

EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS INVESTIGATIVAS

en Ingeniería de Sistemas
e Ingeniería Industrial



CORPORACIÓN UNIVERSITARIA
AMERICANA[®]
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA

 SELLO EDITORIAL UNIVERSITARIO
U Americana

EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS INVESTIGATIVAS EN INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA INDUSTRIAL

Compiladores

Ph.D. Alejandro Valencia-Arias

Ph.D. Mauricio Hincapié Montoya

Dirección Editorial

Jovany Sepúlveda Aguirre

Director Editorial y de Publicaciones – Sede Medellín

Libro resultado de investigación a partir del análisis de las líneas de investigación asociadas a los grupos de investigación adscritos a la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana.



CORPORACIÓN UNIVERSITARIA
AMERICANA
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA

 SELLO EDITORIAL UNIVERSITARIO
U Americana

621.3
C822

Corporación Universitaria Americana. (2020). Evolución y tendencias investigativas en Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Industrial. Alejandro Valencia-Arias, Mauricio Hincapié Montoya (comps). Medellín: Sello Editorial Coruniamericana

130 Páginas: 16x23 cm.
ISBN: 978-958-5512-77-1

1. Ingeniería de Sistemas- 2. Ingeniería Industrial- 3. Tendencias en Investigación- 4. Prospectiva-
5. Líneas de investigación

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AMERICANA-CO /SPA /RDA
SCDD 21 /CUTTER - SANBORN

Corporación Universitaria Americana©
Sello Editorial Coruniamericana©
ISBN: 978-958-5512-77-1

Corporación Universitaria Americana

Presidente
JAIME ENRIQUE MUÑOZ

Rectora Nacional
ALBA LUCÍA CORREDOR GÓMEZ

Rector Sede Medellín
ALBERT CORREDOR GÓMEZ

Vicerrector General Sede Medellín
CAMILO ANDRÉS ECHEVERRI GUTIÉRREZ

Vicerrector Académico Sede Medellín
DANY ESTEBAN GALLEGUO QUICENO

Vicerrector de Investigación Sede Medellín
LUIS FERNANDO GARCÉS GIRALDO

Director de Publicaciones Sede Medellín
JOVANY SEPULVEDA AGUIRRE

Sello Editorial Coruniamericana
seloeditorialcoruniamericana@coruniamericana.edu.co

Diagramación y carátula:
Luisa Fernanda Rojas Arango

Corrección de estilo: INFOLIO S.A.S

1ª edición: Febrero de 2020

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema recuperable o transmitida en ninguna forma o por medio electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, u otro, sin previa autorización por escrito del Sello Editorial Coruniamericana y de los autores. Los conceptos expresados en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente corresponden con los de la Corporación Universitaria Americana.

PARES EVALUADORES

Juan Camilo Patiño Vanegas

Magister en Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional.
Linea de Investigación en Gestión Tecnológica. Instituto Tecnológico Metropolitano.
E-mail: juanpatino@itm.edu.co; camilop3@hotmail.com

Orfa Nidia Patiño Toro

Magister en Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional.
Linea de Investigación en Sistemas. Institución Universitaria Escolme. E-mail: cies4@escolme.edu.co; ornipato78@gmail.com

CONTENIDO

Pag

Prólogo

9

Presentación

10

01 Contextualización de la reformulación de las líneas de investigación en el grupo AGLAIA desde un enfoque participativo

14

Mauricio Hincapié Montoya; Alejandro Valencia Arias; Jefferson Quiroz Fabra; Marco Mejía Cardona

02 Tendencias y evolución investigativa en el campo de la ingeniería en seguridad de sistemas

30

Davinson Mosquera González; Alejandro Valencia Arias; Jovanny Sepúlveda Aguirre; Cristian Obando Ibarra

03 Principales tendencias investigativas en seguridad de redes informáticas a partir del estudio bibliométrico de la literatura desde 1973 al 2019

52

María Camila Bermeo Giraldo; Alejandro Valencia Arias; Luis Fernando Garcés Giraldo; David Alberto García Arango



04 Contextualización de la reformulación de las líneas de investigación en el grupo de INGENIERIA desde un enfoque participativo

82

Alejandro Valencia Arias; Mauricio Hincapié Montoya; Albeiro Suárez Hernández; María Camila Bermeo Giraldo

05 Factores críticos de éxito en la gerencia de proyectos

98

John Fredy Munera Tabares; Alexander Jiménez Guzmán; Diego Fernando Galviz Cataño

06 Transformación global: una mirada desde la ingeniería de sistemas e ingeniería industrial hacia la sostenibilidad

116

Jovany Sepúlveda-Aguirre; Luis Fernando Garcés Giraldo; Jhoany Alejandro Valencia Arias; Enevis Rafael Reyes Moreno

Prólogo

La ingeniería juega un papel importante en las comunidades pues a través de una buena gerencia del conocimiento, puede brindar soluciones a las problemáticas que el mundo enfrenta en su día a día. Algunas de las actividades centrales y principales de la ingeniería son el uso de herramientas metodológicas, así como habilidades de diseño, estas constituyen una forma óptima en la que se pone en práctica el conocimiento especializado que caracteriza a esta área de las ciencias aplicadas.

Dentro de la sociedad del conocimiento en la que vivimos, el análisis de la información y la aplicación de saberes son grandes desafíos en lo que la ingeniería y demás ciencias tienen participación. Para la construcción de nuevo conocimiento, enfocado en cumplir con estos desafíos, la investigación es uno de los procesos con mayor importancia, pues estructura las rutas para la gerencia de los saberes y su aplicación, permitiendo, además, el incremento de la productividad científica de los sectores estudiados.

El estudio de las tendencias en investigación se hace importante en un mundo cambiante y globalizado, donde las comunicaciones y el desarrollo tecnológico cobran fuerza cada día, por eso este libro tiene como propósito compartir con el lector los avances en estas tendencias, haciendo énfasis en el campo de la ingeniería, para las áreas de ingeniería de sistemas y la ingeniería industrial.

Las líneas de investigación como guías que orientan el trabajo investigativo, tienen protagonismo dentro de este estudio, pues se abordan los contextos dentro de la formulación de estas en ambas áreas. También se abarcan temas relacionados con las redes informáticas y la seguridad de sistemas, así como el uso de software en actividades de enseñanza dentro de la ingeniería de sistemas. Las tendencias en ingeniería industrial también son objeto de estudio junto con los factores de éxito dentro de la gerencia de proyectos, que hace parte vital de esta rama del conocimiento.

Educación, investigación, tecnología y gerencia son estudiadas a continuación, haciendo uso de una herramienta muy importante: La bibliometría, como ciencia para la interpretación y análisis de las tendencias que se tiene en los campos objeto de estudio.

Ph.D. Alejandro Valencia-Arias

Doctor en Ingeniería – Industria y Organizaciones

Presentación

La investigación es un motor en la búsqueda de nuevo conocimiento que impulsa el desarrollo académico, formando nuevas herramientas para abordar retos en varios aspectos, brindando a las comunidades nuevos saberes y para su aplicación. La investigación, además, constituye un valor de gran relevancia en el desarrollo educativo de las comunidades, pues la formación del nuevo conocimiento se da en los procesos investigativos con el uso de herramientas conceptuales. La investigación como practica debe ser promovida dentro de la sociedad, pues con los cambios que se afrontan continuamente, como la globalización, son necesarios los profesionales que contribuyan al mejoramiento de los procesos en las diversas disciplinas, así como en la gestión de la innovación ¹.

La ingeniería por su parte, usa estos avances para la solución de problemáticas que tienen impacto en el desarrollo tecnológico, económico y social dentro de las comunidades, promoviendo un rol en el que el uso de las ciencias aplicadas son la principal herramienta. Ahora bien, es oportuno conocer las tendencias investigativas para estar a la vanguardia de los temas de interés, así como de las posibles aplicaciones en los que se puede emplear el conocimiento y los avances en temas de ciencia e innovación.

El estudio de estas tendencias es el enfoque de este libro, en el que se hace énfasis en las ingenierías de sistemas e industrial. Se compilan varios ejercicios investigativos destinados al análisis de los temas de interés en ambas ingenierías y la manera en que se están comportando en el medio de la producción científica. Estos estudios, promueven una estructura para las futuras investigaciones en los temas destacados, donde la gestión del conocimiento es una de las principales herramientas para la comprensión y aplicación de saberes en la resolución de los desafíos propios de la sociedad.

Para llevar a cabo estos análisis de tendencias se emplea la bibliometría como herramienta principal. Esta se usa en varios de los ejercicios investigativos, justamente porque permite el estudio de la naturaleza y el comportamiento que tiene una temática a través de las publicaciones e información asociadas a esta, teniendo en cuenta aspectos como la actividad, productividad y progreso científico².

¹ Peña, C. (2014). La Importancia de la Investigación en la Universidad: Una Rein vindicación del Sapere Aude Kantiano. Revista AMAUTA, (25). 79 – 85.

La bibliometría, se centra en el cálculo y en el análisis de los valores de lo que es cuantificable en la producción y en el consumo de la información científica³, por lo que es la herramienta apropiada para la búsqueda de las tendencias de interés.

Un componente común que se aborda en el texto, es la contextualización de las líneas de investigación para ambas ingenierías, con el uso de una metodología para la identificación de parámetros en el desarrollo académico en los ámbitos local y global, teniendo en cuenta las capacidades adquiridas y las fortalezas de los grupos de investigación: AGLAIA y ENGINEERIA de Ingeniería de sistemas e industrial respectivamente de la Corporación Universitaria Americana.

Desde la Ingeniería de Sistemas se abordan las discusiones a partir de la seguridad en los sistemas y redes informáticas, así como el uso de las tecnologías de la información en entornos de enseñanza en ingeniería. La gerencia de proyectos y sus factores de éxito son abordados como herramientas en la gestión en la organización, dentro de la discusión sobre las tendencias en ingeniería industrial. De esta manera ambas ramas de la ingeniería son estudiadas, dando un énfasis en las temáticas asociadas y sus comportamientos.

Ph.D. Alejandro Valencia-Arias

Doctor en Ingeniería – Industria y Organizaciones

² Sancho, R. (2002). Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión Bibliográfica. Disponible: <http://www.temarium.com/serlibre/recursos/pdf/79059.Inteligencia%20Competitiva.Lecturas.pdf#page=77>.

³ Ardanuy, J. (2012). Breve introducción a la bibliometría. Barcelona: Universidad de Barcelona. Departamento de Biblioteconomía y Documentación.



CAPÍTULO 1

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA REFORMULACIÓN DE LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN AGLAIA DESDE UN ENFOQUE PARTICIPATIVO

¹ Mauricio Hincapié Montoya; ² Alejandro Valencia Arias;
³ Jefferson Quiroz Fabra; ⁴ Marco Mejía Cardona

Resumen

Doctor en Ciencias de la Ingeniería. Programa de Ingeniería de Sistemas, Corporación Universitaria Americana, E-mail: jvalencia@americana.edu.co

Doctor en Ingeniería-Industria y Organizaciones. Programa de Ingeniería de Sistemas, Corporación Universitaria Americana, E-mail: jvalencia@americana.edu.co

Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, E-mail: jsquirozf@unal.edu.co

Magíster en Administración. Decano de la Facultad de Ingenierías. Corporación Universitaria Americana, E-mail: decanaturaingenierias@coruniameicana.edu.co

Un grupo de investigación de una universidad o instituto de investigación se denomina como la unidad de gestión, que dinamiza las actividades investigativas de las organizaciones en las que se desempeñan. Su objetivo es desarrollar proyectos que articulen las necesidades o retos del contexto, los saberes disciplinares e interdisciplinares de sus integrantes y los recursos disponibles. La selección de los temas o retos a investigar es una de las tareas que se debe realizar con mayor empeño, para darle relevancia a los objetivos planteados por el grupo y que fluyan de manera natural los resultados de las investigaciones en pro de la sociedad. El presente capítulo muestra de forma metódica cómo se realizó el análisis de las líneas de investigación para el grupo AGLAIA de la Corporación Universitaria Americana y sus integrantes; se muestra de manera detallada el contexto mundial de la investigación en



sistemas y también el contexto de país (Colombia) y de región (Antioquia), mostrando las universidades e investigadores que más trabajan sobre ciertos temas y concluyendo que es lo más recomendable para el grupo AGLAIA.

Palabras clave: Grupo de Investigación, tendencias investigativas, metodología, ingeniería de sistemas.

Abstract

A research group of a university or research institute is called the management units, which dynamise the research activities of the organisations in which they work. Its objective is to develop projects that articulate the needs or challenges of the context, the disciplinary and interdisciplinary knowledge of its members and the available resources. The selection of topics or challenges to be researched is one of the tasks that must be carried out with the greatest effort, to give relevance to the objectives set by the group and to allow the results of research to flow naturally for the benefit of society. The present chapter of the book methodically shows how the analysis of the lines of research (which should be referents) for the AGLAIA group of the American University Corporation and its members was carried out; it shows in a detailed way the world context of systems research and also the context of country (Colombia) and region (Antioquia), showing the universities and researchers that work more on certain topics and concluding that it is the most recommendable for the AGLAIA group.

Key words: research group, research trends, methodology, system engineering.

Introducción

En la sociedad actual las universidades están llamadas a ser las protagonistas en la gerencia del conocimiento, pues son en estas donde se generan dichos conocimientos, surgen las ideas y se construyen los proyectos que liderarán el desarrollo del futuro. La investigación es uno de los procesos más importantes en la construcción de conocimiento nuevo, y las líneas de investigación tienen como propósito organizar y orientar este proceso

(Hurtado, 2000). Acorde a esto, se deben definir las líneas de investigación desde tres aspectos fundamentales: Continuidad, Secuencialidad y Direccionalidad.

Estos aspectos guiarán entonces la gerencia de este conocimiento.

En el mundo globalizado, donde hay una creciente importancia del factor tecnológico y de profesionales calificados, la capacidad tecnológica autónoma de cada país se convierte en un criterio de jerarquización en el orden económico mundial (Rodríguez, 1995). Por lo tanto, se hace énfasis en la importancia del desarrollo de una cultura de la Investigación, como herramienta para alcanzar un nivel de conocimiento capaz de impulsar a la comunidad.

Esta cultura implica entonces la generación de valores, actitudes, conocimientos, experiencias y acciones que permitan llevar a la investigación como parte fundamental de la vida (Hurtado, 2000).

Desde una comprensión holística, la línea de investigación es vista como una propuesta metodológica y organizacional que orienta el trabajo investigativo de personas e instituciones con criterios de pertinencia, continuidad y coherencia (Barrera, 2006).

Pertinencia, ya que estas líneas deben generar soluciones viables a los problemas sociales de la comunidad. Continuidad, referida a la posibilidad de que los proyectos abarcados en un momento dado sean continuados en otros niveles de conocimiento y, por último, la Coherencia, en la que se hace referencia a la vinculación temática como herramienta para evitar que se fragmenten las líneas de investigación (Hurtado, 2000).

En la Corporación Universitaria Americana se cuenta con el grupo de investigación AGLAIA que centra sus actividades en las siguientes líneas: Desarrollo Industrial, Nuevas Tecnologías, Productividad, Innovación y Competitividad, Redes de Computadores, y Sistemas de Información. Dichas líneas son coherentes con los alcances que pueden tener desde la Ingeniería de sistemas, pero son muy amplias, por lo cual es necesario tener una mejor definición para referirse directamente a los temas que desean tratar.



El objetivo principal del presente documento, es definir las líneas de investigación con las cuales se guiará el grupo AGLAIA en su quehacer investigativo. Para tal fin, se hizo una búsqueda de los temas que están en tendencia en mundo en el área de investigación, seguido de una búsqueda de grupos de investigación referentes, para pasar luego al fundamento desde el Proyecto Educativo del Programa (PEP). Con esta información, se procede entonces a proponer las líneas de investigación, para finalizar con una encuesta para determinar dichas líneas.

Marco teórico

El desarrollo tecnológico al que la sociedad se ha visto envuelto durante el pasar de los años, hace necesario no solo tecnología acorde a estos avances, si no personas a cargo de llevar a cabo las ideas y desarrollarlas para dar a la sociedad las soluciones que piden cada día. Es por ello, por lo que la Ingeniería de Sistemas juega un papel importante en este avance.

Dentro de este marco se ubica la Ingeniería de Sistemas, como una de las ramas de la Ingeniería cuyo objeto es el estudio y análisis de sistemas; la gestión, diseño, estructuración, implantación, control, procesamiento y transporte de la información o del conocimiento, para su utilización en ambientes científicos, industriales, financieros, comerciales, educativos y de servicios. La información es una oportunidad latente para generar desarrollo económico y por esto, tiene sentido esta ingeniería como opción de formación profesional, lo que permite que sea multidisciplinar (Parra, 2010).

La diversidad en la aplicación para generar soluciones de valor desde la ingeniería de sistemas abarca temas como MBSE: Model-Based System Engineering donde se emplea un modelo para el diseño de productos y generar mejoras en el proceso de manufactura y la calidad de este, esto aplica también a varios procesos de producción en diferentes áreas. Borchani et al. (2019) aplican este concepto en el desarrollo de algoritmos que permiten mejorar el sistema desde la fase de diseño de productos mecatrónicos. Este mismo modelo, es usado también para crear sistemas colaborativos entre organismos e instituciones incluso en proyectos internacionales como es el caso de MegaM@Rt2 un proyecto de la Unión Europea para optimización de la productividad en el sector industrial (Sadovykh et al. 2018). Sistemas para el análisis de riesgos en procesos que

involucran maquinaria a base Diesel (Azevedo & Olsen, 2018).

Aplicaciones en el ámbito educativo son comunes ayudando con herramientas para el aprendizaje en varias áreas, proveyendo soluciones de aprendizaje en línea con énfasis en las necesidades de las poblaciones a intervenir. Por ejemplo, el desarrollo de métodos multimodal que permitan el desarrollo de varias habilidades en los estudiantes tanto analíticas y lógicas como creativas, a través de la tecnología (Yang y Newman, 2019). Un sistema para el diseño de proyectos y productos con mayor eficiencia es presentado por Xiao et al (2018) donde se plantea un sistema más interactivo con el que el estudiante pueda acceder a métodos de ingeniería de manera sencilla y más adaptada para su comprensión.

La creación de aplicaciones y sistemas de información son muy relevantes en este desarrollo tecnológico ya que abarca diferentes temáticas y necesidades. Por ejemplo, Hidayanti, y Supangkat (2018) con un aplicativo diseñado para la distribución de información de emergencia durante terremotos; un aplicativo enfocado en el desarrollo de estrategias de movilidad con bicicleta en China que provee correcciones para el diseño de los sistemas de bicicletas públicas (He, Miao & Jia, 2018). Un aplicativo que propone un sistema novedoso de entregas para mejorar el servicio y reducir costos de entrega es presentado por Wolff et al. (2018) donde se integra la ingeniería de sistemas y su aplicación en procesos requeridos por la sociedad.

Metodología

A continuación, se describirá el proceso metodológico usado para la formulación de las líneas de investigación propuestas para el grupo AGLAIA.

Para empezar, se hizo una revisión de las tendencias en investigación en los temas que se están trabajando en el ámbito mundial para tener una idea más clara de cuáles son estos temas, lo que puede servir como referente internacional para la formulación. Para esto se hace uso de la base de datos SCOPUS, que es la base de datos más importante de referencias bibliográficas del mundo. Así pues, con el uso de una ecuación de búsqueda se observaron los resultados enfocados en el área de interés.

Luego se procedió a hacer una búsqueda de referentes sobre la actualidad



en investigaciones nacionales, por lo que se consultaron grupos de investigación de universidades de alta calidad en el país. Estos grupos fueron seleccionados por estar clasificados en categoría A1 en Colciencias, esto con el fin de ver las líneas investigativas en las que enfocan.

A través del Proyecto Educativo del Programa (PEP) se fundamentó el quehacer de los Ingenieros de Sistemas de la Corporación Universitaria Americana, observando los objetivos y estrategias planteados para el programa, esto con el fin de tener una coherencia entre la visión que se tiene para el programa y sus estudiantes y los retos a los que se pueden afrontar en el área investigativa.

De esta manera, se procedió a revisar entonces los contenidos específicos de la malla curricular del programa, para hacer una identificación de las asignaturas que los estudiantes toman durante su estancia en la institución, para tener un canal de conexión entre los conocimientos adquiridos y a los que se pueden llegar con las líneas de investigación identificadas en los pasos anteriores. Así, se puede entonces guiar con mayor coherencia la producción científica a través de las líneas de investigación.

Ahora bien, con toda la información recopilada en los pasos anteriores se procede a hacer un análisis para poder determinar que Líneas de Investigación se ajustan a los recursos y medios que se poseen y que más se alineen a las tendencias investigativas sin perder el foco que la Institución tiene para el programa. Así, se proponen entonces unas Líneas de Investigación que guiaran la gestión del conocimiento para el programa.

Para finalizar se hace uso de una encuesta con la que se vincula la opinión de los docentes de la Institución desde sus saberes y experiencia. La encuesta entonces sirve para poder reconocer las áreas de trabajo de los docentes y tener su juicio de valor para las líneas que se proponen, construyendo así una propuesta más acorde con los recursos y realidades de la institución.

Como se puede ver, los avances en las diferentes áreas del conocimiento se integran con la Ingeniería de Sistemas para el desarrollo de diferentes sistemas y aplicaciones que dan respuesta a las necesidades de la sociedad.

Análisis de Resultados

Tendencias mundiales

Se realizó una revisión en la base de datos de referencias bibliográficas SCOPUS, para encontrar las tendencias investigativas en las temáticas de interés de la Ingeniería de Sistemas. Se utilizó para ello la siguiente ecuación de búsqueda que reunía esas temáticas de interés: TITLE-ABS-KEY (“Systems Engineering”).

A través del uso de esta herramienta avanzada de búsqueda, se obtuvieron un total de 58.448 documentos relacionados. La ecuación entonces hace un filtro desde el título, el abstract y las palabras clave con lo que se tiene un amplio espectro de coincidencias con el tema de interés. A continuación, en la Tabla 1 se muestra un resumen extraído de la información que suministran las referencias encontradas en SCOPUS, de donde se extraen entonces los temas más investigados en las diferentes publicaciones.

Temática	Investigaciones
Information Systems	3693
Computer Simulation	2670
Mathematical Models	2117
Software Engineering	1962
Information Management	1351
Safety Engineering	1290
Artificial Intelligence	1172
Software Design	1079

Tabla 1. Resumen de temáticas más investigadas en Ingeniería de sistemas

Como se puede apreciar, se tienen los 8 temas con mayores resultados en investigaciones donde resalta entonces la temática de *Sistemas de Información* con una participación amplia en comparación con los demás temas listados; entre los que destacan *Simulación por Computador*, *Modelos Matemáticos* y *la Ingeniería de Software*. Estos primeros resultados sirven para comprender la dinámica investigativa global en los temas de interés.



Tendencias locales

Fueron seleccionados 5 Grupos de Investigación para tener los referentes investigativos de universidades en el ámbito nacional a través de las líneas de investigación. Estos grupos referentes cuentan con categoría A1 en Colciencias, condición escogida por ser indicativo de producción de calidad y vigencia. En la Tabla 2, se relacionan los grupos de referencia y las universidades a las que pertenecen.

Haciendo un análisis entre las líneas de investigación de estos grupos se pudieron evidenciar las temáticas más relevantes que cada uno trabaja, así como ver las coincidencias en las temáticas abordadas; por ejemplo, es el caso de la temática de *Inteligencia Artificial*, la *Simulación y prozión*, así como el tema de *Arquitectura de TI* donde se involucran temas asociados al diseño de software para soluciones de educación y dirigidas al sector empresarial, desarrollo de aplicativos y plataformas, las cuales tienen una participación considerable en la producción investigativa.

Grupo de Investigación	Universidad
Sistemas Embebidos e Inteligencia Computacional – <i>SISTEMIC</i>	Universidad de Antioquia
Grupo de Investigación en Percepción y Sistemas Inteligentes	Universidad del Valle
<i>Gidia</i> : grupo de investigación y desarrollo en inteligencia artificial	Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín
<i>TICSw</i> : Tecnologías de Información y Construcción de Software	Universidad de los Andes
Redes de Computadores e Ingeniería de Software - <i>GReCIS</i>	Universidad del Norte

Tabla 2. Relación de grupos de investigación referentes

Se pudo observar también, que existe una concordancia con las tendencias de investigación mundiales en los diferentes temas, sobre todo con el tema con mayor impacto en el mundo que son los Sistemas de Información, pues dentro de las líneas de investigación que manejan los grupos referentes, se ve un enfoque en este tema que cobra importancia al estar entrelazado

entre dichas líneas. Prueba de ello, es que se tiene enfoque en el uso, análisis, enseñanza y diseño de sistemas de información.

Proyecto Educativo del Programa

Dentro de lo estipulado en el *Proyecto Educativo del Programa*, (PEP) de la Corporación Universitaria Americana, la fundamentación del programa de Ingeniería de Sistemas cumple con los requerimientos de formación contemplados en la “*Actualización y Modernización Curricular en Ingeniería de Sistemas*” publicado por la ACOFI (Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería), documento en el que se presentan las tendencias en el currículo de la formación de los ingenieros de sistemas propuesta desde el diseño de software y hardware, pero sobre todo en la administración de la información desde la conversión, almacenamiento, procesamiento y la comunicación.

Así entonces, el conocimiento avanzado en el desarrollo tecnológico es complementado con un componente de formulación y gestión de proyectos de índole tecnológico, que corresponde así al perfil que la Corporación Universitaria Americana quiere para sus ingenieros; así puede impactar, contribuyendo en áreas como el diseño y Administración de bases de datos, Gestión y Transferencia de tecnología, informática y de comunicaciones, Diseño y Desarrollo de sistemas de información empresariales, Evaluación y Mantenimiento de la Calidad del Software. Es también importante hacer énfasis en la Estructuración y Gestión de proyectos informáticos, el diseño de sistemas o servicios que relacionen el uso eficiente de la información, Sistemas telemáticos y Seguridad Informática, basados siempre en las necesidades que se observan en el contexto (Corporación Universitaria Americana, 2014).

Es de resaltar, que dentro de los objetivos estratégicos trazados en el Proyecto Educativo del Programa (PEP), se resaltan el Diseño e Implementación de un modelo operativo que guie la labor investigativa de la comunidad universitaria, capaz de enfocar las habilidades de estudiantes y docentes en el desarrollo de soluciones acordes con las necesidades percibidas en el entorno.

Mallas Curriculares



Vale la pena hacer un análisis dentro de la estructuración curricular del programa de Ingeniería de Sistemas, para tener una coherencia entre las habilidades desarrolladas en el currículo y las posibles líneas de investigación en las que se podrían implementar. Por lo tanto, se han diferenciado algunas asignaturas por grupos en 4 categorías a saber:

Programación	Investigación
Algoritmos	Metodología de investigación
Lenguaje de programación	Formulación de proyectos
Programación 1 y 2	Investigación de operaciones
Modelado y simulación	Proyecto de investigación
Arquitectura de Software	Sistemas
Sistemas operativos	Teoría genetal de sistemas
Arquitectura de computadores	Sistemas de información
Ingeniería de software	Estructura de datos 1 y 2
Redes de computadores	Ánàlisis de sistemas
Laboratorio de software	Administración de bases de datos
	Seguridad informática

Figura 1. Agrupación de asignaturas

Arquitectura de Software, Sistemas, Investigación, Programación, en la figura 1 continuación, se muestran las relaciones.

Se pueden observar los componentes cruciales como el desarrollo de software y la programación como parte del conocimiento más técnico del programa. El entendimiento de los diversos sistemas y su interrelación con los datos y la información, así como su estructura y administración, y un componente muy importante de investigación en el que se introducen elementos importantes para el buen desarrollo investigativo, crucial para la formulación y sobre todo para a la implementación de las líneas de investigación.

Propuesta basada en tendencias investigativas

Las siguientes líneas de investigación que se proponen, parten de los pasos anteriormente analizados, comprendido desde las tendencias globales de investigación, el recorrido por las tendencias nacionales hasta llegar a un plano fundamentado por los objetivos investigativos que como institución educativa la Corporación Universitaria Americana promueve desde el PEP y su contenido curricular. Por lo tanto, se presentan las Líneas de Investigación propuestas para el grupo AGLAIA:

Sistemas de información

Arquitecturas de TI: Software, Soluciones de comunicación empresarial, plataformas de desarrollo.

Inteligencia Artificial

Modelado y Simulación

TIC Aplicadas: Informática educativa, Educación virtual, enseñanza de la ingeniería de software y las tecnologías de la información.

Ingeniería de Software

Telemática

De esta manera se tiene una propuesta más enfocada sobre las áreas a trabajar dando opciones más cercanas al entorno que se tiene.

Propuesta de los investigadores implicados

Como parte importante de esta revisión y propuesta de tendencias investigativas, se realizó una encuesta a los profesores investigadores para también tener una referencia desde sus capacidades e intereses y de esta manera decidir que líneas sería las más idóneas. En la figura 2, se presentan los resultados obtenidos de 12 docentes investigadores encuestados que corresponden a un 92% aproximadamente de los docentes de esta área en la institución. La mayoría de los encuestados cuentan con un grado de estudios de Maestría comprendiendo más del 83% de los encuestados.

Se presentan a continuación los resultados de la opinión sobre la idoneidad de las líneas de investigación propuestas para el grupo AGLAIA.

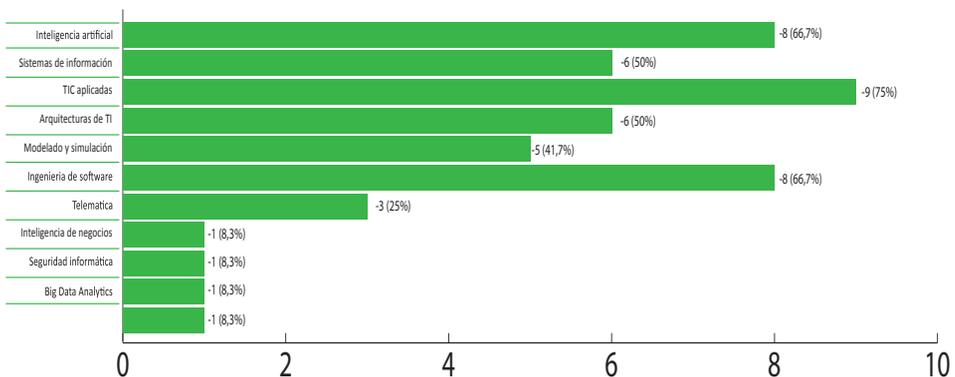


Figura 2. Resultados encuesta de idoneidad de líneas de Investigación propuesta. Fuente: Encuesta realizada a docentes investigadores.



Como se puede observar el 75% de las respuestas respalda la línea de investigación sobre TIC's aplicadas, seguidos por Inteligencia Artificial e Ingeniería de Software como un 66.7% y, Sistemas de información y Modelado y Simulación con un 50% de aceptación por parte de los docentes investigadores. Cabe resaltar que se tuvieron 3 líneas sugeridas también: Inteligencia de Negocios, Seguridad Informática y Big Data Analytics.

Respecto a la afinidad que los encuestados tienen con estas líneas de investigación se obtuvieron los resultados que muestran en la Figura 3. Se confirma entonces la línea de TIC's aplicadas con un 58,3% de afinidad, seguidos por Sistemas de información con un 41,7%. Además de las líneas propuestas anteriormente se encuentran también dos temáticas: Tecnologías Inalámbricas y Video Juegos.

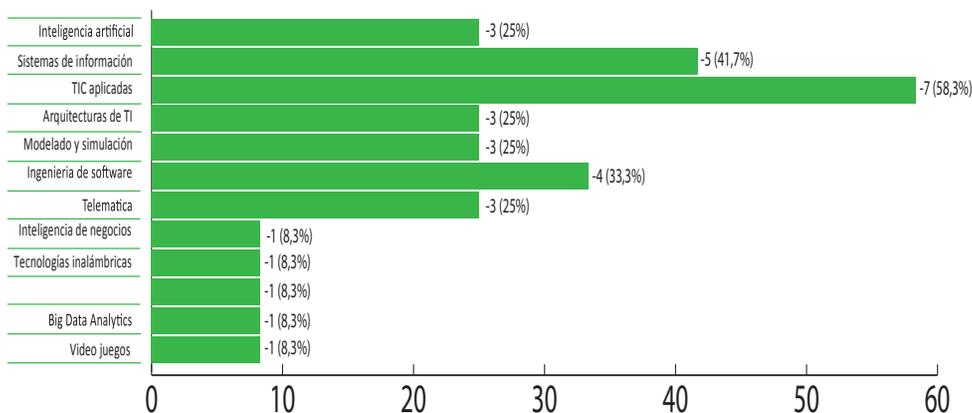


Figura 3. Resultados encuesta afinidad con las líneas de Investigación propuestas.

Como líneas de investigación sugeridas, se destacan la Inteligencia de negocios y Big Data Analytics, que tuvieron más de 2 coincidencias. Si bien estas temáticas no figuran como parte de las tendencias investigativas predominantes, tiene cierta participación en el desarrollo investigativo en los ámbitos mundial y local.

Líneas de Investigación propuestas

Considerando el aporte desde cada punto de la metodología tratada a la investigación, se puede proponer entonces las siguientes líneas de investigación:

Sistemas de Información: referida a todos los avances asociados al desarrollo de sistemas de generación, captación y tratamiento de información. Mediante esta línea se desarrolla todo lo relacionado al diseño estructural de los sistemas, los modelos utilizados y la relación de uso que tienen los consumidores de estos (Bhattacharjee, 2001; Zachman, 1987).

TIC Aplicadas: Contribuye al desarrollo de aplicaciones que se ajusten a las problemáticas de la sociedad y que brindan una ayuda tecnológica en temas diversos como educación, organización, finanzas, industria, entre otras (Batchelor, 2007, Smeets, 2005).

Modelado y Simulación: comprende justamente el desarrollo de enfoques y técnicas de modelado, así como el análisis de variables propias y su utilidad, para su utilización en desarrollo de software, modelos de producción y hasta el ciclo de vida de productos y servicios (Kellner et al. 1999, Huang et al. 2007).

Ingeniería de Software: como su nombre lo indica, ahonda en el desarrollo de software de diversa índole, usando herramientas de ingeniería para la asociación de parámetros (Watts, 1995).

Arquitecturas de TI: hace relación a toda la estructura fundamental de los sistemas a desarrollar para el buen funcionamiento de los sistemas y aplicativos. El desarrollo de estructuras que soporten las diferentes necesidades del consumidor, así como la facilidad de aplicación en diferentes escenarios (Zhu, Chenine & Nordstrom, 2011).

Inteligencia Artificial: un área prometedora que también tiene una gran variedad de sectores y campos de acción tales como: seguridad, adaptabilidad de sistemas, soporte técnico, análisis de información y sistemas de manufactura, que la hacen atractiva para su implementación en el mejoramiento de procesos (Glover, 2003; Ibrahim & Morcos, 2002).

Inteligencia de Negocios: entendida como el conjunto de metodologías, aplicaciones, prácticas y capacidades enfocadas a la creación y administración de información, que permite tomar mejores decisiones a los usuarios de una organización (Conesa & Curto, 2010).



Conclusiones

Desde la revisión de bibliografía para tener las tendencias de investigación en el ámbito mundial, se pudo observar que uno de los temas más relevantes es el relacionado con los *Sistemas de Información* que engloban gran parte de los procesos que se desarrollan en el área informática.

Inteligencia Artificial, Arquitecturas de TI, Modelado y Simulación, fueron las tendencias marcadas en la investigación local, las que además están apoyadas en las tendencias globales.

Se observa una coherencia entre los objetivos y el quehacer del ingeniero de sistemas propuesto por la institución, con los contenidos curriculares del programa, lo que permite guiar la investigación de la mejor manera.

Mediante la encuesta realizada, se pudo analizar la opinión y la afinidad que presentan los docentes investigadores sobre las líneas de investigación propuestas, mostrando la línea de TIC's Aplicadas como aquella más idónea para su implementación en el grupo AGLAIA.

Se proponen entonces 7 líneas de investigación a considerar para el desarrollo investigativo, que se puede canalizar a través del grupo AGLAIA consideradas bajo toda la metodología usada.

Dentro de las líneas de investigación propuestas por los docentes encuestados se destaca *Inteligencia de Negocios* como una línea a considerar, aunque no sean de las más destacadas en investigación, ni figuren en las tendencias analizadas. Esta línea va en concordancia con el perfil que busca la institución en sus ingenieros.

Referencias bibliográficas

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. (1996). *Actualización y Modernización Curricular en Ingeniería de Sistemas*. ACOFI.

Azevedo, K., & Olsen, D. B. (2018). System engineering risk analysis of diesel engine durability in Latin America. *Systems Engineering*.

Barrera Morales, M. F. (2006). *Líneas de investigación*. (2ª ed.) Caracas, Venezuela: Ediciones Quirón- Fundación Sypal.

Batchelor, S.J. (2007). *Framework for The Assessment Of ICT Pilot Projects Beyond Monitoring and Evaluation To Applied Research*. Washington, DC.

Bhattacharjee, A. (2001). Understanding Information Systems Continuance: An Expectation-Confirmation Model. *MIS Quarterly*, 25(3), 351-37

Borchani, M. F., Hammadi, M., Ben Yahia, N., & Choley, J. -. (2019). Integrating model-based system engineering with set-based concurrent engineering principles for reliability and manufacturability analysis of mechatronic products. *Concurrent Engineering Research and Applications*, 27(1), 80-94

Conesa, J. y Curto, J. (2010). *Introducción al Business Intelligence* (1a Ed). Editorial UOC.

Corporación Universitaria Americana. (2014). *Proyecto Educativo del Programa*. Medellín: Facultad de Ingeniería

Glover, F. (2003). Future paths for integer programming and links to artificial intelligence. *Computers & Operations Research*, 13(5), 533-549.

He, C., Miao, C., & Jia, Y. (2018). *Application of man-machine-environment system engineering in design of public bicycle*.

Hidayanti, & Supangkat, S. H. (2018). *Designing A distribution emergency information service in earthquake post-disaster based on service computing system engineering*. Paper presented at the Proceeding - 2018 International Conference on ICT for Smart Society: Innovation Toward Smart Society and Society 5.0.

Huang, E. Ramamurthy, R. & McGinnis. L. (2007). *System and simulation modeling using SysML*. In *Proceedings. 39th conference on Winter simulation: 40 years! The best is yet to come (WSC '07)*. IEEE Press, Piscataway, NJ, USA, 796-803

Hurtado de Barrera, J. (2000). Líneas de Investigación y Gerencia del Conocimiento: Premisas de la cultura de la Investigación. *Revista Ciencia, Tecnología, Sociedad*.

Ibrahim, W. Morcos, M. (2002). Artificial intelligence and advanced mathematical tools for power quality applications: a survey. *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 17, no. 2, pp. 668-673.

Kellner, M.; Madachy, R. & Raffo, D. (1999). Software process simulation modeling: Why? What? How? *Journal of Systems and Software*, 46,(2-3), 91-105.



Parra, E. (2010). Las ciencias básicas en ingeniería de sistemas: justificaciones gnoseológicas desde los objetos de estudio y de conocimiento. *Revista Educación en Ingeniería*.

Rodríguez Gómez, R. (1995). Universidad y globalización en América Latina. *Revista Educación Superior y Sociedad*, 6(2).

Sadovykh, A., Ashraf, A., Bagnato, A., Bruneliere, H., Afzal, W., Truscan, D., . . . Pierini, P. (2018). Model-based system engineering in practice: Document generation - Megam@RT2 project experience. *Paper presented at the ACM International Conference Proceeding Series*.

Sisa, A. (1992). La carrera de Ingeniería de Sistemas. *Revista Ingeniería e Investigación*. Universidad Nacional de Colombia.

Smeets, E. (2005). Does ICT contribute to powerful learning environments in primary education? *Computers & Education*, 44(3), 343-355.

Watts, S. (1995) *A Discipline for Software Engineering* (1st ed.). Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA

Wolff, C., Kühn, N., & Satzger, G. (2018). System-oriented service delivery: The application of service system engineering to service delivery. *Paper presented at the 26th European Conference on Information Systems: Beyond Digitization - Facets of Socio-Technical Change, ECIS 2018*.

Xiao, A., Gailani, G., & Zhang, S. (2018). Assessing the educational effectiveness of a system engineering software in capstone design projects. *Paper presented at the ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*.

Yang, S., & Newman, R. (2019). *Rotational blended learning in computer system engineering courses*. *IEEE Transactions on Education*.

Zachman J. A. (1987). *A framework for information systems architecture*. *IBM Systems Journal*, 26(3), 276-292.

Zhu, K.; Chenine, L. & Nordstrom, L. (2011). ICT Architecture Impact on Wide Area Monitoring and Control Systems' Reliability. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 26(4), 2801-2808.



CAPÍTULO 2

TENDENCIAS Y EVOLUCIÓN INVESTIGATIVA EN EL CAMPO DE LA INGENIERÍA EN SEGURIDAD DE SISTEMAS

¹ Davinson Mosquera González; ² Alejandro Valencia Arias;
³ Jovanny Sepúlveda Aguirre; ⁴ Cristian Obando Ibarra

Resumen

Especialista en Analítica. Institución Universitaria Escolme, E-mail: cies3@escolme.edu.co

Doctorado en Ingeniería-Industria y Organizaciones. Programa de Ingeniería de Sistemas, Corporación Universitaria Americana, E-mail: jvalencia@americana.edu.co.

Magíster en Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional. Programa de Ingeniería de Sistemas, Corporación Universitaria Americana, E-mail: jasepulveda@americana.edu.co.

Coordinador del Programa en Ingeniería de Sistemas, Corporación Universitaria Americana, E-mail: cobando@americana.edu.co.

Este presente estudio tiene como objetivo identificar las tendencias y evolución investigativa en el campo de la Ingeniería en Seguridad de Sistemas, con el fin de establecer las bases que permitan la formulación de planes curriculares en esta área, en el contexto de Colombia. La metodología utilizada consiste en un estudio bibliométrico, que contempla indicadores de productividad y el análisis de temáticas emergentes en el campo, utilizando como fuente de información 1046 productos registrados en Scopus. Se identifica la no existencia de concentración en la producción por autores, pero sí una concentración en la producción por países, principalmente en China y Estados Unidos. Los términos emergentes identificados son factores humanos, gestión del riesgo, privacidad, suplantación de identidad y la criptografía. Finalmente, se plantea que las instituciones de educación superior deben realizar vigilancia respecto a las nuevas tendencias en temas de seguridad de sistemas, puesto que es un campo cambiante, en el que un desfase respecto



a las necesidades del entorno podría ocasionar que los egresados no adquieran los conocimientos necesarios para desarrollar correctamente sus funciones. Así mismo, se reconoce la importancia de que, en la enseñanza de la Ingeniería en Seguridad de Sistemas, se fortalezcan temáticas relacionados con habilidades gerenciales.

Palabras clave: seguridad de sistemas, seguridad informática, educación superior, tecnologías de la información.

Abstract

The objective of this study is to identify trends and research developments in the field of Systems Security Engineering, with the purpose of establishing the bases that allow the formulation of curricular plans in this area, in a Colombian context. The methodology used consists of a bibliometric study, which includes productivity indicators and the analysis of emerging issues in the field, using as a source of information 1046 products registered in Scopus. It identifies the non-existence of concentration in the production by authors, but a concentration in the production by countries, mainly in China and the United States. The emerging terms identified are human factors, risk management, privacy, phishing and cryptography. Finally, it is argued that higher education institutions should monitor the new trends in systems security issues, since it is a changing field, in which a gap with respect to the needs of the environment, could cause graduates not to acquire the necessary knowledge to correctly develop their functions. Likewise, it is recognized the importance that, in the education of Engineering in Systems Security, topics related to managerial skills be strengthened.

Key words: systems security, information security, higher education, information technology.

Introducción

Tradicionalmente, la ingeniería de sistemas se ha centrado en el estudio de los procesos y metodologías del desarrollo ordenado, eficiente y confiable de los sistemas de software. Sin embargo, en el mundo actual cada vez más aplicaciones se interconectan planteando mayores amenazas de confidencialidad e integridad de los datos. Lo anterior, establece la necesidad



de replantear los desarrollos de software que se están llevando a cabo a nivel general e incluso hace relevante cuestionar la formación académica de los estudiantes de ingenierías que tratan estos temas.

Wolf (2004) afirma que la mayoría de las fugas de seguridad en una aplicación podrían deberse a un error de programación, que podría solucionarse mejorando las prácticas de ingeniería de software. En este sentido, autores como Rubin & Misra (2007) destacan que la seguridad informática no solo es un tema relevante para la preparación profesional, sino que también tiene mucha demanda en la actualidad.

En el ámbito internacional, se han hecho esfuerzos por estudiar y desarrollar mecanismos que permitan contrarrestar los diferentes ataques cibernéticos, que han ocasionado pérdidas en multitudes de organizaciones, tanto públicas como privadas (Zheng, 2018). Particularmente en Colombia, empresas de diferentes categorías han sido víctimas de estos ataques. Así mismo, se ha dado la necesidad de mejorar las prácticas académicas y empresariales en materia de seguridad informática y seguridad de sistemas, sin embargo, la manera de hacerlo ha sido incorporado los temas de seguridad en sistemas a programas profesionales como Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software, Administración de sistemas informáticos y algunas tecnologías como redes y seguridad de sistemas; lo que puede ocasionar dispersión del conocimiento, por las otras temáticas propias de cada profesión.

Existen diferentes amenazas y ataques que pueden afectar la seguridad de sistemas. En ese sentido, la educación en la seguridad de la información es de vital importancia para los estudiantes del área de las ciencias de la computación, principalmente los de ingeniería en seguridad de sistemas (Gomana, Fitcher & Thomson, 2016). En consecuencia, es deber de las instituciones de educación superior garantizar que la seguridad de los sistemas sea integrada a los programas de estudio, como ingeniería en seguridad de sistemas. Es por lo anterior, que el desarrollo de un programa de Ingeniería seguridad de sistemas, en la ciudad de Medellín, permitiría la especialización de conocimientos alrededor de la seguridad informática y la seguridad de sistemas; generando así buenas prácticas académicas que se integren con las dinámicas del sector empresarial y productivo.

Es así, como el objetivo de esta investigación es identificar las tendencias y



evolución de las diferentes áreas relacionadas con Ingeniería en Seguridad de Sistemas, con el fin de generar bases que permitan la formulación de los planes curriculares de programas de Ingeniería en Seguridad de Sistemas, enmarcados y contextualizados con las nuevas tendencias y temáticas que se están desarrollando en este campo del conocimiento.

Marco teórico

Si bien hay una intersección definida entre la ingeniería de sistemas y la seguridad informática, típicamente se tratan como temas separados, lo cual implica que a largo plazo los profesionales en el tema dan una prioridad baja a los requisitos no funcionales como la seguridad. En este sentido, Pancho-Festín & Mendoza (2014) presentaron un estudio en el cual se integran temas de seguridad informática en cursos de ingeniería de software para pregrado. Este demostró que los estudiantes se benefician cuando estos temas se presentan en paralelo, junto con ejemplos prácticos de cómo identificar y abordar los riesgos de seguridad comunes.

Igualmente, McNulty (1990) reitera que, si bien la seguridad de los sistemas de información es un campo altamente complejo, en última instancia es un problema de personas, por lo tanto, la protección de información sensible requiere el desarrollo y mantenimiento de un cuadro de profesionales capacitados y dedicados. Es así como, Bayuk (2011) señala que es necesaria una nueva hoja de ruta de ingeniería en seguridad de sistemas para que los profesionales de estas dos áreas converjan en métodos empíricos.

De esta manera, la ingeniería en seguridad de sistemas, (por sus siglas en inglés SSE) es una ingeniería que aplica los principios científicos y de ingeniería para identificar las vulnerabilidades de seguridad y minimizar o contener los riesgos asociados con estas vulnerabilidades. En otras palabras, Mailloux (2018) la define como aquella que utiliza disciplinas matemáticas, físicas y científicas relacionadas, así como principios y métodos de diseño y análisis de ingeniería para especificar, predecir y evaluar la vulnerabilidad del sistema a las amenazas de seguridad.

Desde una perspectiva objetiva, Beswick (2017) analiza que el enfoque del SSE es independiente del sistema y es capaz de utilizar los enfoques establecidos (técnicos y no técnicos) para lograr soluciones de seguridad rentables en una amplia variedad de tipos de sistemas, independientemente de la complejidad, el alcance, los fines previstos, los dominios de aplicación,

las implementaciones tecnológicas, usuarios finales o entornos operativos. Inclusive, McGraw et al. (2013) establecen que las prácticas de ingeniería de seguridad de sistemas deben incorporarse a lo largo de todo el ciclo de vida del desarrollo de software, dado que esta puede ser vista como un recurso que captura las prácticas de seguridad de software estándar y emergentes y explica por qué se necesitan para desarrollar sistemas más robustos y que validen la seguridad. Análogamente, Cano (2017) afirma que una mala lectura del entorno de seguridad puede llevar a requisitos y capacidades mal definidos que pueden resultar en un diseño ineficaz del sistema. El desarrollo de arquitecturas de seguridad y un proceso de ingeniería de sistemas para gestionar la definición, el diseño y la implementación de un sistema de seguridad puede ayudar a mitigar este riesgo.

McGraw et al. (2013), se refieren a diferentes características de esta ingeniería; en primer instancia, resaltan que para los profesionales de esta área la seguridad del software es mucho más importante que eliminar vulnerabilidades y realizar pruebas de penetración, de hecho, se enfocan principalmente en la obtención de requisitos de seguridad, los patrones de ataque y la definición de casos de uso indebido, así como en el análisis de riesgos arquitectónicos, la codificación segura, el análisis de códigos y las pruebas de seguridad basadas en riesgos. Seguidamente, la ingeniería en seguridad de sistemas tiene en cuenta que los mecanismos de seguridad de la red y los servicios de seguridad de la infraestructura de TI no protegen suficientemente el software de aplicación de los riesgos de seguridad y por lo tanto buscan proponer iniciativas de seguridad del software, siguiendo un enfoque de administración de riesgos para identificar las prioridades y lo que es lo suficientemente bueno, entendiendo que estos cambiarán a lo largo del ciclo de vida del desarrollo.

Blanchard & Fabrycky (2006) afirman que la ingeniería en cuestión tiene áreas de énfasis especiales. Irvine & Nguyen (2010) amplían esta afirmación destacando que estas áreas tienen ciertos aspectos principales que deben ser tenidos en cuenta en el desempeño laboral: a) Ver los sistemas como un todo, utilizando una metodología de análisis de arriba hacia abajo. b) Evaluar y gestionar los riesgos a lo largo de la vida del sistema. c) Establecer requisitos bien definidos y trazables desde el comienzo del ciclo de vida mencionado. d) Utilizar un enfoque multidisciplinario para el diseño y desarrollo de sistemas y de esta forma desarrollar diferentes técnicas y hacer uso de herramientas variadas. Los mismos autores proponen que de querer desarrollar un programa educativo acerca de Ingeniería en seguridad de sistemas, se debe



garantizar que los estudiantes proactivos en los equipos de ingeniería, que aprendan desde la ciencia, los principios, las metodologías y las tecnologías subyacentes del tema y que tengan capacidad de negociación para el momento que se enfrenten con diferentes actores del proceso.

Devanbu & Stubblebine (2000) consideran que los cambios en las prácticas de desarrollo de software y las arquitecturas de software han abierto nuevas oportunidades para aplicar la ingeniería de seguridad. Lo anterior, reafirma su importancia en contextos como los procesos comerciales que protegen los activos y la información corporativos. Con este fin, las organizaciones mejoran gradualmente las metodologías e iniciativas seguras para desarrollar productos de software más seguros.

Para Barreto, Días & Bessa (2010), la ingeniería en seguridad de sistemas cobra especial importancia desde el punto de vista investigativo; un elemento clave de la ingeniería de seguridad de sistemas es que permite a los investigadores de seguridad evaluar el valor de su contribución potencial al campo. Bayuk (2011) reconoce que un enfoque de ingeniería para la verificación y validación de los requisitos de seguridad proporcionará ipso facto una metodología para probar una hipótesis de investigación. La investigación de seguridad que emplee dichos métodos debería poder basarse en resultados citando soluciones de verificación y validación exitosos en patrones de arquitectura de seguridad similares, contribuyendo así de manera significativa al desarrollo de la seguridad informática.

Por otro lado, Mailloux (2018) propone que en la actualidad se requiere el desarrollo de metodologías y enfoques de SSE que apunten a desarrollar medios para realizar análisis de seguridad conceptual, administrar compensaciones de seguridad a nivel de sistema, definir declaraciones cuantificables de confiabilidad, establecer mejores prácticas para el razonamiento basado en evidencia, entre otros.

Finalmente, Irvine & Nguyen (2010) establecen que la ingeniería de seguridad informática está en su juventud y que, a medida que los programas de educación en esta área se multipliquen, se puede esperar un intercambio animado entre la ciencia de la seguridad y la práctica a medida que el campo se transforme en una disciplina más científica. Aun así, según Kallberg & Thuraisingham (2012) el futuro requerirá que los equipos de investigación de defensa cibernética aborden no solo la informática, el software y la seguridad del hardware, sino también la teoría política, la teoría institucional, la ciencia del comportamiento, la teoría de la disuasión, la ética, el derecho

internacional, las relaciones internacionales y otras ciencias sociales.

Metodología

Se llevó a cabo un estudio bibliométrico, con el objetivo de identificar las tendencias y evolución de las diferentes áreas relacionadas con Ingeniería en Seguridad de Sistemas, el cual se desarrolló en dos fases, la primera consistió en la obtención de la información necesaria, a través de la base de datos y estructuración de la ecuación de búsqueda; y la segunda, en el cálculo de indicadores bibliométricos.

Obtención de la información

Realizar estudios bibliométricos exige elegir cuidadosamente los registros de base de datos que representan los trabajos (Amat & Yegros, 2011), por ello es necesario que las fuentes utilizadas para extraer la información sean formales, pues son las más recomendables para desarrollar cada fase del análisis eficientemente (León, Castellanos & Vargas, 2006).

Criterios de cobertura, accesibilidad y flexibilidad de los operadores de búsqueda favorecen a las bases de datos ISI, SCOPUS y Google Scholar por encima de las demás disponibles a la fecha, ya que, su uso en la literatura es frecuente (Boeris, 2011). En este sentido, se eligió SCOPUS, puesto que ofrece acceso a bases de datos interdisciplinarias, proporciona herramientas para gestionar la información y cumple otros criterios, como la cantidad de citas y la accesibilidad, que la hacen ser más usada en este tipo de análisis en la literatura (Hall, 2011).

Luego, se definió la ecuación de búsqueda, según el objetivo de estudio. Se tuvo en cuenta SCOPUS, puesto que es la base de datos más grande de resúmenes y citas de literatura revisado por pares, con herramientas de bibliometría para poder rastrear, analizar y visualizar investigaciones. Contiene más de 22,000 títulos de más de 5,000 editoriales de todo el mundo en los campos de la ciencia, tecnología, medicina, ciencias sociales y artes y humanidades (Elsevier, 2015).

Además, es una de las bases reconocidas por Colciencias para estos temas, junto con Web of Science, según el modelo de medición de grupos de investigación de 2017.



La ecuación de búsqueda utilizada en la presente bibliometría fue:

(TITLE ((informat* W/1 securit*) AND engineer*) OR KEY ((informat* W/1 securit*) AND engineer*))

Cuando se obtuvo la matriz definitiva, se constató que los resultados arrojados hicieran referencia a la temática de estudio y se procedió a realizar una base de datos para analizar cada una de las variables requeridas para el tratamiento de la información, y posteriormente calcular y analizar los indicadores bibliométricos de cantidad y calidad.

Análisis de resultados

Productividad anual

En la figura 1, se puede observar un crecimiento importante desde el año 2000 en la producción investigativa en Ingeniería en Seguridad de Sistemas, alcanzando su punto de mayor productividad en 2008, con 97 publicaciones. A partir del año anteriormente mencionado, se evidencia un comportamiento constante en la producción; lo cual demuestra el interés por investigar en esta área. Cabe anotar que la fecha de corte de este informe es Marzo de 2019, por lo que no se consolida aún la totalidad de las investigaciones del año 2019. Las oscilaciones presentadas en el comportamiento de la cantidad de publicaciones por año, puede ser explicada por la especialización y concentración de las investigación en algunas temáticas emergentes clave, que se plantean más adelante en el texto.



Fig. 1. Cantidad de publicaciones en el campo por año.

Fuente: elaboración propia a partir de resultados obtenidos en Scopus.

Productividad de las Instituciones

Se evidencia que las publicaciones en el campo de conocimiento son realizadas por 160 Instituciones alrededor del mundo, donde del total de ellas, las 10 primeras son responsables del 17% de la producción del área, encabezando la lista Saitama University, ubicada en Saitama, Japón, con un total de 21 publicaciones; seguida de Universidad de Castilla – La Mancha, Institución española, con 13 publicaciones (figura 2). Con lo anterior, se podría afirmar que no existe Ley de Pareto, puesto que no el 20% de las instituciones publica el 80% de la producción (Pareto, 1896), es decir, no hay una concentración del conocimiento en pocas instituciones.

El interés investigativo de esta temática se manifiesta desde diferentes partes del mundo, puesto que estas Instituciones se encuentran en países como Japón, España, Sudáfrica, Noruega, Arabia Saudita, EEUU, Inglaterra, Rusia y Suecia.

Instituciones que más publican sobre el área

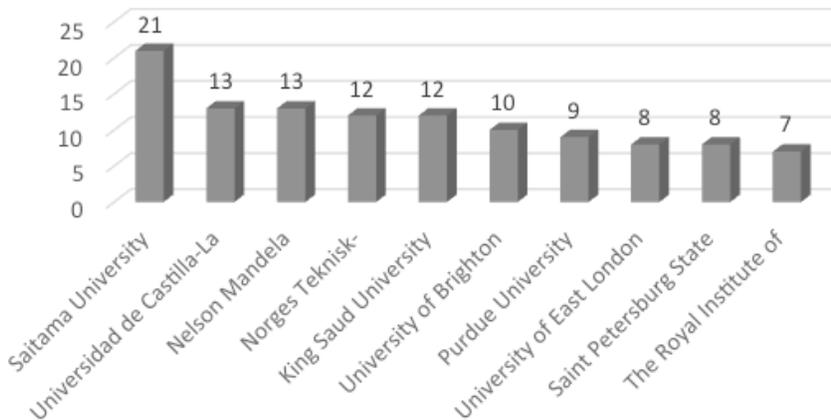


Fig. 2. Instituciones que más publican sobre temáticas relacionadas con Ingeniería en Seguridad de Sistemas.

Fuente: elaboración propia a partir de resultados obtenidos en Scopus.

Productividad por país

Los países responsables de las contribuciones en el campo son 77, de los cuales los 10 que más producen investigaciones en el área contribuyen con cerca del 64% del total de publicaciones. Si bien no se cumple estrictamente la



Ley de Pareto (Pareto, 1896), se observa una concentración de la producción en pocos países; principalmente en China y Estados Unidos. Esto podría ocasionar influencias o sesgos en los enfoques que tomen las investigaciones de otros países, principalmente los países de economías emergentes, como es el caso de Latinoamérica.

En la figura 3, se muestra que el país que más se destaca es China con 225 productos, seguido por Estados Unidos y Reino Unido con 210 y 73 publicaciones, respectivamente.

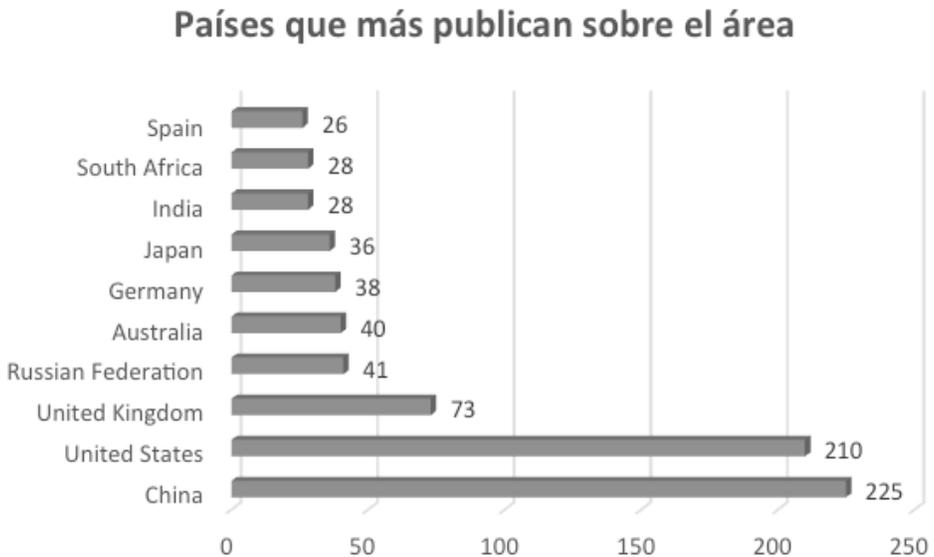


Fig. 3. Productividad por países.

Fuente: elaboración propia a partir de resultados obtenidos en Scopus.

Áreas transversales de investigación

Teniendo en cuenta la producción investigativa desde el año 1990 hasta Marzo del 2019, se puede ver que el área de mayor interés entre los investigadores es Computer science (Ciencias de la computación) con un 48% del total de las contribuciones; seguida de Engineering (Ingeniería) con un 26% y Social Sciences (Ciencias sociales) con un 11% (figura 4). Mathematics (Matemáticas) y Decision Sciences (Ciencias de decisión) son otras áreas de interés en las contribuciones en este campo informático.

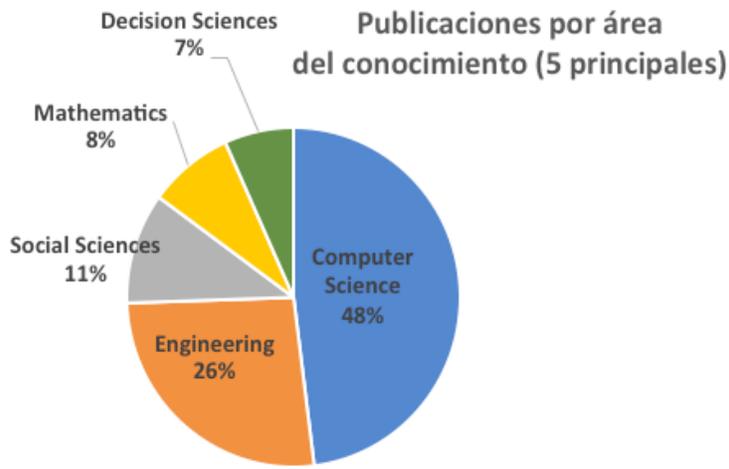


Fig. 4. Producción por áreas transversales de Ingeniería en Seguridad de Sistemas. Fuente: elaboración propia basada en resultados obtenidos en Scopus.

Temáticas emergentes en el estudio de Ingeniería en Seguridad de Sistemas en el ámbito global

Al analizar la tendencia de las temáticas investigadas entre los años 1993 y Marzo de 2019, se puede observar que Human factors (factores humanos) con 36 contribuciones, es la que ha generado mayor interés investigativo; seguida de Risk management (gestión de riesgos) con 33 publicaciones.

Otros términos relevantes en el estudio de la Seguridad de Sistemas son Privacy (privacidad), Risk Assessment (evaluación de riesgos) y Access control (control de acceso) (figura 5).

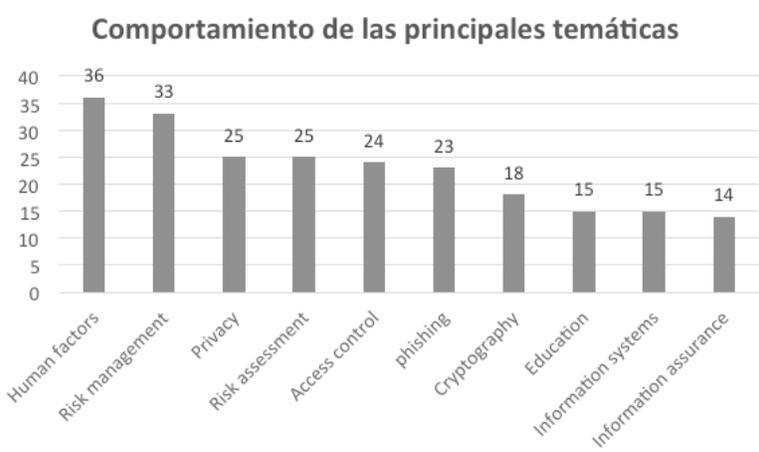




Fig. 5. Comportamiento de las principales temáticas investigadas entre los años 1993 y 2019.
Fuente: elaboración propia basada en resultados obtenidos en Scopus.

La investigación de temáticas relacionadas con Ingeniería en Seguridad de Sistemas entre los períodos 1993-2001, 2002-2010 y 2011-2019; ha tenido cambios importantes en la mayoría, mostrando comportamientos crecientes y emergentes, tal como se evidencia en la figura 6.

Es importante resaltar que desde los años 2000-2001 se ha dado un incremento significativo en la producción investigativa, mostrando así un crecimiento en términos como *Human factors*, *Risk management*, *Privacy*, *Risk assessment*, *Phishing* y *Cryptography*. Así mismo, se puede observar la temática *Information assurance* (aseguramiento de información) con un comportamiento emergente, con 14 contribuciones entre los años 2002-2010.

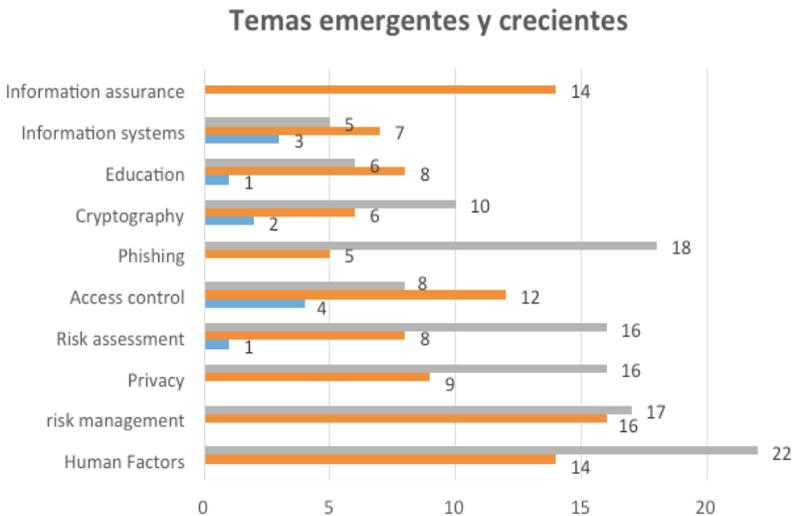


Fig. 6. Comportamiento de las temáticas emergentes, crecientes y decrecientes.
Fuente: elaboración propia basada en resultados obtenidos en Scopus.

Discusión

Discusión de temáticas emergentes

El tema de human factors es abordado principalmente desde el enfoque de la relación de los factores humanos y la seguridad de sistemas sin desconocer el uso del término en otros sentidos, como el desarrollo de tecnologías a

servicio de las necesidades humanas, incluyendo a la ergonomía en la ciencia de la seguridad (Proctor & Chen, 2015). Metalidou et al. (2014) afirman que existe una relación entre el factor humano y la Seguridad de sistemas, en el sentido que las diferentes debilidades humanas, costumbres y hábitos, pueden conllevar a acciones que perjudiquen la Seguridad de sistemas de las organizaciones. Por su parte, Alavi & Islam (2016) plantean que el factor humano es un aspecto clave en la implementación de un sistema ágil de Seguridad de sistemas para las organizaciones, donde la formación y sensibilización de los empleados es trascendental.

En la base de datos del presente estudio, los términos Risk management y Risk Assesment, son utilizadas por los autores de manera indistinta; que hacen referencia a un proceso que permite a las organizaciones identificar, analizar, cuantificar, evaluar, prevenir, corregir y mitigar diferentes amenazas que puedan ocasionar consecuencias negativas en las organizaciones. Es así como Chen (2018) propone un método para el modelado de amenazas de seguridad de sistemas para el seguimiento de las amenazas en seguridad de sistemas, denominado ISERM, en el que busca desglosar el riesgo y priorizar amenazas clave. Así mismo, autores como Díaz & Muñoz (2018) y Zaydi & Nassereddine (2018) y plantean diferentes metodologías que permitan realizar una óptima gestión del riesgo para diferentes tipos de organizaciones; incluyen el factor de la gobernanza organizacional.

Privacy se refiere a la protección de los datos e información personal de los usuarios de un sistema, puesto que esta información sobre las personas puede ser de alta sensibilidad. En diferentes países se han implementado normas y leyes que protegen a los usuarios y regulan el tratamiento de los datos privados (Mammadova, 2016). En el caso de las plataformas y servicios en la nube, Kalloniatis (2017) propone un método de ingeniería de requisitos de privacidad para obtener y modelar los requisitos de privacidad en entornos de nube, en el que hace énfasis en la necesidad particular de proteger a los usuarios de servicios cloud.

Cuando se habla de phishing, se hace referencia a la suplantación de identidad. Los piratas informáticos aprovechan esta vulnerabilidad al enviar correos electrónicos de suplantación de identidad (phishing) que inducen a los usuarios a hacer clic en enlaces maliciosos que luego descargan malware o engañan a la víctima para que revele información confidencial personal al



pirata informático (Goel, Williams & Dincelli, 2017). A pesar de la creciente preocupación por este riesgo, ha habido poca actividad de investigación centrada en la ingeniería social (Albladi & Weir, 2018).

Finalmente, cryptography se refiere a cifrar, codificar o alterar mensajes con el fin de hacerlos ininteligibles para personas o sistemas no autorizados de leerlos. Siguiendo a Vaikuntanathan (2018), la criptografía basada en la teoría de la información está llena de problemas abiertos con un sabor de complejidad de comunicación. Estas técnicas son utilizadas en pro de mantener la seguridad de los datos, puesto que se ha convertido en un problema fundamental en organizaciones, tanto públicas como privadas, que debe resolverse (Zheng, 2018).

Discusión de retos para la Ingeniería en Seguridad de Sistemas

La tecnología de la información se ha convertido en una parte integral de la vida cotidiana de las personas y las organizaciones. En la actualidad, el uso de la información impregna todos los aspectos de la vida, tanto empresarial como personal. Es por esto que la mayoría de las organizaciones necesitan sistemas de información para sobrevivir y prosperar y, por lo tanto, deben darle importancia a sus activos de información (Van Niekerk & Von Solms, 2010). Lo anterior, teniendo en cuenta que existen diferentes amenazas y ataques que pueden afectar la Seguridad de sistemas. En ese sentido, la educación en la seguridad de la información es de vital importancia para los estudiantes del área de las ciencias de la computación, principalmente los de ingeniería en Seguridad de sistemas (Gomana, Fitcher & Thomson, 2016). En consecuencia, es deber de las instituciones de educación superior garantizar que la seguridad de la información sea integrada a los programas de estudio, como ingeniería en Seguridad de sistemas.

Los diseñadores y usuarios de tecnologías de la información (TI) en estas organizaciones, necesitan tener una educación adecuada sobre las amenazas de seguridad cibernética y estar preparados para tomar las medidas apropiadas necesarias para proteger sus activos de TI. Esta es una concienciación que ha generado una importante demanda de seguridad de los sistemas de información y educación en análisis de riesgos (Anwar & Ryoo, 2010). A partir de allí, que se requieran profesionales con habilidades adquiridas en las instituciones educativas, que incluyan un factor



experimental, que permita la adquisición de experiencias relevantes en el dominio de seguridad y análisis de riesgos.

En la evolución de la Ingeniería en Seguridad de sistemas, se debe contemplar que es un campo del conocimiento en constante cambio, lo que exige estar en vigilancia permanente del entorno y la realización de prácticas de innovación continua; dentro de las instituciones y las organizaciones. Los retos de la Seguridad de sistemas se complejizan año tras año, con la aparición de nuevas tecnologías y prácticas. Es el caso del Big Data, el cual se caracteriza por altos volúmenes de información, exigencias en velocidad, variedad y veracidad de la información. Es por esto que Sou (2017) afirma que los problemas de seguridad de la información y protección de datos se amplían con estas características del Big Data, por lo tanto, el sector público y privado debe estar listo para la gestión de Big Data y enfrentar su amenaza de Seguridad de sistemas; que se agrava por la complejidad de sus componentes.

Los conceptos y la práctica de la Seguridad de sistemas han sido en su mayor parte contenidos en los departamentos de Ciencias de la Computación, Ingeniería en Seguridad de sistemas o Ingeniería Eléctrica, en la academia. Sin embargo, a medida que la era de la información madura y la TI generalizada respalda cada disciplina de ingeniería, surge como requisito y reto, incluir dentro de la formación, habilidades gerenciales (Ryan, 2003); que permitan a los ingenieros realizar mejores prácticas en Seguridad de sistemas y el entendimiento de aspectos, diferentes a los técnicos, tales como los factores humanos.

El análisis de los factores humanos permite a los administradores de Seguridad de sistemas capturar posibles relaciones de riesgo-inversión y razonar sobre ellos. El éxito general de un sistema de seguridad de la información depende del análisis de los riesgos y amenazas, para que se pueda establecer un mecanismo de protección adecuado para salvaguardarlos (Alavi & Islam, 2016). En este sentido, y tal como se mencionó en la discusión de términos emergentes, las instituciones de educación superior tienen el reto de desarrollar metodologías y conocimiento respecto a los procesos sistemáticos a utilizar para la enseñanza de los factores humanos.

Debido al rápido cambio y desarrollo de las tecnologías web y de red,



los sitios de redes sociales que apoyan las interacciones sociales entre el instructor del curso y los estudiantes pueden ser un buen lugar para apoyar la enseñanza y el aprendizaje de la seguridad de la información (Chan et al., 2017). Nagamalla & Varanasi (2017) afirman que para el 2020 se estima que la cantidad de dispositivos conectados crezca exponencialmente a cincuenta mil millones; es así como se habla del “*Internet de las cosas*”, el cual ha ganado una gran atención. A pesar de que esto contribuye a estilos de vida más inteligentes, es directamente proporcional con un aumento en los problemas de Seguridad de sistemas, que la formación en los programas de Ingeniería en Seguridad de sistemas debe prever.

Otro aspecto a considerar es la ingeniería social, dada la creciente popularidad y los avances en las tecnologías de la información y la ubicuidad de los dispositivos, se ha convertido en una de las amenazas de seguridad cibernética más desafiantes en la era contemporánea. En el contexto de la seguridad cibernética, la ingeniería social es la práctica de aprovechar las debilidades humanas a través de la manipulación para lograr un objetivo malicioso (Aldawood & Skinner, 2019). Es aquí donde nuevamente toman importancia los factores humanos.

Finalmente, se plantea que la Seguridad de sistemas es un aspecto que no solamente compete a las instituciones de educación superior. Brown (2015) sustenta que la Seguridad de sistemas es una problemática que se debe empezar a enseñar desde los planteles de educación básica primaria y secundaria. Este proceso permitiría que los estudiantes de los campos de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) tengan la capacidad de comprender los problemas de Seguridad de sistemas e identificar oportunidades de carrera y estudios de nivel superior.

Conclusiones

De los resultados de la investigación, se logra determinar que la ingeniería en seguridad de sistemas es un campo de conocimiento con actual interés de los académicos, puesto que ha mantenido su constancia en la producción científica en los últimos años. En ese sentido, se encontró que China y Estados Unidos son los países con mayor cantidad de producción relacionada a este tema 225 y 210 productos, respectivamente. La producción de los 10 principales países es del 64% del total de la producción,

esto puede generar un estado de concentración del conocimiento, que a su vez puede influenciar en alto grado las tendencias de investigación de otros países, como los países de economías emergentes.

Respecto a las temáticas emergentes, se encontró que human factors, risk management y risk Assessment, privacy, phishing y cryptography; son los temas que reportan un mayor crecimiento en el interés de los autores. En el desarrollo de programas de Ingeniería en Seguridad de Sistemas, estas temáticas son de vital importancia para la formulación de la malla curricular y los ejes temáticos a implementar en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Del mismo modo, las instituciones de educación superior deben realizar vigilancia respecto a las nuevas tendencias en temas de seguridad de sistemas, puesto que es un campo cambiante y dinámico, en el que un desfase respecto a las necesidades del entorno, podría ocasionar que los egresados no adquieran las habilidades y conocimientos necesarios para desarrollar correctamente sus funciones.

Es importante que los profesionales de Ingeniería en Seguridad de Sistemas, no solo adquieran conocimientos técnicos, sino que también se les forme en habilidades gerenciales, que permitan la correcta gestión de las problemáticas y un mejor entendimiento de factores asociados a la seguridad informática, como es el caso de los factores humanos, que han cobrado importancia en los estudios de los académicos, en el sentido de medir qué tanto afectan los factores humanos a la seguridad de las organizaciones. Finalmente, la seguridad de sistemas no es un tema que solo debe competir a las instituciones de educación superior, se requiere que también permee los centros de educación básica primaria, secundaria; y mejorar las relaciones de las instituciones con las necesidades del sector empresarial y productivo.

Referencias bibliográficas

Alavi, R. & Islam, S. (2016). Agile changes of security landscape: A human factors and security investment view. *Proceedings of the 10th International Symposium on Human Aspects of Information Security and Assurance, HAISA 2016*, 112–124. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85026430199&partnerID=40&md5=81c119c436b074367d7bb483d2f0b28c>.



Albladi, S. M. & Weir, G. R. S. (2018). User characteristics that influence judgment of social engineering attacks in social networks. *Human-Centric Computing and Information Sciences*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s13673-018-0128-7>.

Aldawood, H. & Skinner, G. (2019). *Educating and Raising Awareness on Cyber Security Social Engineering: A Literature Review*. *Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering*, TALE 2018, 62–68. <https://doi.org/10.1109/TALE.2018.8615162>.

Anwar, S. & Ryoo, J. (2010). A framework for the integration of information security and risk analysis concepts into an undergraduate engineering technology degree. *Computers in Education Journal*, 20(4), 41–45.

Brown, C. W. (2015). Homeland security information technology and engineering (ITE) professional development training for educators in urban high schools. In *Professional Development and Workplace Learning: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (Vol. 1, pp. 134–149). <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-8632-8.ch010>.

Barreto, F., Dias, A. & Bessa., A. (2010) “Security Engineering Approach to Support Software Security”. 6th World Congress on Services. Florida, United States.

Bayuk, J (2011) “Systems Security Engineering,” in *IEEE Security & Privacy*, vol. 9, no. 2, pp. 72-74.

Beswick, R (2017) “Computer Security as an Engineering Practice: A System Engineering Discussion,” 6th International Conference on Space Mission Challenges for Information Technology (SMC-IT), Alcalá de Henares, pp. 61-69.

Blanchard, B. & Fabrycky, W., (2006) “Systems Engineering and Analysis”, Prentice Hall.

Cano, L. (2017) “A modern approach to security: Using systems engineering and data-driven decision-making” *IEEE International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST)*. Florida, United States.

Chan, R. Y.-Y., Ho, K. M., Jia, S., Wang, Y., Yan, X. & Yu, X. (2017). Facebook

and information security education: What can we know from social network analyses on Hong Kong engineering students? *Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering*, TALE 2016, 303–307. <https://doi.org/10.1109/TALE.2016.7851811>.

Chen, Y.-T. (2018). Modeling Information Security Threats for Smart Grid Applications by Using Software Engineering and Risk Management. 2018 6th *IEEE International Conference on Smart Energy Grid Engineering*, SEGE 2018, 128–132. <https://doi.org/10.1109/SEGE.2018.8499431>.

Devanbu, P. & Stubblebine, S., (2000) “Software Engineering for Security: a Roadmap”, *Proceedings of the Conference on the Future of Software Engineering*, pp. 227-239.

Díaz, O. & Muñoz, M. (2018). Implementation of a DevSecOps + Risk Management in a Data Center of a Mexican Organization . *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, (26), 43–53. <https://doi.org/10.17013/risti.26.43-53>.

Firesmith, D. (2007) “Engineering Safety and Security Related Requirements for Software Intensive Systems,” *Proceedings of the 29th International Conference on Software Engineering*. IEEE Computer Society.

Goel, S., Williams, K. & Dincelli, E. (2017). Got phished? Internet security and human vulnerability. *Journal of the Association of Information Systems*, 18(1), 22–44.

Gomana, L. G., Futch, L. A. & Thomson, K. (2016). An educators perspective of integrating information security into undergraduate computing curricula. *Proceedings of the 10th International Symposium on Human Aspects of Information Security and Assurance*, HAISA 2016, 179–188.

Irvine, C. & Nguyen, T. (2010) “Educating the Systems Security Engineer’s Apprentice,” in *IEEE Security & Privacy*, vol. 8, no. 4, pp. 58-61.

Kallberg J. & Thuraisingham, B. (2012) “Towards cyber operations - The new role of academic cyber security research and education,” 2012 *IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics*, Arlington, VA, pp. 132-134.



Kalloniatis, C. (2017). Incorporating privacy in the design of cloud-based systems: A conceptual meta-model. *Information and Computer Security*, 25(5), 614–633. <https://doi.org/10.1108/ICS-06-2016-0044>.

Mailloux, L (2018) “Bringing Systems Engineering and Security Together: A Systems Security Engineering Learning Path,” IEEE International Systems Engineering Symposium (ISSE), Rome, 2018, pp. 1-6.

Mammadova, M. (2016). The problems of information security of electronic personal health data. *Proceedings - 2015 7th International Conference on Information Technology in Medicine and Education, ITME 2015*, 678–682. <https://doi.org/10.1109/ITME.2015.158>.

McGraw, G., Allen, J., Mead, N., Ellison, R. & Barnum, S. (2013) *Software Security Engineering: A Guide for Project Managers*. Carnegie Mellon University.

McNulty, L (1990) “Professional certification for computer security professionals,” Proceedings of the Sixth Annual Computer Security Applications Conference, Tucson, AZ, USA, 1990, pp. 449-.

Metalidou, E., Marinagi, C., Trivellas, P., Eberhagen, N., Skourlas, C. & Giannakopoulos, G. (2014). *The Human Factor of Information Security: Unintentional Damage Perspective*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 147, 424–428. <https://doi.org/doi:10.1016/j.sbspro.2014.07.133>.

Nagamalla, V. & Varanasi, A. (2017). A review of security frameworks for Internet of Things. *2017 International Conference on Information Communication and Embedded Systems, ICICES 2017*. <https://doi.org/10.1109/ICICES.2017.8070757>.

Pancho-Festin, S. & Mendoza, M. (2014) “Integrating computer security into the undergraduate software engineering classes: Lessons learned,” IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE), Wellington, 2014, pp. 395-397.

Pareto, V. (1896). *Cours d'économie politique*. Université de Lausanne.

Proctor, R. W. & Chen, J. (2015). The Role of Human Factors/Ergonomics in the Science of Security: Decision Making and Action Selection in Cyberspace.

Human Factors, 57(5), 721–727. <https://doi.org/10.1177/0018720815585906>.

Rubin, B. & Misra, B (2007) “Creating a Computer Security Curriculum in a Software Engineering Program,” 29th International Conference on Software Engineering (ICSE’07), Minneapolis, MN, pp. 732-735.

Ryan, J. J. C. H. (2003). Teaching information security to engineering managers. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, 2, F4C1-F4C6. <https://doi.org/10.1109/FIE.2003.1264755>.

Sou, G. (2017). Big data management under internet engineering and information security threat. *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2229, 428–433.

Vaikuntanathan, V. (2018). Some open problems in information-theoretic cryptography. *Leibniz International Proceedings in Informatics, LIPIcs*, 93. <https://doi.org/10.4230/LIPIcs.FSTTCS.2017.5>.

Van Niekerk, J. F. & Von Solms, R. (2010). Information security culture: A management perspective. *Computers and Security*, 29(4), 476–486. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2009.10.005>.

Wolf, A. (2004) “Is Security Engineering Just Really Good Software Engineering?” *Proceedings of the 12th ACM SIGSOFT International Symposium on Foundations of Software Engineering*.

Zaydi, M. & Nassereddine, B. (2018). A new approach of information system security governance: A proposition of the continuous improvement process model of information system security risk management: 4D-ISS. *Proceedings - 2018 IEEE 27th International Conference on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, WETICE 2018*, 85–90. <https://doi.org/10.1109/WETICE.2018.00028>.

Zheng, X. (2018). The application of information security encryption technology in military data system management. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, Vol. 456, pp. 423–428. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-6232-2-49>.



CAPÍTULO 3

PRINCIPALES TENDENCIAS INVESTIGATIVAS EN SEGURIDAD DE REDES INFORMÁTICAS A PARTIR DEL ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO DE LA LITERATURA DESDE 1973 AL 2019

¹María Camila Bermeo Giraldo; ²Alejandro Valencia Arias; ³Luis Fernando Garcés Giraldo; ⁴David Alberto García Arango

Ingeniería industrial. Institución Universitaria Escolme, E-mail: cies2@escolme.edu.co

Doctorado en Ingeniería-Industria y Organizaciones, programa de Ingeniería de Sistemas, Corporación Universitaria Americana, E-mail: jvalencia@americana.edu.co

Posdoctor en Derecho y Posdoctor en Filosofía, Vicerrector de Investigaciones, Corporación Universitaria Americana, E-mail: lgarces@americana.edu.co

Magister en Matemáticas Aplicadas, programa de Ingeniería de Sistemas, Corporación Universitaria Americana, E-mail: dagarcia@coru-niamericana.edu.co

Resumen

El creciente uso del internet y la conectividad, ha puesto en riesgo uno de los activos más importante de las organizaciones, la información. Este capítulo busca indagar sobre tendencias investigativas en redes y seguridad informática, mediante un análisis bibliométrico para proporcionar herramientas a profesionales de la información y del área de sistemas, aportando al desarrollo investigativo en el campo de la seguridad informática. Se identifican 1857 publicaciones científicas en el periodo 1973-2019 y un total de 3533 autores resaltándose como los más influyentes a Bresnahan J., Czajkowski K., Foster I., Gawor J., Kesselman C., Meder S., Pearlman L., Siebenlist F., Tuecke S., y Welch V., por elaborar el documento (Security for Grid services) de mayor impacto en la literatura con 359 citas y como lo que más contribuyen en la producción a Miguel, J., Miloslavskaya, N. y Xhafa, F., con 10 publicaciones. Las tendencias revelan como temáticas principales el estudio de la conectividad de dispositivos (internet de las cosas), la protección y privacidad de datos, uso de



plataformas en red, detección y control de acceso y, arquitecturas, protocolos y sistemas, concluyéndose el creciente interés de los investigadores por analizar los riesgos en la red para establecer políticas de seguridad de la información en las organizaciones.

Palabras clave: red de seguridad, bibliometría, publicación científica, Scopus.

Abstract

The increasing use of the internet and connectivity has put at risk one of the most important assets in organizations, information. This chapter seeks to investigate research trends in networks security, through a bibliometric analysis to provide tools to information professionals and the area of systems, contributing to the research development in the field of computer security. We identified 1857 scientific publications in the period 1973-2019 and a total of 3533 authors standing out as the most influential to Bresnahan J., Czajkowski K., Foster I., Gawor J., Kesselman C., Meder S., Pearlman L., Siebenlist F., Tuecke S., and Welch V., for producing the document (Security for Grid services) with the greatest impact in the literature with 359 citations and as the main contribution in the production to Miguel, J., Miloslavskaya, N. and Xhafa, F., with 10 publications. The trends reveal as main topics the study of the connectivity of devices (internet of things), the protection and privacy of data, use of network platforms, detection and access control and, architectures, protocols and systems, concluding the increasing interest of researchers to analyze the risks in the network to establish information security policies in organizations.

Key words: network security, Bibliometrics, Scientific publishing, Scopus.

Introducción

El impacto de la incursión de la red en la comunicación dio paso a una era de economía digital que apuesta al adelanto de las naciones en desarrollo y a la competitividad empresarial (Cebrián, 2011). En este sentido, la comunicación actual se realiza mediante el internet, por lo que el uso de esta herramienta ha traído consigo múltiples beneficios, entre ellos, la posibilidad de un mundo interconectado, pero también, el aumento del

riesgo y la vulnerabilidad de los datos, de allí la alta demanda que presenta hoy en día la seguridad de la información (Manikandan y Radha, 2018). Hein, Morozov y Saiedian (2015), mencionan que la principal preocupación en la administración de la información es la seguridad, la cual está supeditada al desarrollo acelerado de la tecnología basada en las redes informáticas, y es percibida por los usuarios como el principal obstáculo para llevar a cabo sus objetivos cuando navegan por la web. Según Cárdenas-Solano et al., (2016) el aumento de los riesgos dentro de la gestión de la información está relacionado con la creciente población mundial que hace uso del internet.

A respecto, Muñoz y Rivas (2015) argumentan que las organizaciones requieren de la protección de los datos almacenados y de los sistemas de red utilizados para el intercambio de flujos de información, ya que los canales y la tecnología inalámbrica utilizada es susceptible de recibir intermitencia de carácter intencional y por tal razón, estar expuesta a ataques cibernéticos (Fang et al., 2016). Además, para Pawar y Anuradha (2015), aún se carece de metodologías de seguridad que se puedan implementar de una forma fácil en las organizaciones. En tanto, la literatura ha analizado la creación de políticas de seguridad de la información en respuesta a los nuevos retos comerciales de las empresas, donde la velocidad y seguridad en la transmisión de la información es vital (Vega, 2018).

En consecuencia, la importancia de la red y la seguridad de la información ha migrado a instancias internacionales, donde distintos países han evidenciado la necesidad de regular y establecer sistemas de seguridad basados en la cooperación internacional. De este modo, existe la prioridad de formular estrategias para prevenir y dar una mejor respuesta a los ataques cibernéticos, que ponen en riesgo activos de seguridad y la gestión internacional (Srinivas, Das y Kumar, 2019). Ello, porque los riesgos de la seguridad informática crean desconfianza entre los usuarios, lo cual se ve reflejado en el desaprovechamiento de estas herramientas y en la baja adopción y utilización de los sistemas de redes de comunicación. Con lo anterior, Colombia a través del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones-MinTIC propone un Modelo Nacional de Gestión de Riesgos de Seguridad Digital para que todas las organizaciones entidades públicas, privadas y mixtas, puedan identificar las amenazas a las que se expone cuando se hace uso del entorno digital para generar consciencia acerca de la toma de decisiones acertadas y la aplicación de metodologías



apropiadas de gestión de riesgos (MinTIC, 2017).

Por otro lado, Bonilla y González (2012), resaltan la importancia de considerar la seguridad informática en la planeación estratégica de las organizaciones, ya que esto constituye un factor clave para el éxito empresarial. La seguridad de la información es una temática que va en aumento acelerado en la literatura ya que actualmente “la información se ha convertido en una fuente de riqueza y de riesgo para las compañías” (Cárdenas-Solano et al., 2016, p. 942), por tanto, debe existir una adecuada gestión de la información para protegerla como el activo que representa. Para Dussan (2006), las empresas pueden implementar desde varios ámbitos la seguridad de la información como: (1) seguridad física, en el acceso físico, estructuras y áreas de gestión de los datos; (2) seguridad de la red en el ámbito empresarial, coordinada desde los sistemas operativos, aplicaciones y el internet; (3) la de usuarios, contraseñas, seguridad en puesto de trabajo, formación y capacitación; (4) de datos, criptografía, codificación, respaldos de seguridad, protección ante virus, gestión de contingencias; (5) auditorías, identificación de riesgo, monitoreo, asesorías especializadas y auditorías periódicas; (6) términos legales, buenas prácticas, convenios y acuerdos, leyes y políticas de seguridad.

En cuanto al estado actual de la seguridad informática en Latinoamérica según Deloitte, (2016), las tendencias en cuanto a la gestión de ciberriesgos y seguridad informática afirman que el 20% de las empresas no tienen centralizado en un área las operaciones de seguridad, por lo que 4 de cada 10 de estas organizaciones fueron vulneradas en la seguridad de sus datos en los últimos 2 años. También, se resaltan la falta de presupuesto y de recursos suficientes para afrontar las amenazas de la red. Otras de las tendencias halladas señalan que menos del 10% de las empresas llevan el seguimiento de indicadores para evaluar la gestión seguridad de la información y así prever estos ataques, y finalmente, aun es insuficiente la capacitación que reciben los empelados acerca de los riesgos para su correcto entendimiento, lo cual incide en las dudas sobre las responsabilidades adquiridas en los procesos de seguridad (Deloitte, 2016).

Por su parte, para Colombia, Almanza, (2016), expone algunos resultados acerca de la situación sobre la seguridad de la información, en donde sobresale la importancia del involucramiento y responsabilidad



compartida entre los directivos y el oficial o director de seguridad de la información (en inglés, CISO) en las organizaciones para la toma de decisiones. Adicionalmente, Almanza, (2016) expone la novedad de algunas amenazas como el Ransomware, programa que limita el acceso al sistema operativo que infecta y cobra por recuperarlo, evidenciando la capacidad de evolución de los ataques informáticos. Así lo afirma también, el reporte del año 2018 sobre ciberseguridad de Cisco Systems (2018), ya que ahora se tienen herramientas más efectivas, como la encriptación, y tácticas más inteligentes, que hacen uso del Internet para hacer más difícil la identificación de los ataques. El estudio también revela el costo que representa para las organizaciones los ataques a la información puesto que el 53% de los encuestados manifestaron ser atacados en sus empresas dejando daños que superan los USD \$500,000 entre pérdida de ingresos, clientes y costos de oportunidad (Cisco Systems, 2018).

Por tal motivo, desde la universidad existe la necesidad por parte de investigadores y grupos de investigación de estar a la vanguardia, no solo de producción científica, sino también acerca de información que sirva como insumo para crear estrategias en la solución de asuntos administrativos, evaluación de la calidad de la investigación, tener asesoramiento y formación acerca de temas recientes y su evolución, así como la necesidad de conocer posibles metodologías y mejores prácticas no solo para el ámbito investigativo sino aplicables al sector industrial (Peralta, Frias, & Chaviano, 2014).

Para la Corporación Universitaria Americana - CUA, los indicadores bibliométricos y análisis métricos relacionados a las áreas de la seguridad informática pueden, ser elementos sustanciales que promueven solo estrategias de buenas prácticas para establecer protocolos de seguridad en sus equipos, sino también información eficaz y eficiente sobre recomendaciones y diseños orientados al aumento del nivel de seguridad en la administración de la información. En consecuencia, este documento, pretende exponer el panorama académico en cuanto a tendencias en seguridad informática, dado que se ha catalogado como uno de los temas emergentes en la ingeniería de sistemas.

Las secciones posteriores del capítulo serán abordadas de la siguiente manera: primero se expone la metodología, siguiendo con los resultados



del análisis y las conclusiones obtenidas mediante los indicadores bibliométricos, para explicar los escenarios de actuación del tema de la seguridad en la red y también el impacto generado en la literatura con el fin de proporcionar herramientas a los profesionales de la información y del área de sistemas para que puedan aportar a la mejora continua de los problemas en la seguridad informática.

Metodología

Se realizó un estudio bibliométrico descriptivo y transversal sobre el total de documentos escritos acerca de la seguridad de redes informáticas (*network security*), con el objetivo de identificar las tendencias y evolución de las diferentes áreas relacionadas con la temática. Este se desarrolló en tres etapas, la primera consistió en la obtención de la información necesaria, a través de la base de datos; la segunda, la estructuración de la ecuación de búsqueda; y la tercera, el cálculo de indicadores bibliométricos.

Base de datos

El análisis bibliométrico requiere seleccionar adecuadamente los registros de bases de datos donde se encuentran los documentos relevantes de la temática (Amat & Yegros-Yegros, 2011), de allí que las fuentes se prefieran formales en el contexto académico. La selección de las fuentes para extraer la información contó con el análisis de criterios como la accesibilidad, flexibilidad y área de estudio, en este sentido se consideraron las bases de datos ISI, SCOPUS y Google Scholar por encima de las demás disponibles, puesto que, su uso en la literatura es frecuente (Boeris, 2011). Teniendo en cuenta lo anterior se eligió la base de datos bibliográfica SCOPUS, ya que proporciona acceso a bases de datos interdisciplinarias, brindando facilidad en la gestión de la información analizada y permitiendo observar el cálculo de indicadores sobre el impacto del documento y el autor, lo cual es relevante para la escogencia de las publicaciones científicas que son pertinentes al área de estudio (Hall, 2011).

Recolección de la información y términos de búsqueda

En esta etapa, se delimitó la ecuación de búsqueda según el objetivo del presente estudio. De acuerdo con la consideración de SCOPUS como la base universal de literatura con publicaciones objeto de procesos de revisión

por pares y con diferentes opciones de búsquedas por documentos autor, afiliación y avanzada (Elsevier, 2017), se analizó también en el contexto colombiano, resultando como una de las bases reconocidas por Colciencias, junto con Web of Science (WoS), según el modelo de medición de grupos de investigación del 2017 (Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e Innovación-Colciencias, 2017). De lo anterior se escogió a SCOPUS como el buscador y se procedió a definir los términos de búsqueda la ecuación, la cual se presenta a continuación:

```
(TITLE ((informat* W/1 securit*) AND network*) OR KEY ((informat* W/1 securit*) AND network*)) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Network Security"))
```

Documentos seleccionados y análisis de datos

Los resultados arrojados de la búsqueda registraron un total de 1857 documentos, los cuales se revisaron cuidadosamente que fueran pertenecientes a la temática de estudio para poder construir la base de datos objeto de análisis. Una vez obtenida la base de datos, se procedió a realizar el examen de las variables requeridas para el tratamiento de la información y posteriormente se calcularon los indicadores bibliométricos de cantidad, calidad y el análisis de tendencias.

Para la construcción de los indicadores, se utilizaron las tablas derivadas de la base de datos general, hallando los siguientes indicadores de producción: productividad de los autores, instituciones y revistas y de impacto o calidad como: citas por artículo, por revista y por cada autor. También, se calcularon el número de publicaciones científicas y su distribución anual y las áreas de documentos donde más se publica sobre la seguridad en la red. Finalmente, se revisan los documentos y se analizan los temas que han sido objeto de estudio y se resaltan como tendencia en la literatura.

Análisis de resultados

Productividad anual

La figura 1 presenta el rango de las publicaciones entre los años 1973 y el 2019, identificándose 1857 documentos en total. Se observa un crecimiento



importante en la producción investigativa en Network Security desde el año 2000 alcanzando su punto de mayor productividad en el 2009, con 278 publicaciones. A partir del año anteriormente mencionado, se evidencia un comportamiento de producción constante, teniendo en cuenta una disminución en los años 2011, 2012 y 2013 y posterior recuperación del indicador, lo cual demuestra el interés de autores por investigar el área en los últimos 5 años. Cabe anotar, que la fecha de corte de este estudio es marzo de 2019, por lo que no se consolida aún la totalidad de las investigaciones del presente año. También es posible observar la continuidad de la temática ya que al menos una publicación fue generada por año consecutivo desde el 2000 hasta el 2019.

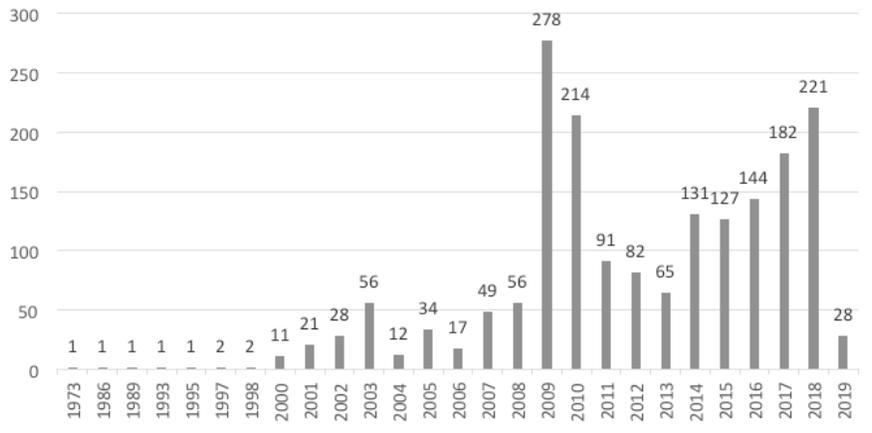


Fig 1. Cantidad de publicaciones en el campo por año.

Fuente: elaboración propia a partir de resultados obtenidos en Scopus.

Productividad de las instituciones

La tabla 1 muestra las instituciones con el mayor número de publicaciones sobre la temática. Se evidencia que las publicaciones en el campo de conocimiento son realizadas por 160 Instituciones alrededor del mundo, de las cuales las 10 primeras son responsables de cerca del 20% de la producción del área. En este orden de ideas, encabeza la lista Chinese Academy of Sciences, ubicada en China, con un total de 38 publicaciones; seguida de Wuhan University, también de China, con 24 publicaciones. Al analizar las primeras 10 instituciones más productivas sobre la seguridad en la red, se encuentra el gran interés investigativo que tiene China acerca de la

temática, ya que 8 de las 10 Instituciones son quienes más contribuyen en las publicaciones; seguido de Rusia, con 2 Instituciones. Las demás distribuciones de las publicaciones por institución de presentan en la tabla 1:

#	Institución	Publicaciones
1	Chinese Academy of Sciences	38
2	Wuhan University	24
3	Xidian University	23
4	Ministry of Education China	22
5	Beijing University of Posts and Telecommunications	22
6	National Research Nuclear University MEPhI	19
7	Harbin Institute of Technology	15
8	North China Electric Power University	15
9	University of Chinese Academy of Sciences	15
10	Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics ITMO	15

Tabla 1. Instituciones que más publican sobre temáticas relacionadas con Network Security
Fuente: elaboración propia a partir de resultados obtenidos en Scopus.

Este resultado da cuenta de la apuesta que hacen estas dos potencias en cuanto a seguridad informática y el valor que tiene para estas la gestión de la información, lo cual se ve sustentado en el estudio de Schreiber (2019), el cual indica que China y Rusia han destinado gran volumen del presupuesto para invertir en la mejora de políticas de regulación y de seguridad en la red.

Productividad por país

La figura 2, muestra los países que tuvieron el mayor número de publicaciones. De allí, los países responsables de las contribuciones en el campo son 81, de los cuales los 10 que más producen investigaciones en el área lo hacen con el 72% del total de publicaciones. De acuerdo con la tabla 1 y las instituciones más productivas, también se destaca a China con 225 productos, seguido por Estados Unidos y Reino Unido con 210 y 73 publicaciones, respectivamente.

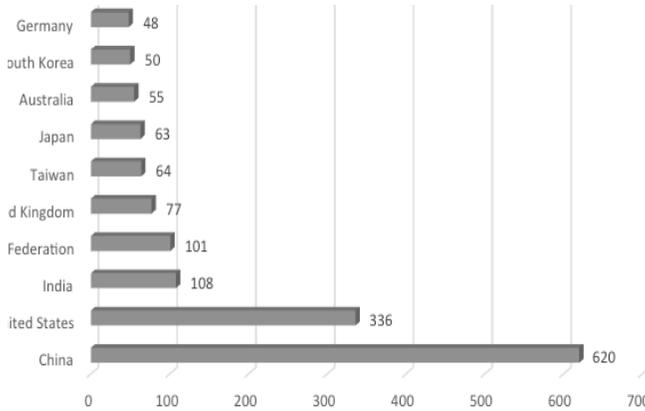


Fig 2. Productividad por países.

Fuente: elaboración propia a partir de resultados obtenidos en Scopus.

Revistas más productivas

A continuación, en la figura 3, se presenta la distribución de los resultados de las 10 revistas científicas principales que más contribuyen a publicaciones al área de estudio. El primer lugar lo ocupa Lecture Notes In Computer Science Including Subseries Lecture Notes In Artificial Intelligence And Lecture Notes In Bioinformatics con 108 publicaciones. Esta es una serie de paper y ponencias de conferencias que se interesa acerca de nuevos desarrollos en la investigación relacionadas con las ciencias de la computación e información tecnológica, al área de la educación en informática y a la cooperación con las comunidades de I + D de ciencias de la computación incluyendo los grandes investigadores e instituciones de esta disciplina (Springer, 2018). El segundo lugar en el top de revistas que más publica sobre seguridad informática lo ocupa ACM International Conference Proceeding Series con 47 documentos. Dicha revista recopila papers y conferencias de innovación y del campo de la computación, los cuales permiten la presentación y discusión de investigación de los temas más recientes sobre la informática (Association for Computing Machinery-ACM, 2019). En tercer lugar, se hallan las revistas Communications In Computer And Information Science y Jisuanji Xuebao Chinese Journal Of Computers con 26 publicaciones cada una. La revista Communications In Computer And Information Science se dedica a publicar papers de conferencias abarcando todos los temas sobre informática, incluyendo la teoría de la computación, ciencia, tecnología de la información y la comunicación con sus aplicaciones en las distintas áreas de conocimiento

(Springer, 2019) y la revista Jisuanji Xuebao Chinese Journal Of Computers dedicada a la publicación de las investigaciones más avanzadas en los campos de informática como software, teoría de la informática, inteligencia artificial, seguridad de la información, bases de datos, redes informáticas y la tecnología (Chinese Journal of Computers, n.d.). Las demás posiciones de las 10 primeras revistas más productivas se evidencian en la figura 3.



Fig 3. Productividad por revista.

Fuente: elaboración propia a partir de resultados obtenidos en Scopus.

Áreas transversales de investigación

En cuanto a las disciplinas de estudio en donde se han realizado las investigaciones relacionadas a la seguridad informática, la producción científica desde el año 1973 hasta marzo del 2019 evidencia que el área de mayor interés es Computer science (Ciencias de la computación) con un 53% del total de las contribuciones; seguida de Engineering (Ingeniería) con un 26%, Mathematics (Matemáticas) con un 10% y finalmente, Social Sciences (Ciencias sociales) y Decision Sciences (Ciencias de decisión) con 6% y 5% respectivamente, hallándose como otras áreas de interés en las contribuciones en este campo informático.

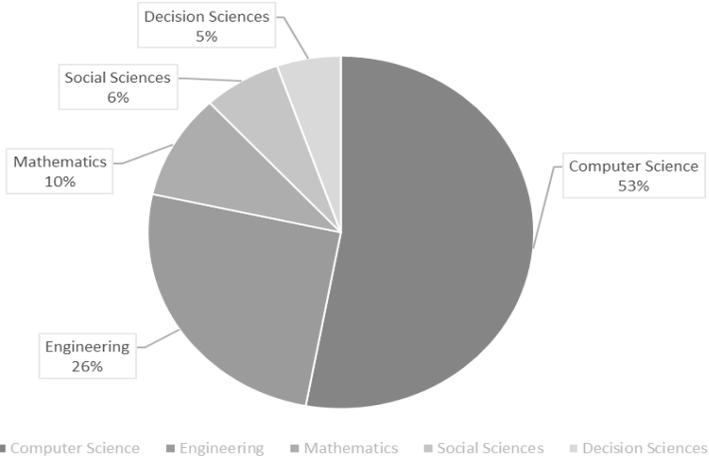


Fig 4. Producción por áreas transversales relacionadas con Network Security.
Fuente: elaboración propia basada en resultados obtenidos en Scopus.

Productividad de autores

Respecto a la distribución de autores por documentos publicados, el primer puesto lo lideran Miguel, J., Miloslavskaya, N. y Xhafa, F., con 10 publicaciones, seguido por Kotenko, I. y Wu, Q. con 9 publicaciones y el tercer lugar lo ocupan, Dang-Pham, D., y Lebedev, I. con 8 documentos cada uno. En la Figura 5 se observan los diez autores con la mayor productividad acerca del tema de la seguridad informática.

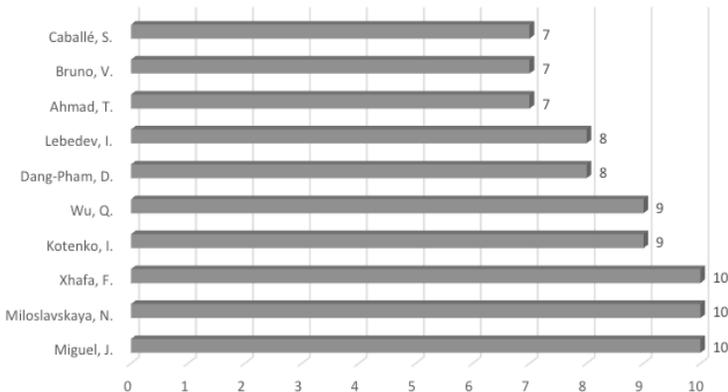


Fig 5. Autores que más publican.
Fuente: elaboración propia basada en resultados obtenidos en Scopus.

Impacto por año

En general, los 1857 registros de la base de datos tuvieron en total 11507 citas durante el periodo comprendido entre 1973 y el 2019. La distribución del promedio de citas por año y por documento se presenta a continuación en la figura 6, destacándose como los años con mayor impacto en la temática (mayor número de citas por año) 1973, 1997, 2000 y 2002 con 55, 63, 31 y 21 citas respectivamente.

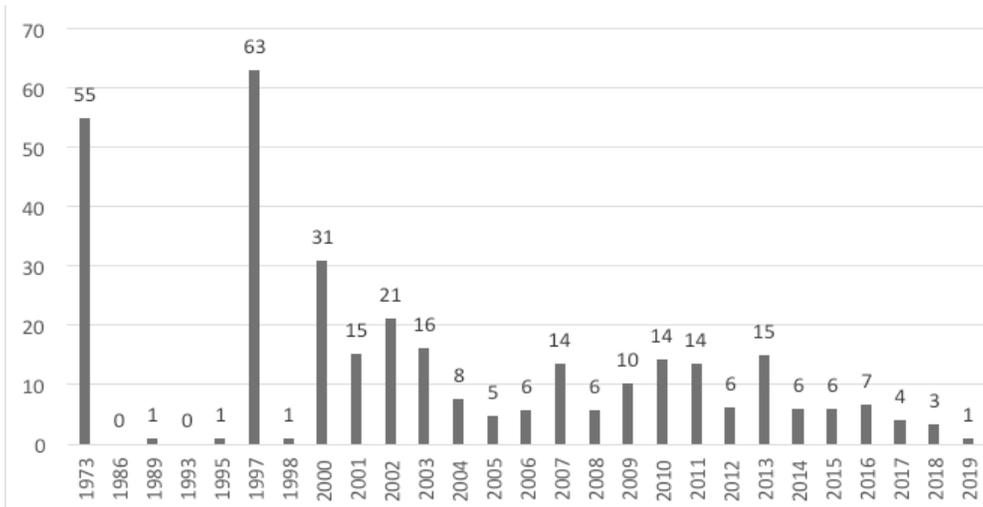


Fig 6. Año de mayor impacto.

Fuente: elaboración propia basada en resultados obtenidos en Scopus.

También se comparó este resultado con el indicador de cantidad de publicaciones por año de la figura 1, para saber si algún periodo coincidía con el indicador del año de mayor impacto de la figura 6. En este sentido, no se encontró que el año más citado fuera también el de mayor producción, sin embargo, este hallazgo permite inferir que la primera aparición de la temática en la literatura en el año 1973 generó el mayor impacto entre los investigadores, al ser este periodo donde se generó el documento con el mayor número de citas.

Revistas con mayor impacto

En la figura 7 se presenta las diez revistas con mayor citación en las publicaciones de seguridad informática. El primer lugar lo ocupa la revista



Proceedings of the IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing con 359 citaciones; seguida por New Journal of Physics con 313 citaciones; en tercer lugar, se halla la revista IEEE Transactions on Vehicular Technology con 148; en la cuarta posición, IEEE Transactions on Power Delivery con 125 y en quinto lugar Applied Soft Computing Journal con 121 citaciones.

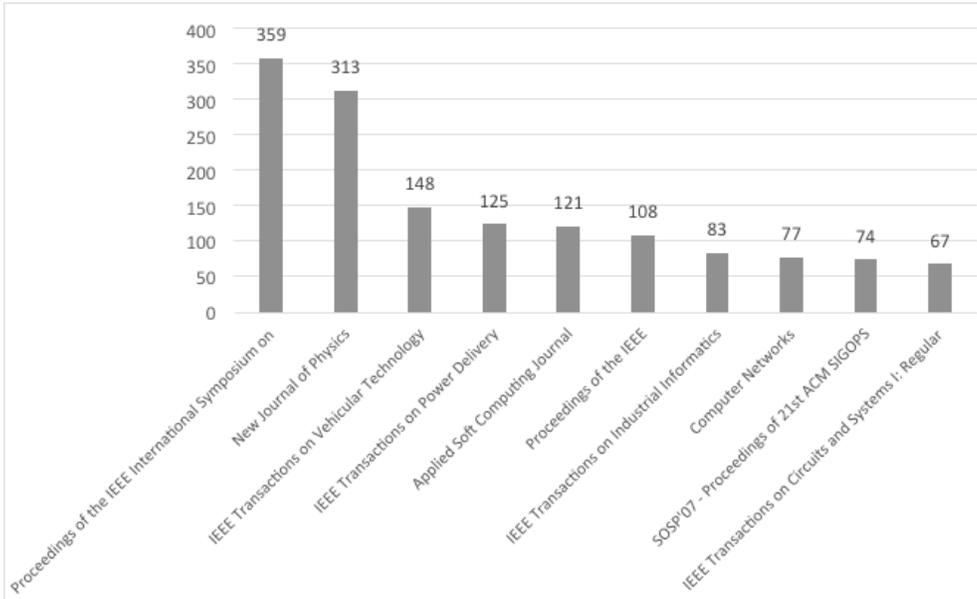


Fig 7. Revistas más citadas.

Fuente: elaboración propia basada en resultados obtenidos en Scopus.

Por otro lado, al analizar los dos indicadores de revistas por productividad en la figura 3 y revistas más citadas en la figura 7, se halla una significativa participación e impacto en la producción y visibilidad de la temática. Del análisis, no se encuentran revistas entre las primeras 10, que aparezcan listadas dentro en los dos indicadores anteriormente descritos, pero, se puede resaltar la alta difusión de la temática al tratarse de revistas de divulgación de papers y ponencias de congreso.

Autores con mayor impacto

En la Figura 8, se evidencian los diez autores con mayor número de citaciones con respecto a publicaciones realizadas sobre la seguridad informática. Encabezando el listado se encuentran 10 autores: Bresnahan

J., Czajkowski K., Foster I., Gawor J., Kesselman C., Meder S., Pearlman L., Siebenlist F., Tuecke S., y Welch V., con 359 citaciones correspondientes al paper de conferencia “Security for Grid services”, el cual se destaca como el documento más citado en el presente estudio. Los autores abordan en la publicación, la descripción de la resolución de problemas técnicos de seguridad en la red en los servicios ofrecidos de la compañía Grid computing. Asimismo, el segundo lugar lo ocupan Liao, X., y Wong, K., con 349 citaciones cada uno. Las demás distribuciones de las citaciones por autor se presentan a continuación:

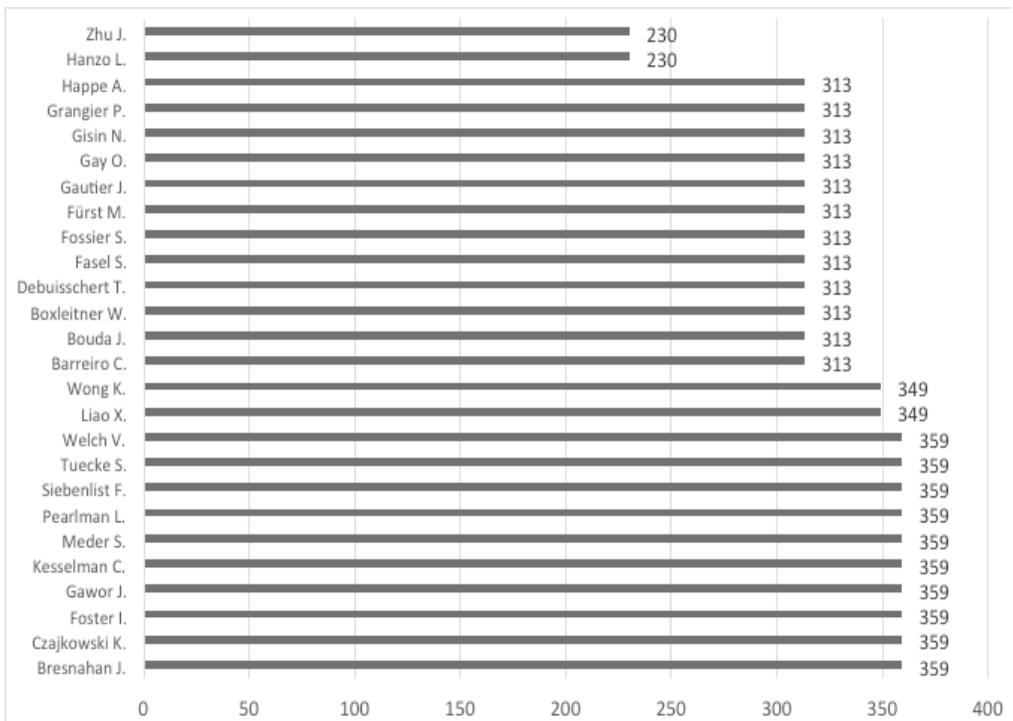


Fig 8. Autores más citados.

Fuente: elaboración propia basada en resultados obtenidos en Scopus.

Tendencias investigativas en Redes y Seguridad Informática

A continuación, en la figura 9 se presentan de forma resumida un esquema que relaciona las palabras y tópicos que son tendencia en las publicaciones científicas acerca de redes y seguridad informática durante el periodo 1973 al 2019:



Fig 9. Tendencias de investigación sobre redes y seguridad informática.

Fuente: elaboración propia basada en resultados obtenidos en Scopus.

La investigación en materia de seguridad informática ha sido abordada por muchos autores alrededor del mundo desde diferentes enfoques; hay algunos que hacen énfasis en la revisión de información para la generación de nuevas aplicaciones, sistemas y metodologías de seguridad eficientes basados en temas de especial importancia como el internet de las cosas resaltando, además, las necesidades de privacidad, la gestión y evaluación del riesgo integrando el uso de herramientas como la criptografía. Se encuentran autores como Deng y Wang (2017) quienes discutieron en profundidad las tecnologías y los desafíos clave para desarrollar una ruta técnica de transmisión de datos segura y eficiente para redes de distribución activas, señalando que la búsqueda de información sobre este tema tendrá un gran valor de investigación e importancia social en los próximos años.

De la misma manera, autores como Rahman y Jackson (2017) desarrollaron una investigación en la que se evaluaron los desarrollos significativos en los mecanismos de protección de la seguridad de la red según se aplican a la comprensión actual del internet de las cosas. Este estudio, se llevó a cabo buscando diferentes fuentes académicas y se evaluaron diferentes métodos, estrategias y marcos relacionados con la seguridad de internet de las cosas (en inglés IoT). Igualmente, Eastman y Kumar (2017) realizaron una simulación de varios tipos de ataques en el internet de las cosas para determinar si los parámetros de caída de paquetes y consumo de energía pueden ser parámetros útiles para detectar esos ataques. Los resultados

indicaron que, de hecho, la pérdida de paquetes puede ser un parámetro útil para los ataques con reenvío selectivo y ataques de denegación de servicio, mientras que el consumo de energía puede ser un parámetro útil sólo para los ataques de denegación de servicio. En la misma línea, Buddika (2018) destacó la importancia de la privacidad y seguridad en dispositivos móviles y servicios de redes sociales, proponiendo que ahora, con el internet de las cosas, la demanda de sistemas de seguridad robustos para evitar ataques es esencial.

De la mano con lo anterior, Gomba y Nleya (2018) hicieron una descripción general tanto de la arquitectura de IoT como de la seguridad de los objetos y dispositivos asociados a IoT. De esta forma, describieron un enfoque que permite la protección de dispositivos restringidos y no restringidos mediante encriptación robusta y autenticación, de modo que ambos puedan aprovechar el mismo marco de seguridad, evitando operaciones de cómputo excesivas. Autores como Muhammad et al. (2018), desarrollaron un marco de vigilancia seguro para sistemas de internet de las cosas, mediante integración inteligente de video y cifrado de imágenes. Los resultados experimentales obtenidos verifican la efectividad del método propuesto en términos de robustez, tiempo de ejecución y seguridad en comparación con otros algoritmos de cifrado de imágenes. Además, el marco propuesto puede reducir el ancho de banda, el almacenamiento, el costo de transmisión y el tiempo requerido para que los analistas examinen grandes volúmenes de datos de vigilancia y tomen decisiones sobre eventos anormales, como la detección de actividad sospechosa y la detección de incendios en aplicaciones de vigilancia.

Análogamente, Venčkauskas et al. (2018) propusieron un protocolo ligero para la transmisión segura de video, obteniendo como resultados experimentales que el método desarrollado utiliza eficientemente los recursos de energía y los recursos computacionales, al mismo tiempo que proporciona propiedades de seguridad basado en el estándar Datagrama TLS. Todo lo anterior, conlleva a que se debe fortalecer la gestión de los riesgos en diferentes escenarios informáticos para lograr el desarrollo de técnicas eficientes contra ataques y robos de información. Asgarkhani, Correia y Sarkar (2017) afirman que “la función de gestión de riesgos se ocupa de determinar que los procedimientos estén definidos para garantizar suficiencia en la protección de datos, así como incluir la



evaluación de los factores de riesgo de las inversiones en TI” (p.1). Por lo anterior, examinaron detalladamente investigaciones previas sobre tecnología, gobernanza, gestión de riesgos y gestión de seguridad de TI mediante un amplio marco de gestión de riesgos.

Asimismo, Uzum y Can (2018) explican un nuevo enfoque de detección de anomalías que se centra en el tamaño del archivo y la duración de la integración de las transferencias de archivos entre sistemas empresariales. Para este propósito, las anomalías de tamaño y tiempo en la transferencia de archivos serán detectadas por una estructura basada en aprendizaje automático. De esta forma, desarrollaron un sistema de alarma para informar a las personas autenticadas sobre las anomalías. Igualmente relacionado con la administración del riesgo, Yaqoob et al. (2019) proponen un marco integral para medir el retorno de la inversión en seguridad (ROSI) de manera efectiva al superar las brechas en los enfoques tradicionales. El marco desarrollado se validó con la ayuda del conjunto de datos de ataque del Sistema de seguridad de vulnerabilidad común (CVSS). Los resultados mostraron que la pérdida anual en ausencia de mecanismos de seguridad es muy alta. Sin embargo, al seguir el enfoque sistemático propuesto para determinar el ROSI, se puede reducir a un valor que es comparativamente bajo.

En relación con la protección de datos, Abdulghani (2017) afirma que los sistemas de protección existentes aún tienen limitaciones para tratar la información de la red con suficiente confidencialidad, integridad y disponibilidad. El rápido desarrollo de las tecnologías ayuda a aumentar los ataques a la red y oculta sus intenciones maliciosas. Según eso, el autor propone un enfoque de investigación basado en la métrica de similitud para reconocer los planes de los atacantes y predecir sus intenciones. Los resultados obtenidos demuestran que el enfoque propuesto es efectivo para estas tareas. Kalashnikov y Mikhalevich (2018) desglosaron los resultados del desarrollo y la aplicación conjunta de un solo modelo de confianza de seguridad de red y un sistema de clasificación unificado de la protección de los elementos de la infraestructura de información, basada en un nuevo enfoque que responde a la importancia de los elementos en un sistema de clasificación.

Así mismo, Mokalled et al. (2017) presentaron soluciones y pasos clave para administrar la protección de datos dentro de una empresa específica,

desde la perspectiva organizacional y tecnológica, mediante el uso de un sistema de gestión de seguridad de la información que implementa la estrategia de seguridad cibernética de la compañía a través de tres fases (prevención, detección y reacción) verificando y adoptando un enfoque de defensa en profundidad y modelos de madurez para implementar el control de manera prioritaria y efectiva. Más aún, Toch et al. (2018) sugirieron una taxonomía para la evaluación de los riesgos de privacidad de las tecnologías de seguridad de la información, según el nivel de exposición de los datos, el nivel de identificación de los usuarios individuales, la sensibilidad de los datos y el control del usuario sobre el monitoreo, y la recopilación y análisis de los datos. Discutiendo, además, los resultados a la luz de las tendencias tecnológicas recientes y sugiriendo a su paso varias nuevas direcciones para que estos mecanismos sean más conscientes de la privacidad. En vista de que la evaluación del riesgo es una tendencia investigativa latente en cuanto a seguridad, diferentes autores resaltan la cantidad de soluciones que pueden ser aplicadas a organizaciones e incluso a usuarios individuales a través de sistemas con alto grado de complejidad.

Wang et al. (2016) crearon un método para la evaluación de riesgos de seguridad de la información basado en la red dinámica bayesiana, validando los resultados experimentalmente al comparar tanto la red dinámica como la estática. Según Mannane et al. (2017) “uno de los pasos más desafiantes en la migración de infraestructura o una aplicación a una computación en la nube son las amenazas de seguridad” (p.1). Por lo que adaptar una herramienta de evaluación de riesgos a la computación en la nube es una tarea muy difícil, debido a sus diversas características y al uso de sistemas distribuidos. Dado lo anterior, desarrollaron una revisión crítica de los marcos y modelos de evaluación de riesgos propuestos recientemente en entornos de computación en la nube, comparándolos entre ellos para identificar las fortalezas y debilidades de cada modelo y de esta manera plantearon una lista de criterios de evaluación para analizar los enfoques de riesgo. De la mano con lo anterior, Wangen (2017) resaltó que hay numerosos métodos para la evaluación de riesgos de seguridad de la información (ISRA), pero hay poca orientación sobre cómo elegir uno. A través de un marco integral de identificación, estimación y evaluación de riesgos, el autor evaluó la aplicación práctica de tres métodos ISRA en términos de tareas requeridas, experiencia del usuario y resultados.



Johnson et al. (2017) desarrollaron un enfoque llamado pwnPr3d, para estimar cuantitativamente el riesgo de seguridad de la información en los sistemas de TIC. A diferencia de muchos otros enfoques de análisis de riesgos que dependen en gran medida del trabajo manual y la experiencia en seguridad, este enfoque viene con capacidades integradas de análisis de riesgos de seguridad. Como resultado, este proporciona a los interesados en las organizaciones un enfoque holístico que permite una descripción general de alto nivel y detalles técnicos. Es así como Boulares, Adi y Logrippo, (2017) determinaron una metodología para la evaluación de la probabilidad de amenazas internas para las propiedades de secreto e integridad considerando las operaciones de lectura y escritura dentro del contexto de los sistemas de control de acceso. Las operaciones de acceso, la confiabilidad de los sujetos, la sensibilidad de los objetos y las medidas de seguridad aplicadas se consideran en la evaluación de la probabilidad de esta categoría de amenazas internas. Los autores obtuvieron que es posible comparar y calcular las probabilidades de estas amenazas internas, lo que lleva a decisiones de control de acceso más flexible e informado en diversas situaciones. Es de destacar que, adaptar los sistemas de autenticación es una herramienta valiosa para la protección de datos. Por otra parte, Valehi et al. (2017) desplegaron y mejoraron los algoritmos de seguridad convencionales que son vulnerables a los ataques de seguridad, debido a los recientes avances en tecnología computacional y sistemas de piratería totalmente automatizados, proponiendo así un nuevo mecanismo de autenticación basado en la utilización de dendritas metálicas. El método propuesto demuestra un alto nivel de precisión y una baja complejidad computacional que crece linealmente con el número de puntos extraídos y el tamaño de la base de datos. También, reduce significativamente la capacidad de almacenamiento en red y las velocidades de comunicación requeridas para mantener la base de datos de los usuarios en redes a gran escala.

De la misma manera, Tomita, Watanabe y Shikata (2016) ratifican que los esquemas de firma agregada secuencial (SAS) proporcionan una firma única y compacta, que se genera a partir de varias de estas, garantizando simultáneamente que cada firma se genere legalmente a partir del mensaje correspondiente con un orden definido. Así, los autores mostraron un progreso en los códigos de autenticación agregados secuenciales (códigos SAA), que tienen una funcionalidad similar a SAS en la configuración de

seguridad de la teoría de la información. Específicamente, ofrecieron un modelo y formalización de seguridad de los códigos SAA, derivando los límites inferiores en el tamaño de las claves secretas y los autenticadores requeridos en los códigos SAA seguros. No sólo estos desarrollos han aportado a la compactación de sistemas seguros, sino que además ha contribuido a que se usen herramientas de alta complejidad que son tendencia investigativa en la actualidad, como la criptografía. Muchos autores recurren a los modelos basados en esta herramienta por su alta efectividad y su dificultad para el desciframiento de información.

Bangera et al. (2017) propusieron una técnica para proporcionar seguridad multicapa mediante la combinación de criptografía y esteganografía. El algoritmo criptográfico RSA propuesto, integrado con el algoritmo de esteganografía de audio dual proporciona un mayor nivel de seguridad en la protección de datos. Igualmente, Panchal et al. (2017) desarrollaron una técnica de criptografía de base biométrica para la protección de contenido digital sin almacenamiento de claves, obteniendo que esta es más rápida y lo suficientemente precisa para desarrollar cualquier sistema de seguridad de almacenamiento de datos robusto.

Es importante destacar autores como, Zhao et al. (2017) quienes describieron una nueva variante de transferencia inconsciente, la cual es una técnica muy usada en criptografía moderna, llamada transferencia bilateral inconsciente, en la que construyeron un protocolo eficiente que superó una prueba de seguridad rigurosa y que se podría usar como una herramienta de seguridad muy efectiva. Asimismo, Kwan y Kish (2018), presentaron un enfoque para mejorar la seguridad incondicional de la información teórica en las aplicaciones de control y diagnóstico. La seguridad incondicional propone que un atacante, incluso con un poder computacional infinito, no podría descifrar los datos. Actualmente, sólo los esquemas de distribución de clave cuántica (QKD) y Kirchhoff-law-Johnson-noise (KLJN) pueden ofrecer seguridad incondicional para la generación / intercambio de claves seguras, que es la parte difícil para alcanzar la seguridad de la información teórica. La idea de su estudio, fue implementar el enfoque KLJN con chip integrable por lo que presentaron una arquitectura de alto nivel y tres aplicaciones potenciales para su enfoque.

Georgiadis, Dossis y Kontogiannis (2018) revisaron las tecnologías



criptográficas existentes utilizadas por la industria de IoT. Los autores experimentaron con la eficiencia criptográfica y el consumo de energía de los algoritmos de criptografía existentes, implementados en sistemas integrados. De los resultados experimentales, señalaron los requisitos de los protocolos de seguridad de IoT de la próxima generación, proporcionando pautas útiles para este fin. Relacionado con lo anterior, Ghazia y Kaniana (2018) desarrollaron un sistema biométrico usando una técnica de codificación ortogonal, que tiene como resultado una mayor seguridad con un aumento de la solidez y la integridad de la información, lo que hace prácticamente imposible acceder a la información sin la autorización correspondiente. La inserción se realiza con la ayuda de la técnica esteganografía.

Más aún, Zidouni et al. (2018) estructuraron una nueva medida de seguridad para proteger las tarjetas SIM 3G / 4G contra la clonación. La idea que tuvieron fue utilizar los códigos pseudoaleatorios para difundir la información resultante del algoritmo de autenticación, lo cual dificulta descifrar las comunicaciones cifradas entre el suscriptor y el operador. Además, la difusión de información amplía los datos y aumenta el tamaño de la clave de cifrado que se usó. Al probar la solidez de la propuesta frente a muchos posibles ataques se concluyó que existen resultados muy prometedores.

También hay investigaciones centradas en la detección de intrusos a través de sistemas alternos; Trifonov et al. (2017) organizaron sistemáticamente diferentes técnicas de optimización adaptativa para la seguridad de la red inteligente. Al final de la investigación, los autores sugirieron que el aprendizaje de refuerzo y la lógica difusa, son los métodos seleccionados entre varios y se proponen una breve adaptación del aprendizaje de refuerzo difuso basado en agentes múltiples. Sucesivamente, Li et al., (2018), presentaron en su investigación la historia y la situación actual del sistema de detección de intrusos, en la que exponen la clasificación del sistema de detección de intrusos, y el marco general de detección de intrusos, y analiza en detalle todos los tipos de tecnología de detección de intrusos la cual se aplica al modelo de seguridad de la información de la cadena de bloques, y los resultados muestran que el modelo propuesto tiene una mayor eficiencia de detección y tolerancia a fallas. En este mismo sentido, Papamartzivanos, Gómez, y Kambourakis (2019) sostienen que los sistemas de detección de intrusos (IDS) son elementos esenciales cuando

se trata de la protección de una infraestructura de TIC, con base en esto, sugieren una metodología novedosa que permite que un IDS de uso indebido pueda captar la naturaleza de un ataque basado en reconstrucciones de características generalizadas, que provienen directamente del entorno desconocido y sus datos sin etiquetar, obteniendo resultados experimentales que respaldan el sistema.

Conclusiones

La dinámica de hiperconectividad en la que el mundo actual se desarrolla, ha llevado a la susceptibilidad y riesgos de la información, ello, ha obligado a todas las organizaciones a pensar en materia de la seguridad de este activo tan significativo, por tanto, este documento tuvo como propósito ofrecer una visión general de las tendencias, investigaciones pasadas y presentes del campo de la seguridad informática mediante un análisis bibliométrico.

El estudio identificó un total de 1857 publicaciones entre los años 1973 y el 2019 y reveló como el año de mayor productividad el 2009, con 278 documentos, resaltando la continuidad de la temática ya que al menos una publicación fue generada por año consecutivo desde el 2000 hasta el 2019. En cuanto a los países principales, China ocupó el primer lugar en el mundo con respecto al número de documentos del campo de estudio y Rusia el segundo lugar. A pesar de ello, estos dos países no resaltan con la mayor contribución en las revistas de alto impacto (mayor citación), sino Estados Unidos. Del estudio se resalta como los autores más influyentes por elaborar el documento (Security for Grid services) de mayor impacto con 359 citaciones a Bresnahan J., Czajkowski K., Foster I., Gawor J., Kesselman C., Meder S., Pearlman L., Siebenlist F., Tuecke S., y Welch V., y como los autores que más han contribuido en la generación de publicaciones acerca de network security a Miguel, J., Miloslavskaya, N. y Xhafa, F. con 10 publicaciones científicas.

Para las tendencias investigativas se revisaron 31 documentos, de los cuales 3 destacan el estudio de las causas de la inseguridad en la red y proponen ciertos enfoques para investigaciones futuras; Asimismo, 5 documentos se refieren a evaluación de conceptos y estudios anteriores, 9 dieron a conocer nuevos métodos para enfrentar toda clase de problemas de seguridad en la red. No obstante, los 15 artículos revisados restantes,



desarrollan a profundidad arquitecturas, protocolos y sistemas para el trato de esta temática. Por lo que se resalta notablemente el interés de los investigadores por analizar los riesgos para establecer políticas de seguridad en las organizaciones.

Referente a las implicaciones prácticas de los resultados hallados, se espera que las visualizaciones de los indicadores y de las tendencias puedan servir como instrumentos para la generación de política en Colombia y del establecimiento de protocolos de seguridad para la administración de la información en la Corporación Universitaria Americana y la estructuración de mallas curriculares de las carreras afines al área de sistemas. Otra implicación de este documento, es que los académicos pueden beneficiarse de los conocimientos sobre las contribuciones académicas de las diez revistas y áreas principales de interés en los últimos años en el campo de la seguridad de la información, para la publicación y elaboración de futuras investigaciones. Adicionalmente, este estudio bibliométrico ampliará la base de conocimientos de los profesionales y estudiantes del área de sistemas sobre el estado actual de la investigación en el contexto internacional para la resolución de problemas y disminución del riesgo por ataques cibernéticos, que finalmente se reflejan en pérdidas monetarias para las organizaciones.

Se evidenciaron algunas limitaciones en la realización de este documento, por ejemplo, el acceso restringido a artículos y revistas que requerían registros pagados, ello ha incidido en la propensión de algunos investigadores por citar sólo las revistas de libre acceso incluyendo las que publican en otros idiomas además del inglés.

Referencias bibliográficas

Abdulghani, A. (2017). Investigation Approach for Network Attack Intention Recognition. *International Journal of Digital Crime and Forensics*. 9. 17-38. doi:10.4018/IJDCF.2017010102.

Almanza, A. R. (2016). Tendencias 2016 Encuesta nacional de seguridad informática* Retos de la ciberseguridad. *Sistemas*, (139), 18–37.

Amat, C. B., & Yegros-Yegros, A. (2011). Los datos bibliométricos extraídos de registros de PubMed no son fiables. *Anuario ThinkEPI*, 5, 223–229. Recuperado de <http://recyt.fecyt.es/index.php/ThinkEPI/article/view/30508>.

Asgarkhani, M., Correia, E., and Sarkar, A. (2017) “An overview of information security governance,” 2017 International Conference on Algorithms, Methodology, Models and Applications in Emerging Technologies (ICAMMAET), Chennai, 2017, pp. 1-4. doi: 10.1109/ICAMMAET.2017.8186666.

Association for Computing Machinery-ACM. (2019). Acerca de ACM Publications. Retrieved March 19, 2019, Recuperado de <https://www.acm.org/publications/about-publications>.

Bangera, K., Reddy, N., Paddambail, Y., and Shivaprasad, G. (2017) “Multilayer security using RSA cryptography and dual audio steganography,” 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT), Bangalore, pp. 492-495.

Boeris, C. E. (2011). Las fuentes de datos en los estudios bibliométricos. In *Actas de las 2a Jornadas de Intercambio y Reflexiones acerca de la Investigación en Bibliotecología* (pag. 1–12). Buenos Aires.

Bonilla, S. M., & González, J. A. (2012). Modelo de Seguridad de la Información. *Ingenierías USBMed*, 3(1), 6–14. Recuperado de <http://revistas.usb.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/view/259/173>.

Boulares, S., & Adi, K., & Logrippo, L. (2017). Insider Threat Likelihood Assessment for Flexible Access Control. 77-95. doi: 10.1007/978-3-319-59041-7_5.

Buddika Harshanath. (2018). Privacy & Security in Mobile Devices, Social Network Services and Social Reform. doi:10.1109/ICICCT.2018.8473229.

Cárdenas-Solano, L. J., Martínez-Ardila, H., & Becerra-Ardila, L. E. (2016). Gestión de seguridad de la información: revisión bibliográfica/ Information security management: A bibliographic review. *El Profesional de La Información*, 25(6), 931–948. doi: 10.3145/epi.2016.nov.10.



Cebrián, J. L. (2011). La red-Cómo cambiará nuestras vidas los nuevos medios de comunicación. (Taurus, Ed.). Madrid. Recuperado de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Ru6D10zdNWEC&oi=fnd&pg=PT2&ots=BY-JHE1oHLe&sig=aCJ6H6pxL6kPGmohZ88UyJvBHFE#v=onepage&q&f=false>.

Chinese Journal of Computers. (n.d.). About the Journal Chinese Journal of Computers. Retrieved March 19, 2019, Recuperado de <http://cjc.ict.ac.cn/eng/index.htm>.

Cisco Systems. (2018). Reporte Anual de Ciberseguridad. California. Recuperado de <https://www.cisco.com/c/en/us/products/security/security-images-acr2018.html>.

Deloitte. (2016). La Evolución de la Gestión de Ciber-Riesgos y Seguridad de la Información. Recuperado de [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/pe/Documents/risk/Deloitte_2016_Cyber_Risk_Information_Security_Study_-_Latinoamérica_-_Resultados_Generales_vf_\(Perú\).pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/pe/Documents/risk/Deloitte_2016_Cyber_Risk_Information_Security_Study_-_Latinoamérica_-_Resultados_Generales_vf_(Perú).pdf).

Deng, S., & Wang, K. (2017). An Overview on Key Technologies of Secure and Efficient Data Transmission for Energy Internet. 340-345. doi:10.1109/DASC-PICom-DataCom-CyberSciTec.2017.72.

Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e Innovación-Colciencias. (2017). Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de invocación y de reconocimiento de investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, año 2017. Bogotá.

Dussan, C. (2006). Políticas de la Seguridad Informática. *Entramado Universidad Libre Colombia*, 2(1.), 86-92.

Eastman, D. & Kumar, S. (2017). A Simulation Study to Detect Attacks on Internet of Things. 645-650. doi: 10.1109/DASC-PICom-DataCom-CyberSciTec.2017.113.

Elsevier. (2017). Funcionalidades básicas en scopus. March 18, 2019, Recuperado de <http://www.upm.es/sfs/Rectorado/Vicerrectorado de Tecnologías de la Información y Servicios en Red/Servicio de Biblioteca>

Universitaria/Recursos de información/scopus_basico_abril_2017.pdf.

Fang, W., Li, F., Sun, Y., Shan, L., Chen, S., Chen, C., & Li, M. (2016). Information security of PHY layer in wireless networks. *Journal of Sensors*, 2016, 1–10. doi:10.1155/2016/1230387.

Georgiadis, I., Dossis, M., & Kontogiannis, S. (2018). Performance evaluation on IoT devices secure data delivery processes. 306-311. doi:10.1145/3291533.3291569.

Ghazia, G y Kaniana, G. (2018). An Enhanced Biometric Information Security System Using Orthogonal Codes and LSB Steganography. 1133-1136. doi:10.1109/ICICCT.2018.8473320.

Gomba, M & Nleya, B. (2018). Overview Access and Control Considerations for Internet of Things. 1-7. doi:10.1109/ICABCD.2018.8465435.

Hall, C. M. (2011). Publish and perish? Bibliometric analysis, journal ranking and the assessment of research quality in tourism. *Tourism Management*, 32(1), 16–27. doi: 10.1016/J.TOURMAN.2010.07.001.

Hein, D., Morozov, S., & Saiedian, H. (2015). Realization of a user-centric, privacy preserving. *Security and Communication Networks*, 5, 368–382. doi: 10.1002/sec.

Johnson, P., & Vernotte, A., & Gorton, D., & Ekstedt, M., & Lagerström, R. (2017). Quantitative Information Security Risk Estimation Using Probabilistic Attack Graphs. 37-52. doi: 10.1007/978-3-319-57858-3_4.

Kalashnikov, O & Mikhalevich, F. (2018). About the unified system of classification of protection of automated control systems and infocommunication systems by the criteria of importance and of information security. 1-6. doi: 10.1109/SOSG.2018.8350598.

Kwan, C., & Kish, L. (2018). Unconditionally Secure Control and Diagnostic Systems. doi:10.1109/IECON.2018.8591266.

Li, D., & Zhiming, C., Lianbing, D., Xiang, D., & Wang, H. (2018). Information



security model of block chain based on intrusion sensing in the IoT environment. *Cluster Computing*. 1-18. doi: 10.1007/s10586-018-2516-1.

Manikandan, R. M., & Radha, D. (2018). A Comprehensive Approach for Network Security. In *Proceedings of the International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies, ICICCT 2018* (pp. 420–426). IEEE. doi:10.1109/ICICCT.2018.8472952.

Mannane, N., Bencharhi, Y., Boulafdour B., and Regragui, B., (2017) Survey: Risk assessment models for cloud computing: Evaluation criteria, 3rd International Conference of Cloud Computing Technologies and Applications (CloudTech), Rabat, 2017, pp. 1-5.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -MinTIC. (2017). MinTIC publica para comentarios el borrador de Modelo Nacional de Gestión de Riesgos de Seguridad Digital. March 14, 2019, Recuperado de <https://mintic.gov.co/portal/604/w3-article-61854.html>.

Mokalled, H., & Debertol, D., & Meda, E., & Pragliola, C. (2017). The Importance to Manage Data Protection in the Right Way: Problems and Solutions. 69-82. doi: 10.1007/978-3-319-67308-0_8.

Muhammad, K., Hamza, R., Ahmad, J., Lloret, J., Haoxiang Ge Wang, H., & Baik, S. (2018). Secure Surveillance Framework for IoT systems using Probabilistic Image Encryption. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. PP. 1-1. doi:10.1109/TII.2018.2791944.

Muñoz, M., & Rivas, L. (2015). Estado actual de equipos de respuesta a incidentes de seguridad informática. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologas de Informacao*, (E3), 1–15. doi:10.17013/risti.e3.1-15.

Panchal, G., Samanta, D. & Barman, S. *Multimed Tools Appl* (2017). doi:10.1007/s11042-017-4528-x.

Papamartzivanos, D., & Gómez Marmol, F., & Kambourakis, G (2019). Introducing Deep Learning Self-Adaptive Misuse Network Intrusion Detection Systems. *IEEE Access*. PP. 1-1. doi:10.1109/ACCESS.2019.2893871.

Pawar, M. V., & Anuradha, J. (2015). Network security and types of



attacks in network. In International Conference on Intelligent Computing, Communication & Convergence (ICCC-2014) (Vol. 48, pp. 503–506). Elsevier Masson SAS. doi:10.1016/j.procs.2015.04.126.

Peralta, M. J., Frias, M., & Chaviano, O. G. (2014). Servicios de información desde la bibliometría: escenarios para las bibliotecas y los profesionales de la información. In 13 Congreso Nacional de Bibliotecología y Ciencia de la Información (pp. 1–23). Bogotá.

Rahman, S., Jackson, G. (2017). Autonomic Methods for Mitigating Threats to the Internet of Things (IoT). 1302-1307. doi: 10.1109/CSCI.2017.227.

Schreiber, C. (2019). El Futuro de China y Rusia como Aliados en el Ciberespacio. *Análisis GESI*, 2(1). Recuperado de http://www.journals.cambridge.org/abstract_S1062798715000319.

Springer. (2018). Lecture Notes in Computer Science (LNCS). August 15, 2018, Recuperado de <https://www.springer.com/la/computer-science/lncs>.

Springer. (2019). Communications in Computer and Information Science. March 19, 2019, Recuperado de <https://www.springer.com/series/7899>.

Srinivas, J., Das, A. K., & Kumar, N. (2019). Government regulations in cyber security: Framework, standards and recommendations. *Future Generation Computer Systems*, 92(2019), 178–188. doi: 10.1016/j.future.2018.09.063.

Toch, E. & Bettini, C. & Shmueli, E. & Radaelli, L. & Lanzi, A. & Riboni, D. & Lepri, B. (2018). The Privacy Implications of Cyber Security Systems: A Technological Survey. *ACM Computing Surveys*. 51.1-27. doi:10.1145/3172869.

Tomita, S., Watanabe, S., y Shikata, J. (2016) “Sequential aggregate authentication codes with information theoretic security,” Annual Conference on Information Science and Systems (CISS), Princeton, NJ, 2016, pp. 192-197.

Trifonov, R., Tsochev, G. Pavlova, G., Yoshinov, R., and Manolov, R. (2017) “Adaptive Optimization Techniques for Inteligent Network Security,” 2017 Fourth International Conference on Mathematics and Computers in



Sciences and in Industry (MCSI), Corfu, 2017, pp. 219-223.

Uzum, I. & Can, O. (2018). An anomaly detection approach for enterprise file integration. 1-4. 10.1109/ISDFS.2018.8355376.

Valehi, A., & Razi, A., & Cambou, B., & Yu, W., & Kozicki, M. (2017). A graph matching algorithm for user authentication in data networks using image-based physical unclonable functions. 863-870. doi:10.1109/SAI.2017.8252196.

Vega, C. (2018). Analysis and study of IT security policies for an ISP with residential users. *Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 2(8), 32–38.

Venčkauskas, A., Morkevicius, N., Bagdonas, K., Damasevicius, R., & Maskeliunas, R. (2018). A Lightweight Protocol for Secure Video Streaming. *Sensors*. 18. doi:10.3390/s18051554.

Wang, J., Fan, K., Mo, W., and Xu, D (2016) “A Method for Information Security Risk Assessment Based on the Dynamic Bayesian Network,”. *International Conference on Networking and Network Applications (NaNA)*, Hakodate, 2016, pp. 279-283.

Wangen, G. (2017) “Information Security Risk Assessment: A Method Comparison,” in *Computer*, vol. 50, no. 4, pp. 52-61.

Yaqoob, T., & Arshad, A., & Abbas, H., & Faisal, A., & Shafqat, N. (2019). Framework for Calculating Return on Security Investment (ROSI) for Security-Oriented Organizations. *Future Generation Computer Systems*. 95. doi: 10.1016/j.future.2018.12.033.

Zhao, C., Jiang., H.,Wei., X., Qiu-Liang, X. (2017) Cut-and-Choose Bilateral Oblivious Transfer. *Journal of Software*, 28(2):352-360.

Zidouni, N., & Chitroub, S., & Chebout, H., & Boukais, N. (2018). New safety measure to protect the 3G/4G SIM cards against cloning. 1-8. doi:10.1109/MoWNet.2018.8428876.



CAPÍTULO 4

REFORMULACIÓN DE LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN EL GRUPO DE INGENIERIA DESDE UN ENFOQUE PARTICIPATIVO

¹ Alejandro Valencia Arias; ² Mauricio Hincapié Montoya;
³ Albeiro Suárez Hernández; ⁴ María Camila Bermeo Giraldo

Doctorado en Ingeniería Industrial y Organizaciones. Programa de Ingeniería de Sistemas, Corporación Universitaria Americana, E-mail: jvalencia@americana.edu.co

Doctorado en Ciencias de la Ingeniería. Programa de Ingeniería de Sistemas, Corporación Universitaria Americana, E-mail: emhincapie@americana.edu.co

Magíster en Administración. Director del Programa de Ingeniería Industrial, Corporación Universitaria Americana, E-mail: ahsuarez@americana.edu.co

Ingeniería industrial. Institución Universitaria Escolme, E-mail: cies2@escolme.edu.co

Resumen

Las Instituciones de Educación Superior en su búsqueda por responder a sus ejes misionales, se encuentra en constante actualización de las tendencias investigativas en sus campos de conocimiento. Este aspecto se vuelve vital en las áreas relacionadas con Ingeniería, ya que los desarrollos tecnológicos orientan el rumbo de las tendencias de desarrollo y necesidades del mercado. En este contexto, este capítulo de libro tiene como objetivo examinar las necesidades investigativas en el campo de la Ingeniería Industrial, con el fin de que se conviertan en insumos para la reformulación adecuada de las líneas de investigación a partir de un enfoque participativo. Como metodología, se tomó una ecuación de búsqueda en SCOPUS con el propósito de conocer las tendencias investigativas en los temas relacionados a Ingeniería Industrial. Luego se procedió a hacer una búsqueda para encontrar referentes esta



vez nacionales para tener un panorama local sobre estas tendencias. Luego se pasa a una parte de fundamentación donde se hace uso del Proyecto Educativo del Programa (PEP) y una revisión de las asignaturas que se encuentran en la Malla Curricular del programa. Finalmente, como resultado se obtiene la propuesta de las Líneas de Investigación, entre las que se destacan: ingeniería de la producción, procesos de manufactura, cadenas de abastecimiento, modelización y simulación empresarial e industrial, dirección de operaciones e innovación y gestión tecnológica.

Palabras clave: grupo de Investigación, tendencias investigativas, metodología, ingeniería industrial.

Abstract

The Institutions of Higher Education in their search for answer to their mission axes, is constantly updating the research trends in their fields of knowledge. This aspect becomes vital in the topics related to Engineering since technological developments guide the direction of development trends and market needs. In this context, this book chapter aims to examine the research needs in the field of Industrial Engineering in order to become inputs for the appropriate reformulation of the research lines from a participatory approach. As a methodology, a search equation was taken in SCOPUS with the purpose of exploring the investigative tendencies in the topics related to Industrial Engineering. Then, it proceeded to do a search to find local references to have a local overview of these trends. Then, we move on to a part of the foundation where the Educational Project of the Program (PEP) is used and a review of the subjects found in the Curricular Mesh of the program. Finally, as a result, the proposal of the Research Lines is obtained, among which stand out: production engineering, manufacturing processes, supply chains, modeling and business and industrial simulation, operations and innovation management and technology management.

Key words: research group, research trends, methodology; industrial engineering.

Introducción

La creciente importancia de la gerencia del conocimiento en la sociedad



actual constituye un reto para las organizaciones generadoras de saber y, particularmente, para las universidades. La investigación es uno de los procesos más importantes en la construcción de conocimiento nuevo, y las líneas de investigación tienen como propósito organizar y orientar este proceso. Un concepto acorde con las exigencias actuales debería incluir un aspecto de continuidad, un aspecto de secuencialidad y un aspecto de direccionalidad, pues éstas son características que forman parte de la noción de “línea” como tal (Hurtado, 2000).

La importancia entonces en la gerencia del conocimiento en el mundo globalizado de la actualidad trasciende al desarrollo de los países que lo usan para incrementar su productividad científica pero también económica. En otras palabras, las grandes tendencias de la globalización están guiadas por las posibilidades de manejo de conocimientos de cada país. Esto genera una serie de exigencias, particularmente para los entornos llamados a generar y difundir conocimiento, como es el caso de la Universidad, referida por Serra y Pérez (2003), como “organizaciones intensivas de conocimiento”, es decir, aquellas cuya misión se centra en la localización, creación, estructuración, almacenamiento y distribución del conocimiento.

El concepto de línea de investigación visto como un conjunto de proyectos de investigación que se desarrollan dentro de un área temática, no permiten integrar los aspectos propios en estas líneas, pues no señalan cómo se vinculan los proyectos entre sí, no indican cuál es la secuencialidad, ni mucho menos la direccionalidad. Ahora para no caer en los mismos errores asociados en la formulación de las líneas de investigación, hay que tener en mente aspectos como: calidad, vinculación, pertinencia, continuidad, flexibilidad, sustentación y productividad que nos darán guías para la formulación de estas líneas de investigación (Hurtado, 2000).

En la Corporación Universitaria Americana se cuenta con el grupo de investigación ENGINEERIA, este tiene como parte de sus objetivos estratégicos la generación de propuestas de investigación basadas en el área de producción, servicios, ingeniería de materiales, proyectos de emprendimiento, logística y transporte, que si bien están dentro del campo de la ingeniería industrial deja muy amplio el camino a seguir para la elección de las líneas de investigación, por lo que se hace necesario tener una definición mas clara de las mismas.



El presente documento tiene como objetivo principal definir cuáles serán las líneas de investigación que guiará al grupo INGENIERIA en su proceso investigativo. La metodología empleada para tal fin, inicia con una búsqueda de los temas de investigación que están en tendencia en mundo, luego una búsqueda de grupos de investigación referentes, después una fundamentación desde el Proyecto Educativo del Programa (PEP). Con esta información se procede entonces a proponer las líneas de investigación para finalizar con una encuesta para determinar dichas líneas.

Marco teórico

La Ingeniería Industrial se ha caracterizado por contar con una formación que permite llevar a cabo tareas multidisciplinarias, dado que dentro de sus funciones y campo de acción se encuentran varias áreas como el diseño, la logística, las finanzas, la toma de decisiones, los sistemas de gestión, calidad, procesos, estudio del trabajo, liderazgo, seguridad industrial, dirección, docencia, entre otros. Una profesión que se desarrolla con la industria y que busca el mejoramiento de los procesos productivos y por lo tanto busca mejores prácticas para sus profesionales a través de la generación de valor a los procesos a través de la optimización (Eskandari, 2007).

Cabe resaltar que el proceso investigativo en esta rama de la ingeniería es amplio, pues abarca procesos industriales que tienen grandes necesidades y requerimientos. Algunos de estos retos se presentan en temas como la cadena de suministro, para el cual se usan modelos y técnicas que proveen soluciones para la mejora en este eslabón de la cadena, como el Modelo estructural interpretativo total usado por Dubey et al. (2017). El uso de análisis de datos también es usado para mejorar la operabilidad en la cadena de suministro (Hanzen, 2016).

Aspectos relacionados a la intención de compra y modelos de consumo son estudiados también, pues su relación con la dinámica del mercado y por ende con la producción son muy fuertes y pueden determinar o guiar procesos subsecuentes (Gullstrand, 2016). Si bien el uso de modelos es muy frecuente para la optimización de procesos de manufactura, el uso de estos modelos facilita el entendimiento de los procesos con el fin de tener las variables que afectan a cada uno de manera más definida y que sirva para su posterior optimización (Negri, 2016).

Las empresas y organizaciones se mueven en un ambiente cambiante dada la globalización a la que se enfrenta, por lo que se pueden encontrar estudios en los que se hace una optimización a través de métodos que involucran a la organización y sus relaciones con los demás actores del mercado (Korableva & Kalimullina, 2016).

La búsqueda por mejorar la competitividad en el sector industrial, ha llevado a la convergencia con tecnologías para asegurar un nuevo motor de crecimiento. Es por eso, que nacen los Procesos de Manufactura Inteligentes donde se unen diferentes tecnologías para respaldar el proceso de toma de decisiones de ingeniería, administración en tiempo real, así como la aplicación en diferentes procesos de fabricación, dándole valor agregado a los productos (Kang et al. 2016).

Desarrollos en el diseño de procesos de manufactura de varios sectores son ejemplo del avance investigativo. Desde el diseño de métodos para el análisis de ensayos y nuevas tecnologías para sensores en la industria papelera (Lopez et al. 2016), diseño y re-diseño de procesos de producción de aditivos que mejoran sustancialmente la rentabilidad del sector (Thompson et al. 2016) hasta nuevas tendencias de Bio-fabricación industrial como nuevo paso para la producción química (Clomburg et al. 2017), marcan el avance de los diversos aspectos que encierra la rama de la ingeniería industrial.

Todos estos avances enmarcados bajo algo característico: la creatividad. Una herramienta que permite al ingeniero usar sus habilidades, adaptarlas a las problemáticas que se enfrenta y proponer soluciones enmarcadas en la Innovación (Cropley, 2015).

Metodología

Para la correcta formulación de las líneas de investigación del grupo ENGINEERIA, se siguieron los siguientes pasos descritos como parte de la metodología utilizada.

Como primer paso, se hizo una búsqueda en SCOPUS, una de las bases de datos de referenciación bibliográfica más importantes del mundo, de donde se obtuvo información sobre las tendencias investigativas en los temas relacionados a Ingeniería Industrial. Esta revisión bibliográfica sirve



como un referente de tendencias globales para que la formulación de las líneas de investigación esté acorde con dichas tendencias. Para ello se utilizó una ecuación de búsqueda para lograr obtener la información en los temas de interés.

Siguiendo con la referenciación se procedió entonces a hacer una búsqueda para encontrar referentes esta vez nacionales para tener un panorama local sobre estas tendencias. Los grupos de investigación de universidades de alta calidad fueron los escogidos para ser los referentes en las tendencias investigativas. En este sentido, se eligieron los grupos que tuvieran categoría A1 en Colciencias.

Luego se pasa a una parte de fundamentación, haciendo uso del Proyecto Educativo del Programa (PEP) de la Corporación Universitaria Americana, donde se resaltan los lineamientos base del programa de Ingeniería Industrial. Se tienen en cuenta tanto la visión y los alcances que se proponen, así como la orientación investigativa del programa, para tener una idea clara de la dirección para las líneas de investigación a proponer.

Junto al anterior paso, se hace una revisión de las asignaturas que se encuentran en la Malla Curricular del programa. Esto tiene la finalidad de conocer los contenidos específicos que los estudiantes cursan en los diferentes semestres y tener así una coherencia entre los conocimientos adquiridos en el programa, para la identificación de los alcances que se pueden tener en las líneas de investigación propuestas.

El siguiente paso entonces, es la propuesta de las Líneas de Investigación basada en el análisis de la información obtenida de los pasos anteriores. Esta propuesta se basa entonces en los recursos y los medios que se tienen, así como en la visión que la Institución tiene para el programa y que se ajustan entonces a las tendencias investigativas actuales.

Por último, se desarrolla una encuesta a los docentes involucrados en el programa, que tiene como objetivo conocer que temáticas son las que los docentes tienen más conocimiento y contacto por su trabajo.

También es de interés conocer la opinión acerca de la idoneidad de las líneas propuestas basados en su experiencia y teniendo en cuenta los

recursos que la institución tiene para su desarrollo.

Análisis de resultados

Tendencias globales de investigación

Haciendo uso de la base de datos de referencias bibliográfica SCOPUS y con la ecuación de búsqueda: TITLE-ABS-KEY (“industrial Engineering”), se obtuvieron los resultados de las temáticas de interés en Ingeniería Industrial de las cuales se pueden partir para tener las tendencias investigativas.

La búsqueda con la ecuación mencionada arroja un total de 57.956 documentos relacionados desde el título, abstract y palabras clave para contar el mayor número de coincidencias posibles y así tener una buena muestra con los temas que se buscan. En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos. Destacando las 9 temáticas que tienen una mayor participación entre las publicaciones citadas. Se puede ver una fuerte participación de las temáticas *Ingeniería de la Producción y Manufactura* con cantidades relacionadas muy cercanas, que obedecen al 15% de todos los resultados encontrados aproximadamente.

Tabla 1. Resumen de resultados obtenidos de SCOPUS

Temática	Investigaciones
Production Engineering	4.442
Manufacture	4.129
Innovation	3.399
Information Management	3.239
Technology	2.549
Manufacturing process	1.925
Computer Simulation	1.886
Quality control	1.185
Supply Chains	1.031

Cabe resaltar la participación de temáticas relacionadas al aporte tecnológico, que como se expuso en el marco teórico, ha cobrado importancia en el momento de mejorar un proceso o producto. Temáticas como *Simulación por Computador y Administración de la información* son prueba de ello. Así se tiene entonces un panorama mundial sobre los focos investigativos asociados a la Ingeniería Industrial.



Tendencias locales de investigación

Se consultaron para este paso 6 grupos de investigación de universidades del ámbito nacional para contar con las referencias investigativas del contexto colombiano. Estos grupos fueron seleccionados a través de una búsqueda por Colciencias, teniendo en cuenta su categoría A1, considerando así parámetros de calidad en su labor y vigencia en el campo investigativo. La información suministrada por las líneas de investigación de cada grupo fueron el insumo para poder hacer un análisis entre las temáticas más investigadas. A continuación, se muestra el resumen de los grupos que sirvieron de referencias a las universidades de procedencia.

Tabla 2. Relación de grupos de investigación de referencia.

Grupo de Investigación	Universidad
Grupo de investigación en sistemas logísticos	Universidad de la Sabana
Grupo de Investigación en Gestión de Producción y Logística	Universidad EAFIT
Logística Industrial-Organizacional “GICO”	Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín
Centro para la Optimización y Probabilidad Aplicada (COPA)	Universidad de los Andes
Grupo de investigación en Logística y Producción	Universidad del Valle
Centro de Investigaciones en Optimización y Logística – CIOL	Pontificia Universidad Javeriana

Entre las temáticas más relevantes se encuentran Logística donde encierran aspectos relacionados al transporte; Modelado y desarrollo de algoritmos también tiene relevancia en el proceso investigativo, así como el Análisis de la productividad, pero la temática más relevante para los grupos de referencia es el de Cadena de Suministro, desde el diseño óptimo, programación y análisis. La Ingeniería de la producción es otro de los grandes temas tratados y que coincide con las tendencias globales encontradas anteriormente.

Proyecto Educativo del Programa

La Corporación Universitaria Americana a partir del Proyecto Educativo del Programa (PEP) para Ingeniería Industrial, fundamenta las características y atributos propios de los ingenieros formados en la misma, en los que se mencionan una fuerte composición en Ingeniería de procesos, que comprende los conocimientos relacionados al diseño, simulación, logística, innovación y gestión de procesos que se relacionan dentro de la transformación de insumos en productos, además de tener capacidades asociadas al análisis de valor de procesos, y productos y la integración de aspectos técnicos propios de la producción, teniendo en cuenta los recursos de la organización y sin dejar a un lado las realidades del mercado que lo rodea.

Se enfoca la atención también, en la relación entre la empresa y la academia como un aspecto de gran importancia impulsado por la universidad, que permite además, tener un contacto directo con el sector empresarial. De igual manera, se tienen los aspectos clave que se manejan dentro del desarrollo curricular propio del ingeniero industrial con los sistemas de calidad y de gestión.

Temas como la productividad, la innovación y la competitividad son focos de investigación que son propuestos e impulsados como parte de esta fundamentación, en la que se gira el programa con un sentido de orientación hacia la resolución de problemáticas de la industria local. Por eso el énfasis que se hace desde el perfil del programa enfocado en el diseño, la simulación y la integración de sistemas de gestión en los procesos productivos y su mejoramiento continuo.

Se puede analizar, que se estimulan aspectos como el diseño y la simulación para el entendimiento y la optimización de los procesos productivos propios del sector industrial, que va en completa concordancia con las tendencias investigativas de las que se tiene referencia.

Mallas curriculares

Haciendo un análisis desde el contenido curricular que se ofrece en la Corporación Universitaria Americana, se puede tener una mayor coherencia entre los conocimientos y las habilidades desarrolladas por los estudiantes durante su paso por la institución y poder ver una correlación con las posibles líneas de investigación. Se obtiene entonces 4 grupos principales, donde se pueden observar las asignaturas afines con las que cuenta el programa en su estructura curricular.



Programación		Investigación	
Fundamentos de programación		Metodología de investigación	
Ingeniería de Métodos		Diseño de experimentos	
Métodos gráficos		Proyecto de investigación 1 y 2	
Modelado y simulación			
Procesos		Gestión	
Procesos de fabricación		Fundamentos de economía	
Investigación de operaciones 1 y 2		Ingeniería económica	
gestión de procesos 1 y 2		Fundamentos de contabilidad	
Logística y transporte		Fundamentos de administración	
Integración de sistemas		Fundamentos de mercadeo	
Calidad		Finanzas	

Fig 1. Agrupación de asignaturas

En la figura 2, se puede observar que se tienen dos componentes fuertes: uno relacionado a la Gestión, donde se incluyen las asignaturas asociadas a la administración, conocimientos en economía y finanzas, propios de un ingeniero industrial capaz de desarrollar labores de gerencia. Por otro lado, se cuenta con un enfoque al entendimiento de los procesos, la logística, la calidad y la producción, que logran integrar los sistemas a analizar de manera concreta. Apoyados en esto, se encuentran las asignaturas dedicadas a la investigación, muy apropiadas y valiosas para el propósito de esta fundamentación, así como el componente de programación modelado y simulación. Se puede observar entonces, que estas asignaturas y en general la estructura curricular del programa esta acorde con las tendencias y lineamientos que se han abordado.

Propuestas de basada en tendencias investigativas

Las siguientes líneas propuestas obedecen a un análisis hecho a partir de los resultados de los anteriores pasos desarrollados en la metodología, empezando con los estándares de investigación en el ámbito mundial extraídos de SCOPUS, los referentes investigativos nacionales, la fundamentación desde el Proyecto Educativo del Programa (PEP) y finalizando con el análisis del contenido de la malla curricular.

- Cadenas de abastecimiento.
- Producción.
- Modelización Empresarial e Industrial: uso de modelos matemáticos en producción y logística, optimización basada en la simulación.
- Dirección de operaciones.
- Logística.
- Calidad.

Propuesta de los investigadores implicados

Finalizando el proceso, se realizó una encuesta a los docentes de la Institución para conocer su opinión y sobre todo conocer, desde su experiencia e intereses, su criterio para saber sobre la idoneidad que puedan tener las líneas propuestas para ser consideradas dentro de la formación investigativa del grupo. Los resultados corresponden al 100 % de los profesores del área afín en la Institución.

En la figura 2, se puede apreciar que se tiene una fuerte preferencia por la línea de Ingeniería de la producción con un 66,7% de aceptación por parte de los docentes encuestados. Procesos de Manufactura, le sigue con un 55,6% de aceptación, siendo estas dos las que mayor alcance tuvieron respecto a los demás. Dirección de operaciones cuenta con un 44,4% de aceptación y las demás menores o iguales al 33,3%.

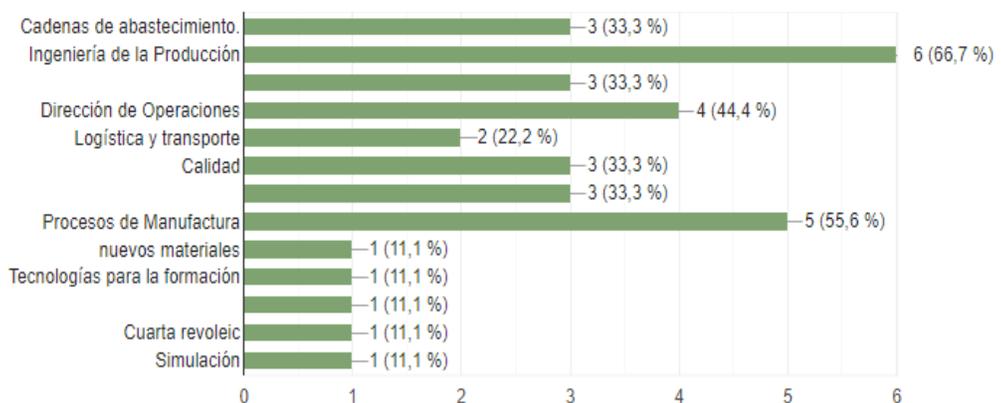


Fig 2. Resultados encuesta sobre líneas de investigación propuestas



En la figura 3, se encuentran los resultados respecto a la afinidad sobre los temas, que como era de esperarse, la afinidad coincide con la opinión dada respecto a la idoneidad de las líneas propuestas. Así se puede observar una afinidad distribuida entre Ingeniería de la Producción, Dirección de Operaciones e Innovación y Gestión tecnológica con una participación del 44,4% cada uno. Por su parte, las líneas de Cadena de abastecimiento, Logística y Transporte, Procesos de Manufactura se encuentran con participación del 33.3%. Cabe resaltar que la línea de Innovación y gestión tecnológica no tuvo mucha participación respecto a la idoneidad, tuvo mejores resultados en la afinidad, lo cual puede resultar beneficioso si se implementa ya que los docentes estarían más relacionados a la misma.

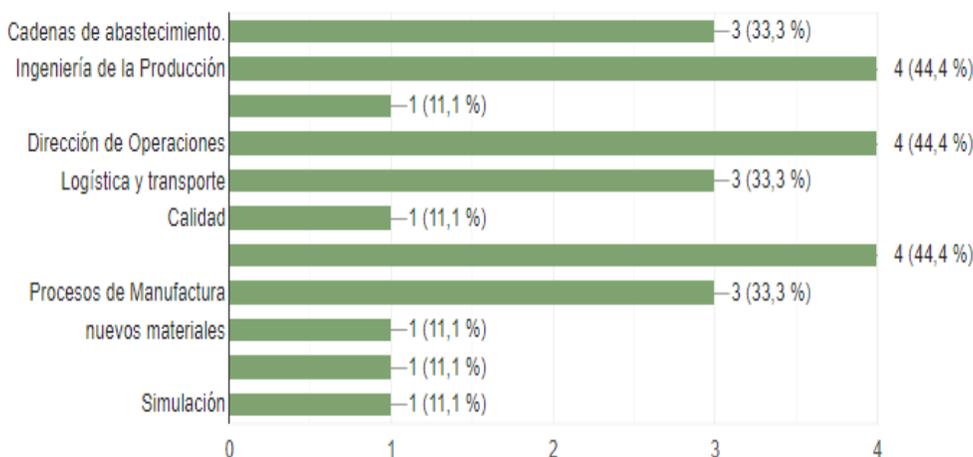


Fig 3. Resultados de la encuesta de Afinidad de líneas de investigación.

Líneas de investigación propuestas

Teniendo en cuenta la participación y opinión de los docentes en el proceso y las tendencias investigativas que dieron lugar al análisis anterior, se procede a enunciar las líneas de investigación que se proponen para el grupo de INGENIERIA de Ingeniería Industrial.

- *Ingeniería de la Producción.*
- *Procesos de manufactura.*
- *Cadenas de abastecimiento.*
- *Modelización y Simulación Empresarial e Industrial.*
- *Dirección de Operaciones.*
- *Innovación y gestión tecnológica.*

Estas líneas responden entonces a la coherencia entre las tendencias investigativas internacionales y nacional donde *Ingeniería de la Producción* y *Cadenas de abastecimiento* son protagonistas respectivamente. Ligada, se encuentra la línea de *Procesos de Manufactura y Dirección de Operaciones* que cuenta con buena participación y respaldo de los profesores encuestados, así como relevancia en las tendencias y fundamentación del programa. La línea de *Modelización y Simulación Empresarial e Industrial* fue resultado de la unión la línea propuesta de Modelado, con las sugerencias hechas por los encuestados sobre Simulación y que se apoyan también de los referentes. Por último, la línea de Innovación y gestión tecnológica, que se alinea con parte de la fundamentación del programa y la necesidad de integrar un componente que incluya también el aspecto innovador y asociado a la integración tecnológica como herramienta para la investigación.

Conclusiones

La temática de Ingeniería de la Producción fue una de las líneas que desde la revisión bibliográfica inicial marcó tendencia para la investigación, al estar incluida en los análisis posteriores con una participación relevante.

Desde el panorama local, se tuvo una fuerte inclinación con la tendencia al investigar temas relacionados al diseño y desarrollo de cadenas de suministro para los procesos productivos, dentro de lo observado en los grupos de investigación consultados.

Se logra ver la coherencia que hay entre los objetivos, los rasgos y atributos que tiene el ingeniero industrial desde la fundamentación que tiene establecida la Corporación Universitaria Americana en relación con los contenidos de su malla curricular.

Con la encuesta desarrollada, se pudo decidir de una manera más guiada cuáles sería las líneas de investigación a implementar basadas en las opiniones de los docentes de la institución, mostrando una afinidad por las líneas de mayor tendencia y dando más peso a otras.

Se propusieron entonces 6 líneas de investigación para el grupo de investigación ENGINEERIA con el objetivo de guiar la gestión del conocimiento desde esos pilares base.



Referencias bibliográficas

Clomburg, J. M., Crumbley, A. M., & Gonzalez, R. (2017). *Industrial biomanufacturing: The future of chemical production*. Science, 355(6320).

Corporación Universitaria Americana. (2014). Proyecto Educativo del Programa. De Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería.

Cropley, D. H. (2015). *Creativity in engineering: Novel solutions to complex problems*. Creativity in engineering: Novel solutions to complex problems.

Dubey, R., Gunasekaran, A., Papadopoulos, T., Childe, S. J., Shubin, K. T., & Wamba, S. F. (2017). *Sustainable supply chain management: Framework and further research directions*. Journal of Cleaner Production, 142, 1119-1130.

Eskandari, H. Sala-Diakanda, S. Furterer, S. Rabelo, L. Crumpton-Young, L. Williams, K. (2007) “*Enhancing the undergraduate industrial engineering curriculum: Defining desired characteristics and emerging topics*”, Education + Training, Vol. 49 Issue: 1, pp.45-55.

Gullstrand Edbring, E., Lehner, M., & Mont, O. (2016). *Exploring consumer attitudes to alternative models of consumption: Motivations and barriers*. Journal of Cleaner Production, 123, 5-15.

Hazen, B. T., Skipper, J. B., Ezell, J. D., & Boone, C. A. (2016). *Big data and predictive analytics for supply chain sustainability: A theory-driven research agenda*. Computers and Industrial Engineering, 101, 592-598.

Hurtado de Barrera, J. (2000). *Líneas de Investigación y Gerencia del Conocimiento: Premisas de la cultura de la Investigación*. Revista Ciencia, Tecnología, Sociedad.

Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., ... Noh, S. D. (2016). *Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions*. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology, 3(1), 111-128.

Korableva, O. N., & Kalimullina, O. V. (2016). *Strategic approach to the*



optimization of organization based on BSC-SWOT matrix. Paper presented at the 2016 IEEE International Conference on Knowledge Engineering and Applications, ICKEA 2016, 212-215.

López-Marzo, A. M., & Merkoçi, A. (2016). *Paper-based sensors and assays: A success of the engineering design and the convergence of knowledge areas*. *Lab on a Chip*, 16(17), 3150-3176.

Negri, E., Fumagalli, L., Garetti, M., & Tanca, L. (2016). *Requirements and languages for the semantic representation of manufacturing systems*. *Computers in Industry*, 81, 55-66.

Serradel López, E. y Pérez, A. 2003). *La gestión del conocimiento en la nueva economía*. (En red). Disponible en: <http://www.uoc.edu/dt/20133/index.htm>.

Thompson, M. K., Moroni, G., Vaneker, T., Fadel, G., Campbell, R. I., Gibson, I., . . . Martina, F. (2016). *Design for additive manufacturing: Trends, opportunities, considerations, and constraints*. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 65(2), 737-760.



CAPÍTULO 5

FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO EN LA GERENCIA DE PROYECTOS

¹John Fredy Munera Tabares; ²Alexander Jiménez Guzmán,
³Diego Fernando Galviz Cataño

Resumen

La literatura relacionada con los factores críticos de éxito (FCE) en la gerencia de proyectos ha cambiado a través de los años. Inicialmente se tenían en cuenta sólo 3 factores de éxito: costo, alcance y tiempo. Pero después de mucho tiempo, hoy en día hay un sin número de FCE que, aunque se han desarrollado en diversas áreas, tienen validez para la gerencia de proyectos en general. En este documento se realiza un repaso por la literatura actual disponible para buscar encontrar cuáles son los principales factores que, a juicio de diferentes gerentes de proyectos, tienen relación directa con el logro del éxito en los respectivos proyectos. Aunque la perspectiva de esta investigación comprende varias áreas de conocimiento, es evidente que en donde más se ha trabajado en la gerencia de proyectos es en los tópicos de tecnología e informática y en construcciones civiles. La bibliografía consultada, incluye también uno de los manuales de referencia más estudiados en el mundo, al menos occidental, publicado por el Project Management Institute: Guía del PMBOK, en el cual se contemplan algunos de los factores encontrados como claves para el éxito del proyecto.

Magíster en Educación. Docente de la Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria Americana, E-mail: jmunera@amewdu.co

Magíster en Educación. Docente de la Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria Americana, E-mail: ajimenezg@americana.edu.co

Mágister en Administración de Organizaciones. Docente de la Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria Americana, E-mail: dgalviz@coruniamericana.edu.co



Palabras clave: gerencia de proyectos, factores críticos de éxito, éxito en los proyectos, fracaso en los proyectos.

Abstract

The literature related to critical success factors (CSFs) in project management has changed a lot over the years. Initially, only 3 success factors were taken into account: cost, scope and schedule. But after the time, there are currently a lot of CSFs that, although they have been developed in different areas, are valid for the Project Management in general. In this article a review is made of the current literature available to find what are the main factors that, in the opinion of different project managers, are directly related to the achievement of success in the respective projects. Although the perspective of this research includes several areas of knowledge, it is clear that the most worked in the Project Management is in the topics of TI and civil constructions. The bibliography consulted also includes one of the most studied reference manuals in the world, published by the Project Management Institute: PMBOK Guide, which considers some of the factors found as key to the success of the project.

Key words: Project management, critical success factors, project success, project failure.

Introducción

Los gerentes de proyectos se enfrentan a varias coyunturas que se deben solucionar para que un proyecto llegue a su fin según lo planeado. Pero, ¿cuál es ese fin?, ¿Qué se considera un proyecto exitoso? Eso dependerá de un punto de vista específico. Así, mientras que para un ingeniero civil el proyecto de un puente es exitoso si se logró una construcción bajo unos estándares de calidad que permitan una estabilidad de obra a través de los años, para la comunidad el éxito de dicho proyecto se medirá por los beneficios traídos gracias a la conexión de su municipio con el resto del país. Por otro lado, para el Jefe de Salud Ocupacional, el proyecto será exitoso en la medida en que no ocurran accidentes y mucho menos un incidente fatal, pero para el socio capital el éxito se centra en el retorno de la inversión realizada. Como se observa, cada punto de vista es diferente y cada uno considera exitoso un ítem diferente.



En el campo de la gerencia de proyectos sucede precisamente eso. Normalmente se encuentra que todo gira en torno al tiempo, costo y cumplimiento de los requerimientos técnicos o específicos del proyecto, pero este punto de vista deja por fuera asuntos como la satisfacción del cliente, el aporte de valor al inversionista, los beneficios entregados a la comunidad, soluciones a la sociedad. Por ejemplo, en el caso de la creación de un nuevo producto, puede que el tiempo tomado para su desarrollo haya estado acorde con el cronograma, los costos se hayan ajustado al presupuesto y el producto haya cumplido con los requisitos técnicos o viceversa y, no obstante, no sea bien recibido por el cliente final. Por otra parte, aquello que sea considerado por los evaluadores del proyecto como un error puede ser lo que cautive al cliente y lleve a una compañía al éxito. “Los criterios para el éxito son mucho más amplios, incorporando la visión de todos los interesados en el proyecto” (Wateridge, 1998, p. 59).

El mantra estándar de cómo juzgamos el éxito de un proyecto es que debería ser completado en el tiempo, costo y calidad. Sin embargo, esto es al extremo simplista y puede ser positivamente peligroso.

... al enfocarse en el tiempo, el costo y la calidad, los gerentes de proyectos están distrayendo su atención de lo que es importante en los proyectos: la necesidad de gestionar la singularidad, la novedad y la fugacidad y el riesgo inherente y la necesidad de integración que ellos crean (Turner, 2008, p. 48).

La evaluación del éxito de un proyecto es muy importante debido a que entrega información sobre si las cosas se están haciendo bien y qué debería mejorarse para los futuros proyectos. En el sector privado, realizar el análisis del éxito de los proyectos ayuda a optimizar las inversiones, logrando maximizar las ganancias en proyectos futuros en la medida en que se alcance cierta madurez en la evaluación del éxito. En el sector público, es importante realizar la evaluación del éxito porque los recursos son escasos y se requiere que haya una optimización de los mismos para obtener el mayor rendimiento posible, lo cual aplica especialmente en el sector educativo, en el cual el estado ha pretendido que las universidades sean más “autosostenibles” sin dejar de aportar recursos.

La definición de éxito en la gestión de proyectos durante los años sesenta y setenta estaba orientada al costo y al tiempo, en un mercado



enfocado en la oferta y en el productor (DeCottis y Pyer, 1979; Padini y Glaser, 1977; Pinto y Slevin, 1988; Atkinson, 1999). Así mismo jugaban un papel relevante los proyectos enfocados en la eficiencia y la eficacia. Posteriormente, Oisen (1971) propuso el “triángulo de hierro” como el conjunto de los tres elementos: costo, tiempo y calidad y plantea que un proyecto se considera exitoso si cumple lo que en estos tres factores se había definido desde su planeación. Esto es precisamente lo que se encuentra en muchas organizaciones del país, donde se limitan a luchar por cumplir de una manera férrea las condiciones que fueron planeadas para el proyecto y si se apartan de esta planeación estarían condenados a que su proyecto sea tildado como fracaso. Incluso en las reuniones de seguimiento, los gerentes cuestionan duramente cuando se realiza alguna adición al proyecto, que sobre la marcha ha sido propuesta por el cliente o que se presenta debido a necesidades que se identifican en la ejecución y se evidencia que se requiere para incorporar calidad y valor agregado al resultado final del proyecto. Es así como la adición de la calidad a los factores iniciales que determinaban el éxito en la gestión de proyectos se presentó como el reflejo de un mercado que identificó la necesidad de integrar las exigencias del cliente y su cumplimiento.

Cumplir con el costo se refiere a haber gastado durante el proyecto el dinero estimado durante la fase de planeación. Cumplir con el tiempo significa realizar todas las actividades que componen el proyecto dentro del tiempo preestablecido. Cumplir con la calidad se refiere a lograr hacer todas las actividades propuestas tal como se definieron desde el principio y entregar el resultado del proyecto tal como se visualizó. Por el contrario, el fracaso se entiende como obtener desviaciones negativas con respecto a los tres factores ya mencionados: gastar más dinero del presupuestado, invertir un tiempo mayor al estimado y no lograr desarrollar todas las actividades establecidas.

Marco teórico

El éxito de los proyectos en la historia

Con el pasar de los años muchos investigadores han identificado casos de proyectos que parecían exitosos porque cumplían con el “Triángulo de hierro” pero finalmente cuando eran entregados al cliente, éste no le daba utilidad,

o estaba inconforme ya que no cumplía todas sus expectativas, o para una organización no traía beneficios y no ayudaba a generar valor (Cooke-Davies, 2002). Es entonces cuando se plantearon si realmente el éxito de un proyecto depende de haber cumplido con lo establecido inicialmente (costo, tiempo y calidad) y se cuestionaron acerca de si estos criterios son únicos a lo largo del ciclo de vida del proyecto y si se asume exitoso alcanzar lo que se definió inicialmente como objetivo y alcance del proyecto.

Diversos autores han visto que las medidas de eficiencia son importantes especialmente para medir el proceso en sí de la gestión del proyecto. Pero adicionalmente, han ido incluyendo nuevos factores de éxito a través del tiempo que suman al “Triángulo de hierro” o que lo redefinen, con el fin de medir el éxito del proyecto en la etapa posterior a la implementación. (Turner, 2005; Morris & Hough, 1987; Wateridge, 1998; Pinto & Slevin, 1988) Incluyen como parte fundamental de los criterios de éxito los beneficios que reciben los interesados directos (la organización) y los beneficios que reciben los interesados indirectos (los stakeholders de la comunidad). Igualmente, introducen lo que llaman “la fortaleza del sistema de información”, que se refiere a su mantenibilidad, confiabilidad, validez, calidad de la información y utilidad.

DeCottis y Pyer (1979); Padini y Glaser (1977); Pinto y Slevin (1988), adicionaron un nuevo elemento a la noción de éxito en los proyectos: la satisfacción del cliente. Fisher y Murphy en 1988 confirmaron la relevancia de este factor y sugirieron definiciones y niveles de satisfacción para los diferentes grupos de interés como la empresa, el equipo de trabajo y el usuario final.

La variedad de factores de éxito identificados por los autores como se ha visto y como se verá en adelante, también se ve influenciado por clústeres. Cooper y Kleinschmidt (1987), por ejemplo definieron tres factores de éxito en los proyectos relacionados con nuevos productos financieros: desempeño financiero-relacionado con el éxito del producto, apertura a nuevas oportunidades-entendido como que el proyecto permite identificar nuevos productos, nuevas categorías, nuevas áreas de mercado e impacto en el mercado- describe el impacto en mercados locales y extranjeros.

Pinto y Mantel (1990) identificaron de manera similar tres distintos aspectos



que nos permiten medir el éxito en los proyectos y estos se agrupan a su vez en eficiencia interna y externa e impacto: Proceso de implementación (Eficiencia interna - costo, tiempo, calidad), valor percibido del proyecto y satisfacción del cliente (Efectividad externa e impacto).

El enfoque multidimensional también fue utilizado por Dvir y Shenhar (1992), en un estudio realizado en la industria de electrodomésticos y computadoras enfocado en el éxito y fracaso de los proyectos. Encontraron que el éxito se mide en: Nivel de rentabilidad, nivel de nuevas ventas, generación de nuevas oportunidades- para nuevos mercados y productos-, y la preparación para el desarrollo y producción de nuevos productos.

Factores de éxito en la gerencia de proyectos

El Project Management Institute, una de las principales organizaciones en el campo de la Gerencia de Proyectos en el mundo, no tiene una definición precisa de los factores de éxito de un proyecto. Simplemente se limita a indicar que un proyecto es exitoso en la medida en que se cumpla con todo lo que se ha definido en la etapa de planeación. Esto hace evidente que aparte de que no existe una teoría explícita de la Gerencia de Proyectos, mucho menos existe una teoría explícita sobre los factores de éxito de los Proyectos. Los estándares existentes como el PMBOK (Project Management Body of Knowledge, Guía de los Fundamentos de la Gestión de Proyectos del PMI) ofrecen una guía para el desarrollo de un proyecto, pero no presenta las teorías básicas de esta ciencia ni las teorías para definir el éxito del proyecto.

Pinto y Slevin (1990) sugieren que la importancia relativa de los factores de éxito varía con el tiempo; en las etapas iniciales del proyecto, cuando éste se desarrolla de manera interna los factores costo, tiempo y calidad son relevantes; sin embargo, en la medida que se avanza en las etapas del proyecto y éste tiene un impacto externo los factores relacionados con la satisfacción de las necesidades del cliente y el desarrollo estratégico de la organización toman mayor relevancia. Estos autores argumentan también que aunque diversos autores han desarrollado de manera individual unas listas de factores de éxito críticos, se puede encontrar un patrón de similitud entre ellas y así agruparlos en conjuntos como los siguientes:



1. Objetivos claramente definidos.
2. Director de proyectos competente.
3. Apoyo de la gerencia general.
4. Miembros competentes del equipo de proyecto.
5. Asignación adecuada de recursos.
6. Adecuados canales de comunicación.
7. Mecanismos de control.
8. Capacidad de retroalimentación dentro de los interesados (stakeholders)
9. Capacidad de respuesta a los clientes.

Se podría decir que, para un proyecto específico, existen factores particulares de éxito que pueden diferir de los de otro proyecto. Sin embargo, todos o casi todos los factores críticos de éxito de proyectos diferentes se pueden enmarcar dentro de las 9 categorías expuestas.

El PMI realizó en el 2007 en Brasil una investigación sobre 185 empresas de 13 sectores, encontrando los siguientes como los problemas más comunes en la gestión de proyectos, que afectaron el éxito de los mismos:

1. Plazos prorrogados (72%)
2. Rehacer el trabajo (72%)
3. Interrupciones en el ritmo del trabajo (71%)
4. Cambio de alcance (69%)
5. Planificación insuficiente (63%)
6. Control inadecuado (51%)
7. Aumento de los costos (46%)
8. Problemas de comunicaciones (43%)

Si se compara este listado con los grupos de factores de éxito propuestos por Pinto y Slevin se puede observar que el primero (plazos prorrogados) y el tercero (interrupciones en el ritmo de trabajo) podría estar enmarcado dentro de varios grupos: Miembros competentes del equipo de proyecto, asignación adecuada de recursos, mecanismos de control y capacidad de retroalimentación. El segundo (rehacer el trabajo) y el cuarto (cambio del alcance) puede caber en los grupos: objetivos claramente definidos, apoyo de la gerencia general, mecanismos de control. Para el cambio del alcance también podría verse en la capacidad de retroalimentación y capacidad de



respuesta a los clientes al no hacer al cliente directamente partícipe del desarrollo del proyecto en su ejecución. El quinto (planificación insuficiente) se enmarcaría en director de proyectos competente y miembros competentes del equipo de proyecto. El sexto (control inadecuado) y séptimo (aumento de los costos) pueden estar en mecanismos de control. Finalmente, el octavo (problemas de comunicaciones) se asignaría a los adecuados canales de comunicación.

Por otro lado, Ghasabeh y Chabok (2009) realizaron una extensa revisión de literatura consistente en 57 artículos de los cuales concluyeron sobre la importancia de los diferentes factores de éxito en los proyectos. Según este análisis los factores más valorados son en su orden: cumplimiento del calendario, ajuste al presupuesto, satisfacción de los interesados o stakeholders y cumplimiento de los requisitos de calidad. Sin embargo, vale la pena mencionar otros factores que aunque no se repiten tanto, si se consideraron en el análisis de Ghasabeh y Chabok (2009): apoyo de la dirección, el equipo de proyecto, el alcance, el proceso de compras y adquisiciones, la gestión de los riesgos, la disponibilidad de los recursos y el control de los proyectos. Una vez más podemos observar de este último estudio que hay varios factores que podrían estar enmarcados en los grupos propuestos por los diversos actores.

De la revisión bibliográfica realizada se puede concluir que aunque en los primeros años de la gestión de proyectos formalmente establecida, es decir de los años 70s y 80s, el concepto de los factores críticos de éxito en los proyectos estaba muy cerrada a lo que era la ejecución como tal del proyecto con base en cumplir lo planeado al pie de la letra en cuanto a tiempo, costo y calidad; con el transcurrir de los años, se ha venido ampliando el concepto de éxito de un proyecto y con él numerosos investigadores han propuesto muchas categorías para enmarcar los factores que determinan que un proyecto tenga el éxito esperado. Aún continúa esta discusión y de hecho se encuentra que los diferentes estándares en la gerencia de proyectos a nivel mundial no muestran un consenso definitivo para realizar una medición que indique correctamente qué tan exitoso resulta la gestión del proyecto.

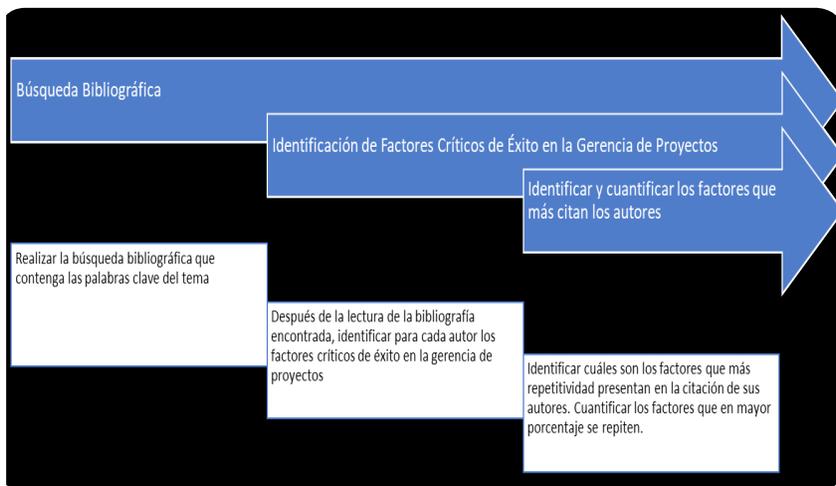
Al estudiar los factores de éxito en los proyectos, se debe diferenciar varios aspectos: si se habla de proyectos públicos es muy distinto a hablar de proyectos en el sector privado, debido a que los primeros usan recursos públicos y no

buscan la rentabilidad financiera como en los segundos, en los cuales los inversores privados hacen un aporte económico buscando un retorno en un plazo determinado. Adicionalmente, en cada uno de estos dos sectores, se debe diferenciar si se hace referencia a proyectos de investigación, de desarrollo, tecnológicos, de repotenciación, de infraestructura, lanzamiento de un nuevo producto, etc. En cada área específica de los proyectos tendrá mayor peso unos cuantos factores de éxito, sin embargo los principios básicos deberían ser aplicables a cualquier proyecto.

Metodología

Para realizar este texto se llevó a cabo un estudio con estrategias cualitativas y cuantitativas. Primero se realizó una revisión bibliográfica iniciando por una búsqueda en varios motores de búsqueda y bases de datos como <https://scholar.google.es/> y www.scopus.com. Para dicha búsqueda se usaron las palabras clave: critical success factor, project management, factores críticos de éxito, gerencia de proyectos, gestión de proyectos. Se obtuvieron entonces 165 artículos, de los cuales se eligieron los que planteaban directamente una discusión sobre los factores críticos de éxito en un proyecto, obteniendo 21 artículos. De estos artículos se discriminaron los factores críticos de éxito y se resumieron en la tabla 1.

Posteriormente, se revisan los factores críticos de éxito que más se repiten en los artículos encontrados para conocer cuáles son los factores más citados de manera repetida, constituyéndose en los más importantes para los diversos autores.





Análisis de resultados

Factores de éxito citados

En la tabla 1, se muestra el total de los Factores Críticos de Éxitos encontrados en la bibliografía consultada. En la columna de la izquierda se observa el nombre de cada FCE. Al frente de estos, en la parte superior, se observan los números del 1 al 21, los cuales representan cada uno de los artículos seleccionados que mencionan los FCE. En la última columna se encuentra el total de artículos que citan cada uno de los FCE. Además, en la tabla 2 se hace una relación del número del artículo con el autor (o autores) del respectivo artículo.

Tabla 1. Lista de Factores Críticos de Éxito y el número del respectivo artículo de revista que los menciona.

FACTORES CRÍTICOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	TOTAL
INTERESADOS	X	X	X	X		X	X		X		X	X				X	X	X	X		X	14
COSTO		X		X	X		X		X			X	X	X		X		X	X		X	12
SEGUIMIENTO Y CONTROL	X		X					X		X				X		X	X	X	X		X	10
TIEMPO		X	X	X	X		X	X			X	X	X					X			X	11
CALIDAD		X		X			X	X			X		X				X	X				8
APOYO DE LA DIRECCIÓN			X							X					X	X	X	X	X		X	8
HERRAMIENTAS Y METODOLOGÍAS			X					X	X						X	X	X		X			7
PLANEACIÓN	X		X		X		X				X				X		X		X		X	9
COMUNICACIÓN		X	X							X						X	X		X		X	7
RECURSOS								X								X		X	X	X		5
CONTRATISTAS								X		X							X		X			4
ALCANCE								X			X							X	X			4
RIESGOS							X	X										X				3
EQUIPO DE PROYECTO															X		X	X	X		X	5
DIRECTOR DE PROYECTO										X							X		X			3
ENTORNO Y MEDIO AMBIENTE								X								X	X		X			4
LOGRO RESULTADOS	X							X				X										3
CAPACITACIÓN			X					X							X				X			4
DOCUMENTACIÓN													X				X					2
COMPRAS																		X				1

Tabla 2. Lista de los autores con cada número del respectivo artículo que menciona los FCE de la tabla 1.

#	Autores (año)
1	Shenhar, A., Levy, O., & Dvir, D. (1997).
2	Atkinson, R. (1999).
3	Pinto, J. K., & Slevin, D. P. (1987).
4	Abdullah, W., Maimun, W. and Ramly, A. (2006)
5	Cooke-Davies, T. (2002).
6	Dvir, D., Raz, T., & Shenhar, A. J. (2003).
7	Jugdev, K., & Müller, R. (2005)
8	Mustaro, P. N., & Rossi, R. (2013).
9	Leonie Koops, Marian Bosch-Rekvelde a, Laura Coman, Marcel Hertogh (2016).
10	Joslin, Robert. (2016).
11	Zarina Alias, E.M.A. Zawawi, Khalid Yusof, N.M. Aris (2014).
12	Diez-Silva, H. Mauricio; Perez-Ezcurdia, M. Amaya; Gimena Ramos, Faustino N. (2012).
13	Marly Monteiro de Carvalho, Leandro AlvesPatah, Diógenesde Souza Bido (2015).
14	Marija Lj. Todorović, Dejan Č. Petrović, Marko M. Mihić, Vladimir Lj. Obradović (2015).
15	Chung, B.Y., Skibniewski, M.J., Lucas Jr., H.C., Kwak, Y.H. (2008).
16	Yalegama, Sugath & Chileshe, Nicholas & Tony, Ma. (2016).
17	Alexandrova, M., & Ivanova, L. (2012).
18	N. Zabaleta Etxebarria N, Igartua Lopez J I, Errasti Lozares N (2012).
19	Akkermans, H. & van Helden, K. Eur J Inf Syst (2002) .
20	Stylianou, Constantinos & Andreou, Andreas S. (2013).
21	Daojin Fan (2010).

FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO EN LA LITERATURA

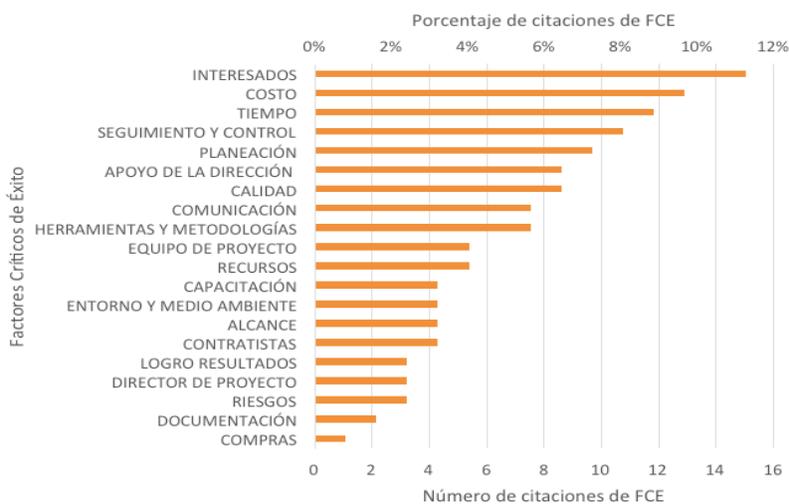


Figura 1. Factores Críticos de Éxito, por orden de número de citasiones en la bibliografía consultada.



En el Gráfico 1, se observa que el 45% de las citas recae en el 25% de los Factores de Éxito, lo cual se expone en la Tabla 3.

Tabla 3. Los Factores Críticos de Éxito cuyo número de citas alcanza el 45% del total de las citas.

Factores críticos de Éxito	Porcentaje individual	Porcentaje acumulado
Interesados	11%	45%
Costo	10%	34%
Tiempo	9%	24%
Seguimiento y control	8%	15%
Planeación	7%	7%

Factores Críticos de Éxito más citados

Interesados:

Según la definición del Project Management Institute, “un interesado es un individuo, grupo u organización que puede afectar, verse afectado, o percibirse a sí mismo como afectado por una decisión, actividad o resultado de un proyecto. Los interesados pueden participar activamente en el proyecto o tener intereses a los que puede afectar positiva o negativamente la ejecución o la terminación del proyecto. Los diferentes interesados pueden tener expectativas contrapuestas susceptibles de generar conflictos dentro del proyecto. Los interesados también pueden ejercer influencia sobre el proyecto, los entregables y el equipo del proyecto a fin de lograr un conjunto de resultados que satisfagan los objetivos estratégicos del negocio u otras necesidades. La gobernabilidad del proyecto—la alineación del proyecto con las necesidades u objetivos de los interesados—resulta fundamental para la gestión exitosa de participación de los interesados y para el logro de los objetivos de la organización. La gobernabilidad del proyecto permite a las organizaciones dirigir los proyectos de manera coherente, maximizar el valor de sus resultados y alinear los mismos con la estrategia del negocio. Proporciona un marco en el cual el director del proyecto y los patrocinadores pueden tomar decisiones para satisfacer tanto las necesidades y expectativas de los interesados como los objetivos estratégicos de la organización, o bien abordar circunstancias en las que éstos pudieran no estar alineados” (PMI, 2013).

Además, el equipo del proyecto necesita ser capaz de evaluar la situación, equilibrar las demandas y mantener una comunicación proactiva con los interesados a fin de entregar un proyecto exitoso (PMI, 2013).

Los interesados en el proyecto pueden tener opiniones diferentes sobre cuáles son los factores más importantes, creando un desafío aún mayor.

Khang y Moe (2008) identificaron una consulta efectiva de las partes interesadas como el factor más influyente en el éxito del proyecto.

Costo:

La gestión de los costos del proyecto incluye los procesos relacionados con planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos, de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado. (Guía del PMBOK, 2013).

Atkinson (1999) menciona la importancia del costo en la ejecución de proyectos: la Norma Británica para la gestión de proyectos en 1996, definió la gestión de proyectos como: La planificación, el seguimiento y el control de todos los aspectos de un proyecto y la motivación de todos los involucrados en él, para lograr los objetivos del proyecto a tiempo y con el costo, la calidad y el rendimiento específicos.

Tiempo:

El tiempo en el que realmente se ejecuta el proyecto debe estar muy cercano al tiempo que inicialmente se presupuestó.

Según Todorovic y Petrovic (2015), la mayoría de los gerentes de proyectos y miembros de equipo encuestados, dijeron que los beneficios del conocimiento adquirido en los proyectos anteriores se relacionan principalmente con: una planificación del tiempo más eficiente, un mejor control de los procesos de trabajo, una comunicación más eficiente, una ejecución de tareas más rápida, una resolución de problemas mejorada y una disminución en consumo de recursos.

Además, el programa debe incluir un sistema de medición satisfactorio como una forma de evaluar el desempeño real en función del presupuesto y los plazos de tiempo (Pinto & Slevin, 1987).



Seguimiento y Control:

Un proyecto exitoso posee el control favorable del proyecto y los sistemas de informes, estos sistemas pueden proporcionar el monitoreo y la realimentación en todas las etapas del proyecto y comparar el tiempo, los costos y el desempeño del equipo y los objetivos del proyecto. El sistema de control del proyecto debe ser proactivo y debe funcionar bien para la preparación, el pronóstico y la prevención de antemano, llevando a cabo las acciones correspondientes cuando se producen problemas (Daojin Fan, 2010).

Hay varios factores relacionados con el proceso de gestión de proyectos, en un proyecto exitoso, incluyendo el proceso de inicio, planificación, ejecución, control y finalización del proyecto (Daojin Fan, 2010).

Planeación:

Como lo expresan Mustaro & Rossi (2013), este es el grupo de procesos que tiene más procesos asociados. En general, puede considerarse como el proceso único para la gestión de proyectos, ya que el acto de gestión está completamente justificado por la planificación. El grupo de proceso de planificación define y refina los objetivos y planifica las acciones necesarias para alcanzar los objetivos y el alcance que el proyecto aborda (PMI, 2013).

Durante un proyecto, el plan (planeación) está relacionado con los objetivos de tiempo, costo y rendimiento juntos. El plan del proyecto incluye muchos factores, como el límite de tiempo, el alcance del proyecto, la estructura de desglose del trabajo, la estimación de costos, los requisitos de instalaciones, la programación de recursos humanos del proyecto, los hitos, los requisitos de calidad, el análisis de flujo de efectivo y la planificación de riesgos, etc. (Daojin Fan, 2010).

Conclusiones

Aunque tradicionalmente se consideraba que un proyecto era exitoso tan solo si cumplía con el llamado “Triángulo de Hierro” Costo-alcance-tiempo (Atkinson, 1999), podemos observar de la revisión bibliográfica que el 45% de las citaciones a factores de éxito corresponde a 5 factores, es decir, al 25% de los factores totales citados; sin decir, que el 75% restante no sea

importante. Es claro que, para la mayoría de los autores, la gran porción de éxito en los proyectos se debe al especial cuidado que hay que tener en este 25%.

Todo lo relacionado con los interesados: la comunicación, su participación constante durante las diferentes etapas del proyecto.

El costo: garantizar que el costo real del proyecto sea adecuadamente similar al que se ha establecido desde la etapa de planeación.

El tiempo: realizar una buena gestión del tiempo que garantice que las diferentes etapas se ejecuten dentro del plazo predeterminado.

Seguimiento y control: se debe llevar a cabo una rigurosa labor de seguimiento y control de todos los factores involucrados en el proyecto, comenzando con el “triángulo de hierro”: costo, tiempo, alcance. De una adecuada gestión de este factor depende que toda la planeación se desarrolle tal cual fue concebida.

Planeación: es vital que en la etapa inicial del proyecto se realice una correcta planificación, con el fin de que haya el menor número posible de desviaciones durante la etapa de ejecución. También es importante para la apropiada asignación y gestión de los recursos.

Referencia bibliográficas

Chung, B.Y., Skibniewski, M.J., Lucas Jr., H.C., Kwak, Y.H. (2008). Analyzing enterprise resource planning system implementation success factors in the engineering-construction industry. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 22(6), pp. 373-382.

Abdullah, W., Maimun, W. and Ramly, A. (2006). ‘Does successful project management equates to project success’. Paper presented at the ICCI – 2006.

Akkermans, H. & van Helden, K. Eur J Inf Syst (2002). Vicious and virtuous cycles in ERP implementation: a case study of interrelations between critical success factors. *European Journal of Information Systems*, 11(1), 35-46.



Alexandrova, M., & Ivanova, L. (2012). Critical success factors of project management: empirical evidence from projects supported by eu programmes. *9th International Asecu Conference On "Systemic Economic Crisis: Current Issues And Perspectives"*.

Atkinson, R. (1999). Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *International journal of Project management*, 17(6), 337-342.

Cooke-Davies, T. (2002). The "real" success factors on projects. *International Journal of Project Management*, 20, 185-190.

Daojin, Fan. (2010). Analysis of Critical Success Factors in IT Project Management. *2nd International Conference on Industrial and Information Systems*, IIS 20102,5565760, pp. 487-490.

Diez-Silva, H. Mauricio; Perez-Ezcurdia, M. Amaya; Gimena Ramos, Faustino N; Montes-Guerra, Maricela I. (2012). Medición del desempeño y éxito en la dirección de proyectos. Perspectiva del Manager público. *Revista Escuela Administración de Negocios EAN*, No. 73, 60-79

Dvir, D., Raz, T., & Shenhar, A. J. (2003). An empirical analysis of the relationship between project planning and project success. *International Journal of Project Management*, 21, 89-95.

Joslin, Robert. (2016). The impact of project methodologies on project success in different project environments. *International Journal of Managing Projects in Business*, 9, 10.1108/IJMPB-03-2015-0025.

Jugdev, K., & Müller, R. (2005). A Retrospective look at our evolving understanding of project success. *Project Management Journal*, 36 (4), 19-31.

Leonie Koops, Marian Bosch-Rekvelde, Laura Coman, Marcel Hertogh, Hans Bakker (2016). Identifying perspectives of public project managers on project success: Comparing viewpoints of managers from five countries in North-West Europe. *International Journal of Project Management*, 34, 874-889.

Marija Lj. Todorović, Dejan Č. Petrović, Marko M. Mihić, Vladimir Lj. Obradović, Sergey D. Bushuyev (2015). Project success analysis framework: A knowledge-based approach in project management. *International Journal*

of *Project Management*, 33(4), 772-783.

Marly Monteiro de Carvalho, Leandro Alves Patah, Diógenes de Souza Bido (2015). Project management and its effects on project success: Cross-country and cross-industry comparisons. *International Journal of Project Management*, 33, 1509-1522.

Mustaro, P. N., & Rossi, R. (2013). Project Management Principles Applied in Academic Research Projects. *Issues in Informing Science and Information Technology*, 10, 325-340.

N. Zabaleta Etxebarria N, Igartua Lopez J I, Errasti Lozares N (2012). Análisis de la Relación Existente entre los Estándares de Gestión de Proyectos y los Factores Críticos para su Éxito. *6th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*, Vigo, España, 943-950.

Pinto, J. K., & Slevin, D. P. (1987). Critical factors in successful project implementation. *IEEE Transactions on Engineering Management*, EM-34, (1), 22-27.

PMI Project Management Institute (2013). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, Guía del PMBOK*. 5 Edición. Project Management Institute, Inc.

Shenhar, A., Levy, O., & Dvir, D. (1997). Mapping the dimensions of project success. *International Journal of Project Management*, 28(2), 5-13.

Stylianou, Constantinos & Andreou, Andreas S. (2013). A multi-objective genetic algorithm for intelligent software project scheduling and team staffing. *Intelligent Decision Technologies*, 7(1), 59-80.

Yalegama, Sugath & Chileshe, Nicholas & Tony, Ma. (2016). Critical success factors for community-driven development projects: A Sri Lankan community perspective. *International Journal of Project Management*, 34, 643-659. 10.1016/j.ijproman.2016.02.006.

Zarina Alias, E.M.A. Zawawi, Khalid Yusof, N.M. Aris (2014). Determining Critical Success Factors of Project Management Practice: A Conceptual Framework. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 153, 61 – 69.



CAPÍTULO 6

TRANSFORMACIÓN GLOBAL: UNA MIRADA DESDE LA INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA INDUSTRIAL HACIA LA SOSTENIBILIDAD

¹Jovany Sepúlveda-Aguirre; ²Luis Fernando Garcés Giraldo; ³Jhoany Alejandro Valencia Arias; ⁴Enevis Rafael Reyes Moreno

Resumen

Magíster de Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional del Instituto Tecnológico Metropolitano. Docente Investigador con categoría Asociado de Colciencias. E-mail: jovaeib@gmail.com.

Posdoctor en Derecho de la Universidad Nacional de Colombia. Posdoctorante en Filosofía en la Universidad Pontificia Bolivariana. Doctor en Filosofía de la Universidad Pontificia Bolivariana. E-mail: lugarces70@gmail.com

PhD. en Ingeniería, Industria y Organizaciones de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Docente Investigador de la Corporación Universitaria Americana. E-mail: jvalencia@americana.edu.co

Magíster en Ambientes Virtuales de Aprendizaje. Jefe de programa de Ingeniería Informática ereyes@lasallista.edu.co

Asistimos a una transformación global continua, facilitada principalmente por las revoluciones digitales e industrial. En este sentido, la revolución tecnológica y de los sistemas relacionadas con la cuarta revolución industrial ha alterado la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos unos con otros. Las transformaciones globales han afectado de alguna manera nuestra práctica diaria; por lo tanto, tenemos que ser proactivos y equipados con competencias pertinentes para asegurar nuestra permanencia y pertinencia competitiva. En este trabajo, se pretende poner de manifiesto los cambios actuales que están afectando a nuestras vidas, y cómo nos tenemos que preparar para hacer frente a los nuevos retos que surgen a partir de la modernidad de la sociedad y los cambios en los diferentes sistemas. Se espera que la forma en que responden a estos cambios va a determinar el desarrollo futuro del mundo, para el futuro positivo o negativo, con el objetivo de un desarrollo sostenible.



Palabras clave: transformación global, revolución industrial 4.0, interacción humana y tecnológica, desarrollo sostenible, tendencias en Ingeniería de Sistemas e Industrial.

Abstract

We are witnessing a continuous global transformation, facilitated mainly by the digital and industrial revolutions. In this sense, the technological and systems revolution related to the fourth industrial revolution has altered the way we live, work and relate to others. Global transformations have somehow affected our daily practice; Therefore, we have to be proactive and equipped with relevant competencies to guarantee our permanence and competitive relevance. In this work, the aim is to highlight the current changes that are affecting our lives, and how we have to prepare ourselves to face the new challenges that arise from the modernity of society and changes in different systems. How you respond to these changes is expected to determine the future development of the world, for the positive or negative future, with the goal of sustainable development.

Keywords: global transformation, 4.0 industrial revolution, human and technological interaction, sustainable development, trends in Systems and Industrial Engineering.

Introducción

Estamos viviendo en un mundo que está cambiando continuamente y se experimentan cambios en todas las áreas de la vida. Esto es conocido como la transformación global. Estos cambios son impulsados principalmente por lo digital y el uso de sistemas, que han revolucionado y facilitado el desarrollo avanzado de las tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

Las tecnologías digitales y virtuales se han convertido en parte de nuestra vida diaria: en tal medida, que ahora dependemos de la tecnología para nuestras rutinas diarias, tanto en el trabajo, como en el hogar. Una de las transformaciones globales más significativas, que ha permeado todo el mundo es la cuarta revolución industrial (IR4.0).

Las innovaciones tecnológicas que conducen a transformaciones globales,

se han adentrado en las prácticas diarias en cada uno de los sectores. En este caso, es necesario advertir que, si no se gestionan estos cambios con prudencia, puede conducir a impactos negativos que pueden conducir a trastornos o en el peor de los casos en caos. Más aún, cuando se han aumentado las preocupaciones por el énfasis que se da a las innovaciones tecnológicas, haciendo caso omiso de las implicaciones sociales y ambientales que resultan de estas innovaciones. En esta situación, lo digital, los sistemas y la innovación tecnológica debe contribuir al desarrollo sostenible para el bienestar de la sociedad a en el ámbito mundial.

El propósito de este trabajo, es compartir con la comunidad académica los actuales escenarios de las transformaciones globales, impulsadas específicamente, por el desarrollo avanzado en la tecnología que conduce a la aparición de diversas innovaciones tecnológicas, retos y impactos en los individuos, organizaciones, gobiernos y la sociedad. Adicionalmente, estrategias o iniciativas para responder a los cambios en los sistemas, que también se presentan como un camino a seguir para responder positivamente a la transformación global. Para este propósito, se organizará este documento en cuatro secciones principales. Después de la introducción (primera parte), en la segunda sección se analiza la actual transformación global, resultante de la cuarta revolución industrial. La tercera sección, presenta los impactos o desafíos resultantes de la transformación, mientras que la cuarta sección propone las posibles estrategias para hacer frente a los cambios.

Escenarios actuales: transformaciones hacia lo global

Una visión general de las transformaciones globales se presenta en la figura 1, donde siete elementos dan como resultado la transformación global. Es importante señalar que estos determinantes no funcionan de forma individual, ellos interactúan entre sí para conducir el cambio mundial.

Los conductores más importantes para la transformación global son las innovaciones tecnológicas facilitado por la automatización y digitalización. Tecnologías ahora hemos sido testigos de un tal Inteligencia Artificial (IA), digitalización, automatización y la Internet de los objetos (IO) son incrustado.



Figura 1. Transformaciones globales que impactan los sistemas
Fuente: adaptada de Morrar, Arman & Mousa (2017).

Los elementos más importantes para la transformación global son las innovaciones tecnológicas facilitado la automatización y digitalización (con total relevancia y transversalidad con los sistemas). Tecnologías asociadas con la Inteligencia Artificial (IA), la digitalización, la automatización y el Internet de las cosas (IC), hacen parte de nuestra experiencia cotidiana. Estas innovaciones tecnológicas específicamente son impulsadas por las tecnologías digitales, que mejoran los impactos de la globalización que, posteriormente, dar lugar a la facilidad de movilidad a través de las fronteras y flexibilidad de tiempo y espacio.

Las innovaciones tecnológicas también facilitan los cambios en la urbanización. En la actualidad, la urbanización ha dado lugar a la evolución del panorama de los lugares geográficos y demográficos de poblaciones. La urbanización cambia la productividad y la demanda de productos y

servicios. Eso también cambia la estructura de la economía de una nación en particular. Del mismo modo, ha avanzado la tecnología y las preocupaciones con respecto al agotamiento de los recursos naturales y de manera drástica, los cambios climáticos se han traducido en la práctica emergente de la economía verde, a saber, la práctica de la reducción de residuos y la aplicación de gestión de tamaño reducido para estos. Finalmente, el cambio en la tendencia demográfica de la población del mundo que es en porcentaje cada vez es mayor el envejecimiento de la población también da lugar a transformaciones globales. Se prevé que, por el envejecimiento de las sociedades, están destinadas a crecer más lentamente, a menos que la revolución de la tecnología desencadena importante crecimiento de la productividad (Schwab, 2017).

Muchos han argumentado que la mayor parte de las transformaciones globales son impulsadas en gran medida por la 4ta Revolución industrial (RI4.0). La cuarta revolución industrial se caracteriza por la fusión de tecnologías que se están entrelazando entre las esferas física, digitales y biológicas. Es una situación en la que los sistemas físicos pueden cooperar y conectar los seres humanos y en tiempo real, todo habilitado por el IC y los servicios relacionados. La figura 2, muestra una mirada global de la transformación industrial, lo que demuestra que la RI4.0 se construye a partir de tres transformaciones tecnológicas: la energía de vapor, la electricidad y la era de los ordenadores. La primera, la revolución industrial, utiliza la energía del agua y el vapor para mecanizar la producción. La segunda, utiliza la energía eléctrica para crear la producción en masa. La tercera, la electrónica y la información utilizan la tecnología para la producción automatizada.

Según Schwab (2016), la cuarta revolución está evolucionando de forma exponencial, adentrándose casi en todos los sectores en el ámbito mundial. Además, la amplitud y profundidad de los cambios anuncian, la transformación de los sistemas de producción, de gestión y de gobierno. Esto requiere la movilización eficaz y eficiente de recursos, que se traducen en la posibilidad de pérdida de trabajo debido a la automatización, la robótica y la digitalización. Se trata de datos, información y conocimiento que cambiarán la producción futura, la logística y los procesos de trabajo (Acatech, 2014).

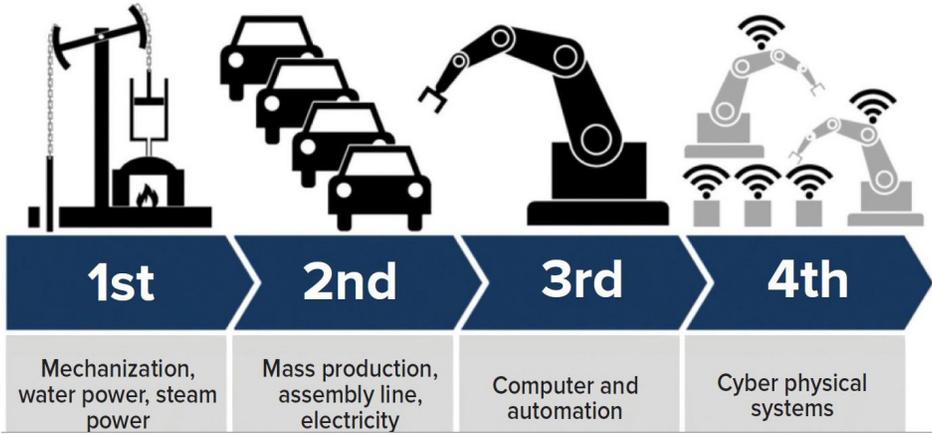


Figura 2. Evolución de la Revolución industrial
Fuente: Brigit, et al. (2017).

Impactos y desafíos

Cada innovación tecnológica traer beneficios y desafíos. De acuerdo con Schwab (2017), la cuarta revolución industrial tiene un impacto potencial en la economía, los negocios, gobiernos y países, la sociedad y los individuos. Sin embargo, para este trabajo, los autores intentarán mostrar la amplitud y la extensión de los efectos de la Cuarta Revolución Industrial mediante la presentación de la Figura 3. En la cual se visualizan tres círculos concéntricos, a saber, micro-nivel: el individuo, la meso nivel: la organización y el nivel macro: impactos sociales. También es importante destacar que estos impactos no funcionan de forma independiente, sino que existe influencia e interacción entre cada uno de ellos.

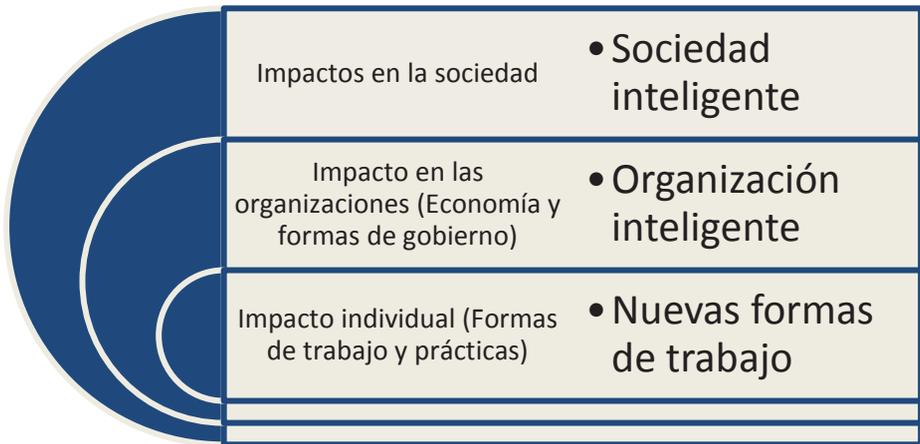


Figura 3. Impacto de la RI4.0
Fuente: Adaptada de Schwab (2017).

En el nivel micro, la práctica del trabajo diario de un individuo sin importar el lugar de trabajo o personal se ve afectada por las transformaciones. En este caso, habrá desempleo y desplazamiento del empleo debido a la digitalización y automatización. Además, diferentes habilidades de trabajo serán requeridas debido a la utilización de la interconectividad de las revoluciones digitales y la automatización.

Un estudio realizado por Oxford Martin School proyecta la amenaza de perder el empleo en los países en desarrollo por el impacto de estas transformaciones, (el porcentaje se proyecta entre el 55 a 85 por ciento de los trabajadores en los próximos 20 años), mientras la Organización de las Naciones Unidas - ONU en un informe menciona que en los países en desarrollo podrían estar en riesgo por su falta de preparación para estas transformaciones (Schwab, 2016). Además, McKinsey Institute informó que aproximadamente el 60 por ciento de los puestos de trabajo podrían tener más de 30 por ciento de las actividades automatizadas y el cinco por ciento puede ser totalmente automatizado. En este sentido, la demanda de trabajadores cualificados ha aumentado, mientras que la demanda de trabajadores con menos educación y menos habilidades ha disminuido.

Como se muestra en la figura 4, la mayoría de las habilidades laborales importantes que se requieren a partir del año 2020 se asocian a la complejidad en la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la creatividad. Además, las nuevas habilidades de trabajo necesarias para los próximos años son la inteligencia emocional y la flexibilidad cognitiva.

En este caso, el cambio de las habilidades de trabajo requeridas por las transformaciones, que conducen a la incertidumbre de la mano de obra existente. Si este asunto no se trata, puede resultar en un aumento significativo de la tasa de desempleo en el ámbito mundial. Por lo tanto, hay una necesidad de preparar y equipar los individuos y la mano de obra con las habilidades y conocimientos necesarios para aumentar la productividad y contribuir al desarrollo económico.

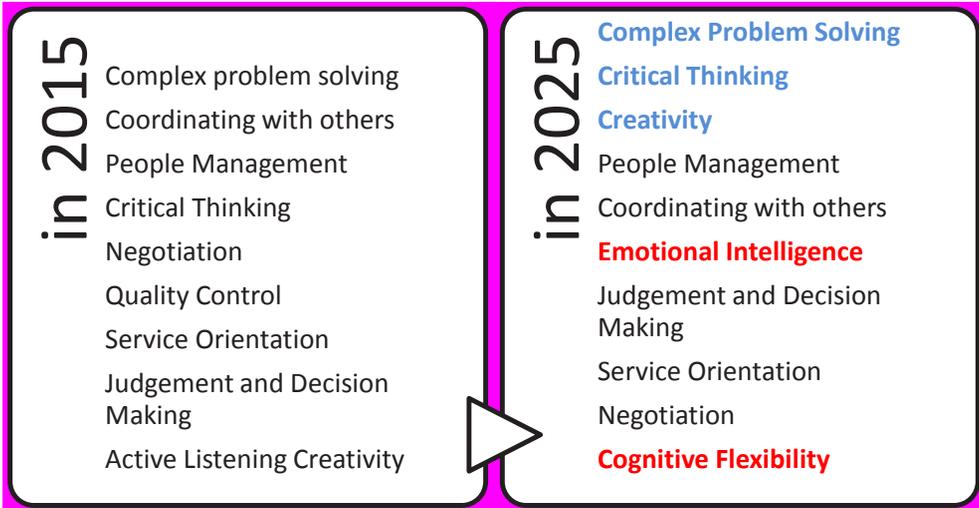


Figura 4. Comparación de las habilidades de trabajo en 2015 y 2020
Fuente: Futuro del informe de empleo, Foro Económico Mundial.

En consonancia con este esfuerzo, el Foro Económico Mundial (2015) ha desarrollado las habilidades en el Siglo XXI (figura 5), necesarias para la fuerza de trabajo. Estas habilidades están alineadas con las competencias requeridas y la alfabetización en conocimientos necesarios para afrontar las transformaciones globales.

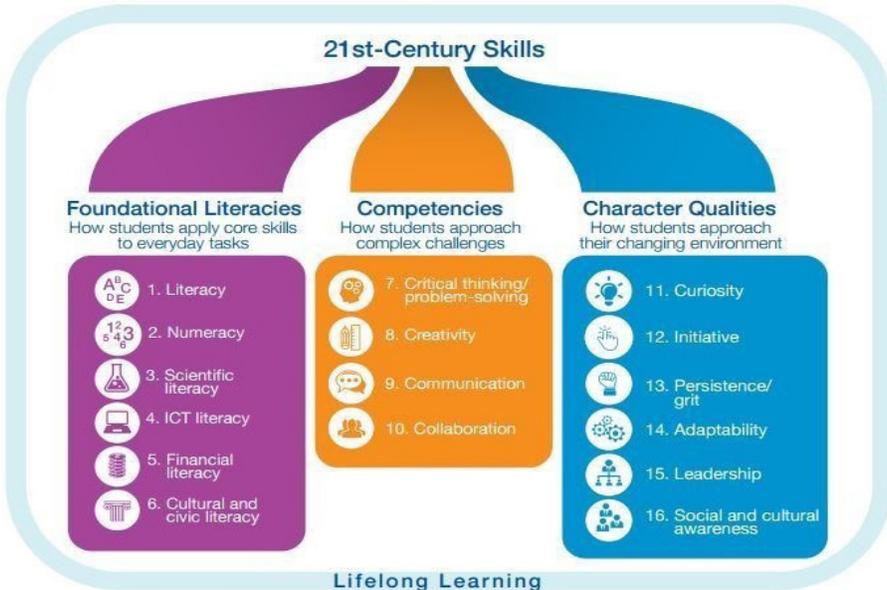


Figura 5. Habilidades requeridas para el Siglo XXI
Fuente: Foro Económico Mundial (2015).

A partir de la figura 5, son evidente los cambios en las prácticas cotidianas de los individuos, prácticas que conllevan a transformaciones facilitadas por la digitalización, virtualización y al uso de sistemas orientados hacia el uso y apropiación social, en tanto que, más del 30% de la población mundial ahora utiliza las plataformas virtuales para conectarse, aprender y compartir información. Estas interacciones podrían proporcionar una oportunidad para la comprensión intercultural y la cohesión, así como ofrecer oportunidades para compartir y desarrollar ideas (Schwab, 2017).

El nivel meso representa la estructura de las organizaciones, tanto las organizaciones gubernamentales y del sector público, así como las organizaciones privadas. La automatización y digitalización de las prácticas de trabajo en las organizaciones da lugar a cambios en las formas y modelos de negocio y las formas de transacción entre las diferentes organizaciones. Uno de los procesos comunes de transformaciones digitales en las organizaciones se da de acuerdo a lo descrito por Solis (2018), 1) Más de lo mismo, organizaciones en la que operan con una práctica de trabajo familiar, estandarizada y cambios significativos; ii) organización activa, es aquella en la que se está experimentando constantemente y está impulsando la alfabetización digital y la creatividad en todos los niveles de la organización, con el objetivo de mejorar los procesos específicos; iii) Organización formalizada, en la los ensayos y experimentos se hacen de forma intencionada; iv) Organización estratégica, en la que los grupos dentro de la organización reconocen la fuerza en la colaboración y en el trabajo, donde se comparten ideas que contribuyen a nuevos planes estratégicos orientados hacia la transformación digital; v) Organización convergente, que se caracteriza por la existencia de un equipo dedicado a la transformación digital como estrategia y para la base del negocio; y vi) Organización innovadora y adaptativa, en la que la transformación digital y de los sistemas, se convierten en una forma natural de hacer de los negocios, y en la que se establece un ecosistema para identificar y actuar sobre las tendencias tecnológicas y de mercado.

En el nivel macro, existe una nueva cultura llamada sociedad inteligente o sociedad digital, donde la sociedad es altamente dependiente de la conectividad, la automatización y los avances tecnológicos, a través plataformas de interacción



social como Facebook, WhatsApp, YouTube, Facebook, Instagram, entre otros. Estas plataformas promueven la creación y el intercambio de información, ideas, y otras formas de comunicación a través de comunidades y redes virtuales. Por lo tanto, la sociedad experimenta y revoluciona su estilo de vida. Las plataformas de economía digital, llevan a millones de personas a hacer parte de la economía global informal y formal, con acceso a productos, servicios y nuevos mercados virtuales como Lazada, Amazon, negocios en línea, bitcoins y muchos otros. La revolución digital también ofrece oportunidades a las personas con conexión a internet a aprender y ganar de forma no convencional, por lo tanto, dalugar a una nueva forma de aprender y de emprender. Las innovaciones tecnológicas también mejoran la calidad de vida, debido a un mejor cuidado de la salud médica y, por tanto, también se espera que el promedio de expectativa de vida se incremente (Schwab, 2017). Sin embargo, se espera que la desigualdad social para ensanchar debido al potencial perturbaciones del mercado de trabajo causados por la digitalización y automatización. Además, el aumento de interconectividad conduce a problemas sociales relacionados con el riesgo de la seguridad cibernética, por lo tanto, existe la necesidad de tener un conocimiento global de los sistemas actuales y de los cambios tecnológicos que drásticamente impactan nuestra vida social, económica, ecológica y cultural, entre otras (Schwab, 2016).

Innovación Social para el Desarrollo Sostenible

Morrar et al. (2017) desarrollaron un marco para lograr el desarrollo sostenible, que tiene en cuenta los valores humanos y, al mismo tiempo se fomenta el desarrollo tecnológico. El marco propuesto por Morrar et al. (2017) es como se presenta en la figura 6. Sobre la base de este marco, el desarrollo sostenible va en tres dimensiones interrelacionadas entre sí, a saber: económicas, sociales y de entorno, pueden lograrse a través tanto la innovación tecnológica y social, que se contextualizan dentro de la Cuarta revolución industrial. A diferencia de la innovación tecnológica, la innovación social se refiere a nuevas prácticas utilizadas para hacer frente a los retos sociales que tiene influencia positiva sobre las personas, la sociedad y la organización (Andor, 2013).

Morrar et al. (2017) sugirieron la necesidad de innovación social, para mejorar las necesidades de bienestar y de la sociedad y de la población.

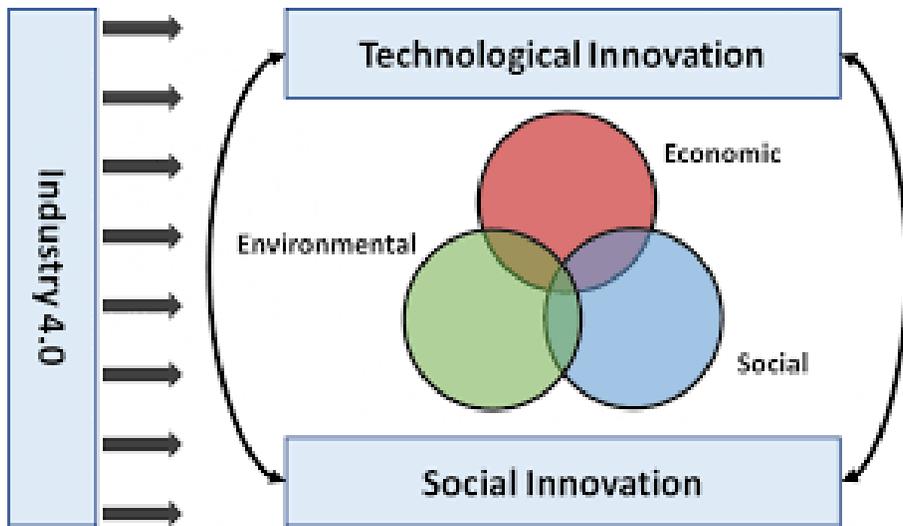


Figura 6. Marco para el desarrollo sostenible en el contexto de IR4.0

Fuente: Morrar et al. (2017)

Este marco permite la humanización de la innovación tecnológica, dando la misma importancia tanto a las innovaciones tecnológicas y sociales. Se espera que el aprovechamiento humano y la tecnología facilitan el logro de un desarrollo sostenible.

Rediseño del sistema educativo

El sistema educativo se considera crucial en la formación de las generaciones futuras, para satisfacer la demanda generada por las transformaciones digitales y de los sistemas. Rediseñar el sistema de educación es una de las formas de responder a las incertidumbres derivadas de los cambios como las prácticas de trabajo, así como el desplazamiento del trabajo.

En Colombia, algunas de las iniciativas que se han tomado para rediseñar el sistema de la educación como una respuesta a los nuevos requisitos de la RI 4.0. son: 1) Transformación de los currículos que permitan darle mayor pertinencia a las demandas y el estudio de las tendencias futuras en diferentes asignaturas, 2) Estudio de las necesidades cambiantes de la industria, y la inserción de los estudiantes en ambientes reales de trabajo, 3) Convergencia multi / inter / transdisciplinaria donde se permite la flexibilidad cognitiva y el estudio de nuevas formas de afrontar problemas en las organizaciones, 4) Alfabetización en el uso de TIC y la interacción entre las diferentes plataformas, y 5) Aprendizaje virtual con flexibilidad en los diferentes ritmos de estudio y de conexión. En este sentido, el aprendizaje virtual, centrado en



el estudiante, el aprendizaje orientado por pares, el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje basado en problemas (ABP). Además, otra estrategia es la creación de espacios que respondan a la 4ta RI, como es el caso de la creación del Centro para la 4ta revolución industrial para Latinoamérica en Medellín, como un espacio de comprensión del futuro tecnológico y de las tendencias en el manejo de la información y del conocimiento a través del Big Data.

Los sistemas y el desarrollo una sociedad inteligente(Sociedad 5.0)

Otra iniciativa para humanizar la innovación tecnológica, facilitada por la cuarta revolución industrial es, centrarse en la realización de estas innovaciones para los beneficios de la sociedad. En respuesta a los problemas del envejecimiento de la población, en Japón, la Federación Empresarial de Japón (2016) propuso el desarrollo de una sociedad, denominada como la sociedad super-inteligente (Sociedad 5.0). Se trata de una iniciativa para promover una innovación-nación que utiliza las nuevas tecnologías (Internet de las cosas, artificial Inteligencia, sistemas ciber-físicos) para el bienestar de la sociedad, en especial el envejecimiento de la sociedad. Como se muestra en la Figura 7, la sociedad 5.0 se representa como una evolución social en cinco etapas: i) la sociedad de cazadores, ii) la sociedad agraria, iii) la sociedad industrial, iv) la información en la sociedad, y v) la sociedad super-inteligente. En línea con la 4ta Revolución Industrial. En la super-sociedad, en el contexto de la 4ta revolución industrial, la utilización de la transformación digital y tecnológica, serán utilizada para hacer una sociedad super-inteligente.

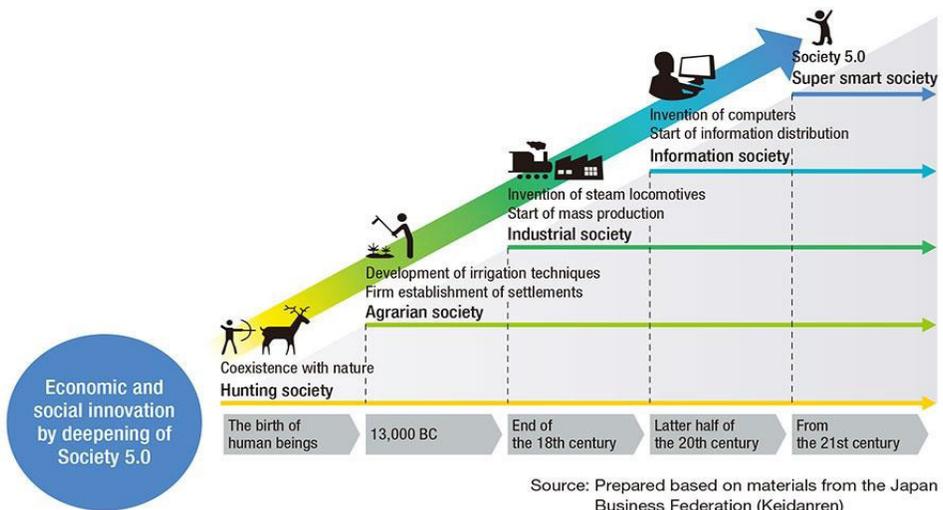


Figura 7. Evolución de la sociedad a la sociedad Súper inteligente
Fuente: Keidran (2016).

Conclusiones

Las transformaciones globales han sido impulsadas por las revoluciones digitales e industriales, comúnmente se conoce como la Cuarta Revolución Industrial y ha dado lugar a la reestructuración de la práctica común de trabajo desde el nivel individual, al nivel organizativo y social. Esta reestructuración puede dar lugar a perturbaciones e incertidumbres. En este caso, independientemente del avance de las innovaciones tecnológicas, el elemento humano debe ser el fundamento de su existencia. Abogando por la necesidad de un desarrollo sostenible para el bienestar y el bienestar de la sociedad a nivel mundial; por lo tanto, - existe una necesidad de humanizar innovación tecnológica.

Como cierre, nos gustaría de acuerdo a las tendencias evidenciadas en este capítulo, mencionar las líneas de acción que se abren para la Ingeniería de Sistemas y la Ingeniería Industrial, toda vez que la Cuarta Revolución Industrial abre un abanico de posibilidades de estudio y de práctica en las áreas relacionadas con: interconexión de sistemas, interoperatividad, revolución de procesos organizacionales, automatización, digilización, Big Data, entre otros. Aspectos que deben considerarse y analizar por los nuevos profesionales de estas áreas, para desvanecer toda suerte de incertidumbre y contar las competencias que les permitan enfrentar los retos que se avecinan para las próximas décadas.

Referencia bibliográficas

Brigit, et al. (2017). Smart work: The transformation of the labour market due to the fourth industrial revolution (I4.0), *International Journal of Business and Economic Sciences Applied Research*, 10 (47-66), pp.47-66.

Buzan, B. and Lawson, G. (2015). *The global transformation: History, Modernity and the Making of International Relations*, Cambridge University Press: Cambridge.

Dutton, H.W. (2014). Putting things to work: Social and policy challenges for the Internet of Things, *Info*, 16 (3), pp. 1-21.

Keidran (2016). *Toward realization of the new economy and society –reform of the economy and society by the deepening of Society 5.0.*



Morrar, R., Arman, H. & Mousa, S. (2017). The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovative Perspective, Technology Innovation Management Review, Vol.1(11), pp.12 -20.

Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution: What it means and how to respond, The World Economic Forum, <https://www.weforum.org/agenda/2016/01>.

Schwab, K. (2017). The Fourth Industrial Revolution, Portfolio Penguin: Peguin Random House.

Shamin, S., Yu, H., Cang, S. & Li, Y. (2016). Management approaches for industry 4.0: A human resource management, IEEE Congress Evolutionary Computation (CEC), pp. 5309 -53

