science, 2014

En el área de calidad y confiabilidad (ver tabla 8), se utilizaron las palabras clave: control charts, design of experiments, maintainability, six sigma, rectifying inspection and auditing y reliability.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Áreas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (control charts)	870	Research areas: (engineering or mathematics or operations research management science or business economics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (design of experiments)	683	Research areas: (engineering or mathematics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (maintainability)	428	Research areas: (engineering or operations research management science) and research domains: (science technology)	

TITLE: (six sigma)	609	Research areas: (engineering or business economics or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (rectifying inspection) OR TITLE: (auditing)	1,236	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	
TITLE: (reliability)	2,343	Research areas: (engineering) and research areas: (operations research management science)	

Tabla 8 Artículos publicados por año del área de calidad y confiabilidad

Fuente: Web of Science, 2014

En el área de gestión de la ingeniería (ver tabla 9), se utilizaron las palabras clave: customer focus, teamwork and organization, knowledge systems, business processes, knowledge, innovation y technological innovation.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Áreas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (customer focus)	23	Research areas: (business economics or engineering or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (teamwork) OR TITLE: (organization)	855	Research areas: (business economics) and research domains: (science technology) and research areas: (engineering)	
TITLE: (knowledge and systems)	4,118	Research areas: (engineering or business economics or operations research management science) and research domains: (science technology)	

TITLE: (business processes)	378	Research areas: (engineering or business economics or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (knowledge)	25,506	Research areas: (engineering or business economics)	Citation Report feature not available
TITLE: (innovation)	22,060	Research areas: (business economics or engineering) and research domains: (science technology or social sciences)	Citation Report feature not available
TITLE: (innovation and technological)	1,743	Research areas: (business economics or engineering) and research domains: (social sciences or science technology)	

Tabla 9 Artículos publicados por año del área de gestión de la ingeniería

Fuente: Web of Science, 2014

Y por último, en el área de la gestión de la cadena de suministros (ver tabla 10), se utilizaron las palabras clave: competitive operations, strategic planning, logistics, managing customer, supplier relationships e information technology.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Áreas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (competitive and operations)	42	Research areas: (engineering or business economics or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (strategy and planning)	695	Research areas: (engineering or business economics) and research domains: (science technology or social sciences)	

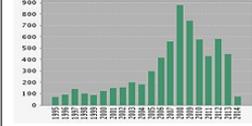
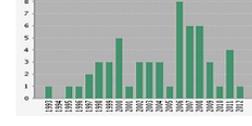
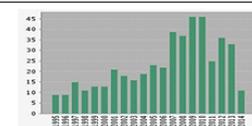
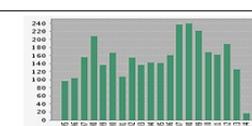
TITLE: (logistics)	7,157	Research areas: (engineering or business economics or operations research management science or mathematics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (managing and customer)	63	Research areas: (business economics or engineering or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (supplier and relationships)	487	Research areas: (business economics or engineering or operations research management science) and research domains: (social sciences or science technology)	
TITLE: (information and technology)	3,696	Research areas: (business economics or engineering) and research domains: (science technology)	

Tabla 10 Artículos publicados por año del área de gestión de la cadena de suministros

Fuente: Web of Science, 2014

Conclusiones

En la medida de lo posible, se trabajó, para el presente documento, en el cumplimiento de los siguientes atributos de la información: relevancia, pertinencia, visibilidad e impacto. Por supuesto, la información de calidad será únicamente aquella que cumpla con cada uno de los atributos que se han mencionado (Creme & Lea, 2005; Evans & Gruba, 2002; Melissa, 2007; Orna & Stevens, 2004; Sampieri, Collado, & Lucio, 2003; Wayne Booth, Gregory Colomb, & Williams, 2007; Weissberg & Buker, 1990; Wilkinson, 1991).

El esquema de revisión analítica empleado para evaluar sistemáticamente las contribuciones del cuerpo de literatura especificado en este trabajo, permitió asegurar la calidad de la información, ya que se empleó un procedimiento reproducible y transparente (Ginsberg y Venkatraman, 1985, Tranfield, Denyer, y Smart, 2003, Crossan & Apaydin, 2010).

Cuyas propuestas permitieron articular un proceso integral de tres etapas: una de planeación en la que se definieron los objetivos y se identificaron las fuentes clave de los datos.

En esta misma se consideraron estrategias específicas que permitieron asegurar de manera transparente la colección y selección de artículos de acuerdo con el objetivo del trabajo. Una etapa de ejecución que fue del review al meta-analysis de la literatura, con ayuda de palabras clave definidas, esto implicó la agrupación de las publicaciones para el análisis y síntesis.

Los resultados obtenidos se agruparon en nueve tópicos centrales que surgen del perfil de la ingeniería industrial y que son: Ingeniería de operaciones, investigación de operaciones, ingeniería de producción y diseño del trabajo, instalaciones y gestión de la energía, ergonomía, ingeniería económica, calidad y confiabilidad, gestión de la ingeniería, y gestión de la cadena de suministros. Para cada tópico se seleccionaron palabras clave conforme a los criterios mencionados en la metodología y se graficaron las frecuencias de trabajos por año para cada ámbito de estos tópicos. El análisis se hizo mediante la identificación de aquellas áreas en las que la frecuencia de trabajos por año ha aumentado o disminuido al paso del tiempo.

En general, los resultados permitieron evidenciar el fortalecimiento en la generación de conocimiento sobre áreas específicas y por otro lado, la posible transformación de conceptos y enfoques, resultado de la evolución del conocimiento y de los procesos de innovación.

Lo que permite centrar los intereses de investigación en las siguientes áreas de trabajo: Pronósticos, gestión de inventarios y cadena de suministros, modelos meta-heurísticos, simulación y dinámica de sistemas, manufactura esbelta y administración de proyectos, sustentabilidad, clima laboral, análisis de valor, riesgo e incertidumbre, confiabilidad de procesos, sistemática, gestión del conocimiento e innovación, además de planificación, logística, sistemas de información, y gestión de suministros.

Por otro lado, aquellas áreas de estudio de la ingeniería industrial, que han perdido vigencia, relevancia y pertinencia, son: planeación de requerimientos de materiales, los Enterprise Resource Planning, la ingeniería de producción, el diseño del trabajo, manejo de materiales, antropometría, tiempo, y valor del dinero, efectivo y análisis de flujos, toma de decisiones financieras, y enfoque al cliente. Con esto, no se pretende argumentar, que dichas áreas, han sido olvidadas por la comunidad científica, sino que, posiblemente, han evolucionado a través de la integración en otras líneas de investigación.

El estudio realizado muestra las áreas del conocimiento de la ingeniería industrial que representan una creciente producción científica y establecen tendencia para futuros trabajos. Esto los hace relevantes y pertinentes en los procesos actuales de innovación y competitividad. Dinámicas y procesos, que en general involucran caminos no necesariamente lineales, aún más, al ser la innovación resultado de las complejas interacciones entre los diversos actores del sistema, las estrategias ingenieriles adecuadas orientarán el surgimiento innovaciones en áreas específicas, disminuyendo los costos de inversión y los tiempos requeridos para su aparición en el contexto sistémico.

Lo obtenido da fe de la dinámica que vive la ingeniería industrial, que evoluciona mediante la adaptación y adopción de nuevas perspectivas para continuar aportando elementos de mejora en los sistemas productivos, a través de la gestión del conocimiento y la innovación. Sobre todo se hace hincapié en que esta es una disciplina integradora de sistemas que actualmente considera en sus metodologías a variables que anteriormente parecían imposibles de medir.

Tales como el factor humano, y dado que fenómenos como la innovación (considerada clave en el desarrollo económico de las naciones) requieren de una perspectiva holística para su estudio, la ingeniería industrial ofrece una gama de herramientas que pueden ser útiles por su versatilidad.

Referencias

- Alavi, M., & Leidner, D. E. (2001). Review: Knowledge management and knowledge management systems: Conceptual foundations and research issues. *MIS quarterly*, 107-136.
- Allen, P. M. (2014). Evolution: complexity, uncertainty and innovation. *Journal of Evolutionary Economics*, 24(2), 265-289.
- Allen, P. M., & Strathern, M. (2005). Models, knowledge creation and their limits. *Futures*, 37(7), 729-744.
- Allnoch, A. (1997). Assessing the Direction and Image of Industrial Engineering. *IIE Solutions*. May 1997. 45-51.
- Cannarella, C., & Piccioni, V. (2008). Innovation diffusion and architecture and dynamics of local territorial networks. *Trames*(2), 215-237.

- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2012). Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems: Springer.
- Castro, S. J., Rocca, L., & Ibarra, A. (2008). Transferencia de conocimiento en las empresas de la comunidad autónoma del país vasco: capacidad de absorción y espacios de interacción de conocimiento. *Arbor*, 184(732), 653-675.
- Chang, Y.-C., & Chen, M.-H. (2004). Comparing approaches to systems of innovation: the knowledge perspective. *Technology in Society*, 26(1), 17-37.
- Choi, H., Kim, S.-H., & Lee, J. (2010). Role of network structure and network effects in diffusion of innovations. *Industrial Marketing Management*, 39(1), 170-177.
- Comisión Europea (1995). Green Paper on Innovation. (1995). COM (95) 688 final, 20 December 1995. [Bulletin of the European Union Supplement 5/95]. [EU Commission - COM Document].
- Crete, P., & Lea, M. (2005). *Escribir en la Universidad*. Barcelona, España: Gedisa editorial.
- Du Plessis, M. (2007). The role of knowledge management in innovation. *Journal of knowledge management*, 11(4), 20-29.
- Edquist, C. (1997). *Systems of innovation: technologies, institutions and organizations*: Psychology Press.
- Evans, D., & Gruba, P. (2002). *How to write a better thesis*. Carlton Victoria Australia: Melbourne University Press.
- Fleming, L., & Sorenson, O. (2001). Technology as a complex adaptive system: evidence from patent data. *Research Policy*, 30(7), 1019-1039.
- Floysand, A., & Jakobsen, S. E. (2011). The complexity of innovation: A relational turn. *Progress in Human Geography*, 35(3), 328-344.
- Freeman, C. (1996). The greening of technology and models of innovation. *Technological forecasting and social change*, 53(1), 27-39.
- Freeman, C., & Soete, L. (1997). *The economics of industrial innovation*: Psychology Press.
- Galanakis, K. (2006). Innovation process. Make sense using systems thinking. *Technovation*, 26(11), 1222-1232.
- Gibbons, M. (2004). Globalization, innovation and socially robust knowledge. *The University in the global age*, 96-115.
- Goodwin, R. M. (1950). A non-linear theory of the cycle. *The Review of Economics and Statistics*, 316-320.
- Goodwin, R. M. (1982). *Essays in economic dynamics*: Macmillan Press.
- Hanusch, H., & Pyka, A. (2007). *Elgar companion to neo-Schumpeterian economics*: Edward Elgar Publishing.
- Hirooka, M. (2006). Complexity in discrete innovation systems. *Emergence: Complexity & Organization*, 8(2).
- Hurmelinna-Laukkanen, P. (2011). Enabling collaborative innovation-knowledge protection for knowledge sharing. *European Journal of Innovation Management*, 14(3), 303-321.
- IIE (1992). *Industrial Engineering Terminology, Revised Edition*. Norwood, GA, USA: Institute of Industrial Engineers (IIE). Accessed 6 April 2014 at <http://www.iienet2.org/Details.aspx?id=645>.

- Jensen, M. B., Johnson, B. r., Lorenz, E., & Lundvall, B. Å. k. (2007). Forms of knowledge and modes of innovation. *Research policy*, 36(5), 680-693.
- Kash, D. E., & Rycroft, R. (2002). Emerging patterns of complex technological innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 69(6), 581-606.
- Khalil, T. (2000). *Management of Technology*. USA: McGraw Hill.
- Kline, S. J., & Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation. The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth, 14, 640.
- Kok, A. (2009). Realizing Wisdom Theory in Complex Learning Networks. *Electronic Journal of e-Learning*, 7(1).
- Krugman, P. (1979). A model of innovation, technology transfer, and the world distribution of income. *the Journal of political economy*, 253-266.
- Leydesdorff, L. (2000). The triple helix: an evolutionary model of innovations. *Research Policy*, 29(2), 243-255.
- Lindsay, V. J. (2005). The development of international industry clusters: a complexity theory approach. *Journal of international entrepreneurship*, 3(1), 71-97.
- Lundvall, B. A. (2000). Los Sistemas Nacionales de Innovación: relaciones y aprendizaje. *Los Sistemas de Ciencia e Innovación Tecnológica*, 15-31.
- Lundvall, B.-A. (1992). *National innovation system: towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter, London.
- Lundvall, B.-Å. k., & Johnson, B. r. (1994). The learning economy. *Journal of industry studies*, 1(2), 23-42.
- Lundvall. (1998). Why study national systems and national styles of innovation? *Technology analysis & strategic management*, 10(4), 403-422.
- MacGregor, S. P., & Carleton, T. (2012). *Sustaining Innovation: Collaboration Models for a Complex World*: Springer.
- Malerba, F., & Cantner, U. (2006). Innovation, industrial dynamics and structural transformation: Schumpeterian legacies. *Journal of Evolutionary Economics*, 16(1), 1-2.
- Malik, K. (2004). Coordination of technological knowledge flows in firms. *Journal of Knowledge Management*, 8(2), 64-72.
- Maskell, Eskelinen, Hannibalsson, Malmberg, & Vatne. (1996). *Employment and growth in the knowledge-based economy*.
- Melissa, W. (2007). *Como Escribir Trabajos de Investigación*. Barcelona, España: Gedisa editorial.
- Metcalf, S., & Ramlogan, R. (2008). Innovation systems and the competitive process in developing economies. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 48(2), 433-446.
- Niebel, B. (1990). *Ingeniería Industrial. Métodos, Tiempos y Movimientos*. México: Alfaomega.
- Nonaka, I., Kodama, M., Hirose, A., & Kohlbacher, F. (2014). Dynamic fractal organizations for promoting knowledge-based transformation-A new paradigm for organizational theory. *European Management Journal*, 32(1), 137-146.

- Norman, C. D., Charnaw, B. J., Yip, A. L., Saad, S., & Lombardo, C. (2010). Designing health innovation networks using complexity science and systems thinking: the CONEKTR model. *Journal of evaluation in clinical practice*, 16(5), 1016-1023.
- OECD. (1997). *National Innovation Systems*. Francia: OECD.
- OECD. (2005). *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. Francia: OECD.
- OIT (1990). *Introducción al Estudio del Trabajo*. México: Limusa Noriega.
- Organización Mundial de la Salud (2003). *Boletín de la Organización Mundial de la Salud, 2003. Recopilación de artículos*, Nueva York. No. 4: 83-99.
- Orna, E., & Stevens, G. (2004). *Cómo Usar la Información en Trabajos de Investigación*. Barcelona, España: Gedisa editorial.
- Pacheco, A. (2002). *La Productividad Bajo Sospecha*. México: Centro Nacional de Promoción Social A.C.
- Pei, S., & Makse, H. A. (2013). Spreading dynamics in complex networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2013(12), P12002.
- Popescu, D. (2011). Universities as knowledge providers in the technological innovation: Romania's situation.
- Popescu, D. (2012). Knowledge flows percolation model. A new model for the relation between knowledge and innovation. Paper presented at the Proceedings of The 18th International Business Information Management Association Conference (Innovation and Sustainable Economic Competitive Advantage: From Regional Development to World Economies), ISBN: 978-0-9821489-7-6.
- Porter, M. (1990). *La Ventaja Competitiva de las Naciones*. Argentina: Vergara.
- Porter, M. E. (1990). The competitive advantage of nations. *Harvard Business Review*, 68(2), 73-93.
- Pyka, A., & Scharnhorst, A. (2009). *Innovation networks: new approaches in modelling and analyzing*: Springer.
- Pyster, A. and D. Olwell (eds). 2013. *The Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK)*, v. 1.2. Hoboken, NJ: The Trustees of the Stevens Institute of Technology. Accessed 6, april, 2014. www.sebokwiki.org/.
- Reséndiz, D. (2008). *El Rompecabezas de la Ingeniería*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Rycroft, R. W. (2007). Does cooperation absorb complexity? Innovation networks and the speed and spread of complex technological innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(5), 565-578.
- Salvendy, G. (ed.) 2001. *Handbook of Industrial Engineering, Technology and Operations Management*, 3rd ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Samara, E., Georgiadis, P., & Bakouros, I. (2012). The impact of innovation policies on the performance of national innovation systems: A system dynamics analysis. *Technovation*, 32(11), 624-638.
- Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, P. (2003). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.

Sauri, M. H. G., González, I. R., & Ruiz, A. F. G. (2014). Las Dinámicas de Innovación en México: Caso de Estudio. UPIICSA, IPN, México DF.

Sorenson, O., Rivkin, J. W., & Fleming, L. (2006). Complexity, networks and knowledge flow. *Research Policy*, 35(7), 994-1017.

Stoneman, P. (1995). *Handbook of the economics of innovation and technological change*: Blackwell.

Sumanth, D, (1999). *Administración para la Productividad Total*. México: CECSA.

Turner, W.C., J.H. Mize, K.E. Case and J.W. Nazemtz. 1992. *Introduction To Industrial And Systems Engineering*, 3rd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall.

Valdes, L. (1996). *Conocimiento es Futuro*. México: CONCAMIN.

Von Hippel, E. (2004). *Usuarios y suministradores como fuentes de innovación*.

Wayne B., Gregory C., & Williams, J. (2007). *Como Convertirse en un Hábil Investigador*. Barcelona, España: Gedisa editorial.

Web of Science. Thomson Reuters. http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=2E4bpgXPkq7VFU4QMDa&preferencesSaved=

Weissberg, R., & Buker, S. (1990). *Writing Up Research: experimental research report writing for students of English*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall Regents.

White, M., & Bruton, G. (2010). *The management of technology and innovation: A strategic approach*: Cengage Learning.

Wilkinson, A. M. (1991). *The Scientist's Handbook for Writing Papers and Dissertations*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall.

Zandin, K.B. (ed.) 2001. *Maynard's Industrial Engineering Handbook*, 5th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill.