

Colección
Investigación



Enfoques, Teorías y Perspectivas
de la **Ingeniería de Sistemas** y sus
Programas Académicos



Enfoques, Teorías y Perspectivas de la Ingeniería de Sistema y sus Programas Académicos

Guillermo Carlos Hernández Hernández y Jhon Jaime Méndez Alandete-
Editores/compiladores

Autores

*Jhon Jaime Méndez Alandete
Ingrid Johana Romero Lázaro
Javier Enrique Padilla Hernández
Namel Francisco Solorzano Peralta
Amaury Leonardo Rodríguez Oviedo
Andrea Fernanda Burbano Bustos
Jhonatan Andrés Rodríguez Manrique
Flavio José Arrieta Vital
Carlos Segundo Cohen Manrique
Guillermo Carlos Hernández Hernández*



2018

Este libro es resultado de investigación, evaluado bajo el sistema doble ciego por pares académicos.

Corporación Universitaria del Caribe - CECAR

Noel Morales Tuesca

Rector

Alfredo Flórez Gutiérrez

Vicerrector Académico

Jhon Víctor Vidal

Vicerrector de Ciencia, Tecnología e Innovación

Luty Gomez CÁCERES

Director de Investigaciones

Jorge Luis Barboza

Coordinador Editorial CECAR

Editorial.cecar@cecar.edu.co

Colección Investigación

© 2018. Enfoques, Teorías y Perspectivas de la Ingeniería de Sistema y sus Programas Académicos

ISBN: ISBN: 978-958-8557-71-7 (digital)

DOI: <https://doi.org/10.21892/9789588557717>

Editores/compiladores: Gilberto Martínez Osorio, María Cristina Albis Romero.

Autores: Méndez Alandete, Jhon Jaime, Romero Lázaro, Ingrid Johana, Padilla Hernández, Javier Enrique, Solorzano Peralta, Namuel Francisco, Rodríguez Oviedo, Amaury Leonardo, Burbano Bustos, Andrea Fernanda, Rodríguez Manrique, Jhonatan Andrés Arrieta Vital, Flavio José, Cohen Manrique, Carlos Segundo, Hernández Hernández, Guillermo Carlos Sincelajo, Sucre, Colombia

Enfoques, Teorías y Perspectivas de la Ingeniería de Sistema y sus Programas Académicos / Jhon Jaime Méndez Alandete ...[y otros nueve]. – Sincelajo : Editorial CECAR, 2018.

186 páginas : : ilustraciones, gráficas, tablas ; 23 cm.

Incluye referencias bibliográficas al final de cada capítulo.

ISBN: 978-958-8557-71-7 (digital)

1. Ingeniería - ARMARC 2. Ingeniería de Sistemas- ARMARC 3. Cibernética - ARMARC 4. Teoría de la Conmutación - ARMARC I. Méndez Alandete, Jhon Jaime II. Romero Lázaro, Ingrid Johana III. Padilla Hernández, Javier Enrique IV. Solórzano Peralta, Namuel Francisco V. Rodríguez Oviedo, Amaury Leonardo VI. Burbano Bustos, Andrea Fernanda VII. Rodríguez Manrique, Jhonatan Andrés VIII. Arrieta Vital, Flavio José IX. Cohen Manrique, Carlos Segundo X. Hernández Hernández, Guillermo Carlos XI. Título.

620 E5699 2018

CDD 21 ed.

CEP – Corporación Universitaria del Caribe, CECAR. Biblioteca Central – COSiCUC

Tabla de Contenido

Presentación..... 5

Capítulo 1

HISTORIA DE LA INGENIERÍA DE SISTEMAS..... 10

Ingrid Johanna Romero Lázaro
Javier Enrique Padilla Hernández

Capítulo 2

FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y EPISTEMOLÓGICOS DE LA INGENIERÍA DE SISTEMAS 30

Namuel Solórzano Peralta
Jhon Jaime Méndez Alandete

Capítulo 3

TENDENCIAS DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS..... 63

Amaury Leonardo Rodríguez Oviedo
Guillermo Carlos Hernández Hernández

Capítulo 4

PANORAMA NACIONAL DE LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA DE SISTEMAS 121

Andrea Fernanda Burbano Bustos
Jhonatan Andrés Rodríguez Manrique

Capítulo 5

PANORAMA INSTITUCIONAL DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS 153

Carlos Segundo Cohen Manrique
Flavio José Arrieta Vital

Los programas académicos de Instituciones de Educación Superior deben orientarse y ajustarse eventualmente a las demandas sociales y económicas del entorno local, regional y mundial; es por ello que surge la necesidad de conocer los fundamentos teóricos y epistemológicos que los soportan, las principales disciplinas que los conforman, así como los distintos procesos históricos de desarrollo que han tenido hasta llegar a la actualidad. De igual manera se requiere comprender la dinámica del territorio y las tendencias de frontera que van a determinar el camino del quehacer de los programas en los años venideros.

Este libro resultado de investigación, permite además de hacer una revisión general de los fundamentos teóricos y epistemológicos de los Programas de cada Programa, establecer aquellos elementos diferenciadores que hacen pertinente y único la oferta proporcionada por la Corporación Universitaria del Caribe - CECAR. Para ello los autores compararon distintos programas en el orden nacional, analizaron el desempeño de los egresados en el entorno y la preponderancia del Programa en el desarrollo regional.

Este producto de nuevo conocimiento, que se generó con la participación de la mayoría de docentes de los programas de la Corporación, servirá de guía y de base para una planificación prospectiva que conlleve a la realización de ajustes curriculares pertinentes que conlleven a una mejora práctica docente y a una formación más pertinente de nuestros estudiantes. No me queda más que reconocer el esfuerzo de los autores, exhortarlos a impulsar su aprovechamiento para el desarrollo de cada Programa y recordarles la importancia que tiene lo hecho para el avance de nuestra institución en particular y de la educación superior, en general.

Jhon Víctor Vidal Durango
Vicerrector de Ciencia, Tecnología e Innovación
Corporación Universitaria del Caribe CECAR

La Ingeniería de Sistemas es una disciplina fundamentada en la Computación, de la cual debe comprenderse su principal característica como el elemento que la hace trascendental sobre otras disciplinas de la ingeniería. La transversalidad de la Ingeniería de Sistemas con otras profesiones es lo más relevante de esta ocupación y la capacidad de relacionarse con casi todas las actividades cotidianas de la sociedad, conlleva a que los procesos formativos en este campo no solo estén enfocados en las competencias tecnológicas, sino en la buena comunicación, el trabajo en equipo, el pensamiento crítico, la creatividad, entre otros aspectos.

En Colombia el talento humano asociado a las Tecnologías de Información (TI), entre las cuales se encuentra la Ingeniería de Sistemas es un motivo de preocupación en las más altas esferas gubernamentales. Según (Bohórquez Aya, 2015), la situación de que las personas no quieran estudiar Ingeniería de Sistemas se convierte en una problemática de escasez dado que las empresas de la Industria TI del país requieren anualmente 45000 profesionales en esta área, lo cual atenta directamente contra el desarrollo económico del país. Esta necesidad genera la estrategia de las empresas por contratar los trabajos en desarrollo de software por fuera de Colombia o se contratan ingenieros extranjeros (Revista Semana, 2016).

La necesidad de ingenieros de sistemas está latente, según (El tiempo, 2018):

No es descabellado afirmar que las diferentes ramas de la ingeniería sirven de base para jalonar las actividades constructivas, económicas y empresariales del país; de ahí que cuatro carreras adscritas a esta rama estén dentro del top diez de carreras con mayor oferta laboral según el Informe de Tendencias Laborales presentado por el portal especializado empleo.com para el último trimestre de 2017. Administración de Empresas, con cerca de 6.130 vacantes; Ingeniería Industrial con 3.030 e Ingeniería de Sistemas, con 2.490 puestos, conforman los tres primeros lugares de dicho 'ranking'.

El gobierno nacional con el fin de mitigar esta situación ha fomentado el estudio de carreras relacionados con las TI en todos los niveles educativos

Introducción

(técnicos, tecnólogos, profesionales y Magister). La iniciativa Talento TI del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las comunicaciones MINTIC, “Busca promover la formación de los colombianos en carreras TI para impulsar la competitividad, la investigación, la innovación y la proyección internacional del sector TI del país.” (Ministerio de las TIC, 2018).

Colombia es un país que requiere mejorar con urgencia en los indicadores relacionados con productividad y competitividad. Los diferentes reportes internacionales de competitividad presentan un decrecimiento en la mayoría de pilares relacionados con estas capacidades. El Ingeniero de Sistemas y su cualidad de transversalidad, lo convierten en un factor importante para el desarrollo y avance tecnológico del país, donde realizará aportes significativos principalmente en los pilares relacionados con innovación, sofisticación y en la eficiencia empresarial.

La investigación que se presenta en este documento, se enfoca en la Ingeniería de Sistemas, la computación y las tecnologías de la información y tuvo como objetivo analizar el estado de este programa de formación, desde su devenir histórico, sus fundamentos teóricos y epistemológicos, sus tendencias y tecnologías emergentes, el panorama nacional y local, todo esto como insumo para el mejoramiento y actualización de los procesos de formación de la Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria del Caribe (CECAR) mediada por la hermenéutica como orientadora del proceso investigativo desarrollado.

El Capítulo 1 del presente libro se presenta la historia y orígenes de la Ingeniería de sistemas. la Ingeniería de Sistemas se categoriza dentro de las ramas de la ingenierías modernas, haciendo referencia a Arthur D. Hall (1971) sobre el concepto de la Ingeniería de Sistemas, y la importancia como área organizativa, adquiriendo interés en las organizaciones, también aspectos relevantes, como el primer curso de postgrado de Ingeniería de Sistemas, y la aparición en universidades colombianas como carrera de pregrado, incorporando soluciones con el uso de la tecnología y los sistemas de información acorde a su contexto. Siendo el estudio de la historia de la ingeniería de sistemas, un material base para la formación y el conocimiento de la disciplina.

Introducción

El Capítulo 2 denominado fundamentos teóricos y epistemológicos de la Ingeniería de sistemas, realiza un barrido conceptual en cada una de las teorías que sustentan la disciplina de Ingeniería de Sistemas como Programa de formación profesional. En éste sentido, el capítulo inicia con las definiciones de Ciencias, Arte, Técnica e Ingeniería, que permita distinguir y diferenciar esta última de las anteriores, y de esa forma entender la Ingeniería como complemento de la Ciencia, y como evolución del Arte y Técnica, no como su reemplazo. Hecha la distinción el capítulo, se enfoca en hacer explícito el objeto de estudio de la Ingeniería de Sistemas, por ello, se presentan las definiciones que instituciones a nivel internacional, nacional y regional establecen de esta disciplina, así mismo, se presentan las concepciones que varias universidades del país, ofrecen en los documentos curriculares que soportan los programas de Ingeniería de Sistemas que ofrecen.

El Capítulo 3 denominado tendencias de la Ingeniería de Sistemas, realizó un análisis de los diversos estudios de tendencias en computación, seleccionado las tecnologías emergentes comunes entre todas estas disertaciones, así como las más representativas, para luego proceder a realizar la conceptualización de cada una de estas y presentar algunas de los desarrollos significativos en estas áreas. Teniendo como metodología la hermenéutica y procedimientos heurísticos, se procedió a realizar actividades de exploración y recopilación bibliográfica, sobre las cuales se fundamentaron los conceptos, definiciones, aplicaciones y desarrollos presentados en este documento. Además, se realizó la exploración de bases de datos tipos Scopus con el fin de cuantificar la producción científica en cada una de las tendencias seleccionadas, resaltando el país con mayor producción científica, las instituciones más aventajadas, los autores principales y la cantidad de publicaciones que se da a nivel de Colombia de acuerdo con cada tendencia. Finalmente, se discute la importancia de que los currículos de Ingeniería de sistemas del país adopten matices especializados en función de las tecnologías emergentes, con el fin de lograr apropiar las tendencias computacionales particulares.

El Capítulo 4 describe el Panorama Nacional de los Programas de Ingeniería de Sistemas. Este corresponde a un estudio que os describe la situación actual de los programas de ingeniería de sistemas del país. Es importante resaltar que se encontró carencia de fuentes de información

Introducción

documentadas que orienten a los lectores interesados en esta temática. Por lo cual, el objetivo del presente estudio consistió en realizar un diagnóstico del Programa de Ingeniería de Sistemas a nivel nacional. Metodológicamente, el proceso se inicia con la exploración y búsqueda de información en bases de datos, especialmente del Ministerio de Educación Nacional (MEN) entre otras fuentes, además se realizaron procedimientos fundamentados en la heurística puesto que luego de la exploración se pasó a realizar descripción, formulación, recolección y selección de datos significativos para este proceso. Así mismo, fue necesario hacer uso de la hermenéutica a momento de hacer la interpretación, construcción teórica y posterior publicación de los resultados obtenidos.

El Capítulo 5 denominado Panorama Local del Programa de Ingeniería de Sistemas, presenta un estudio de la actualidad del Programa en la región del departamento de Sucre y sus vecinos. Para la Corporación Universitaria del Caribe CECAR y para el Programa de Ingeniería de Sistemas de la Corporación, esto es una preocupación, un desafío y una oportunidad para plantear una búsqueda permanente de mejora y de actualización, esto se hace de manera constante, con estudios de impacto del Programa en la región, reuniendo a sus egresados y empresarios para obtener una retroalimentación de las necesidades y requerimientos del sector empresarial, apoyando la formación de alto nivel de los docentes en posgrados que generen impacto dentro del Programa, planteando intervenciones sociales para el bien de la comunidad, y otras acciones que permiten al Programa impactar en su entorno social.

Se espera que esta investigación le permita al lector comprender el objeto real de estudio de la Ingeniería de Sistemas partiendo desde sus orígenes, las teorías que los sustenta, la computación, las tendencias y pasando al estado de la disciplina a nivel de Colombia y Regional. Es importante resaltar que no debe asumirse la Ingeniería de Sistemas únicamente como parte de una industria encargada de producir ganancias, sino como una disciplina transversal que logra crecer en su interacción e integración con otras disciplinas y ocupaciones, es decir, es necesario concebir la Ingeniería de Sistemas puede lograr el desarrollo y crecimiento de diversos sectores en los que esta se aplique.

Guillermo Carlos Hernández Hernández
Jhon Jaime Méndez Alandete

Capítulo 1

HISTORIA DE LA INGENIERÍA DE SISTEMAS

Ingrid Johanna Romero Lázaro¹
Javier Enrique Padilla Hernández²

Resumen

En este estudio se realizó una revisión bibliográfica, para generar un documento con carácter científico, que aborde los fundamentos teóricos y epistemológicos relacionados con la Historia de la Ingeniería de Sistemas, para ser utilizado en la formación profesional de la disciplina. La presente investigación es de tipo cualitativo. La forma de recolección y análisis de datos fue basada en las fases metodológicas, propias de un enfoque heurístico y hermenéutico. En la primera fase, se realizó una lectura analítica, llegando a la comprensión del problema para precisar la necesidad de la información requerida. Seguidamente, se compiló la información pertinente a través de fichas bibliográficas, para, posteriormente, depurar el material informativo. En la segunda fase, bajo el enfoque hermenéutico, se analizaron los documentos por áreas temáticas, finalizando con la revisión e interpretación de los núcleos temáticos, con el fin de formalizar el estado actual del tema y la consecuente construcción teórica. Desde la perspectiva de autores como Grech (2013) y González, (2013), se postulan las ramas de la Ingeniería como tradicionales, modernas y otras. Mientras Terán (2017) propone 4 ramas, donde incluye la Ingeniería de Sistemas en la categoría llamada Otras. En contraste, los autores Grech (2013) y González (2013) concuerdan en agregar la Ingeniería de Sistemas en la rama denominada Modernas, haciendo referencia a Arthur Hall (1971) sobre el concepto de la Ingeniería

1 Programa de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ciencias Básica, Ingeniería y Arquitectura, Corporación Universitaria del Caribe – CECAR. Colombia. Ingeniera de Sistemas, Magíster en Gestión de la Tecnología Educativa, docente universitario, Corporación Universitaria del Caribe CECAR. Correo: ingrid.romero@cecar.edu.co

2 Programa de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ciencias Básica, Ingeniería y Arquitectura, Corporación Universitaria del Caribe – CECAR. Colombia. Ingeniero de Sistemas, Especialista en Seguridad Informática, Maestría (e) en Gestión de Tecnología de Información, docente universitario, Corporación Universitaria del Caribe CECAR. Correo: javier.padillah@cecar.edu.co

de Sistemas, y la importancia como área organizativa, adquiriendo interés en las organizaciones. También, aspectos relevantes, tales como el primer curso de postgrado de Ingeniería de Sistemas, la aparición en universidades colombianas como carrera de Pregrado, incorporando soluciones con el uso de la tecnología, los Sistemas de Información acorde con su contexto, el estudio de la Historia de la Ingeniería de Sistemas, un material base para la formación y el conocimiento de la disciplina.

Palabras clave: Ingeniería de Sistemas, historia, ramas de la ingeniería.

Abstract

In this study, a bibliographic review was carried out to generate a scientific document, that addresses the theoretical and epistemological foundations related to the History of Systems Engineering, to be used in the professional training of the discipline. The present investigation is of qualitative type. The form of data collection and analysis was based on the methodological phases, typical of a heuristic and hermeneutic approach. In the first phase, an analytical reading was made, reaching the understanding of the problem to specify the need for the required information. Next, the pertinent information was compiled through bibliographic records, to subsequently debug the informative material. In the second phase, under the hermeneutic approach, the documents were analyzed by thematic areas, ending with the review and interpretation of the thematic nuclei, in order to formalize the current state of the subject and the consequent theoretical construction. From the perspective of authors, such as Grech (2013) and González, (2013), the branches of Engineering are postulated as Traditional, Modern and Others. While Terán (2017) proposes 4 branches, which includes Systems Engineering in the category called Other. In contrast, authors Grech (2013) and González (2013) agree on adding Systems Engineering in the branch called Modern, referring to Arthur Hall (1971) on the concept of Systems Engineering, and importance as an organizational area, acquiring interest in organizations. Also, relevant aspects, such as the first Postgraduate course in Systems Engineering, the appearance in Colombian universities as Undergraduate courses, incorporating solutions with the use of technology, Information Systems according to their context, the study of History of Systems Engineering, a basic material for the formation and knowledge of the discipline.

Keywords: Systems Engineering, history, branch of Engineering

Introducción

Para hablar de la historia de la ingeniería, debemos hacer un viaje a la prehistoria, donde se comenzaron a crear y a utilizar diferentes herramientas y técnicas para la supervivencia de la humanidad, como lanzas, flechas, entre otras, las cuales fueron utilizada para defenderse, para conseguir comida y para construir sus lugares de habitad.

Wright (1994) afirma:

La ingeniería no debe su existencia a un decreto real, no fue creada por alguna legislación, ha evolucionado y se ha desarrollado como un arte práctico y como una profesión a lo largo de más de cincuenta siglos de historia documentada. En sentido amplio, sus raíces pueden remontarse hasta el nacimiento de la civilización misma, y su progreso ha sido paralelo al progreso de la humanidad (p. 1).

El propósito de este estudio fue realizar una revisión bibliográfica para generar un documento que registre los fundamentos teóricos y epistemológicos relacionados con la historia de la ingeniería de sistemas, a fin de que pueda ser utilizado en la formación profesional de la disciplina.

Metodología

La ingeniería de sistemas parte de la aplicación de conceptos propios de la ingeniería, es por esto importante hacer un recorrido por su historia, abordando una exploración sobre los conceptos y disciplinas que la componen, para vislumbrar a la que posee el foco del presente estudio: la Ingeniería de Sistemas, con un enfoque histórico de manera que proporcione un material científico e informativo que pueda servir de base para la apropiación de los conceptos básicos ingenieriles y la conservación de su memoria histórica.

La presente investigación es de tipo cualitativa, la forma de recolección, organización y análisis de datos fue basado en las fases metodológicas propias de un enfoque heurístico y hermenéutico, el primero, comprende “el descubrir, encontrar e indagar en fuentes históricas con el propósito de describir procedimientos relacionados a resolver una dificultad o

solucionar una determinada cuestión en diversos ámbitos científicos. (Martínez, 1999), el segundo se enfoca en una pretensión de verdad que está fundamentada sobre la lingüisticidad como modo de ser en el mundo y su comprensión contextualizada, con la capacidad de explicar, interpretar y explicar las relaciones que existen entre un hecho y el contexto en el que se encuentra (Gadamer, 1977). A continuación, se describe la metodología que determina la ruta investigativa a seguir para el cumplimiento de los objetivos:

Fase 1: Heurística. La presente fase se compone de las siguientes actividades:

Actividad 1: Lectura analítica y comprensión del problema para precisar la necesidad de la información que se requiere.

Actividad 2: Extraer de las unidades de análisis del material documental, los datos pertinentes

Actividad 3: Generación de ideas bases o indicadores, a partir de la información encontrada.

Actividad 4: Compilación de la información que se conciba como pertinente en fichas bibliográficas.

Actividad 5: Organización del material para determinar si algo falta o se da por terminada la búsqueda.

Fase 2: Hermenéutica: la presente fase se compone de las siguientes actividades:

Actividad 1: Analizar los documentos por áreas temáticas de manera integrada para ampliar el horizonte del estudio.

Actividad 2: Revisar e interpretar los núcleos temáticos con el fin de formalizar el estado actual del tema y la consecuente construcción teórica.

Conceptos Básicos e Historia de la Ingeniería

Con el paso de los años fueron apareciendo conceptos de ingeniería y aplicados en diferentes contextos, como lo fue en la revolución agrícola alrededor del año 8.000 A.C., donde los nómadas comenzaron a dejar

ser nómadas, se concentraron en sitios fijos y procedieron a colocar en prácticas sus técnicas, herramientas y conocimientos adquiridos a lo largo de los años para cultivar sus productos y criar sus animales.

En civilizaciones antiguas, Paul Wright (1994) en su libro *Introducción a la ingeniería*, comparte como los mesopotámicos hicieron parte de la historia en la ingeniería, ya que, se dice que los antiguos habitantes de esta civilización, en territorio del río Tigris y el río Éufrates, se vio por primera vez la rueda, como también en el sur de Mesopotamia construyeron murallas, canales y templos, haciendo parte de los primeros trabajos utilizando la ingeniería; como también, los egipcios lograron contar con personas expertas en construcción y planificación. Las personas que son conocidas como ingeniero, eran arquitectos y especialistas en levantamientos de planos y en construcción, y se destacan algunos trabajos realizados como lo son las grandes pirámides, también se puede mencionar que los egipcios crearon e implementaron grandes sistemas de riego para los cultivos.

Los griegos también tienen su aporte en la ingeniería, aunque ellos tuvieron más avance en la literatura, arte y filosofía, y muy poco en la ingeniería, pero se puede destacar el trabajo realizado por el arquitecto griego, el cual realiza importantes avances, reconocido como experto en construcción, fue contratado por el gobernante Pericle durante la edad de oro de Grecia, para que construir mausoleos y templos y poder convertir a Atenas en una ciudad hermosa.

Las contribuciones por parte de los romanos fueron significativas, desarrollando buenos métodos de construcción, tales como el Circo máximo, la Vía apia, el Panteón y el Aqua apia, el cual se conoce como el primer acueducto que se logró construir en Roma.

En la edad media, se realizaron pocos avances en la ingeniería y uno de los aportes realizados fue, la construcción de la catedral gótica, la cual se considera como la más ligera y osada construcción realizada por el hombre (Finch, 1960), también se construyeron grandes casas para los terratenientes, perfeccionamiento de máquinas que hacían el trabajo productivo del hombre y los animales.

Desde 1750 hasta 1900 D.C. se presentaron grandes avances en la ingeniería, como lo fue la minería, la manufactura y el transporte, como también en la forma de fabricación de hierro, utilizando bombas de vapor

en las maquinas utilizadas para fundir el hierro tal como lo afirma Gregory (1971), citado por Wright (1994). Para el transporte por ferrocarril, se aumenta el crecimiento, a principios del siglo XX, el sistema de ferrocarriles, estaba completo para un fin práctico.

En el siglo XIX, la fuente eléctrica, fue uno de los logros más significativos para la ingeniería, gracias a varios científicos e ingenieros, se logra definir la naturaleza fundamental de la electricidad. Wright también expone hechos significativos relacionados a la energía eléctrica:

- 1827 Alejandro Volta diseñó la primera pila eléctrica.
- 1830 Sir Humphrey Davy descubrió el electromagnetismo y el arco voltaico.
- 1831 Michael Faraday demostró el proceso de la inducción magnética.
- 1880 Thomas A. Edison inventó una bombilla incandescente de aplicación práctica y descubrió que las lámparas podían conectarse en paralelo, permitiendo que una o más pudieran ser apagadas sin desconectar todo el sistema.
- 1882 La estación generadora de electricidad de Pearl Street, de Edison, fue puesta en operaciones en la Ciudad de Nueva York.
- 1888 Nicola Tesla registró las patentes para un motor de inducción y para un nuevo sistema de corriente alterna polifásico.
- 1888 Después de organizar la Westinghouse Electric Company en 1886, George Westinghouse obtuvo el contrato para proporcionar los generadores para el proyecto hidroeléctrico del Niágara, el primer proyecto de su tipo en la historia.

Ramas de la Ingeniería

La ingeniería se divide en diversas ramas al ser aplicable a varios campos de la ciencia, así como a diferentes áreas de acción del ser humano y la perspectiva humana. Dada la multiplicidad de la ingeniería en cuanto a su accionar sería complejo cubrir su totalidad, tal como se plantea en la teoría general de sistemas, en las ciencias existen sistemas de varios ordenes, no comprensibles por sus perspectivas y partes aisladas, pero

también aparecen puntos de vista y aspectos generales que poseen aspectos similares en diferentes ciencias, las cuales se consideran isomorfas válidas para ser determinadas clases o subclases (Bertalanffy, 1976), es por esto que para este apartado se han considerado postulados recientes como el de Terán (2017) así como otros que convergen hacia áreas de acción comunes. Terán (2017), aborda las ramas de la ingeniería desde tres áreas principales: físico-matemática, ciencias de la tierra y las químico-biológicas.

Tabla 1

Ramas o disciplinas de la Ingeniería según Terán.

Categorías	Ramas o disciplinas
Físico-matemáticas	Ingeniería Civil Ingeniería Industrial Ingeniería Mecánica
Ciencias de la Tierra	Ingeniería geológica Ingeniería en minas y metalurgia Ingeniería petrolera
Químico-biológicas	Ingeniería en alimentos Ingeniería biomédica Ingeniería química
Otras áreas	Ingeniería ambiental Ingeniería electrónica y en comunicaciones Ingeniería en sistemas computacionales Ingeniería mecatrónica Ingeniería en sistemas digitales y robótica Ingeniería aeroespacial

Fuente: *Elaboración propia con información de Terán (2017).*

Las postulaciones de Grech (2013), y González, (2013), consideran categorías elementales denominadas tradicionales, modernas y otras, estas se muestran a continuación:

Tabla 2
Ramas de la Ingeniería

Categorías	Ramas
Tradicionales	Ingeniería Civil Ingeniería Mecánica Ingeniería Eléctrica Ingeniería Química
Modernas	Ingeniería de Sistemas Ingeniería en Telecomunicaciones Ingeniería en multimedia Ingeniería Industrial Ingeniería mecatrónica
Otras	Ingeniería geológica Ingeniería en minas y metalurgia Ingeniería petrolera Ingeniería biomédica Ingeniería aeroespacial Ingeniería de materiales Ingeniería de petróleos Ingeniería ambiental

Fuente: *Elaboración propia con información de Grech (2013) y González (2013).*

Ingenierías Tradicionales

Las ingenierías tradicionales marcan el punto de partida de la ciencia y la tecnología, a partir de ellas se han desarrollado otras ramas de gran interés, dentro de este grupo se destacan la civil, mecánica, la eléctrica y la química. La Ingeniería civil es una de las especialidades más antiguas, parte desde la necesidad del hombre de protegerse de los cambios climáticos, de manera que no permaneciera permanentemente a la intemperie y mejorar sus condiciones de vida a través de construcciones, de estas se han encontrado evidencias que ratifican la implementación de la ingeniería desde las primeras civilizaciones. La ingeniería civil posee una fuerte fundamentación en el área de las matemáticas, las ciencias sociales y las naturales, el conocimiento sobre la misma se ha adquirido

a partir de estudios, prácticas y experiencias que incorporan el uso de recursos, orientadas al diseño, construcción, control, mantenimiento de obras de infraestructura que generen beneficios al ser humano. Además, posee un componente organizativo que comprende planes de planificación y organización territorial, así como actividades sobre obras civiles que garanticen la estabilidad y el bienestar humano. Ingeniería mecánica por su parte se destaca por el uso óptimo de la energía y la maquinaria, en cuanto a las técnicas de producción o fabricación aplicables a la mayoría de los campos de la industria. Aplica para el diseño de las maquinarias principios físicos de termodinámica, mecánica, ciencia de materiales y otras ciencias exactas que le permiten desarrollar soluciones integrales capaces de automatizar procesos relacionados con los sistemas de cómputo y las comunicaciones.

La Ingeniería eléctrica es una rama de la ingeniería que estudia y realiza aplicación de conocimientos propios de las ciencias exactas sobre la electrónica, la electricidad y el electromagnetismo con el fin de utilizar, transmitir e inclusive generar energía eléctrica y sistemas eléctricos. De ella se derivan disciplinas como la electrotecnia, los sistemas de control, la electrónica y las telecomunicaciones. Finalmente tenemos la Ingeniería química, es el campo de la ingeniería que a través del uso de la química y la física se especializa en realizar acciones que implican el diseño, mantenimiento, estudio, planificación, construcción, optimización, evaluación y control de plantas pertenecientes a la industria de procesos relacionada con la producción de materiales y productos derivados de transformaciones químicas y físicas de materias primas, tales como pinturas, fertilizantes, cosméticos, alimentos, plásticos, vidrio, entre otros.

Modernas (Ingeniería de Sistemas)

Dentro de la categoría de las modernas se encuentran la ingeniería de sistemas, ingeniería mecatrónica, ingeniería en telecomunicaciones, ingeniería en multimedia, ingeniería industrial, entre otras (González, 2013). A continuación, se describirá la primera por poseer el foco de atención de este capítulo. Según Arthur Hall (1964) citado por González, “la ingeniería de sistemas es la rama de la ingeniería por medio de la cual el conocimiento y la investigación se trasladan a aplicaciones que satisfacen necesidades humanas, mediante la secuencia de planes, proyectos y

programas” (2013, p. 137). A partir de este postulado se han definido varias dimensiones en la aplicación de la ingeniería de sistemas en un marco de actividades o tareas definidas en una matriz tridimensional en la que sus ejes son constituidos por la dimensión temporal, lógica y del conocimiento, la primera abarca las fases necesarias para el trabajo de sistemas, desde la idea inicial hasta la retirada del sistema (Moreno, 2006). La segunda contiene los pasos que se llevan a cabo en cada una de las fases contempladas en la primera dimensión, incorpora desde la definición del problema hasta la planificación de acciones. En cuanto a la dimensión del conocimiento, esta hace referencia al conocimiento especializado de las diferentes profesiones y disciplinas. Basado en el postulado de Wymore (1975), donde el objeto de la Ingeniería de Sistemas es el analizar y diseñar de sistemas que posibiliten el proceso de desarrollar sistemas artificiales de una forma lógica y ordenada.

Son derivados y múltiples los aspectos que ha contribuido a la construcción de lo que hoy conocemos como ingeniería de sistemas, sin embargo, se mencionan a continuación algunos fundamentos desde el punto de vista de su significado y las teorías y enfoques que constituyen la base del conocimiento y el punto de partida de la ingeniería de sistemas.

Algunas definiciones formales que han apoyado a lo largo de la historia la fundamentación de la ingeniería de sistemas son:

- Conjunto de conocimientos por los que las propiedades de la materia y de los recursos naturales de energía se hacen útiles al ser humano mediante máquina, estructuras, etc. También considerada como profesión en la que un conocimiento de las matemáticas y de las ciencias naturales obtenida por la experiencia, el estudio y la práctica se aplica con criterio para desarrollar medios, a fin de usar económicamente los materiales y las fuerzas de la naturaleza para el beneficio de la humanidad. (Grech, 2013, p.44).
- Conjunto de conocimientos orientados a la invención y utilización de técnicas para el aprovechamiento de los recursos naturales o para la actividad industrial. (Real Academia Española, 2017).
- Hardy (1971), según citado en Gay, (2014) la define como: “El arte de dirigir los grandes recursos de energía de la naturaleza para el uno y conveniencias del hombre” (p. 165).

- Conjunto de conocimientos teóricos, de conocimientos empíricos y de prácticas que se aplican profesionalmente para disponer de las fuerzas y de los recursos naturales, y de los objetos, los materiales y los sistemas hechos por el hombre para diseñar, construir, operar equipos, instalaciones, bienes y servicios con fines económicos, dentro de un contexto social dado, y exigiendo un nivel de capacitación científica y técnica ad hoc —particularmente en física, ciencias naturales y economía—, especial notoriamente superior al del común de los ciudadanos. (Poveda, 2009, p.35).
- La ingeniería es el conjunto de conocimientos en ciencias básicas y específicas, que llevados a la práctica permiten que una persona diseñe y desarrolle soluciones a problemas en el área de la ciencia y la tecnología. (Moreno, 2016, p.14).
- Disciplina que se ocupa del estudio y de la aplicación de los conocimientos que de este y de la experiencia resultan, para que a través de diseños, técnicas y problemas puedan ser resueltos los diferentes problemas que afectan a la humanidad. (Definición ABC, 2018).

La ingeniería de sistemas posee como uno de sus pilares y fundamentos el pensamiento sistémico, el cual se ha fortalecido en la sociedad del conocimiento con el surgimiento y el desarrollo de las ciencias multidisciplinarias, parte del enfoque de sistemas o también denominado teoría general de sistemas aplicada, este enfoque ha permitido converger diversas teorías y facilita la unificación de diferentes campos del conocimiento, siendo desde hace décadas usado como marco de referencia por las ciencias sociales, biológicas y físicas para la integración de la teoría moderna de las organizaciones. Es importante mencionar que su primer expositor fue Ludwing von Bertalanffy, en su trabajo investigativo por diseñar una metodología integradora para la gestión de problemas científicos, que fuese al mismo tiempo un instrumento básico para la formación y preparación de científicos (Climent, 2010). El enfoque de sistemas pretende alcanzar una totalidad lógica con respecto a una totalidad mayor de la cual a su vez forma parte, Es una manera de enfrentar un problema que amerita una amplia visión, que trata de abarcar todos los aspectos, y que tiene en consideración las interacciones entre las partes de un problema considerado como “el todo”, esto a través de la integralidad y

el reduccionismo, resaltando este último tiende a la subdivisión progresiva del todo, y al estudio de esas subdivisiones, mientras que el enfoque de sistemas trata de alcanzar la totalidad lógica a través de la unión de las partes, consecuentemente existen fenómenos como los sistemas que requieren ser analizados como totalidades, no siendo adecuadamente tratados por la teoría reduccionista por tanto el desarrollo de la ingeniería de sistemas se da a partir de la teoría General de Sistemas-TGS, cuya metodología se basa en que los objetos o elementos son tratados como sistemas, pretendiendo subsanar las desventajas de la teoría reduccionista. A la par del enfoque sistémico emergieron de la TGS otros enfoques que contribuyeron a la fundamentación de la ingeniería de sistemas, entre los cuales encontramos la teoría de la información, de los juegos y de decisión, la primera es considerada como la ciencia que se encarga de estudiar el manejo que se le da a la información, como una contribución a la organización, gestión y desarrollo de los objetivos de un sistema, la segunda es una ciencia que mediante modelos matemáticos estudia los enfrentamientos o competencias entre diversos sistemas capaces de emplear el raciocinio lógico, en el cual cada sistema participante busca maximizar sus ganancias y minimizar las pérdidas, por último, la tercera es la ciencia que al igual que la anterior estudia las competencias entre varios sistemas, pero en donde se da el caso que algunos no son capaces de razonar, por ende es posible concluir que la teoría de la decisión puede ser visto como un caso particular de la teoría de los juegos (Johansen, 1982).

Historia de la Ingeniería de Sistemas

La expresión “ingeniería de sistemas” se remonta a Bell Telephone Laboratories, la necesidad de identificar y manipular las propiedades de un sistema como un todo, que en complejos proyectos de ingeniería en gran medida puede diferir de la suma de las propiedades de las partes, motivó el Departamento de Defensa, la NASA, y otras industrias para poner en práctica la disciplina. A más detalle, el término ingeniería de sistemas surge dentro del Bell Telephone Laboratories en el año de 1940, la complejidad del desarrollo de redes telefónicas para suplir las necesidades de comunicación de la época y su cultura investigativa dio paso proyectos encaminados a manipular la propiedad de un sistema como un todo y a diseñar nuevas y poderosas máquinas para computar datos soportadas por las potencialidades de la electrónica (Bracho del Pino, 1999), Alexander

Bell inventor del teléfono construyó una máquina basada en energía electromecánica con programas codificados en una cinta de papel, la cual podía realizar operaciones de cuenta y suma con 2 números con potencialidades basadas en la primera computadora electromecánica, Mark I, la cual tuvo gran éxito en el mercado (Desongles, 2005).



Figura 1. Primera llamada telefónica-10 de marzo de 1876, Alexander Graham Bell.

Fuente: *Commons.wikimedia.org*

En 1943 en Bell Telephone Laboratories se fusionaron los departamentos de ingeniería de Conmutación y el de ingeniería de Transmisión bajo la denominación de ingeniería de sistemas, Arthur Hall norteamericano ingeniero eléctrico declarado un pionero en el campo de la ingeniería de sistemas afirmaba que la función de la ingeniería de sistemas se venía practicando desde hace muchos años, pero al ser reconocida como unidad organizativa produjo mayor interés en las organizaciones. En 1950 Melvin J. Kelly siendo director de los laboratorios Bell Telephone escribe el primer postulado sobre la ingeniería de sistemas donde describe ampliamente su procedimiento, en ese momento subsidiaria de investigación y desarrollo de la American Telephone and Telegraph - AT&T, siendo esta compañía la cuna del nacimiento de la ingeniería de sistemas, en este mismo año se creó en el Massachusetts Institute of Technology — M.I.T. el primer curso de postgrado sobre este tema, el resultado más destacado fue un tratado completo sobre la ingeniería de sistemas bajo la autoría de Arthur Hall, quien luego escribiría libros ampliamente utilizados en esta área, como son Metodología de Ingeniería de Sistemas en 1962 y el libro

Ingeniería de sistemas, en este último expone los inicios de la misma, a este fundamento se unieron entre los años 60 y 70 definiciones planteadas por el International Business Machines - IBM Transnacional líder en fabricación de computadoras en diferentes plataformas (Hall, 1971), (Lara, 2013).

En 1963 la Universidad de los Andes hacia participe del Interamerican Program in Civil Engineering, un programa diseñado por el M.I.T para apoyar a América Latina con el fortalecimiento de la academia en cuanto a la calidad de los programas ofertados como a la investigación realizada sobre las problemáticas más críticas de la Región, En el mes de julio de 1963, Frederick J. McGarry, director asociado y profesor del programa propuso dictar un seminario sobre las aplicaciones del computador en Ingeniería Civil, para ello debían tener en funcionamiento un computador, fue entonces cuando se instaló el primer computador en una universidad colombiana, el IBM 650, donado por la IBM, este ordenador basado en válvulas de vacío, se sitúa en la transición entre la primera y segunda generación de computadoras,(Estrella, 2010) tenía una memoria con 2.400 válvulas de vacío, que permitía procesar operaciones matemáticas(Estrella, 2010), (Ramírez, 2011).



Figura 2. IBM 650 - La primera computadora que llegó a Colombia

Fuente: www.dinero.com

Años más tarde, gracias a la contribución de Rodman Rockefeller y la Fundación de la Universidad de los Andes en New York, la universidad

de los Andes de Colombia adquirió un IBM 1130, paralelamente varios profesores de la facultad de ingeniería asistieron a seminarios de verano sobre desarrollos computacionales que promovía la National Science Fundation, acorde a la reforma realizada principio de la década de los años 60 en los Estados Unidos sobre la enseñanza de la ingeniería, este suceso, para la facultad de ingeniería, fue coyuntural marcando una posición favorable para el progreso de una evolución en el área computacional, colocándola a la vanguardia con universidades extranjeras que trabajaban en la enseñanza de la ingeniería con el mismo equipo de cómputo (Aristizabal, 2004). En Noviembre de 1967 Carlos Amaya, director del departamento de ingeniería eléctrica, llegó a Colombia, después de haber pasado un periodo en Estados Unidos, con una propuesta de Programa de Ingeniería de Sistemas y Computación, basada en el paradigma propio de las propuestas de la Association for Computing Machinery - ACM, la cual había construido con Xavier Caro, estudiante de maestría de la University of Pensilvania, la propuesta fue sometida a revisión por el Consejo Académico e inició el trámite de aprobación. Ante la partida de Eduardo Aldana, decano de la facultad, para realizar un doctorado en el M.I.T., Amaya fue nombrado decano, desde ese momento fue aunando esfuerzos por sacar la propuesta adelante, fue así como a finales de 1967 luego de la aprobación universitaria y gubernamental, se creó el primer Programa de Ingeniería de Sistemas y Computación en Colombia, adscrito al departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad de los Andes, con Xavier Caro como coordinador del Programa, el cual afirma que el objetivo principal del ingeniero de sistemas (2010): “es desarrollar software, hacer Informática y apoyar a las organizaciones en esos procesos” (p. 108).

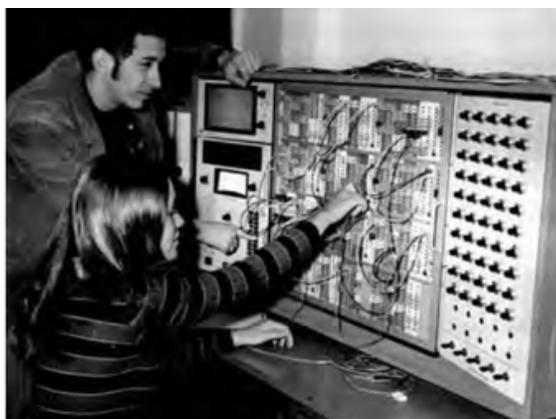


Figura 3. Primeras prácticas estudiantiles con un computador análogo TR-48

Fuente: Archivo Fotográfico Universidad de los Andes.

El primer grupo del Programa fue conformado por estudiantes nuevos acompañados por otros que habían cursado ya algunos años de ingeniería, es así como el 28 de agosto de 1970 Alfredo Amore, Xavier Caicedo y Diego Escobar obtuvieron su grado como los primeros ingenieros de Sistemas y Computación de Colombia, talento humano que fue adoptado por la universidad de los Andes para fortalecer su departamento académico (Estrella, 2010), (Ramírez, 2011).



Figura 4. Ceremonia de graduación – Universidad de los Andes, 1970.

Fuente: Archivo Fotográfico Universidad de los Andes.

Dado el gran uso de las computadoras en las empresas e instituciones en el mundo, México, en 1970 decide invertir en personal educativo en el extranjero, dando en el 1980 sus primeros frutos en los institutos educativos siendo participe de la creación de las primeras carreras de computación, como una respuesta a la acelerada evolución tecnológica, impartándose, a partir de este mismo año, la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en Programación, en los Institutos Tecnológicos de Veracruz, Querétaro y San Luis Potosí (Lara, 2013). En 1987 la ingeniería

de sistemas introduce su campo de acción hacia el desarrollo de aplicaciones de internet, clasificada en el 2007 como la cuarta profesión de crecimiento a nivel mundial (Del Ángel, 2015).

A principios de los años 90 la arquitectura de los sistemas se limitaba a una simple planificación, que incluía la definición de una arquitectura objetivo, la ideación de una estrategia y la planificación para ejecutarla dentro de un tiempo determinado, los ejecutivos veían una gran ventaja en ella dado que era similar a la forma de dirigir sus negocios, al transcurrir el tiempo se dieron cuenta que no era funcional ya que se comete un error al partir de una arquitectura objetivo, esto se explica en el sentido de que el accionar del arquitecto o ingeniero de sistemas debe estar enmarcado en el o los objetivos organizacionales y posibilitar la flexibilidad necesaria para adaptarse a los cambios que estos presenten, de lo contrario entraría en conflicto con su propia organización. Veinte años después la tecnología poseyó un accionar suficiente como para crear y ensamblar componentes ante una demanda de desarrollos y niveles de complejidad incremental, a pesar de ello la producción de software era lenta. Hoy día a través de las técnicas de desarrollo orientada a objetos se logra una tecnología de empaquetado de componentes estableciendo un nuevo paradigma en el mundo de la informática que impulsó el campo de acción de la ingeniería de sistemas y su capacidad de respuesta ante las necesidades del entorno organizacional apoyada por la disminución en costos de las maquinas o dispositivos electrónicos computacionales (Serna, 2009).

Recorrido y posturas en la Ingeniería de Sistemas

Si se quiere saber el origen de la ingeniería, hay que hacer un viaje a la prehistoria con autores destacados como Wright, Gay lo relatan, ya que, se dice que, la ingeniería nace desde el momento que los nómadas sintieron la necesidad de sobrevivir y lograron crear diferentes tipos de herramientas para poder sobrevivir día a día.

La ingeniería avanza con el pasar de los tiempos, de tal manera que hay varias disciplinas o ramas de la ingeniería y cada una con un enfoque diferente, en concordancia con lo expuesto por Grech (2013) y González (2013) se evidencia que, las ingenierías Modernas se han desarrollado a

partir de las tradicionales y han aparecido a partir de nuevas necesidades por lo que han mostrado que existen otras aplicaciones de la ingeniería dependiendo del contexto y las necesidades de sus miembros. La Ingeniería de Sistemas, es una de las ramas de la ingeniería moderna, la cual permite colocar en práctica, técnicas, métodos y conocimientos de la matemática, física, tecnología, sistemas de información entre otros conocimientos, para poder así brindar soluciones a las empresas de forma tecnológicas, que permita la toma de decisiones, como también a persona y a la sociedad en el que vive. La ingeniería de sistemas, cuenta con un gran campo de acción, ya que todas las empresas utilizan diversos sistemas para gestionar el funcionamiento idóneo de la empresa y cumplir con los objetivos trazados. A medida que avanza el tiempo, las empresas, personas y sociedad, necesitan nuevos mecanismos, técnicas y conocimientos que permitan dar soluciones diarias.

Se ha podido evidenciar que autores como Estrella (2010), Caro (2010) y Ramírez (2011) que han realizado alguna investigación de cómo nació la Ingeniería de Sistemas, concuerdan en que esta, en un principio, no nació con un fin educativo, más bien organizacional, por la fusión de dos departamentos de los laboratorios de la Bell Telephone, subsidiaria de investigación y desarrollo de la AT&T, además también coinciden en que el impacto que tuvo en Colombia la instalación del primer computador en una universidad, y la cualificación docente demuestra que la incorporación de la tecnología en diversos espacios, tales como el académico, genera un cambio en la manera de pensar de los individuos y su visión se amplía de manera que se fomenta el desarrollo y la motivación por cualificarse y ser generadores de nuevo conocimiento, evento que repercute en las siguientes generaciones atrayendo consigo el cambio y nuevos desarrollos que solucionen problemáticas del contexto real, vinculados de manera favorable a la academia.

Tal como lo expone Serna, 2009, a medida que las empresas crecían se empezó a observar que las unidades de sistemas también lo hacían, ameritando cambios en la infraestructura y la organización funcional, se dio una subdivisión en dos grandes grupos de trabajos diferenciadores, el primero encargado de la infraestructura y el segundo integrado por los arquitectos en sistemas, este acontecimiento inspiró la evolución de la ingeniería de sistemas, la cual tomo parte como área del conocimiento,

generando subgrupos como agentes de formación. Fue entonces cuando se visualizó la necesidad de la especialización dado que las exigencias y expectativas en medio de la sociedad del conocimiento y de la complejidad de los sistemas de información van en continuo incremento, crecieron más empresas con solvencias económicas que permitieron incorporar la dependencia de sistemas y así abrir una demanda de Ingenieros de Sistemas, ocasionando que otras instituciones de educación ofertaran el Programa y comenzaran hacer estudios constantes de las nuevas tecnologías, tendencias de las empresas, tecnologías, educación, necesidades de las empresas y personas, para estar actualizado y estar en una constante actualización de los programas académicos que se ofertan y poder formar ingenieros idóneos para el mercado laboral local, regional, nacional e internacional.

Conclusiones

El estudio sobre la ingeniería de sistemas constituye un material informativo de base para el conocimiento de la disciplina y los campos de acción aplicables a las diferentes ramas de la ingeniería y áreas de conocimiento.

La apropiación de este conocimiento fortalece a la academia en cuanto al contenido del currículo, al ser útil y aplicable, así como también a la comunidad docente y estudiantil y su relación con el entorno, constituido por las organizaciones que hacen uso de las tecnologías para la optimización de sus procesos, encaminados a facilitar las actividades organizacionales y el cumplimiento de metas.

Desde la academia y las organizaciones surgen soluciones que incorporan la tecnología y los sistemas de información acorde a su contexto, de allí parten postulados, programas, aplicaciones que pueden ser replicables y utilizadas en el contexto nacional e internacional, en este sentido la ingeniería de sistemas surge como una necesidad empresarial y repercute en la academia, ya que a través de esta se forman profesionales idóneos que luego serán parte del mercado laboral y constituirán el talento

humano presente en las organizaciones que contribuyen al desarrollo tecnológico y social.

Referencias

- Aristizabal, J. (2004). Los primeros computadores de la Universidad de los Andes. 20, pp. 103-105, Revista de Ingeniería.
- Bertalanffy, V. (1976). Teoría General de los Sistemas.1, pp. 25-27, México: Editorial Fondo de Cultura Económica.
- Bracho del Pino, S. (1999). La ingeniería microelectrónica ante el cambio de milenio (1st ed., pp. 14-20). Santander: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.
- Caro, G. (2010). La imagen de la Ingeniería de Sistemas. Sistemas, 1(1), 108. Obtenido de: http://52.0.140.184/typo43/fileadmin/Revista_114/foroempresas.pdf
- Climent, J.(2010). Algunas aplicaciones de la teoría de sistemas al desarrollo organizacional
- Revista Mexicana de Agronegocios, 14(27), 388-396.Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. Torreón, México
- Del Ángel, M. (2015). Origen, Desarrollo y Estado Actual de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales (pp. 2-3). Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Obtenido de: https://www.academia.edu/16238769/Historia_de_Ingenieria_en_Sistemas.
- Desongles, J. (2005). Ayudante técnico de informática de la Junta de Andalucía (1st ed., pp. 49-55). Sevilla: Editorial MAD.
- Estrella, P. (2010). Ingeniería de Sistemas y Computación: Una utopía realizada en la Universidad de los Andes. Revista De Ingeniería Universidad De Los Andes, 32(1), 2-6. Obtenido de: <http://www.redalyc.org/pdf/1210/121018987017.pdf>
- Gadamer, H. (1977). Verdad y Método. Salamanca: Sígueme.
- Gay, A. (2014). Introducción a la Ingeniería: La tecnología, el ingeniero y la cultura (1st ed., pp. 63). Argentina: Brujas.
- González, O. (2013). Introducción a la ingeniería: una perspectiva desde el currículo en la formación del ingeniero (1st ed., pp. 82-200). Bogotá: Eco Ediciones.
- Grech, P. (2013). Introducción a la Ingeniería (2nd ed., pp. 30-32). México: Pearson Educación.
- Gregory, M. (1971), History and development, Londres: Longman Group Limited.

- Hall, A. (1971). *Ingeniería de Sistemas* (1st ed., pp. 100-200). Compañía Editorial Continental.
- Johansen, O. (1982). *Introducción a la teoría general de sistemas* (1st ed., pp. 8-15). Santiago de Chile: Limusa - Noriega Editores-Isdefe.
- Lara, E. (2013). *Fundamentos de investigación* (2nd ed., pp. 20-100). México, D.F.: Alfaomega.
- Ramírez, R. (2011). *Ingeniería e Investigación*. 31 (Ed Especial, 21-28). *Revistas UNAL*. Obtenido de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingoinv/article/viewFile/33801/33828>
- Real Academia Española, R. (2017). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=La5bCfD>
- Serna, E. (2009). *La Ingeniería de Sistemas y su Evolución hacia la Arquitectura de Sistemas*. *Lámpsakos*, 2(2), 95-101. doi: 10.21501/21454086.777
- Martínez, L. (1999). ¿Qué significa construir un estado del arte desde una perspectiva hermenéutica? *Criterios*, 8, 13-20. Pasto: Universidad Mariana.
- Moreno, P. (2006). *Módulo: Introducción a la ingeniería de sistemas*. Obtenido de <https://goo.gl/YtZyzS>
- Terán, D. (2017). *Introducción a la Ingeniería* (1st ed., pp. 20-45). Cali: Alfaomega.
- Wright, P. (1994). *Introducción a la Ingeniería*, México: Addison Wesley Iberoamericana S.A.
- Wymore, A. (1975). *Un bosquejo de los conceptos básicos de la ingeniería de sistemas*. *Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico*; Turrialba, Costa Rica.

Capítulo 2

FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y EPISTEMOLÓGICOS DE LA INGENIERÍA DE SISTEMAS

Namuel Solórzano Peralta¹
Jhon Jaime Méndez Alandete²

Resumen

La Ingeniería de Sistemas es una disciplina con un ejercicio transversal e interdisciplinar, que se adapta a todas las actividades cotidianas de las organizaciones y de la sociedad, en general. Ante este hecho, se presenta la reflexión acerca del por qué esta profesión presenta estas características particulares, y una de las posibles respuestas se enmarca principalmente en las teorías que fundamentan su proceder y en su objeto de estudio. El objetivo de este Capítulo es exponer los principales fundamentos teóricos de la Ingeniería de Sistemas, de tal manera que estos precisen, de forma objetiva, su objeto de estudio. Estudio desarrollado, principalmente, bajo los preceptos metodológicos de la hermenéutica, presentando como resultado principal el hecho de que la Teoría General de Sistemas (TGS), corresponde al principal fundamento epistemológico de esta profesión. Además de la Teoría General de Sistemas, se presentan otras tendencias, las cuales son alternativas o han surgido a partir de ella. Y, en algunos casos, son aplicaciones prácticas de la TGS. Son estas la Cibernética, la Teoría de la Información, la Teoría de Juegos, entre otras. El Capítulo finaliza con una reflexión acerca de las habilidades transversales e interdisciplinarias de los Ingenieros de Sistemas, fundamentado en tres aspectos principales de su formación: el pensamiento algorítmico, la apropiación y el uso de tecnología, y el pensamiento sistémico. Palabras clave: Arquitectura, enfoques, teorías, epistemología.

1 Ingeniero de Sistemas, Magíster en Dirección estratégica de Tecnologías de la Información, docente universitario, Corporación Universitaria del Caribe CECAR. Correo: namuel.solorzano@cecar.edu.co

2 Ingeniero de Sistemas, Magíster en software Libre, Especialista en Redes, docente universitario, Corporación Universitaria del Caribe CECAR. Correo: jhon.mendez@cecar.edu.co

Palabras clave: Ingeniería de Sistemas, Sistemas, Teoría General de Sistemas, Cibernética, Teoría de la Información, Teoría de la Comunicación, Teoría de Juegos

Abstract

Systems Engineering is a discipline with a transversal and interdisciplinary exercise, that adapts to all the daily activities of organizations and society in general. Given this fact, we present the reflection about why this profession presents these particular characteristics, and one of the possible answers is framed mainly in the theories that base its procedure and its object of study. The objective of this Chapter is to expose the main theoretical foundations of Systems Engineering, in such a way that they specify, objectively, their object of study. This study has been developed, mainly, under the methodological precepts of hermeneutics, presenting as a main result the fact that the General Systems Theory (TGS), corresponds to the main epistemological foundation of this profession. In addition to the General Systems Theory, other tendencies are presented, which are alternatives or have arisen from it. And, in some cases, they are practical applications of the TGS. These are Cybernetics, Information Theory, Game Theory, among others. The chapter ends with a reflection on the transversal and interdisciplinary skills of systems engineers, based on three main aspects of their training: algorithmic thinking, appropriation and use of technology and systems thinking.

Keywords: Systems Engineering, Systems, General Systems Theory, Cybernetics, Information Theory, Communication Theory, Game Theory

Introducción

La Ingeniería de Sistemas aparece con la idea de analizar, estudiar y proponer un modelo sistemático y disciplinado de actuación en unos sistemas específicos, sistemas donde el hombre, las máquinas, los procesos y la información surgían como elementos claves en las dinámicas y funcionamiento de las organizaciones.

El advenimiento y avance vertiginosos de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, es aprovechado por la Ingeniería de Sistemas, para brindar soluciones pertinentes, adecuadas e innovadoras

para los sistemas objeto de estudio de esta disciplina. Este tipo de sistema que son intervenidos por la Ingeniería de Sistemas, tienen inherente un nivel complejidad, luego su estudio y análisis, debe ser enfocado con unas herramientas particulares.

La Teoría General de Sistemas (TGS), surge como una forma alternativa los métodos tradicionales de las Ciencias, y sus postulados teóricos favorecen el estudio de sistemas complejos.

Este capítulo tiene como objetivo, exponer los principales fundamentos teóricos de la Ingeniería de Sistemas de tal manera que estos precisen de forma objetiva su objeto de estudio. En éste sentido, el capítulo inicia con las definiciones de Ciencias, Arte, Técnica e Ingeniería, distinguiendo y diferenciando esta última de las anteriores, y de ese modo entender la Ingeniería como complemento de la Ciencia, y como evolución del Arte y Técnica, no como su reemplazo.

Hecha esta distinción, el capítulo se enfoca en hacer explícito el objeto de estudio de la Ingeniería de Sistemas, por ello, se presentan las definiciones de instituciones a nivel internacional, nacional y regional, sobre de esta disciplina, así mismo, se presentan las concepciones que varias universidades del país, relacionan en sus documentos curriculares que soportan los programas de Ingeniería de Sistemas que ofrecen.

Finalmente, se presentan los enfoques teóricos que sustentan la Ingeniería de Sistemas, y que son utilizados por esta disciplina, para observar, estudiar e intervenir su objeto de estudio.

Metodología

El presente estudio se fundamentó en la hermenéutica como metodología de investigación bajo un enfoque documental.

Inicialmente se procedió a realizar la búsqueda de documentación y referencias bibliográficas relacionadas con el objeto de estudio de la Ingeniería de Sistemas, de tal manera que toda esta conceptualización permitiera dilucidar el sentido real de esta ocupación.

Una vez se profundizó en el objeto de estudio de esta profesión, se realizó la revisión bibliográfica de las teorías, conceptos y fundamentos que

son soporte a los Sistemas. Esta actividad permitió identificar los principales referentes en cada una de las teorías y sus posturas epistemológicas, de tal manera que se obtuviera la contribución que cada uno de estos postulados le aportaban a la Ingeniería de Sistemas.

Finalmente se procedió a realizar la interpretación de toda la información recopilada y sistematizada, discutiendo principalmente los aportes que cada teoría realizó a la ingeniería de sistemas y como estos elementos han conllevado a la formación de un profesional con capacidades muy particulares y especiales en la sociedad actual.

Resultados de los Fundamentos Teóricos y Epistemológicos de la Ingeniería de Sistemas

Desde la presencia del Homo Sapiens en la tierra se gestó una serie de transformaciones y adaptaciones en la naturaleza. En el afán por sobrevivir y aprovechando sus capacidades mentales otorgadas, y que le permitían pensar, imaginar y aprender sobre el entorno, se convirtieron en elementos impulsores para que ese hombre pensase, fuese desarrollando un conjunto de conocimientos y prácticas que a la postre dieran origen a conceptos tales como Ciencia, Arte, Técnica, Tecnología e Ingeniería, que hoy por hoy son claves en la supervivencia de la especie humana en su entorno.

Es importante para los propósitos de éste libro que se tenga claridad en los conceptos antes mencionados, que permita saber que es cada uno e identificarlos de manera unívoca. Por ello, a continuación, se presenta una definición y ejemplos de ellos.

Ciencia:

- Conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente.³
- Es el intento sistemático de producir proposiciones verdaderas sobre el mundo. Ósea que es ese creciente cuerpo de ideas, que

3 Diccionario de la Real Academia Española.

puede caracterizarse como conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible. La ciencia puede ser considerada como la suma actual de conocimientos científicos, como una actividad de investigación o hasta como un método de adquisición del saber.⁴

Arte:

- Capacidad, habilidad para hacer algo.⁵
- Conjunto de disciplinas o producciones del ser humano realizadas con fines estéticos o expresivos para representar, a través de medios como la pintura, la escultura, la arquitectura, la literatura o la música, diferentes realidades y despertar una serie de ideas, emociones o sentimientos.⁶

Técnica:

- Pertenecente o relativo a las aplicaciones de las ciencias y las artes.⁷
- La técnica es el intento del hombre por superar su dependencia del mundo exterior, este rasgo es el que lo diferencia del resto de animales pues, al contrario de éstos, él adapta el medio a su voluntad.⁸

Ingeniería:

- Conjunto de conocimientos orientados a la invención y utilización de técnicas para el aprovechamiento de los recursos naturales o para la actividad industrial.⁹
- La ingeniería es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y las ciencias naturales, adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se aplica con juicio para

4 Valencia Giraldo, A. (2004). La relación entre la ingeniería y la ciencia. Revista Facultad de Ingeniería

5 Diccionario de la Real Academia Española.

6 <https://www.significados.com/arte/>

7 Diccionario de la Real Academia Española.

8 Ortega y Gasset, J. El concepto de técnica en Ortega y Gasset.

9 Diccionario de la Real Academia Española.

desarrollar formas de utilizar económicamente los materiales y las fuerzas de la naturaleza para el beneficio de la humanidad.¹⁰

El concepto de Ingeniería surge como mecanismo natural del hombre en su afán por lograr superar un conjunto de necesidades básicas, que de acuerdo con el psicólogo estadounidense Abraham Maslow, son propias de la condición humana, y las cuales formuló en su teoría “La pirámide de Maslow, o jerarquía de las necesidades humanas”. La figura 1, ilustra el postulado de Maslow, con respecto a las necesidades que todo ser humano tiene, indistintamente de condición, raza, sexo, creencia.

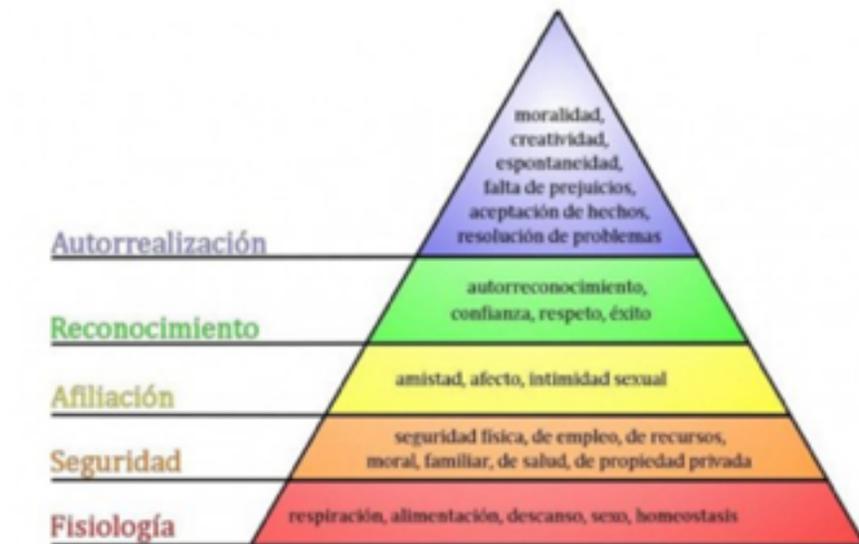


Figura 1. La pirámide de Maslow.

Fuente: <http://economipedia.com/definiciones/piramide-de-maslow.html>

Con la anterior, se quiere precisar que la Ingeniería (u otro nombre que se le hubiese podido dar), surge de forma imperativa, pues como lo expresa Maslow en su modelo, el ser humano es un ser de necesidades, y esas necesidades era necesario comenzar a plantearse como solucionarlas, y recuérdese, necesidades que son propias de la naturaleza de un ser pensante.

Las ciencia mediante la aplicación del método científico inicia un proceso de sistematización de conocimientos sobre “un ser existente, sobre un fenómeno objetivo y real o un sistema de la Sociedad, de la Naturaleza inanimada

*o de la Naturaleza viva, del conocimiento o de la información*¹¹, lo que muchos autores han catalogado como *Objeto de Estudio, Objeto de Investigación*. Éste hecho en que los científicos se enfocan en un solo objeto de estudio, propicia la aparición de ramas o tipos de ciencias entre las cuales podemos destacar: Ciencias Matemáticas, Ciencias Naturales y Ciencias Sociales.

Así como cada uno de los tipos de ciencias se enfoca en un objeto de estudio, la ingeniería se ve obligada a especializarse en solucionar necesidades específicas del ser humano. Puesto como se mencionó anteriormente en *La pirámide de Maslow, o jerarquía de las necesidades humanas*, el ser humano en su afán de desarrollarse se enfrenta a muchas necesidades.

La pirámide de Maslow, nos evidencia también, que cada necesidad se convierte en un objeto de estudio para la ingeniería, es así, como la necesidad de descanso, seguridad física y propiedad privada, fueron planteándose soluciones de construcción de viviendas, y ello, posibilitó el surgimiento de la Ingeniería Civil.

Hoy por hoy existen muchas ingenierías, y es probable que su objeto de estudio no aparezca reflejado de forma explícita en la clasificación de necesidades que propone la Pirámide de Maslow, pero por ello, no quiere decir que van a dejar de ser ingeniería. Por ejemplo, para que el ser humano satisfaga su necesidad de empleo, aparece el concepto de empresa, y con ella, surgen inmediatamente un conjunto de necesidades, tales como la comunicación y la realización eficiente del trabajo, lo que origina la aparición de otras ingenierías, tales como la Ingeniería Industrial y la Ingeniería de Sistemas.

Expresada la forma como las necesidades humanas dan origen a los objetos de estudio para las ingenierías, y atendiendo a los objetivos de éste capítulo, se presentará y aclarará el objeto de estudio de la Ingeniería de Sistemas, para luego presentar los enfoques teóricos que ayudan a la Ingeniería de Sistemas a estudiar dichos objetos de estudio, y de esa forma darle solución desde la ciencia.

Para entrar a clarificar el objeto del conocimiento de la Ingeniería de Sistemas, se parte de las siguientes definiciones:

11 CARVAJAL, L. El objeto de investigación. Tomado de: <http://www.lizardo-carvajal.com/el-objeto-de-investigacion/>

Ingeniería de Sistemas, es un enfoque interdisciplinario y significa permitir la realización de sistemas exitosos. Los sistemas exitosos deben satisfacer las necesidades de sus clientes, usuarios y otras partes interesadas. La ingeniería del sistema se centra en asegurar que las piezas trabajen juntas para lograr los objetivos del todo.¹²

La ingeniería de sistemas es un enfoque robusto al diseño, creación y operación de sistemas. En términos simples, el enfoque consiste en la identificación y cuantificación de los objetivos del sistema, creación de conceptos alternativos de diseño del sistema, análisis de alternativas al diseño, selección e implementación del diseño más apropiado, verificación de que el diseño es construido e integrado en forma correcta, y evaluación post implementación para determinar en qué medida el diseño cumple con sus objetivos y requerimientos.¹³

Una rama de la ingeniería que se concentra en el diseño y aplicación del todo como diferente de sus partes, analizando un problema como un todo, teniendo en cuenta todos sus aspectos y todas las variables y conectando lo social con lo tecnológico.¹⁴

La Ingeniería de Sistemas integra todas las disciplinas y grupos de especialidades en un esfuerzo de equipo, formando un proceso de desarrollo estructurado que va desde el concepto hasta la producción y la operación. Ingeniería de Sistemas considera las necesidades comerciales y técnicas de todos los clientes con el objetivo de proporcionar un producto de calidad que satisfaga las necesidades del usuario ¹⁵

En la primera y segunda definición se expresa de manera explícita el sustantivo o sujeto sobre el cual recae todo el esfuerzo de la Ingeniería de Sistemas, en éste sentido el concepto de sistema, se desea llevar al

12 INCOSE. IEEE. SERC. (2016). Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK).

13 NASA. (1995). Systems Engineering Handbook. NASA. SP-610S.

14 Ramo, S. (2005). Conquering Complexity: lessons in defence systems acquisition, The Defence Engineering Group. University College London.

15 INCOSE. Tomado de: <https://www.incose.org/systems-engineering>

éxito. Éxito que se evidencia cuando el sistema cumple unos objetivos y requerimientos de clientes, usuarios e interesados.

En la tercera definición el sustantivo es muy general, se observa que todo el esfuerzo de la Ingeniería de Sistema va encaminado a resolver un problema enfocándolo como un *todo*, es decir como un sistema.

En la cuarta definición, el esfuerzo de la Ingeniería de Sistemas, va dirigido lograr un producto de calidad, al igual, que, en las anteriores definiciones, debe satisfacer las necesidades del usuario y clientes.

Podemos destacar el concepto de Sistema, como el objeto de estudio sobre el que recae todo el esfuerzo de la Ingeniería de Sistemas, pero es importante hacer las siguientes precisiones del concepto de sistemas, pues todo lo que nos rodea lo podemos asimilar al concepto de sistema, y sería muy ambicioso pretender que todos los problemas de todos los sistemas sean abarcados por la Ingeniería de Sistemas.

A los Sistema que se convierten en el objeto de estudio de esta disciplina, se caracterizan por lo expresado por el SeBOK (Systems Engineering Body of Knowledge – Cuerpo del Conocimiento de la Ingeniería de Sistemas), en los siguientes elementos:

los principios y conceptos que caracterizan a un sistema, donde un sistema es una combinación interactiva de elementos del sistema para lograr un objetivo definido. El sistema interactúa con su entorno, que puede incluir otros sistemas, usuarios y el entorno natural. Los elementos del sistema que componen el sistema pueden incluir hardware, software, firmware, personas, información, técnicas, instalaciones, servicios y otros elementos de soporte.

Lo anteriormente expresado, permitió explicitar el objeto de estudio de la Ingeniería de Sistemas. Muchas universidades de Colombia son coherentes con estas posturas, y expresan en sus currículos que soportan los programas académicos de esta rama de la ingeniería, lo siguiente:

La Universidad Nacional de Colombia expresa:

el propósito de la Ingeniería de Sistemas es modelar e implementar sistemas complejos, la Ingeniería de Sistemas

integra otras disciplinas, aplica las ciencias matemáticas y ciencias de la computación para el desarrollo de los Sistemas. Los aspectos más relevantes que involucra la ciencia de la computación son: las teorías de información y comunicación, la teoría de la complejidad computacional, la teoría de lenguajes de programación, la programación de computadoras y las teorías de sistemas.¹⁶

La Universidad Industrial de Santander, comenta:

la Ingeniería de Sistemas en Colombia es una rama ecléctica formada de ciencia de computadores, investigación de operaciones, ingeniería de control e ingeniería de sistemas para el soporte de las necesidades de solución de problemas mediante sistemas de información, monitoreo y control de señales en sistemas físicos continuos, administración de bases de datos, análisis diseño y documentación de sistemas de información, montaje y administración de redes de datos, e ingeniería del software.

La Universidad de los Andes,

la Ingeniería de Sistemas y Computación en Uniandes está orientada a la creación y construcción de soluciones informáticas que beneficien a la sociedad. La formación y el ejercicio profesional de un ingeniero de sistemas y computación, se desarrollan en un ambiente interdisciplinar que requiere resolver problemas asociados con la información para generar soluciones que involucren: tecnología, personas y servicios.

La Corporación Universitaria del Caribe (CECAR), asume la Ingeniería de sistemas:

en coherencia con los principios del PEI de CECAR que consisten en Dignidad Humana, Universalidad, Solidaridad, Integralidad, Participación y Excelencia Académica, el

¹⁶ Universidad Nacional de Colombia. Tomado de: <https://www.ingenieria.bogota.unal.edu.co/formacion/pregrado/ingenieria-de-sistemas-y-computacion.html>

propósito de formación del Programa es: Formar integralmente Ingenieros de Sistemas, con sentido humano, social y de trabajo interdisciplinario, competentes en ámbitos investigativos y de emprendimiento, capaces de desarrollar, adaptar, utilizar y gestionar recursos informáticos y tecnologías de la información, acorde con las necesidades de la sociedad, las organizaciones y el sector productivo, que coadyuven al desarrollo social, tecnológico y científico de la región y del país

Todos estos postulados son coherentes en expresar que la Ingeniería de Sistemas es la aplicación de un trabajo interdisciplinario que permita transformar un *Sistema* en un *Sistema Exitoso*. Sistemas estos, que podemos encontrar incrustados en la sociedad, las organizaciones y la misma naturaleza. Sistemas que pueden variar en su complejidad, desde un simple sistema de ventas para una microempresa, un sistema para el manejo de la contabilidad de una nación o país, hasta un sistema que apoye una misión espacial de la NASA.

El reto de la Ingeniería de Sistemas es lograr desarrollar soluciones integrales a la gama de problemas, desafíos y complejidades inherentes en los sistemas actuales, ¿Cómo lograrlo?, International Council on Systems Engineering (INCOSE) and International Society for the System Sciences (ISSS) (International Federation for Systems Research (IFSR), han desarrollado *The Systems Praxis Framework*¹⁷, framework que en esencia es un enfoque holístico donde se integra la teoría correcta y practica correcta, y que permiten a la ingeniería de sistemas intervenir su objeto de estudio, *problemas de sistemas*.

17 <http://systemspraxis.org/framework.pdf>

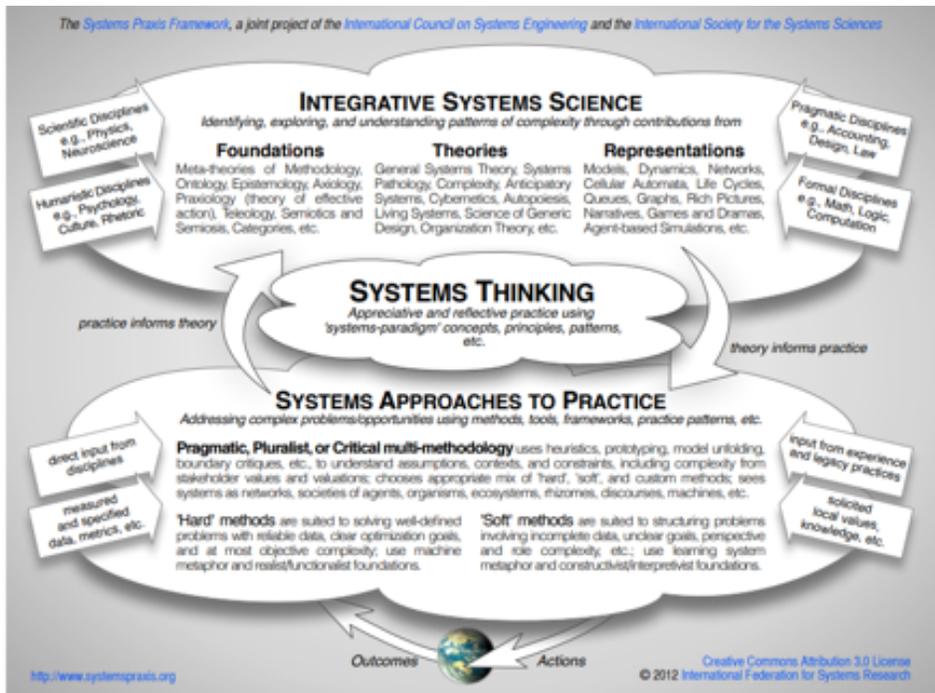


Figura 2. The Systems Praxis Framework
Tomado de: <http://systemspraxis.org/framework.pdf>

Para lograr entender éste marco práctico de sistemas, es necesario abordar y conceptualizar los elementos de forma separada, y de esa forma enfocarlo como un todo, y lograr visualizar el valor que aporta a la ingeniería de sistemas.

Pensamiento Sistémico

De acuerdo con RAE el pensamiento es la facultad o capacidad de pensar, y pensar es un proceso mental que permite formar o combinar ideas o juicios en la mente. Esta facultad del ser humano, le permite conocer y empoderarse de su entorno. A diferencia del pensamiento lineal, el pensamiento sistémico permite apropiarse de una realidad identificando las interrelaciones que se dan entre las partes que confluyen en esa realidad, y las posibles variaciones que puedan suceder.

El pensamiento sistémico es un método para identificar algunas reglas, algunas series de patrones y sucesos a fin de prepararnos

de cara al futuro e influir sobre él en alguna medida. Nos aporta cierto control. O'connor-McDermott

Senge (1990) discute el pensamiento sistémico de varias maneras como una disciplina para ver todo... un marco para ver las interrelaciones en lugar de las cosas... un proceso de descubrimiento y diagnóstico... y como una sensibilidad para la sutil interconexión que le da a los sistemas vivientes su carácter único.

El pensamiento sistémico es esencia una facultad del ser humano que lo ayuda a entender el funcionamiento de un sistema, es decir, una actividad mental que busca concebir a los objetos, no como elementos aislados, si no como elementos que hacen parte de una totalidad en la que habitan e interaccionan unos con otros.

En la siguiente tabla se relacionan conceptos, principios y patrones relacionados con el pensamiento sistémico:

Tabla 1
Conceptos, principios y patrones del pensamiento sistémico

CONCEPTOS	Interacción	Acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, personas, agentes, fuerzas, funciones
	Regularidad	Es una cualidad observable en muchas entidades
	Estado y comportamiento	Por estado debemos entender un conjunto de valores que un momento determinado posee los atributos de un sistema. Por comportamiento, las acciones que realiza un sistema ante eventos de su entorno.
	Comportamiento de supervivencia	Con éste concepto se denota la capacidad de un sistema de auto organizarse a las circunstancias del entorno. En éste aspecto la entropía y neguentropía.

CONCEPTOS	Búsqueda de objetivos	La búsqueda de objetivos por parte de un sistema, determina la esencia, su comportamiento, su estado
	Control	La capacidad de un sistema de revisar, monitorear y ajustar su comportamiento.
	Función	La función se define como resultados esperados de un sistema, y que de forma implícita alimentan y coadyuvan al logro de los objetivos
	Abstracción	Capacidad de centrarse en las ciertas características de un objeto o sistema
PRINCIPIOS	Limites	Limites
	Dualismo	
	Encapsulación	La capacidad de un sistema de ocultar a su entorno externo, su estructura interna y sus mecanismos de interacción
	Holismo	Principio aplicable a los sistemas, donde se consideran como un todo, en vez de considerarlos como un conjunto de partes
	Modularidad	La capacidad de un sistema de descomponerse en partes debidamente relacionadas
	Red	Es una forma de entender la dinámica de interacción y conexiones de un sistema
	Relación	La interconexión de las partes de un sistema.

<p>PATRONES</p>	<p>Un patrón es un modelo observable con regularidad en muchas situaciones. Son productos de abstracciones de similitudes presentes en los sistemas</p>	<p>Ejemplos: Patrones de jerarquía y red Metapatterns</p>
-----------------	---	---

Ciencia de Sistema

Como toda ciencia, la ciencia de sistemas es un esfuerzo para descubrir, organizar y usar el conocimiento. Su esfuerzo está dirigido al estudio de los sistemas, sistema que van desde el más simple al más complejo, y que podemos encontrar en la naturaleza, en la sociedad, en las ideas y hasta en la misma ciencia.

La ciencia de Sistemas es una ciencia transdisciplinaria que estudia fundamentalmente a la realidad bajo una cosmovisión unitaria; esencialmente estudia y explica los sistemas abstractos de esa cosmovisión.¹⁸

Teoría General de Sistemas (TGS)

La realidad se le presenta al ser humano cargada de complejidades, ambigüedades y vicisitudes. La Ciencia utiliza el Método Científico para obtener conocimiento que pueda ser replicable y refutable sobre una realidad determinada, y de esa manera disminuir el nivel de complejidad.

Promulgada por Ludwig von Bertalanffy en 1925, la Teoría General de Sistemas (TGS), se presenta como alternativa para acercarse a la realidad, y de esa manera entenderla en su totalidad, y no de forma reduccionista, como proponían enfoques tradicionales. En ese sentido la TGS, busca

18 Badillo, I. (2011). Fundamentos epistemológicos y tendencias de la ciencia de sistemas contemporánea. Tomado de: <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/22750/Fundamentos%20epistemologicos%20y%20tendencias%20de%20la%20ciencia%20de%20sistemas%20contemporanea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

entender la realidad como un Sistema, es decir, como un conjunto de elementos interconectados con el objetivo de lograr algo.

De acuerdo con (Arnold, M. y Osorio), la TGS se convierte en un mecanismo alternativo para los investigadores, quienes tienen la posibilidad de enfocar la realidad de forma sistemática y científica.

(Johansen, O.), concibe a la TGS como una poderosa herramienta mediante la cual los observadores e investigadores, pueden lograr un análisis de una realidad desde un enfoque holístico, hasta lograr una explicación de los fenómenos de la realidad.

Los anteriores postulados evidencian como la TGS, provee una forma de entender la realidad bajo el concepto de Sistema, y no es un concepto que haya aparecido en la realidad, es un concepto que siempre ha estado inmerso en la realidad, y lo que viene a provocar la TGS, es una forma natural de entender la realidad.

Expuesta la TGS con ese enfoque, (Johansen, O.) expresa que existen tendencias que comprenden el potencial de la misma, y por ende buscan su aplicación práctica, entre las que destaca:

- La cibernética
- La teoría de la información
- La teoría de juegos
- La teoría de la decisión
- El análisis factorial
- La Ingeniería de Sistemas
- La investigación de operaciones

El campo de la cibernética surgió cuando los conceptos de información, retroalimentación y control se generalizaron desde aplicaciones específicas (por ejemplo, en ingeniería) hasta sistemas en general, incluidos sistemas de organismos vivos, procesos inteligentes abstractos y lenguaje (Wiener, 1948).

Los conceptos de información, organización y control juegan un papel central en el pensamiento biológico actual, y particularmente en relación con los problemas del desarrollo. Sin embargo, es probable que

los conceptos de organización y control en el desarrollo se encuentren todavía en una etapa relativamente primitiva y evidentemente de interés examinar las posibilidades de aplicar los conceptos y técnicas desarrollados por los ingenieros de comunicación e informática, en particular aquellos que se relacionan con la elucidación de sistemas complejos, especialmente sistemas de control. Este trabajo ahora se conoce generalmente por su título general, cibernética.

Desde el principio vale la pena distinguir entre dos partes de la cibernética que, aunque se superponen y se relacionan esencialmente, son en muchos aspectos bastante diferentes. A esto podemos referirnos como “teoría de la información”, que ha sido desarrollada en particular por los ingenieros de comunicación, y la “teoría de los autómatas” que ha sido de particular interés para los ingenieros informáticos. Alguna confusión ha sido causada en el pasado al usar el término “cibernética” para referirse solo a uno u otro de estos. La teoría de la información proporciona una forma precisa y matemática de describir situaciones de comunicación, así como proporcionar algunas teorías con respecto a la mejor manera de diseñar sistemas de comunicación. La teoría de autómatas se ha ocupado de las propiedades lógicas de los sistemas dinámicos, especialmente no lineales. Por lo tanto, la teoría de la información es esencialmente parte de la estadística y se ocupa principalmente de las cantidades, mientras que la teoría de los autómatas puede considerarse parte de la lógica o la metamatemática y, por lo tanto, tiene más interés en las pruebas y los “algoritmos”.

La cibernética se desarrolló a partir del deseo de comprender y construir sistemas que pueden alcanzar objetivos, ya sean objetivos humanos complejos o simplemente objetivos como mantener la temperatura de una habitación en condiciones cambiantes (Pangaro, 2018). La Cibernética sostiene que solo es necesario y solo es posible estar acoplado al mundo lo suficiente como para lograr objetivos, es decir, para obtener realimentación (feedback) a fin de corregir acciones para lograr un objetivo.

Wiener, define la realimentación (feedback) como una estrategia que permite la regulación de sistemas introduciendo en estos, el resultante de sus procesos o procedimientos previos. Al utilizar este producto como insumo para corregir el sistema y regularlo, se tiene la denominada realimentación de la ingeniería que conlleva al concepto de control. Sin embargo, si la

información producida por el mismo mecanismo de la máquina genera un cambio en el funcionamiento de esta, se tiene una situación de aprendizaje. (Wiener, 1948). Dentro de la teoría Cibernética Wiener presenta un concepto muy particular asociado a la información: “El contenido de lo que es objeto de intercambio con el mundo externo, mientras nos ajustamos a él y hacemos que se acomode a nosotros”.

Cuando se presenta el termino cibernética, gran variedad de autores lo asocian a teoría de máquinas, sin embargo, es importante resaltar que esta denominación debe relacionarse más con el comportamiento de estas, más que con la forma o la estructura de los artefactos como tal. La cibernética trata de cuáles son los posibles comportamientos que una máquina puede producir y es en este aspecto donde la teoría de la información juega un papel fundamental para esta. La teoría de la información en relación con la cibernética se caracteriza por tratar siempre con un conjunto de posibilidades; tanto sus datos primarios como finales, están relacionados con el conjunto total y no sobre elementos individuales del mismo.

En cuanto al uso aplicado de la cibernética, existen muchas aplicaciones de los conceptos relacionados con esta teoría, sin embargo, en este documento se realizará énfasis sobre dos en particular. La primera tiene que ver con que ofrece un vocabulario y un conjunto único de conceptos adecuados para representar los tipos de sistemas más diversos. Por ejemplo, la posibilidad de relacionar los servo-mecanismos con lo que se sabía sobre el cerebelo, era difícil por el hecho de que las propiedades de los servomecanismos se describieron en palabras que hacen referencia el piloto automático, el aparato de radio o el freno hidráulico, mientras que las del cerebelo se describieron en palabras que evocan la habitación de disección y otros aspectos de cabecera que son irrelevantes para las similitudes entre un servo mecanismo y un reflejo del cerebelo. La cibernética ofrece un conjunto de conceptos que, al tener correspondencias exactas con cada rama de la ciencia, pueden ponerlos en relación exacta unos con otros.

Los sistemas complejos corresponden a la segunda aplicación peculiar de la cibernética a tratar en este documento, la cual ofrece un método para el tratamiento científico del sistema en el que la complejidad es sobresaliente y demasiado importante como para ser ignorada. Uno de los principales métodos para tratar la complejidad es la cibernética, la cual rechaza las ideas vagamente intuitivas que se adquiere al manejar máquinas simples.

La Cibernética proporciona métodos efectivos para el estudio y control de sistemas que son extremadamente complejos. Lo hará al marcar primero lo que se puede lograr y luego proporcionar estrategias generalizadas, de valor demostrable, que puedan usarse de manera uniforme en una variedad de casos especiales. De este modo, ofrece la esperanza de proporcionar los métodos esenciales para atacar los males psicológicos, sociales y económicos, que en este momento nos están derrotando por su complejidad intrínseca.

La cibernética presenta un conjunto de tendencias o enfoques las cuales son denominadas como “ordenes de la cibernética”. La cibernética de primer orden enfatiza la importancia de la retroalimentación negativa, la cual puede entenderse como el hecho de que las situaciones negativas o errores que se dan en un sistema deben atenderse de tal manera que se desencadene una respuesta opuesta que permita generar compensación en el sistema. La cibernética de primer orden, presentó una limitación principal, la cual consistió en describir aspectos de sistemas particulares de forma aislada, en lugar de la situación completa; esto implicaba que las situaciones complejas a menudo se visualizaban como sistemas de “caja negra” (Sistemas Cerrados) cuyo funcionamiento interno se pasaba por alto. Si bien este proceso a menudo fue útil en el nivel de la ingeniería, pasó por alto el papel del observador (aquí, el observador puede ser diseñador o usuario del sistema). La cibernética de segundo orden “cibernética de la cibernética”. (Von Foerster, 1991), incluyó al observador como elemento fundamental del tratamiento y funcionamiento de los sistemas.

La cibernética de tercer orden tiene como objetivo reconocer el lenguaje como una máquina cognitiva que crea un dominio común de interacción entre los sistemas vivos para interactuar. Este tipo de máquinas son mecanismos abstractos que tienen una base en el cerebro humano y que almacenan, recuperan, procesan y crean información. En general la cibernética de tercer orden considera un sistema más un elemento activo interactivo en un circuito, reconociendo la forma en que todo un sistema puede redirigirse para adaptarse a su contexto. Por lo tanto, el observador y el sistema coevolucionan juntos. Esto significa que el observador puede verse a sí mismo como parte del sistema bajo examen.

El cuarto orden Cibernética considera lo que sucede cuando un sistema se redefine a sí mismo. Se enfoca en la integración de un sistema dentro de su contexto más amplio y codefinidor. Este orden reconoce

las propiedades emergentes del complejo sistema. La aparición implica una mayor complejidad que reduce la capacidad de conocimiento y la predictibilidad. (Attainable Utopias, 2018).

Otra de las teorías que fundamenta la disciplina de la Ingeniería de sistemas corresponde a la teoría de la información, la cual es uno de los pocos campos científicos afortunados de tener un comienzo identificable: el documento de 1948 de Claude Shannon. (Shannon, 1948), a quien se le considera el padre de la era digital. La teoría de la información es el tratamiento matemático de los conceptos, parámetros y reglas que rigen la transmisión de mensajes a través de los sistemas de comunicación.

Las técnicas utilizadas en la teoría de la información son de naturaleza probabilística y algunas ven teoría de la información como una rama de la teoría de la probabilidad. En un conjunto dado de eventos posibles, la información de un mensaje que describe uno de estos eventos cuantifica los símbolos necesarios para codificar el evento de una manera óptima. La teoría de la información también proporciona metodologías para separar la información real del ruido y para determinar la capacidad del canal requerido para una transmisión óptima condicionada a la velocidad de transmisión.

Esta teoría se aplica a los procesos técnicos de codificación de una señal para transmisión, y proporciona una descripción estadística del mensaje producido por el código. Define información como elección o entropía y trata el ‘significado’ de un mensaje (en el sentido humano) como irrelevante. Se centra en cómo transmitir datos de la manera más eficiente y económica, y detectar errores en su transmisión y recepción.

A Shannon le interesaba cuánta información podía transmitir un determinado canal de comunicación. La teoría de la información se basa en una medida de incertidumbre conocida como entropía (denominada “H”). En un nivel conceptual, la Entropía de Shannon es simplemente la “cantidad de información” en una variable. Eso se traduce en la cantidad de almacenamiento (por ejemplo, número de bits) requerido para almacenar la variable, que intuitivamente se puede entender que corresponde a la cantidad de información en esa variable. El cálculo de este número y, por lo tanto, la cantidad de información en una variable es más complicado de lo que podría parecer a primera vista; específicamente, no es simplemente la

cantidad de bits necesarios para representar todos los diferentes valores que una variable podría asumir, que son solo los datos brutos.

Una forma de entender el concepto de “cantidad de información” en una variable es relacionarlo con lo difícil o fácil que es adivinar esa información sin tener que mirar la variable: es más fácil adivinar el valor de la variable. Otra forma de ver la información es contrastarla con la cantidad de datos. Por ejemplo, se pueden almacenar dos variables booleanas diferentes en 1 bit cada una, pero la cantidad de información en las dos puede ser bastante diferente.

Como fundamento de su teoría, Shannon desarrolló un modelo de comunicación muy simple y abstracto (Britannica, 2018). El primer componente del modelo, corresponde al origen del mensaje, es simplemente la entidad que originalmente crea el mensaje. A menudo, la fuente del mensaje es un humano, pero en el modelo de Shannon también podría ser un animal, una computadora u otro objeto inanimado.

El codificador, que corresponde al objeto que conecta el mensaje a las señales físicas reales que se envían. Alternativamente, uno puede considerar la mente del hablante como la fuente del mensaje y la combinación del cerebro del hablante, el sistema vocal y la boquilla del teléfono como el codificador.

Otro elemento del modelo de Shannon corresponde al canal, los cuales son el medio que lleva el mensaje. El canal puede ser cables, el aire o el espacio en el caso de las transmisiones de radio y televisión, o el cable de fibra óptica.

El ruido es cualquier cosa que interfiere con la transmisión de una señal. Las señales transmitidas ópticamente a través del aire podrían sufrir interferencia de nubes o humedad excesiva. Claramente, las fuentes de ruido dependen del sistema de comunicación particular. Un solo sistema puede tener varias fuentes de ruido, pero si se comprenden todas estas fuentes separadas, a veces será posible tratarlas como una única fuente.

El decodificador es el objeto que convierte la señal, tal como se recibió, en una forma que el receptor del mensaje puede comprender. En el caso del teléfono, el decodificador podría ser el auricular y sus circuitos electrónicos. Dependiendo de la perspectiva, el decodificador también podría incluir el sistema auditivo completo del oyente.

El receptor del mensaje es el objeto que recibe el mensaje. Podría ser una persona, un animal, una computadora, u otro objeto inanimado.

La teoría de Shannon trata principalmente con el codificador, el canal, la fuente de ruido y el decodificador. Como se señaló anteriormente, el enfoque de la teoría está en las señales y cómo pueden transmitirse de manera precisa y eficiente.

La teoría de la información ha trascendido en varios ámbitos de la sociedad de la información actual. Aplicaciones tales como la compresión de datos, la cual utiliza el concepto de entropía de Shannon (una medida de la máxima eficiencia posible de cualquier esquema de codificación) puede usarse para determinar la compresión teórica máxima para un alfabeto de mensaje dado, es un ejemplo de las utilidades que se le ha suministrado a esta teoría.

Otra aplicación corresponde a los códigos de corrección de errores y detección de errores. Los códigos de corrección de errores agregan bits adicionales para ayudar a corregir errores y, por lo tanto, operan en la dirección opuesta a la compresión. Los códigos de detección de errores, por otro lado, indican que se ha producido un error, pero no corrige el error automáticamente. Con frecuencia, el error se corrige mediante una solicitud automática para retransmitir el mensaje. Debido a que los códigos de corrección de errores generalmente exigen más bits adicionales que los códigos de detección de errores, en algunos casos es más eficiente usar un código de detección de errores simplemente para indicar qué se debe retransmitir.

La Criptología también hace parte de las aplicaciones de la Teoría de la información. Se trata tanto del criptoanálisis, el estudio de cómo la información cifrada se revela (o descifra) cuando se desconoce la “clave” secreta, y la criptografía, el estudio de cómo la información se oculta y encripta en primer lugar. El análisis de Shannon de los códigos de comunicación lo llevó a aplicar las herramientas matemáticas de la teoría de la información a criptografía en “Communication Theory of Secrecy Systems” (1949). En particular, comenzó su análisis señalando que las cifras simples de transposición, como las obtenidas permutando las letras en el alfabeto, no afectan la entropía porque simplemente vuelven a etiquetar los caracteres en su fórmula sin cambiar sus probabilidades asociadas.

En cuanto a la teoría de juegos, esta puede definirse como el estudio formal del conflicto y la cooperación. Se trata de situaciones en las que los “jugadores” interactúan, de modo que le importa a cada jugador lo que hacen los otros jugadores. La teoría de juegos proporciona herramientas matemáticas para modelar, estructurar y analizar tales escenarios interactivos. Los jugadores pueden ser, por ejemplo, empresas competidoras, votantes políticos, animales de apareamiento o compradores y vendedores en Internet. El lenguaje y los conceptos de la teoría de juegos son ampliamente utilizados en economía, ciencias políticas, biología e informática, por nombrar solo algunas disciplinas (Shoham, 2008).

El impacto de la teoría de juegos en la Ingeniería se manifiesta de muchas maneras. Una de las aplicaciones principales se da en los autómatas. Algunos tipos de autómatas se han utilizado en la teoría de juegos. Los autómatas finitos se han utilizado ampliamente para representar el comportamiento de agentes simples, los cuales funcionan según un conjunto de reglas condición-acción. El agente capta el estado actual del entorno en el cual se encuentra por medio de los sensores, luego busca entre las reglas cual coincide con la percepción para luego ejecutar la acción conveniente. Este agente funciona correctamente solo si se toma la decisión adecuada basándose en la percepción de ambiente en un momento dado. Por otro lado, los autómatas adaptativos y los autómatas celulares se utilizan principalmente para representar el comportamiento de agentes inteligentes más complejos, tales como los agentes basados en objetivos y los agentes basados en utilidad.

Otra aplicación de la teoría de juegos tiene que ver con las redes neuronales. (Schuster & Yamaguchi, 2010) proponen un modelo de red neuronal bajo un concepto de teoría de juegos donde se supone que las neuronas individuales se comportan de forma óptima con una matriz de pagos determinada. La investigación analiza teóricamente un sistema de neuronas emparejadas y especifica críticamente que la teoría de los juegos de valores funciona como principio organizador para dicho sistema (en el sentido de un principio rector o mecanismo involucrado en la comunicación, organización y sincronización neurales). La investigación también especifica un algoritmo de aprendizaje basado en la teoría de juegos para un sistema de neuronas emparejadas.

En lo referente a la teoría de la decisión, existen varios enfoques de la misma, uno de ellos corresponde al popularizado por Cyert y March (Cyert & March, 1963) donde se considera de la organización como una coalición de individuos, en la que los objetivos se alcanzan mediante un proceso de negociación y cambian con el tiempo. Las decisiones dependen de la cantidad y el tipo de información disponible y las expectativas de los involucrados. Por lo tanto, tres variables se convierten en el foco de esta formulación: objetivos, expectativas, elección. La mayoría de las organizaciones tienen múltiples y variados objetivos, lo que, por supuesto, plantea la posibilidad de un conflicto. Diferentes coaliciones de personas dentro de la organización forman y desarrollan sus propios objetivos.

Las expectativas dependen de la información que poseen los individuos, las cuales se ven afectadas por la manera cómo se presenta la información, cómo se recopiló, quién la transmite, etc. Las elecciones diarias son la respuesta a los problemas de la organización y estas reducen la incertidumbre (Mintzberg, 2004).

Herbert Simon es otro nombre importante en la teoría de la toma de decisiones. Formuló la diferencia entre las decisiones programadas y las no programadas. Las decisiones programadas son rutinarias y repetitivas (bien estructuradas) y se prestan a la solución por hábito.

Las decisiones no programadas requieren juicio, intuición, creatividad, reglas generales. A menudo, una organización selecciona gerentes especialmente educados para tomar decisiones de este tipo. A veces, la organización establece unidades de organización social para tratar este tipo de problemas (Simon, 1947).

Simon enfatiza los aspectos de resolución de problemas, pensamiento y aprendizaje de la toma de decisiones. La resolución de problemas implica: Establecer un objetivo, Detectar la diferencia entre el estado actual y el estado objetivo, encontrar herramientas para disminuir la diferencia. Simon afirma que cada problema se puede dividir en sub-problemas. Trabajando en paralelo en las subpartes y luego mezclando las soluciones pequeñas para obtener una visión general. Simon también es responsable de otros dos conceptos de toma de decisiones, el primero de ellos denominada la racionalidad limitada la cual tiene que ver con el hecho de que un gerente humano tiene límites al grado de racionalidad que puede aportar a un

problema. El que toma las decisiones no puede tener un conocimiento completo de todas las alternativas a las consecuencias de la elección. Simon sugiere que los gerentes a menudo simplifican el problema para tomar una decisión.

El segundo concepto corresponde a lo satisfactorio, lo cual se refiere a la selección de una alternativa satisfactoria, no la más óptima, sino la primera que funciona a la luz de las circunstancias. En otras palabras, una solución factible no es una búsqueda exhaustiva de la mejor solución posible.

Para lograr hilvanar, la Ingeniería de Sistemas con la TGS y con todas las teorías mencionadas, para de esa manera hacer explícita su aplicación práctica, y por qué dicha disciplina utiliza todas estas teorías para analizar su objeto de estudio, el citado autor (Johansen, O.), se refiere a la Ingeniería de Sistemas de la siguiente manera:

Se refiere a la planeación, diseño, evaluación y construcción científica de sistemas hombre-máquina. El interés teórico de este campo se encuentra en el hecho de que aquellas entidades cuyos componentes son heterogéneos (hombres, máquinas, edificios, dinero y otros objetos, flujos de materias primas, flujos de producción, etc.) pueden ser analizados como sistemas o se les puede aplicar el análisis de sistema.

De acuerdo con lo expresado, los sistemas atendidos por la Ingeniería de Sistemas, han crecido en complejidad dado al crecimiento de la población u organizaciones, lo que ha repercutido en un crecimiento de las interacciones, haciendo que el estudio e intervención de estos sistemas, no sea una tarea trivial. La sociedad ha cambiado, ha crecido, han aparecido nuevas formas de comunicación, de transporte, de educación, de política, de economía, de comercio, en fin, sistemas, que requieren un enfoque holístico para su estudio.

La transversalidad e interdisciplinariedad de la Ingeniería de Sistemas

El mundo actual requiere de profesionales con diversos tipos de habilidades que les permitan desempeñarse de la mejor forma posible en la sociedad actual y en este mundo interconectado y globalizado. Para esto se han presentado diversas teorías y corrientes de pensadores que plantean la necesidad de suministrar a los estudiantes universitarios la formación requerida para generar en ellos las aptitudes requeridas por las organizaciones. De esto se pueden mencionar muchas tendencias, sin embargo, las más populares en la actualidad corresponden a las habilidades blandas, competencias socio – emocionales, etc.

Según van der (Westhuizen, Zander 2010), existen dos características fundamentales que deben tener los profesionales para un adecuado desempeño laboral y para contribuir de manera trascendental en los procesos de transformación de las organizaciones; son estas la capacidad de una disciplina y por supuesto de los profesionales formados en esta, de ser transversales y la interdisciplinarios.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) define las habilidades transversales como aquellas típicamente consideradas como no específicamente relacionadas con un trabajo, tarea, disciplina académica o área de conocimiento en particular, sino como habilidades que pueden usarse en una amplia variedad de situaciones y entornos de trabajo (UNESCO-UNEVOC, 2013). Estas habilidades tienen una gran demanda para que los estudiantes se adapten con éxito a los cambios y lleven vidas significativas y productivas.

Según (Spelt, Biemans, & Tobi, 2009), la Interdisciplinariedad se define como la capacidad de integrar el conocimiento de dos o más disciplinas para producir un avance cognitivo en formas que hubieran sido imposibles o poco probables a través de medios disciplinarios únicos. Se consideró como una habilidad cognitiva compleja que constituía una serie de habilidades secundarias.

En la introducción a este capítulo se afirmó que la ingeniería de sistemas es una ocupación por su naturaleza transversal e interdisciplinar. Los profesionales de esta disciplina tienen la capacidad de asumir

responsabilidades fundamentales en organizaciones de diversos sectores económicos y sociales, convirtiéndose en talento humano indispensable para el buen desarrollo de las actividades misionales de estas estructuras. La interdisciplinariedad de los ingenieros de Sistemas les permite desempeñarse eficaz y eficientemente en diversas disciplinas académicas tradicionales y en los campos emergentes que requieren o involucran un componente de computación fundamental para su accionar.

De lo anterior es consecuente presentar la siguiente cuestión: ¿Por qué la Ingeniería de Sistemas se caracteriza por estar intrínsecamente tan relacionada con habilidades como la transversalidad e interdisciplinariedad? El estudio de los fundamentos teóricos y epistemológicos abordados en este documento suministraron la respuesta que se responde a través de tres aspectos fundamentales:

- El pensamiento algorítmico o computacional.
- La teoría general de Sistemas y las teorías adyacentes a la misma.
- La apropiación y uso de tecnología.

La mayoría de currículos de Ingeniería de Sistemas del país y a nivel internacional, fundamentan sus propósitos de formación en las propuestas educativas de la computing curricula de la IEEE¹⁹ y la ACM²⁰. Estas propuestas educativas plantean la existencia de cinco disciplinas de la computación: Ingeniería del Software, Sistemas de Información, Tecnologías de la Información, Ciencias de la computación e Ingeniería de la computación.

La ingeniería de software es la disciplina del desarrollo y mantenimiento de sistemas de software, de tal forma que estos sean confiables y eficientes, satisfaciendo todos los requisitos que los clientes han definido para ellos; los profesionales con perfil en sistemas de información se enfocan en integrar soluciones de tecnología de la información y procesos del negocio para satisfacer las necesidades de información de las empresas permitiéndoles alcanzar sus objetivos de una manera efectiva y eficiente; Los ingenieros con énfasis en Tecnologías de la Información, asumen la responsabilidad de seleccionar productos de hardware y software apropiados para una

19 Institute of Electrical and Electronics Engineers

20 Association for Computing Machinery

organización, integrando esos productos con las necesidades e infraestructura de esta, e instalando, personalizando y manteniendo esas aplicaciones para los usuarios de la organización; las ciencias de la computación abarcan una amplia gama de aplicaciones, desde sus fundamentos teóricos y algorítmicos hasta desarrollos de vanguardia en robótica, visión artificial, sistemas inteligentes, bioinformática, entre otras; La ingeniería de la computación se preocupa por el diseño y la construcción de computadoras y sistemas informáticos. Implica el estudio de hardware, software, comunicaciones y la interacción entre ellos (ACM - IEEE, 2005).

Al realizar un análisis sobre los currículos propuestos y fundamentados en cada una de las cinco disciplinas de la computación, es clara la tendencia en todos estos a hacer énfasis en dos aspectos notorios: el primero relacionado con la intención de generar un pensamiento netamente algorítmico o computacional en los profesionales; y segundo, la importancia suministrada a la formación en el uso de tecnología. Estos currículos articulan estas dos intenciones formativas con la inclusión de un conjunto de asignaturas a las que denominan “tópicos no computacionales”, y dentro del cual se pueden mencionar: Teoría organizacional, Teoría de la decisión, Comportamiento organizacional, Gestión de cambio organizacional, Teoría general de sistemas, Gestión de riesgos, Gestión de proyectos, Modelos de negocios, Áreas funcionales de los negocios, entre otras).

Al reflexionar sobre el papel de las asignaturas categorizadas como “tópicos no computacionales” en los currículos de computación, se puede afirmar que estas aparecen expuestas como complemento formativo, más no como cursos fundamentales dentro de los procesos formativos de cada una de estas ofertas educativas. Se puede notar que algunas de estas asignaturas poseen denominación semejante a cada una de las teorías expuestas en este capítulo, lo cual exterioriza la relevancia que tienen estos sustentos conceptuales y teóricos para la computación.

Es claro que la formación de los profesionales en computación actual (en coherencia con la computing curricula) deja de lado las teorías que son el sustento epistemológico real de esta disciplina, profundizando en el desarrollo del pensamiento algorítmico y generando competencias en la aplicación y uso de tecnologías como medio principal para la solución de los problemas a resolver dentro de su ejercicio ocupacional. Sin embargo, es importante indagar si estos dos aspectos son suficientes para el Ingeniero

de sistemas para brindar las soluciones más adecuadas a los problemas que cotidianamente enfrenta.

Si se examina al detalle el pensamiento algorítmico, se puede afirmar que este es de tipo reduccionista, lo que va totalmente en contra a los principios de la teoría general de Sistemas. El hecho de abordar los problemas reduciéndolos a un conjunto de variables de entrada, los procesos para manipular estos tipos de datos y producir datos de salida, realmente simplifica la magnitud de un problema y por lo tanto la solución del mismo. Según (Jirotko & Goguen, 1994), el pensamiento Algorítmico ignora el hecho de que cualquier expresión particular del “problema a resolver” es el resultado de una negociación continua entre las necesidades competitivas de una variedad de partes interesadas.

En cuanto al énfasis en el uso de tecnología como producto principal para la solución de problemas, se considera como uno de los objetivos principales de los currículos de computación, al formar profesionales enfocados principalmente, por no decir que únicamente, en el desarrollo de algoritmos, aplicaciones y soluciones tecnológicas en general como primera alternativa para la solución de problemas. Según (Morozov, 2013) actualmente es generalizada la creencia de que Silicon Valley nos ayudará a enfrentar algunos de los mayores desafíos del mundo (hambre, pobreza, destrucción de ecosistemas, cambio climático) al ofrecernos nuevas aplicaciones para nuestros teléfonos inteligentes. Esta idea es la que se encuentran impregnada a los currículos de computación.

Es importante aclarar que en ningún momento se pretende afirmar que el pensamiento algorítmico y el uso de tecnologías es nocivo en los procesos formativos de profesionales en computación, por el contrario, estos dos componentes son vitales y son fundamentales para la Ingeniería de sistemas. Lo que realmente se pretende manifestar es la necesidad de incluir los fundamentos epistemológicos de los Sistemas y de forma particular la Teoría General de Sistemas a estos dos énfasis de los currículos de las disciplinas de la computación. La inclusión de todo el conglomerado de conceptos asociados a la TGS, la cibernética, la teoría de juegos, la teoría de la información y de la comunicación, etc. de tal forma que sean enfocados como estrategias para la resolución de problemas de una manera completa y holística, permitirán mejores soluciones a las situaciones que deben resolver estos profesionales.

Es necesario sumar al pensamiento algorítmico y al uso de tecnología, la utilización del pensamiento sistémico en la solución de problemas de Sistemas. El pensamiento Sistémico debe ser más que un conjunto de conceptos abstractos muy alejados de la práctica cotidiana y debe orientarse conectando de manera sólida la praxis del diseño y la implementación de la tecnología.

En Colombia, la revisión de algunos currículos del Programa de Ingeniería de sistemas, permite observar la existencia de las mismas tendencias mencionadas de los programas de computación, lo cual permitiría a simple vista concluir que en el país estas disciplinas fundamentan su quehacer en el pensamiento algorítmico y en el uso de tecnología principalmente, sin embargo, al realizar una reflexión un poco más exhaustiva, se presente en el escenario la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI). Esta organización ha planteado un conjunto de lineamientos para los diversos programas de Ingeniería que se orientan en el país, entre los cuales se encuentra la Ingeniería de Sistemas.

ACOFI expone que:

El profesional de ingeniería de sistemas debe tener capacidades para diagnosticar, diseñar, construir, evaluar, auditar y mantener sistemas y procesos de información dentro de un marco administrativo, empresarial y humanista. Debe además tener autonomía para dirigir su desarrollo personal y una actitud de compromiso hacia la sociedad que lo circunda.

(ACOFI, 2005). En coherencia con esta definición, la propuesta curricular sugerida por esta organización incluye de forma precisa asignaturas relacionadas con Investigación de operaciones, Matemáticas discretas, Sistemas y organizaciones, Teoría general de Sistemas, Información y Comunicaciones, cursos directamente relacionados con los fundamentos teóricos y epistemológicos expuestos en este capítulo.

Estos fundamentos que son abordados con mayor o menor intensidad por los currículos de Ingeniería de Sistemas del país, generando competencias en este profesional que le permiten desempeñarse en casi todos los ámbitos de la sociedad. La teoría general de Sistemas, y el pensamiento sistémico, muy presente en la Ingeniería de software y de forma particular en la ingeniería de requerimientos, es vital para que el

Ingeniero de sistemas logre insertarse dentro de una necesidad particular y logre abordarla holísticamente para construir una solución completa, eficiente y ajustada a lo particularmente requerido.

Si bien es cierto que la computación ha sido considerada transversal y con la cualidad de ser interdisciplinaria: “la computación es una ciencia en la que la transversalidad con otras disciplinas es de suma importancia, se relaciona con todas las demás actividades de la sociedad” (Umaña Venegas, 2016), es claro que la Ingeniería de Sistemas, es realmente la profesión que guarda estas importantes cualidades y se convierte en factor fundamental para la solución de problemas en las organizaciones.

Conclusiones

La ingeniería de sistemas fundamenta su proceder y su actuar en la Teoría General de Sistemas y principalmente en el concepto de Sistemas. La TGS dispone de un conjunto de conceptos que son utilizados por los Ingenieros de Sistemas para construir soluciones integrales y totales.

La teoría de Sistemas como complemento del pensamiento algorítmico y del uso de tecnología, permite generar un profesional transversal con la capacidad de desempeñarse de manera asertiva en los diferentes sectores de la sociedad aportando conocimientos, estrategias, métodos y productos para la resolución de problemas o necesidades de estos ámbitos. Tanto la ingeniería de sistemas como el pensamiento sistémico exponen la necesidad de ver un sistema desde más de una perspectiva.

La Ingeniería de Sistemas toma los preceptos de los currículos de computación a nivel internacional, sin embargo, integra todos estos lineamientos educativos con las teorías y fundamentos que soportan el concepto de Sistemas para cimentar una disciplina completa dispuesta a diseñar soluciones que automaticen y optimicen las formas existentes de hacer las cosas.

Referencias

- ACM - IEEE. (30 de septiembre de 2005). Association for Computing Machinery. Obtenido de Curricula Recommendations: <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/cc2005-march06final.pdf>
- ACOFI. (2005). Tendencias en la Formación de Ingenieros de Sistemas en Colombia.
- Attainable Utopias. (14 de julio de 2018). Some Cybernetics (external link) & Systems Theory (external link). Obtenido de <http://attainable-utopias.org>
- Arnold Cathalifaud, M., & Osorio, F (1998). Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. Cinta de Moebio
- Badillo, I. (2011). Fundamentos epistemológicos y tendencias de la ciencia de sistemas contemporánea. Tomado de: <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/22750/Fundamentos%20epistemologicos%20y%20tendencias%20de%20la%20ciencia%20de%20sistemas%20contemporanea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Britannica. (14 de julio de 2018). Classical Information Theory. Obtenido de <https://www.britannica.com/science/information-theory/Classical-information-theory>
- Cyert, Richard, and James March. (1963). A Behavioral Theory of the Firm. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- INCOSE. IEEE. SERC. (2016). Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK).
- Jirotko, M., & Goguen, J. (1994). Resolving Requirements Conflicts with Computer-Supported Negotiation,” in Requirements Engineering: Social and Technical Issues. London: Academic Press.
- Johansen O. (1982). Introducción a la Teoría General de Sistemas
- Mintzberg, Henry. (2004). Managers not MBAs: A Hard Look at the Soft Practice of Managing and Management Development. San Francisco: Berrett-Koehler.
- Morozov, E. (2013). To Save Everything, Click Here: The Folly of Technological Solutionism. New York: PublicAffairs.
- NASA. (1995). Systems Engineering Handbook. NASA. SP-610S.
- Ortega y Gasset, J. El concepto de técnica en Ortega y Gasset.
- Pangaro, P. (18 de julio de 2018). “Getting Started” Guide to Cybernetics. Obtenido de <http://www.pangaro.com/definition-cybernetics.html>

- Ramo, S. (2005). *Conquering Complexity: lessons in defence systems acquisition*, The Defence Engineering Group. University College London.
- Schuster, A., & Yamaguchi, Y. (2010). Application of Game Theory to Neuronal Networks. *Advances in Artificial Intelligence*, 1-12.
- Shannon, C. E. (1948). *A Mathematical Theory of Communication*. Bell System Technical Journal.
- Shoham, Y. (2008). *Computer Science and Game Theory*. *communications of the acm*, 75-79.
- Simon, Herbert. 1947. *Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization*. New York, NY: The Free Press.
- Spelt, E., Biemans, H., & Tobi, H. (10 de noviembre de 2009). Teaching and Learning in Interdisciplinary Higher Education: A Systematic Review. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10648-009-9113-z>
- Umaña Venegas, J. (6 de junio de 2016). Tecnológico de Costa Rica. Obtenido de Transversalidad de la computación y formación integral: el consejo del pasado para los ingenieros del futuro: <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2016/06/06/transversalidad-computacion-formacion-integral-consejo-pasado-ingenieros-futuro>
- UNESCO-UNEVOC. (2013). *IBE Glossary of Curriculum Terminology*. Obtenido de <https://unevoc.unesco.org/go.php?q=TVETipedia+-Glossary+A-Z&id=577>
- Valencia Giraldo, A. (2004). La relación entre la ingeniería y la ciencia. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (31), 156-174.
- van der Westhuizen, Zander. (2010). Transversality and interdisciplinary discussion in postfoundational practical theology - reflecting on Julian Müller's interdisciplinary guidelines. *HTS Theological Studies*, 66(2), 1-5. Retrieved August 16, 2018, from http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0259-94222010000200012&lng=en&tlng=en
- Von Foerster, V. (1991). *Las semillas de la cibernética*. Madrid: Gedisa.
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Paris: MIT Press.

Capítulo 3

TENDENCIAS DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Amaury Leonardo Rodríguez Oviedo¹
Guillermo Carlos Hernández Hernández²

Resumen

A nivel mundial existen muchas tendencias relacionadas con la computación, las cuales, a su vez generan gran cantidad de aplicaciones en diversos aspectos de la vida cotidiana de las sociedades, brindando soluciones a problemas específicos que las aquejan. Las tendencias son definidas por variados estudios, generados por organizaciones dedicadas a la revisión de las tecnologías de vanguardia y que serán importantes en los próximos años. Por lo cual, el objetivo de la presente investigación consistió en realizar un análisis de los diversos estudios de tendencias en computación, seleccionando las tecnologías emergentes comunes entre todas estas disertaciones, al igual que las más representativas. Para, luego, proceder a realizar la conceptualización de cada una de estas y presentar algunos de los desarrollos significativos en estas áreas. Se utilizó como metodología la hermenéutica y procedimientos heurísticos, realizando actividades de exploración y recopilación bibliográfica, sobre las cuales se fundamentaron los conceptos, definiciones, aplicaciones y desarrollos presentados en este documento. Además, se realizó la exploración de bases de datos tipo Scopus, con el fin de cuantificar la producción científica en cada una de las tendencias seleccionadas, resaltando el país con mayor producción científica, las instituciones más aventajadas, los autores principales y la cantidad de publicaciones

1 Programa de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ciencias Básica, Ingeniería y Arquitectura, Corporación Universitaria del Caribe – CECAR. Colombia. Ingeniero de Sistemas, PhD (c) en Proyectos TIC Magíster en Educación, Especialista en Educación, docente universitario, Corporación Universitaria del Caribe CECAR. Correo: amaury.rodriguez@cecar.edu.co

2 Programa de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ciencias Básica, Ingeniería y Arquitectura, Corporación Universitaria del Caribe – CECAR. Colombia. Ingeniero de Sistemas, Phd (c) en Proyectos TIC Magíster en software Libre, Especialista en Educación, docente universitario, Corporación Universitaria del Caribe CECAR. Correo: guillermo.hernandez@cecar.edu.co

en Colombia, de acuerdo con cada tendencia. Finalmente, se discute la importancia de que los Currículos de Ingeniería de Sistemas del país adopten matices especializados, en función de las tecnologías emergentes, con el fin de lograr apropiar tendencias computacionales particulares, contextualizarlas y ponerlas al servicio de las organizaciones del entorno, de tal forma que se logre mejorar los indicadores de productividad y competitividad para el país.

Palabras clave: Ingeniería de Sistemas, tendencias, tecnologías emergentes, computación.

Abstract

At a global level there are many trends related to computing, which, in turn, generate a large number of applications in various aspects of everyday life in societies, providing solutions to specific problems that afflict them. The trends are defined by various studies, generated by organizations dedicated to the revision of cutting-edge technologies and that will be important in the coming years. Therefore, the objective of this research was to perform an analysis of the various studies of trends in computing, selecting emerging common technologies among all these dissertations, as well as the most representative. Then, proceed to conceptualize each of these and present some of the significant developments in these areas. Hermeneutics and heuristic procedures were used as methodology, carrying out activities of exploration and bibliographic compilation, on which the concepts, definitions, applications and developments presented in this document were based. In addition, Scopus-type databases were explored in order to quantify scientific production in each of the selected trends, highlighting the country with the highest scientific output, the most outstanding institutions, the main authors and the number of publications in Colombia, according to each trend. Finally, it is discussed the importance that the Systems Engineering Curricula of the country adopt specialized nuances, depending on the emerging technologies, in order to achieve appropriate computational trends, contextualize them and put them at the service of the organizations of the environment, such way to improve the indicators of productivity and competitiveness for the country.

Keywords: Systems Engineering, trends, emerging technologies, computing.

Introducción

Tal como lo precisa Herrera y Ramírez (2013), en el contexto globalizado con en el que se desenvuelve la sociedad contemporánea, la incursión y uso de las tecnologías de información y de comunicaciones (TIC), la creciente demanda de servicios informáticos, el surgimiento de nuevas tecnologías, la especialización de las necesidades del cliente, entre otros factores, requieren de un profesional formado y contextualizado holística e integralmente, que entienda la organización, no solo desde el contexto tecnológico, sino también desde lo legal, social, político, administrativo, económico y demás aspectos vinculantes a los que se enfrenta la sociedad.

Uno de los factores más importantes para afrontar la globalización, es la competitividad, por lo cual, Colombia se propuso para el año 2032, ser el tercer país más competitivo de América Latina, tal como lo expresa el Consejo Privado de Competitividad (2016), que en su evaluación para la vigencia 2016 - 2017 destaca los avances de Colombia en este campo, en relación con los indicadores de competitividad mundiales.

Es importante resaltar, que las Tecnologías de la Información y las comunicaciones, se han considerado un factor importante para apalancar la competitividad de los países, destacando en dicho informe, las acciones de mejora para fortalecer el comercio electrónico, el aprovechamiento del Big data, del aprendizaje autónomo, el desarrollo de las capacidades y el conocimiento tecnológico, el acceso a la información pública, considerando que las tecnologías de información (TI) reducen los tiempos de respuestas de los empresarios, optimizan los procesos productivos y la integración de las cadenas productivas, acercan los consumidores a las empresas, democratizan la información y empoderan a las sociedades.

El Programa de Ingeniería de Sistemas, tal como se sustenta en la mayoría de los proyectos educativos de programas analizados, ha estado orientado desde sus inicios por un currículo apoyado en las ciencias de la computación, que inicio en Colombia su implementación en universidades como la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Industrial de Santander y se extendió hacia todo el territorio, siendo predominante con su extensión la adopción de dicho currículo en mención, el cual ha venido siendo resignificado a la luz de las recomendaciones de la fuerza de trabajo

designada por la Asociación de Máquinas para la Computación –ACM (Association for Computing Machinery).

Según The Joint Task Force for Computing Curricula (2005), se estaban ofreciendo una cantidad variada de programas de computación en los Estados Unidos, por la amplitud de la disciplina, que cruza fronteras entre las matemáticas, las ciencias, la ingeniería y los negocios. Por lo anterior, en el año 2005, a partir de un estudio realizado, propone la organización de cinco disciplinas crecientes alrededor de la Computación, a saber: La Ingeniería Computacional, Las Ciencias de la Computación, Los Sistemas de Información, Las Tecnologías de Información y La Ingeniería de Software.

Cinco aspectos consideró The Joint Task Force for Computing Curricula (2005) relevantes para comprender las semejanzas y las diferencias entre las disciplinas mencionadas, en relación con los conocimientos y su utilización, enfatizando en la Arquitectura y el Hardware Computacional, la infraestructura de los sistemas, las tecnologías y las metodologías de software, las aplicaciones tecnológicas, los sistemas de información y los problemas organizacionales, en función de los principios y fundamentos teóricos de la computación y la aplicación y despliegue de sus productos.

La articulación del Programa de Ingeniería de Sistemas a cualquiera de las disciplinas mencionadas, debe tener como referencia el énfasis, las metas y capacidades de los graduados; no obstante, debe considerar que todas ellas tienen en común un conjunto de fundamentos matemáticos, físicos, de la ingeniería y los negocios esenciales; los conceptos y competencias de la programación de computadores; la comprensión de las posibilidades y limitaciones de la tecnología computacional; así como también los conceptos del ciclo de vida, sus fases y las implicaciones para el desarrollo de sistemas basados en la computación. En concordancia con lo anterior se debe tener en cuenta el estudio de temas avanzados que permitan a los estudiantes comprender las fronteras de la disciplina; las cuales le permiten a los profesionales de la Ingeniería de Sistemas adaptarse a los cambios y prepararse para atender el crecimiento y la continua evolución de las áreas de estudio, atendiendo a los cambios emergentes que impactan diferentes aspectos del desarrollo social.

Según Joint Task Force of Computer Engineer Curricula (2016), El campo de la Ingeniería Computacional se ha desarrollado, madurado y expandido en toda la industria, que incluye negocios, industria, gobierno, servicios, organizaciones y otras entidades que usan los computadores para automatizar o dirigir sus productos o servicios eficientemente; sin embargo deben mantenerse a la vanguardia de tecnologías emergentes, las cuales, aunque aparecen de manera incipiente, deben ser identificadas y analizar su impacto en la computación.

Finalmente, el objetivo de la presente investigación es realizar un análisis de los diversos estudios de tendencias en computación, seleccionado las tecnologías emergentes comunes entre todas estas disertaciones, así como las más representativas, y luego proceder a realizar la conceptualización de cada una de estas con el objeto de presentar algunos de los desarrollos significativos en estas áreas.

Metodología

La investigación realizada es de tipo Exploratorio – descriptivo, con un planteamiento hermenéutico como derrotero del proceso realizado.

El proceso de investigación inició con una exploración de los estudios existentes y actualizados en cuanto a las tendencias en computación. Para cada uno de estos estudios se examinó la rigurosidad del mismo y las organizaciones que lo generaron. Una vez escogidos los estudios se procedió a realizar el análisis de cada uno, seleccionando las tendencias y áreas emergentes comunes entre ellos.

Una vez seleccionadas las tendencias, se continuó con la búsqueda de la literatura que precisara los conceptos asociados a cada una de estas áreas emergentes. Las definiciones y sus respectivos autores fueron condensados y discutidos para ser compilados como resultados de la investigación.

Como tercera etapa del proceso investigativo, se realizó la indagación de la producción científica en cada una de las tendencias seleccionadas. Esta exploración, realizada en la base de datos bibliográfica Scopus, permitió obtener la información correspondiente a número de publicaciones realizadas por tendencia, países con mayor producción, instituciones líderes

por tendencia y autores principales en cada una de estas. Además, permitió recopilar información sobre aplicaciones y proyectos de investigación asociados a cada tendencia.

Finalmente se realizó la discusión en relación a cómo deben estructurarse los programas de Ingeniería de Sistemas, teniendo en cuenta la gran cantidad de tendencia y diversidad en las mismas.

Tendencias y tecnologías emergentes en Computación e Ingeniería de Sistemas

Para el desarrollo de esta investigación, se tuvieron en cuenta los estudios de tendencias emergentes realizados por diferentes organizaciones tales como: IEEE (IEEE Computer Society 2022 Report, 2014); Gartner Inc., y el informe denominado Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2018 (Gartner, 2017); CBinsights y su reporte 15 Trends Shaping Tech In 2018 (CBinsights, 2017); Forrester Research y su reporte Top 10 Technology Trends To Watch (Forrester, 2017); GP.Bullhound y su análisis GP.Bullhound technology predictions 2018 (GP.Bullhound, 2017); European Internet Forum y su informe denominado The Digital World in 2030 What place for Europe (Forum, 2014).

Las tendencias seleccionadas a partir de estos estudios, fueron verificadas en cuanto a la producción científica que se ha generado en cada una de estas. La verificación se realizó mediante una exploración de artículos científicos con indexación de tipo Scopus, a partir de la cual se obtuvo información relacionada con instituciones financiadoras de proyectos en cada tendencia, países donde la tendencia tiene mayor énfasis investigativo, principales autores referentes, etc.

Internet de las Cosas IoT – Internet Of Things

Según Karen Rose, Scott Eldridge, Lyman Chapin (2015), El Internet de las cosas corresponde a un tema emergente de importancia técnica, social y económica. El Internet de las Cosas se refiere a escenarios en los que la conectividad de red y la capacidad de computo se extienden a objetos, sensores y artículos de uso diario que habitualmente no se consideran

computadoras, permitiendo que estos dispositivos generen, intercambien y consuman datos con una mínima intervención humana.

La combinación de productos de consumo, bienes duraderos, automóviles, componentes industriales y de servicios públicos, sensores y otros objetos de uso cotidiano con conectividad a Internet y potentes capacidades de análisis de datos transformarán el modo en que convivimos; se generalizará un mundo hiperconectado, en el cual las comunicaciones no se dan de manera activa, sino que en la mayoría de los casos, la autonomía de las mismas, nos volverá receptores pasivos del intercambio de información entre objetos que nos rodean.

Según Karen Rose et al (2015), el avance en el crecimiento de este campo emergente estará limitado por cinco áreas claves: La seguridad, la privacidad, la interoperabilidad, la legalidad y el desarrollo económico. No obstante, existen unas fuerzas que la impulsan, tal como la conectividad ubicua, la adopción estandarizada de redes de comunicaciones, la capacidad de cómputo, la miniaturización, los avances en el análisis de datos y el surgimiento de la computación en la nube.

La aplicación de la Internet de las cosas, según Karen Rose et al (2015), podrá incluir entornos como el cuerpo humano, el hogar, los puntos de ventas, las oficinas, las fábricas, los vehículos, las ciudades, en fin, una diversidad de entornos de producción o de convivencia; mediados todos por comunicaciones dispositivo a dispositivo, dispositivo a la nube, dispositivo a pasarela; todos afectados por una variedad de modelos de intercambio de datos organizados bien sea a través de silos o centralizados.

Según el Comité Español de Automática (2008), en un plazo muy breve se pondrán a la venta Robots de servicio a precio asequible, con aplicaciones de asistencia personal a niños, ancianos y discapacitados, educación, entretenimiento, vigilancia, construcción, recolección de frutas y mucho más, impactando la sociedad y en la competitividad de nuestras empresas, necesitando de la creación de nuevas industrias y negocios.

El internet de las cosas (IoT) puede definirse como la interconexión de varios dispositivos que pueden notificar, monitorear, o proporcionar servicios de valor para los usuarios finales. El IoT puede referirse por ejemplo a dispositivos tales como termómetros inteligentes que permiten a los propietarios controlar la temperatura utilizando internet. Así mismo

mediante dispositivos portátiles médicos se puede alertar a los servicios de emergencia de cualquier anomalía en los signos vitales de una persona.

La información observada o generada de estas entidades (objetos IoT), tiene un gran potencial para proporcionar conocimientos útiles a través de diferentes dominios de servicio, tales como la gestión de edificios, sistemas de ahorro de energía, servicios de vigilancia, casas inteligentes (SmartHome), ciudades inteligentes (SmartCities), etc. (Gubbi J., 2013). IO fue propuesto por primera vez en 1999 por Kevin Ashton, que es el cofundador de Auto-ID Center en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) (Kevin, 2009).

La infraestructura tecnológica del IoT conlleva al desarrollo de diversas aplicaciones novedosas que mejoren la calidad de vida de la sociedad, las cuales se pueden organizar en campos de aplicación tales como: calidad de vida, cuidado de la salud, industria automotriz, seguridad, energía, entre otros.

Los desarrollos en IoT hacen presumir que las personas vivirán en ambientes inteligentes donde la cotidianidad contará con dispositivos de detección de comunicaciones y de acciones, que colaboran entre sí para apoyar las actividades humanas.

Los dispositivos de internet de las cosas tales como etiquetas RFID, sensores y actuadores incorporados en los hogares y oficinas operando con Internet, pueden hacer la vida de las personas más cómoda de muchas maneras: garajes y puertas de casa que se pueden abrir de forma automática sobre la base de comunicación RFID; aires acondicionados en habitaciones que se regulan automáticamente de acuerdo a nuestra presencia, o preferencias; muebles electrónicos (por ejemplo, TV, equipo de música) que reconozcan las preferencias de las personas para buscar de forma proactiva el contenido apropiado según sus gustos; cambios en la iluminación del ambiente de acuerdo con la hora del día; entre otras aplicaciones y usos. Un estudio sobre casas inteligentes (Smart Home) y aplicaciones se puede encontrar en (thingspeak, 2016), (Arduino, 2016). En este sentido, se han desarrollado investigaciones que han conllevado al desarrollo de aplicaciones que se enfocan en los hogares inteligentes, por ejemplo, los sistemas MavHome (Cook, Youngblood, & Heierman, 2003) y iDorm (Essex., 2016), los cuales aprenden y se adaptan a los comportamientos de

los habitantes de un lugar, basados en sensor de observación. Otro ejemplo corresponde al Gator Tech Smart House (Helal, y otros, 2005), el cual se caracteriza por ser un denominado espacio omnipresente programable “que expone las funcionalidades de sensores y actuadores como un API para que los desarrolladores logren construir aplicaciones para los usuarios.

Las tecnologías de la IoT también han logrado desarrollarse en el ámbito de los viajes. Actualmente información sobre los servicios de transporte (por ejemplo, costos, horarios) es codificada en las etiquetas NFC (Near Field Communication) que se encuentran adheridas a marcadores, carteles y paneles. Los usuarios pueden acceder a esta información con su teléfono inteligente (Broll, Rukzio, Paolucci, & Wagner, 2009).

Otra aplicación en este ámbito corresponde a los mapas turísticos los cuales al estar equipados con etiquetas NFC pueden ser navegados con teléfonos inteligentes con NFC y mostrar información turística, como hoteles, restaurantes, lugares de interés, eventos, para los usuarios (Reilly, Welsman-Dinelle, Bate, & Inkpen, 2005). Además, la existencias de menú contextuales interactivos pueden ayudar a los usuarios en la búsqueda de información más detallada utilizando etiquetas NFC (Hardy & Rukzio, 2008).

Otro ámbito de aplicación de las tecnologías IoT en la mejora de la calidad de vida de las personas, tiene que ver con las compras, las cuales pueden convertirse en actividades más cómodas para los usuarios, mediante la incorporación de etiquetas RFID y NFC. Los clientes son guiados en la tienda de acuerdo con una lista de compras preseleccionada (por ejemplo, a través de pantallas táctiles interactivas) (Tomić, Krčo, Vučković, Gluhak, & Navaratnam, 2009). Los clientes pueden comprar o alquilar artículos caminando hacia afuera de la tienda con ellos, o pueden devolver los artículos sin un recibo de compra. La etiqueta RFID y los teléfonos inteligentes de los clientes contienen toda la información necesaria para que se puedan llevar a cabo estas tareas (RSA, 2016). Cuando un cliente entra en la tienda, el sistema de RFID de la tienda lo reconoce y se dispararán acciones automáticas tales como sugerencias específicas, información sobre los productos que normalmente compra o descuentos (McBrearty, 2011). Tal sistema se ha realizado ya en cierta medida por una cooperación entre ThingMagic y el MIT MediaLab para crear una pantalla de información touch sensitive que detecta la presencia de un cliente y presenta productos

que probablemente son atractivos para este, permitiéndole ver más información y comprar productos tocando el menú de contexto interactivo en la pantalla.

El cuidado de la salud es una de las ramas que más interesa a los desarrollos de aplicaciones de IoT, estos pueden categorizarse principalmente en Monitoreo inteligente (Smart Monitoring) y asistencia inteligente (Smart assistance).

La combinación de la tecnología de sensores y las etiquetas RFID, tiene por fin realizar un seguimiento preciso de las funciones vitales de las personas que requieran de este tipo de supervisión. Aspectos tales como la presión arterial, la frecuencia cardíaca, las enzimas del hígado, el colesterol y los niveles de glucosa, pueden ser monitoreados en tiempo real, conllevando con esto gran comodidad para los pacientes. Este monitoreo de datos en tiempo real pretende determinar las condiciones del paciente durante el periodo de tiempo que se requiera, generando un conjunto de registros de salud, los cuales son proporcionados por los sensores y etiquetas RFID implantados, elementos con las capacidades para supervisar a distancia los signos vitales de los pacientes y generar situaciones de alerta para los médicos ante posibles casos de urgencias. Un prototipo de tal sistema de monitorización se presenta en (Baldus, Klabunde, & Müsch, 2004), que implica sensores dedicados para paciente con identificación (por ejemplo, número de identificación único) y sensores médicos tales como el electrocardiograma, la saturación de oxígeno en la sangre y la presión arterial no invasiva. Otro prototipo es la alfombra mágica desarrollado por investigadores de GE e Intel, que utiliza sensores para monitorear y detectar los movimientos erráticos de las personas en el hogar por lo tanto puede predecir y detectar las caídas.

La m-Health Alliance promueve el uso de dispositivos móviles, tales como teléfonos celulares, PDAs (Personal Digital Assistant), y otras tecnologías inalámbricas con el fin de obtener y transmitir los datos relacionados con la salud entre el personal médico. Una breve introducción de varios sistemas de vigilancia desplegadas y basados en Internet de las Cosas médicos se da en (Schreier, 2010).

Mediante la utilización de comunicación estable y de alta velocidad, los datos capturados mediante gran cantidad de sensores y en complemento

con la robótica, mejorarán significativamente actividades de telemedicina tales como la Tele-cirugía y la Tele-presencia. Diferentes exposiciones acerca de cómo las IoT ayudan a mejorar la telemedicina se pueden encontrar en (Zhang & Cheng, 2010) y (Simonov, Zich, & Mazzitelli, 2014).

La Tele-cirugía es una técnica que permite a un cirujano operar remotamente a un paciente a través de medios robóticos y visuales, estando a una distancia considerable de la mesa de operaciones. En (King, Low, Hufford, & Broderick, 2008), un sistema de tele cirugía se ha mejorado con sensores de acelerómetro, que permiten medir la aceleración en 3 ejes de un espacio de movimiento.

La Tele-presencia tiene que ver con proporcionar a los médicos la capacidad de desplazarse fácilmente en un hospital de forma remota como si estuviera físicamente en el hospital, a través de una especie de sustituto. Este desarrollo le permite visitar a los pacientes para proporcionar atención médica a distancia. El robot médico RP-VITA es un sustituto tal, que ha sido recientemente aprobado por la FDA de los EE.UU. para su uso en hospitales.

Otras aplicaciones de asistencia inteligentes, tienen que ver con una arquitectura común para proporcionar a las personas de edad avanzada asistencia en sus hogares (Dengler, Awad, & Dressler, 2007). El mecanismo propuesto en (Tentori & Favela, 2008) utiliza un ambiente con infraestructura inteligente (es decir, sensores, RFID, actuadores, redes inalámbricas y móviles) para reconocer automáticamente actividades hospitalarias (por ejemplo, la atención al paciente, evaluación de casos clínicos). Otra aplicación es el dispositivo de diadema llamado Muse desarrollado por Interaxon, que puede medir las ondas cerebrales humanas en tiempo real y enviar los datos recopilados a un teléfono inteligente o tablet, en los que se mostrarán los resultados de manera que los usuarios puedan visualizar el funcionamiento de su cerebro.

La industria del automóvil ha utilizado sistemas integrados para mejorar la experiencia de los clientes durante la conducción. Los avances de las tecnologías IoT, como sensores y actuadores, micro-controladores, y las comunicaciones inalámbricas pretenden mejorar toda esta experiencia de usuarios.

La instalación de sensores inalámbricos colocados a lo largo de carreteras y vías férreas, y en el interior de vehículos en movimiento intercambiarán datos a través de redes ad-hoc e Internet, para proporcionar en tiempo real información a los conductores y pasajeros para una mejor navegación y seguridad. Por otra parte, Apple está trabajando con General Motors, Honda, Toyota y otros fabricantes de automóviles para integrar su tecnología Eyes Free technology onboard. Esta tecnología permitirá a un conductor hablar con su carro para, enviar un SMS, introducir una dirección para navegación, así como el carro puede comunicarse con el conductor, por ejemplo, leer en voz alta un SMS recibido o un recordatorio.

Otra aplicación corresponde a la característica teleservice (Chang, Huang, & Liang, 2008) desarrollada por BMW, la cual permite a un carro monitorear automáticamente ciertas funciones que requieren mantenimiento, tales como el aceite y los frenos, y mantenerse en contacto con el concesionario para programar una cita cuando sea necesaria, de manera que el distribuidor deberá conocer el estado de salud total del carro antes de que el consumidor llega. En (Kumar, Gollakota, & Katabi, 2012), se da un prototipo de un sistema de vehículo completamente autónomo, que, además de la información sensorial proporcionada por sensores integrados, se basa en datos en tiempo real tomado de la nube para planificar trayectorias de clientes y evitar trancones.

La producción científica en el área de Internet de las cosas, confirma que en efecto es una tendencia de investigación. Al realizar el análisis Scopus en relación con esta tecnología, se puede observar que entre los años 2015 a 2018 se han publicado 28456 documentos entre Papers de conferencia, artículos, artículos impresos, capítulos de libro, entre otros.

El país con mayor producción científica en esta área es China con 7413 publicaciones, seguido de Estados Unidos con 5566 publicaciones. Colombia presenta producción científica en esta área con 127 publicaciones.

Las principales instituciones académicas donde se da mayor producción científica relacionada con el internet de las cosas son: Beijing University of Posts and Telecommunications (467 publicaciones), Chinese Academy of Sciences (458 publicaciones), Ministry of Education China (324 publicaciones), CNRS Centre National de la Recherche Scientifique (260 publicaciones).

Los autores que presentan mayor cantidad de publicaciones en relación con Internet de las Cosas son: Jara Antonio, Afiliado a la Haute Ecole Specialisee de Suisse Occidentale, Delemont, Switzerland (75 publicaciones) y Dustdar, Schahram afiliado a Technische Universitat Wien, Vienna, Austria (56 publicaciones).

Privacidad de la información

El desarrollo tecnológico ha generado un gran auge en el flujo de información y el acceso a esta se ha convertido en una de las principales necesidades del mundo moderno. Gran parte de lo que ahora se compra y se vende es información, como programas informáticos y encuestas sobre los hábitos de compra de los consumidores. La seguridad de la información se ha convertido en un fin en sí misma y no solo en un medio para garantizar la seguridad de las personas y la propiedad (Diffie & Landau, 1997). Los desarrollos de la tecnología de la información, junto con el creciente valor de la información para los responsables de la toma de decisiones (Mason, 1986), están causando una creciente ola de preocupación sobre las prácticas de gestión de la privacidad de la información personal. A medida que esas preocupaciones continúan creciendo, la capacidad de las empresas de utilizar información personal puede verse amenazada, y los responsables de la toma de decisiones deberán hacer concesiones entre la operación eficaz y eficiente de las empresas y la protección de la privacidad de la información personal (Smith, 1994).

Una tendencia de la computación que se ha enfocado en los mecanismos y estrategias para asegurar la información corresponde a la criptografía. Según Jongsung Kim, Hongjun Wu, Raphael Phan (2018), la criptografía es el estudio de las técnicas matemáticas relacionadas con aspectos de seguridad de la información tales como confidencialidad, integridad de datos, autenticación de entidad y autenticación de origen de datos. Se apoya en conceptos como la teoría de la probabilidad, la estadística en general, el álgebra, el logaritmo discreto, la lógica combinatoria, la teoría de la información, la teoría computacional y la teoría de la codificación; muchos de sus algoritmos se apoyan en las matemáticas discretas y combinatorias.

Según Jongsung Kim, Hongjun Wu, Raphael Phan (2018), las investigaciones en este campo se orientan hacia la criptografía apoyada en

la matemática discreta y combinatoria, en los fundamentos matemáticos y algorítmicos de la criptografía aplicada, en las técnicas y protocolos criptográficos avanzados, en la criptografía de clave pública, en la criptografía de clave simétrica, en los ataques de canal lateral y contramedidas, en la gestión de seguridad, en la ocultación de información, en la mejora de la privacidad, en la política de seguridad y en la seguridad multimedia.

En la criptografía se pueden encontrar constructos que no son actuales, incluso los principales autores en estas técnicas corresponden a personas que propusieron estas metodologías durante los años setentas y ochentas principalmente, sin embargo estas técnicas siguen siendo importantes y actualmente el aporte de la criptografía a la problemática de la privacidad de la información está enfocada en varias aristas emergentes tales como: la filtración de la información y contenidos privados en la tecnología móvil y el uso de servicios basados en la ubicación. Investigaciones realizadas durante los últimos cinco años han pretendido entre otras una comunicación anónima eficiente y segura para el servicio basado en la ubicación que utiliza un esquema de criptografía asimétrica sobre sistemas inalámbrico (Memon, Hussain, Akhtar, & Chen, 2015); el Internet de las cosas es otro ámbito donde la criptografía y la privacidad de la información son fundamentales debido a las características únicas de las limitaciones de recursos, la autoorganización y la comunicación de corto alcance en IoT, lo cual conlleva a que se recurra a la nube para el almacenamiento y el cómputo subcontratados para el procesamiento de tareas, lo que ha provocado una serie de nuevas amenazas desafiantes de seguridad y privacidad. Como solución a esta situación se propone un cifrado de texto que se almacena directamente en los servidores de almacenamiento de información de tal manera que se logre disminuir las posibilidades de acceso a la información privada de toda una arquitectura IoT donde se está generando información constantemente y que debe ser custodiada (Jun Zhou, 2017).

La producción científica en el área de Privacidad de la información y la criptografía, confirma que en efecto es una tendencia de investigación. Al realizar el análisis Scopus en relación con estas temáticas, se puede observar que entre los años 2015 a 2018 se han publicado 26230 documentos entre Papers de conferencia, artículos impresos, capítulos de libro, etc.

El país con mayor producción científica (todos los años incluidos) en esta área es China con 21825 publicaciones, seguido de Estados Unidos

con 17032 publicaciones. Colombia presenta producción científica en esta área con 150 publicaciones.

Las principales instituciones académicas donde se da mayor producción científica relacionada con la privacidad de la información y la criptografía son: Chinese Academy of Sciences (2150 publicaciones); Xidian University (1627 publicaciones); State Key Laboratory of Information Security (1268 publicaciones).

Los autores que presentan mayor cantidad de publicaciones en relación con la Privacidad de la información y la criptografía son: Chang, Chincheng Feng Chia University, Department of Information Engineering and Computer Science, Taichung, Taiwan (270 publicaciones); Susilo, Willy University of Wollongong, Wollongong, Australia (266 publicaciones).

Machine Learning

Según ISACA (2017), el aprendizaje de las máquinas es una técnica utilizada para desarrollar la inteligencia artificial que se alimenta de información obtenida de diferentes fuentes, la cual consiste en algoritmos “inteligentes” capaces de formar e identificar patrones en grandes grupos de datos e información de forma concreta y adaptable.

Machine learning se enfoca principalmente en la implementación de computadores que mejoran en las actividades para las cuales fueron configurados de forma automática a través de la experiencia. Es uno de los campos técnicos de mayor crecimiento en la actualidad, que se encuentra en la intersección de la informática, las estadísticas, y en el núcleo de la inteligencia artificial y la ciencia de datos. El progreso reciente en el aprendizaje automático ha sido impulsado tanto por el desarrollo de nuevos algoritmos de aprendizaje y teoría como por la explosión en curso en la disponibilidad de datos en línea y el cálculo de bajo costo.

El aprendizaje automático sigue siendo un campo joven con muchas oportunidades de investigación poco exploradas, mientras que la mayoría de los algoritmos de aprendizaje automático están destinados a aprender una función específica o modelo de datos de una sola fuente de datos, los humanos aprenden claramente muchas habilidades y tipos de conocimiento diferentes, desde años de experiencia de entrenamiento diverso, supervisados y no supervisados, de una manera simple. Esto ha llevado a

algunos investigadores a comenzar a explorar la cuestión de cómo construir computadoras con la capacidad de aprender constantemente o de por vida, de tal forma que estas operen sin parar durante años, aprendiendo miles de habilidades o funciones interrelacionadas dentro de una arquitectura general que permite que el sistema mejore (Jordan & Mitchell, 2015).

Según Ángel Freddy Godoy Viera (2015), citando a Tom M. Mitchell, afirma que el aprendizaje de máquina es un área que estudia cómo construir programas de computadoras que mejoren su desempeño en alguna tarea gracias a la experiencia; y se basa en las ideas de diversas disciplinas, como inteligencia artificial, estadística y probabilidad, teoría de la información, psicología y neurobiología, teoría de control y complejidad computacional. El mismo autor afirma que, para utilizar el abordaje de aprendizaje, se deben considerar una serie de decisiones que incluyen la selección del tipo de entrenamiento, la función objetiva a ser aprendida, su representación y el algoritmo para aprender esa función a partir de ejemplos de entrenamiento.

Según el Centro de Inteligencia Artificial, los sistemas inteligentes se pueden ver desde cuatro criterios sustanciales: Humanidad, Racionalidad, Comportamiento y Razonamiento. Desde el cruce de dichos criterios, se pueden configurar sistemas que piensan como humanos, sistemas que piensan racionalmente, sistemas que actúan y sistemas que actúan racionalmente.

Uno de los campos en los cuales el Machine Learning está impactando positivamente, tiene que ver con el mundo de los negocios y de forma particular el Marketing. La escala de oportunidad y el volumen de datos que nuevas plataformas de marketing están cambiando el rol del vendedor y las habilidades que requieren los departamentos de marketing. Con el uso de la inteligencia artificial (IA) en marketing se están creando programas de computadora para resolver problemas que van más allá de los desafíos a escala humana ayudando a los directores de marketing a lograr sus objetivos de manera más efectiva. La Inteligencia artificial tiene el potencial de decidir qué canales serán los más apropiados para llegar al cliente fuera del alcance del jefe de marketing y su departamento, calculando esas decisiones para ellos en tiempo real y permitiendo a los especialistas en marketing enfocarse en diferentes preguntas (Drum, 2015).

El procesamiento de lenguaje natural (NLP - Neuro-Linguistic Programming), es otra área correspondiente al Machine Learning y corresponde a una gama de técnicas computacionales motivadas por la teoría para el análisis y la representación automáticos del lenguaje humano. La investigación de NLP ha evolucionado desde la era de las tarjetas perforadas y el procesamiento por lotes, en el que el análisis de una oración podría tomar hasta 7 minutos, hasta la era de Google y similares, en la que millones de páginas web pueden procesarse en menos de un segundo (E. & B, 2014). NLP permite a las computadoras realizar una amplia gama de tareas relacionadas con el lenguaje natural en todos los niveles, desde el análisis sintáctico y el etiquetado de voz hasta los sistemas de traducción automática y de diálogo.

Entre las principales aplicaciones relacionadas con el procesamiento de lenguaje natural se encuentran: La máquina traductora, con la capacidad de las computadoras para traducir entre idiomas humanos, lo cual sigue siendo una prueba consumada de inteligencia artificial. La traducción correcta requiere no solo la capacidad de analizar y generar oraciones en idiomas humanos sino también una comprensión humana del conocimiento y contexto mundial, a pesar de las ambigüedades de los idiomas (Jones, Andreas, Bauer, & Hermann, 2012).

Los sistemas de diálogo por voz y agentes conversacionales, corresponden a otra aplicación del procesamiento de lenguaje natural. El diálogo ha sido un tema popular en la investigación de NLP desde la década de 1980. Sin embargo, el trabajo inicial sobre el diálogo basado en texto se ha ampliado para incluir el diálogo hablado en dispositivos móviles (por ejemplo, Siri de Apple, Julie de Amtrak, Google Now y Cortana de Microsoft) para el acceso a la información y aplicaciones basadas en tareas. La creación de SDS (Spoken dialogue Systems), ya sea entre humanos o entre humanos y agentes artificiales, requiere herramientas para reconocimiento automático de voz (ASR - Automatic Speech Recognition), para identificar lo que un humano dice; gestión del diálogo (DM - Dialog Manager), para determinar qué quiere ese ser humano; acciones para obtener la información o realizar la actividad solicitada; y la síntesis de texto a voz (TTS - Text to Speech), para transmitir esa información al ser humano en forma hablada. Además, las SDS deben estar listas para interactuar con los usuarios cuando ocurre un error en el reconocimiento de voz; decidir qué palabras pueden ser

incorrectamente reconocidas; y para determinar lo que el usuario realmente dijo, ya sea automáticamente o mediante un diálogo con el usuario (Core, Lane, & Traum, 2014).

Las máquinas de lecturas, corresponde a otra área emergente del Machine Learning. Con el surgimiento del mundo moderno en línea, lo que se tiene principalmente son enormes repositorios de información en línea codificada en idiomas humanos. A tal escala, los científicos no pueden mantenerse al día con la literatura, incluso en sus estrechos dominios de experiencia. Por lo tanto, existe una mayor necesidad de lectura mecánica con el fin de comprender y resumir la literatura, así como extraer hechos e hipótesis de este material.

La minería de las redes sociales, corresponde a otra área del Machine Learning, en la cual los datos disponibles de fuentes como Twitter, Facebook, YouTube, blogs y foros de discusión permiten examinar las relaciones entre la información demográfica, el uso del lenguaje y la interacción social (Russel, 2013). Los investigadores usan técnicas de raspado de la web, a menudo a través de interfaces de programas de aplicaciones proporcionadas por sitios web, para descargar cantidades y categorías de datos previamente inimaginables. Utilizando técnicas estadísticas y Machine Learning, aprenden a identificar información demográfica (como edad y género) del idioma, rastrear temas de tendencias y sentimientos populares, identificar opiniones y creencias sobre productos y políticos, predecir la diseminación de enfermedades (por ejemplo, con Google Flu Trends: www.google.org/flutrends/) a partir de los síntomas mencionados en los tweets o las enfermedades relacionadas con los alimentos (Elhadad, y otros, 2014), reconozca el engaño en las revisiones falsas (Ott, Cardie, & Hancock, 2012) e identifique las redes sociales de las personas que interactúan juntas en línea.

La producción científica en el área de Machine Learning, confirma que en efecto es una tendencia de investigación. Al realizar el análisis Scopus en relación con estas temáticas, se puede observar que entre los años 2015 a 2018 se han publicado 63144 documentos entre Papers de conferencia, artículos, artículos impresos, capítulos de libro, etc.

El país con mayor producción científica (todos los años incluidos) en esta área es Estados Unidos con 36691 publicaciones, seguido de China con

25759 publicaciones. Colombia presenta producción científica en esta área con 370 publicaciones.

Las principales instituciones académicas donde se da mayor producción científica relacionada con Machine Learning son: Chinese Academy of Sciences (2172 publicaciones); Carnegie Mellon University (1370 publicaciones); Tsinghua University (1223 publicaciones).

Los autores que presentan mayor cantidad de publicaciones en relación con Machine Learning son: Müller, Klaus Robert afiliado a Technische Universität Berlin, Machine Learning Group, Berlin, Germany (123 publicaciones); Shen, Dinggang afiliado a The University of North Carolina at Chapel Hill, Department of Radiology and BRIC, Chapel Hill, United States (116 publicaciones).

Visión Computacional

La visión computacional es el estudio del reconocimiento y localización de los objetos en el ambiente mediante el procesamiento de las imágenes, con el fin de entenderlos y construir máquinas con capacidades similares (Sucar & Giovani, 2006).

La visión artificial desempeña un papel vital en la automatización de fábricas y ha ampliado su alcance a los campos de seguridad, entretenimiento, agricultura y salud. Si bien la visión artificial alguna vez se consideró simplemente un reemplazo de la visión humana, hoy en día se reconoce como un impulsor de la calidad y la productividad con la capacidad de capturar información multidimensional e invisible hasta la micra.

Según (News, 2017) existen algunas tendencias principales de visión artificial que deberían tener los profesionales interesados en investigar o realizar desarrollos en visión artificial: El Internet industrial de las cosas (IIoT), el cual vincula la tecnología de producción con la tecnología de la información, por lo que implica una amplia captura de datos y análisis para optimizar continuamente el funcionamiento de las fábricas y empresas. La visión artificial es una de las tecnologías básicas más importantes para suministrar información al IIoT. La rápida adaptación de la fabricación de IIoT ha llevado a un renacimiento en la robótica y la necesidad renovada de la visión artificial.

Una segunda tendencia en visión artificial corresponde a CoaXPress (CXP), el cual corresponde a un estándar de comunicación serial asimétrico de alta velocidad que transmite y recibe datos a través de cables coaxiales entre cámaras y computadoras a través de un capturador de fotogramas. Una nueva generación de cámaras de enlace único CXP de menor precio que presentan huellas más pequeñas, requisitos de energía más bajos y producen menos calor reduciendo la barrera para que los integradores diseñen sistemas basados en la interfaz CXP.

En cuanto a los sectores no industriales, el interés se da en relación a obtener costos más bajos y mejoras continuas en componentes de visión, como cámaras tridimensionales a color y técnicas de aprendizaje automático, ampliarán aún más el sector de visión artificial en aplicaciones de nicho no industriales, como sistemas de automóviles “sin conductor”, videovigilancia IP, sistemas de tráfico inteligentes, logística, agricultura y cirugía guiada.

Otra tendencia importante donde la visión artificial genera impacto, tiene que ver con la regulación de productos farmacéuticos. El aumento de la regulación en todo el mundo está obligando a la industria farmacéutica a instalar sistemas de visión artificial para garantizar la calidad, la trazabilidad y la seguridad en cada paso de la fabricación, desde la síntesis de medicamentos hasta el envasado final. Por ejemplo, las regulaciones de la FDA ahora requieren que un producto determinado sea trazable por número de serie a una instalación de fabricación específica, número de lote y fecha, proporcionando responsabilidad y, en última instancia, aumentando la confianza del consumidor. La Unión Europea en 2010 exigió que se imprimiera el nombre de los medicamentos en Braille para pacientes ciegos y deficientes visuales.

La producción científica en el área de Visión computacional, confirma que en efecto es una tendencia de investigación. Al realizar el análisis Scopus en relación con estas temáticas, se puede observar que entre los años 2015 a 2018 se han publicado 35809 documentos entre Papers de conferencia, artículos, artículos impresos, capítulos de libro, etc.

El país con mayor producción científica (todos los años incluidos) en esta área es Estados Unidos con 38595 publicaciones, seguido de China con

22583 publicaciones. Colombia presenta producción científica en esta área con 416 publicaciones.

Las principales instituciones académicas donde se da mayor producción científica relacionada con visión computacional son: Chinese Academy of Sciences (2365 publicaciones); Carnegie Mellon University (1617 publicaciones); CNRS Centre National de la Recherche Scientifique (1191 publicaciones).

Los autores que presentan mayor cantidad de publicaciones en relación con visión computacional: Van Gool, Luc J. afiliado a ETH Zurich, Computer Vision Laboratory, Zurich ZH, Switzerland (253 publicaciones); Andrew P. Zisserman, Andrew University of Oxford, Department of Engineering Science, Oxford, United Kingdom (192 publicaciones).

Robótica

El comité afirma que La robótica tiene como intención final complementar o sustituir las funciones de los humanos en tareas tediosas o peligrosas, alcanzando en algunos sectores aplicaciones masivas, beneficiando la empresa y la sociedad desde la perspectiva del aumento de la productividad, la flexibilidad, la calidad y la seguridad.

Según el Comité Español de Automática (2008), La creación de robots en países como España ha mantenido un incremento del orden de los 40.000 robots al año, siendo utilizando en la industria del automóvil, en las pequeñas y medianas empresas, en la industria manufacturera, en la de alimentación, en el sector agrícola, en la construcción, en la atención de servicios al ciudadano, para usos domésticos, de educación y entretenimiento, entre otras.

Antonio Barrientos (2018), tomando como referencia una definición adoptada por el IPA (Fraunhofer Institute for Produktionstechnik und Automatisierung) establece que un robot es un dispositivo móvil programable, que desarrolla servicios de manera total o parcialmente automática; entendiéndose por servicios a aquellas tareas que no sirven directamente a la industria de fabricación de bienes, sino a la realización de servicios a las personas o a los equipos.

Antonio Barrientos (2018), precisa que, en el futuro, la mejora en las interfaces de comunicación entre el robot y el usuario, la mejora en la

capacidad de captación de información sensorial y en su procesamiento y las nuevas posibilidades que pueda aportar la Inteligencia Artificial, resultarán en una extensión del concepto de robot, así como en un uso más amplio de los mismos en actividades muy diversas. Riobó Iglesias, J., Aznar Relancio, S., Gracia Bandrés, M.A., Romero San Martín, D. – (2015).

En cuanto a las tendencias en robótica se pueden mencionar algunas áreas y tecnologías prometedoras (Spectrum, 2012). La primera de ellas corresponde a los co-robots: robots como co-trabajadores y co-habitantes, los cuales representan un paso definitivo hacia la migración de robots de fábricas y laboratorios académicos a la vida cotidiana de las personas del común. Los co-robots generalmente caen en algún lugar en un espectro entre la tele operación directa y la autonomía total. Desafortunadamente, la tele operación puede ser engorrosa, y la autonomía total es a menudo ilusoria. En algún lugar en el medio se encuentra una compensación convincente, en la que los humanos y los co-robots colaboran para realizar tareas prácticas, como entregar medicamentos a una persona.

La robótica en la nube, corresponde a otra tendencia importante en esta área. Estos desarrollos pretenden que los robots que dependen de la infraestructura de computación en la nube accedan a grandes cantidades de poder de procesamiento y datos. Este enfoque, que algunos denominan “robótica en la nube”, permitiría a los robots descargar tareas de uso intensivo de la informática, como procesamiento de imágenes y reconocimiento de voz, e incluso descargar nuevas habilidades al instante.

La actuación “compliant”, es una tendencia de la robótica enfocada principalmente en los robots que interactúan con los humanos, y donde la seguridad es una preocupación clave. Construir robots con un toque suave es la clave de un futuro donde los humanos y los robots puedan compartir espacios y colaborar de cerca. Por esta razón se espera ver numerosas mejoras en las tecnologías de actuación y detección táctil.

Los vehículos autónomos han proliferado en los últimos años, con proyectos en los Estados Unidos, Alemania, Francia, Italia, el Reino Unido y China. El año pasado, Nevada se convirtió en el primer estado de los Estados Unidos en permitir autos autónomos para ser conducido legalmente en la vía pública (aunque algunos especulan que Europa podría ser más amigable con este tipo de vehículo que los Estados Unidos.) De cualquier

manera, las características de conducción autónoma ya están apareciendo en los automóviles de producción masiva regulares.

Robots de telepresencia, correspondiente a máquinas móviles que actúan como sustituto de una persona en una ubicación remota- se hicieron prominentes en 2010, cuando la empresa de Silicon Valley, la empresa Anybots presentó una de las primeras ofertas comerciales, un robot de apariencia alienígena.

Las áreas como las prótesis robóticas y las interfaces cerebro-máquina parecen estar generando un gran impulso. En particular, los exoesqueletos. La empresa Ekso Bionics (anteriormente Berkeley Bionics) ha realizado ventas de su traje robótico primero a clínicas de rehabilitación en los Estados Unidos y Europa, con la esperanza de tener un modelo listo para la terapia física en el hogar a mediados de 2012 (ver foto de un “piloto de prueba” a continuación). Al mismo tiempo, un proyecto patrocinado por DARPA por la Universidad Johns Hopkins y la Universidad de Pittsburgh ha estado probando un implante cerebral que permite a los pacientes controlar un brazo robótico avanzado solo con sus pensamientos. Muchos otros grupos también están trabajando en tecnologías que prometen difuminar la línea entre humanos y máquinas.

Robótica médica, Es innegable el impacto de la robótica en la medicina, la tendencia emergente en cirugía de precisión, centrándose en neoplasias tempranas con intervención mínimamente invasiva y mayor consideración de la recuperación del paciente y la calidad de vida (Bergeles & Yang, 2014). Estos esfuerzos continuarán mejorando la atención médica en términos de resultados y costos. Otros esfuerzos de investigación y comerciales se centran en lo que muchos ven como un futuro inevitable en el que los dispositivos robóticos inteligentes ayudan a los trabajadores de la salud de varias maneras (Vitiello & Lee, 2013). Un segundo gran reto es la creación de robots completamente implantables que reemplazan, restauran o mejoran los procesos fisiológicos.

En cuanto a la producción científica en esta área, al realizar el análisis Scopus, se puede observar que la cantidad de investigaciones realizadas confirman que es una tendencia científica. Se puede observar que entre los años 2015 a 2018 se han publicado 56027 documentos entre Papers de conferencia, artículos, artículos impresos, capítulos de libro, etc.

El país con mayor producción científica (todos los años incluidos) en esta área es Estados Unidos con 58770 publicaciones, seguido de China con 20855 publicaciones. Colombia presenta producción científica en esta área con 560 publicaciones.

Las principales instituciones académicas donde se da mayor producción científica en Robótica son: Carnegie Mellon University (2513 publicaciones); Massachusetts Institute of Technology (2151 publicaciones); Chinese Academy of Sciences (2060 publicaciones).

Los autores que presentan mayor cantidad de publicaciones en relación con la robótica son: Añón, J. C R - Al-Quds University, Bethlehem, Palestine (825 publicaciones); Fukuda, Toshio - Beijing Institute of Technology, School of Mechatronical Engineering, Beijing, China (596 publicaciones).

Análisis de Datos

Otra tendencia importante, según lo señala Karthik Kambatla, Giorgos Kollias, Vipin Kumar, Ananth Grama (2014) es el análisis de datos, ya que los repositorios de datos actualmente exceden las capacidades de almacenamiento y su incremento en tamaño aumenta rápidamente. El análisis de datos se apoya en la ciencia de los datos y la analítica de datos digitales.

De acuerdo con Alex Liu (2015), la ciencia de los datos es un campo interdisciplinario entre procesos y sistemas para extraer conocimiento o ideas, a partir de grandes volúmenes de datos en diversas formas, bien sea estructurados o no estructurados. Es un nuevo paradigma de investigación, a través del cual los investigadores deben obtener asistentes inteligentes para tratar con enormes cantidades de datos, modelos de selección, algoritmos de decisión o estimación y complicados resultados de evaluación y explicación.

Así mismos, David López García (2013), define la minería de datos citando a Fayad y otros (1996), como un proceso no trivial de identificación válida novedosa, potencialmente útil y entendible de patrones comprensibles que se encuentran ocultos en los datos. Así mismo, el autor destaca como características, que la exploración de datos se realiza sobre

datos que llevan mucho tiempo almacenados, utilizando herramientas que combinan fácilmente la extracción y el procesamiento.

Mientras que la Minería de Datos se preocupa más por el proceso de extracción de los datos, surge una tendencia por el almacenamiento de los mismos, apareciendo conceptos como DataWareHouse y Big Data. Según David López García (2013), citando a Manyika, J y otros (2011), Big Data hace referencia a “el conjunto de datos cuyo tamaño va más allá de la capacidad de captura, almacenado, gestión y análisis de las herramientas de base de datos convencionales”. De igual manera, citando a Gartner (2012), “Son activos de información caracterizados por su alto volumen, velocidad y variedad, que demandan soluciones innovadoras y eficientes de procesado para la mejora del conocimiento y toma de decisiones en las organizaciones.”

Sin embargo, para definir las características asociadas a Big Data, David López García (2013) cita un estudio realizado por *IBM Institute for Business Value junto con la colaboración de Saïd Business School (2012)*, el cual encontró que Big Data hace referencia a un mayor ámbito de información, a nuevos tipos de datos y análisis, a información en tiempo real, a datos relacionados con nuevas tecnologías, formas no convencionales de soporte, grandes volúmenes de datos y una asociación a datos de las redes sociales.

Citando a Eureka-startups (2013) por Vauzza, traerá beneficios en la gestión del cambio de las organizaciones, en relación con la búsqueda de nuevas oportunidades de negocio, el análisis y modelado predictivo de los datos históricos, el consumo de los servicios y productos por parte de los clientes; además en el análisis de los datos de navegación web y consumo en línea, la anticipación de problemas, la mejora de procesos y el soporte a la toma de decisiones a través de algoritmo especializados.

En cuanto a aplicaciones tendencias del análisis de datos y particularmente Big Data, se puede describir el impacto de esta en diferentes áreas de la sociedad del conocimiento, como por ejemplo en la Salud y bienestar humano. Este sector presenta algunos de los conjuntos de datos más grandes y de más rápido crecimiento en las sociedades actuales. Si bien es difícil estimar el tamaño actual y las tasas de crecimiento, según algunas estimaciones, el tamaño global de los datos clínicos se sitúa en aproximadamente 150 Exabytes en 2011, aumentando a una tasa entre 1.2

y 2.4 Exabytes por año³. Los datos clínicos corresponden principalmente a la Registros electrónicos de Medicina (EMR - Electronic Medical Record) y datos de imágenes. Esta información permanece en un aumento rápido, tanto en términos de tamaño de los registros como de cobertura en la población. Los EMR contendrán datos genómicos personales, datos de otras pantallas de alto rendimiento, vinculados a perfiles personalizados de respuesta a medicamentos.

Además de los datos clínicos, los datos de salud también incluyen datos farmacéuticos (moléculas y estructuras de fármacos, dianas farmacológicas, otros datos biomoleculares, datos de detección de alto rendimiento (microarrays, espectrómetros de masas, secuenciadores) y ensayos clínicos), datos sobre prácticas personales y preferencias (incluidos los hábitos alimenticios, los patrones de ejercicio, factores ambientales) y registros financieros / de actividad. La integración efectiva de todos estos datos contiene la clave para mejoras significativas en las intervenciones, la entrega y el bienestar.

Otra área de aplicación del Análisis de Datos corresponde al relacionado con la Naturaleza y los procesos naturales en general. Una de las grandes preocupaciones de las sociedades se relaciona con los cambios del hábitat y su impacto a largo plazo en el medio ambiente. Se está recolectando una gran cantidad de datos relacionados con huellas ambientales y su impacto observable. Normalmente, estos datos se recopilan a partir de imágenes satelitales, radares meteorológicos y dispositivos de monitoreo y detección terrestre. Estos conjuntos de datos suelen residir en centros de datos más grandes, que ofrecen un acceso de alto rendimiento. Otros problemas relacionados incluyen la gestión de los recursos naturales, incluida la gestión de los recursos hídricos y de la tierra, el desarrollo sostenible y la evaluación del impacto ambiental. Los datos para estos análisis provienen de diversas fuentes, incluidos los sensores que monitorean el estado del medio ambiente, la actividad humana (fabricación, producción económica) y los factores externos. Si bien dichos análisis se encuentran en relativa infancia, es probable que dichos modelos sean críticos en la sostenibilidad.

En otro ámbito, tal vez, la aplicación más visible de los análisis de big data ha sido en las empresas comerciales. Un marco de análisis integral

3 <http://blogs.sas.com/content/hls/2011/10/21/how-big-is-big-data-inhealthcare/>.

requeriría la integración de la gestión de la cadena de suministro, gestión de clientes, soporte posventa, publicidad, etc. Con una implementación completa de RFID para rastrear inventarios, enlaces a bases de datos de proveedores, integración con preferencias y perfiles de clientes (a través de programas de fidelización de tiendas) y sistemas financieros totalmente integrados, el potencial para mejorar las eficiencias es tremendo. Los conjuntos de datos en tales aplicaciones están relativamente bien estructurados e integrados. Como estos análisis suelen operar en sistemas cerrados (es decir, gran parte de los datos, la infraestructura y los análisis se realizan dentro del mismo dominio de seguridad), los problemas de privacidad y seguridad en los análisis son más fáciles de manejar. La calidad de los datos no es una preocupación importante y los recursos son relativamente fáciles de conseguir en los centros de datos de última generación. El principal cuello de botella en este dominio es el desarrollo de nuevos métodos analíticos que escalan a grandes cantidades de datos multimodales.

En referencia a la producción científica en el área de Data Analytics, se puede observar que entre los años 2015 a 2018 se han publicado 16061 documentos entre Papers de conferencia, artículos, artículos impresos, capítulos de libro, etc.

El país con mayor producción científica (todos los años incluidos) en esta área es Estados Unidos con 8821 publicaciones, seguido de India con 1877 publicaciones. Colombia presenta producción científica en esta área con 38 publicaciones.

Las principales instituciones académicas donde se da mayor producción científica relacionada con Data Analytics son: IBM Thomas J. Watson Research Center (359 publicaciones); IBM Research (245 publicaciones); Georgia Institute of Technology (245 publicaciones).

Los autores que presentan mayor cantidad de publicaciones en relación con Data Analytics: Gennady Andrienko, Gennady Fraunhofer Institute for Intelligent Analysis and Information Systems IAIS, Sankt (74 publicaciones); Andrienko, Natalia Fraunhofer Institute for Intelligent Analysis and Information Systems IAIS, Sankt (66 publicaciones).

Cloud Computing

Tal como lo expresa Eric Fric, (2017), la computación en la nube es una forma rápida de entregar servicios computacionales sobre una red. Estos servicios, se puede ofrecer de manera privada, sobre una infraestructura de red segura o de manera pública, utilizando el acceso a Internet. Los servicios de servidores en la nube son provistos por centros de datos compartidos por muchos usuarios que ofrecen un servicio que disminuiría los costos, en la implementación de un centro de datos propios para cada organización.

Según Blesson Varghese, Rajkumar Buyya (2018), los servicios en la nube han venido cambiando, lo cual ha dado paso a una variedad de arquitecturas informáticas nuevas, que impactaran significativamente diferentes áreas. Los autores explican que los cambios en la infraestructura pueden obedecer a la prestación de servicios en una nube híbrida o federada; o una nube más pequeña o privada; o nubes especializadas para atender servicios específicos, como una nube para dispositivos móviles o para conexión social; o incluso una nube heterogénea.

De igual manera, resaltan el impacto de estos cambios en la conectividad de las personas y de la sociedad en general, a partir de su aprovechamiento a través del internet de las cosas; el crecimiento de grandes espacios de almacenamiento y procesamiento de datos; incluyendo también el auto aprendizaje de sistemas, tales como el aprendizaje de las máquinas y la inteligencia artificial.

El incremento de la demanda de la Computación en la Nube traerá como consecuencia según los autores, el emerger de nuevas arquitecturas de la computación, tal como la computación voluntaria, la computación móvil, la computación sin servidor y la computación definida por software. Así mismo, se ampliarán horizontes en la seguridad, la codificación de programas, el comercio electrónico, la administración y monitorización empresarial, la confiabilidad y la sostenibilidad.

Como algunas tendencias propias de la computación en la nube para los próximos años se pueden mencionar: el Crecimiento exponencial en soluciones de servicios en la nube, tales como las soluciones del tipo Software as a Service (SaaS - Software as a Service), la cual abrió una puerta flexible y financieramente atractiva para que las empresas y los consumidores prueben los primeros servicios en la nube. El crecimiento de la infraestructura y la

plataforma como servicio (IaaS y PaaS, respectivamente) ha ampliado el número de soluciones en la nube disponibles en los sectores público y privado (CISCO, 2018).

Otra tendencia importante de la computación en la nube tiene que ver con mayor capacidad de almacenamiento. A medida que los servicios en la nube se convierten cada vez más en parte de las actividades comerciales de las organizaciones, se espera que el almacenamiento de datos crezca exponencialmente en el próximo año. Para lograr esto, los proveedores de servicios traerán más centros de datos en línea con equipos de almacenamiento de mayor capacidad. La encuesta de Cisco (CISCO, 2018) estima que en 2017, la cantidad total de datos almacenados en los centros de datos sería de 370 EB, mientras que la capacidad de almacenamiento mundial llegaría a 600 EB.

El Internet de todo (IoE - Internet of Everything) corresponde a otra tecnología emergente dentro de los avances tecnológicos de la computación en la nube. En 2017, el internet de las cosas (IoT) y la inteligencia artificial desempeñaron un papel estelar en la comunidad tecnológica, con innovadores respetados como Elon Musk y Stephen Hawking comentando sobre su potencial a corto plazo. Mientras que los expertos de la industria anticipan que IoT experimentará su propio crecimiento, las continuas innovaciones en análisis de datos en tiempo real y computación en la nube impulsarán Internet de todo. IoE depende de las comunicaciones, datos y procesos de máquina a máquina y cómo los humanos se comunican con todo en su entorno. La computación en la nube jugará un papel importante a medida que IoE se desarrolle en sistemas complejos destinados a simplificar todas las interacciones.

En cuanto a los desafíos de seguridad y la nube, esto se ha convertido en prioridad para las compañías que desarrollan este tipo de tecnologías. El año 2017 ya se ha hecho un nombre como el año de más ataques cibernéticos que ningún otro en la historia. Ataques como el ransomware WannaCry, el truco de CIA Vault 7 y la violación de datos de Equifax son recordatorios de que los ciberataques son una realidad del siglo XXI. A medida que los atacantes cibernéticos se vuelven más sofisticados, los analistas de seguridad en los sectores gubernamental, público y privado también tendrán que volverse más sofisticados y oportunos en sus métodos para detectar y prevenir ataques. Las empresas reconocerán la necesidad

de invertir en herramientas como la información de seguridad y gestión de eventos (SIEM - Security Information and Event Management) y los sistemas de detección de malware como mecanismos de defensa fundamentales para la ciberseguridad. Los servicios en la nube también pueden desempeñar un papel, con proveedores de servicios de seguridad administrados que ofrecen servicios robustos a empresas que de otro modo no podrían implementar medidas de seguridad completas.

Las investigaciones en el área de computación en la nube, confirman que en efecto es una tendencia de tecnológica y científica. El análisis Scopus muestra que entre los años 2015 a 2018 se han publicado 35006 documentos entre Papers de conferencia, artículos, artículos impresos, capítulos de libro, etc.

El país con mayor producción científica (todos los años incluidos) en esta área es China con 15778 publicaciones, seguido de Estados Unidos con 11909 publicaciones. Colombia presenta producción científica en esta área con 113 publicaciones.

Las principales instituciones académicas donde se da mayor producción científica relacionada con computación en la nube son: Beijing University of Posts and Telecommunications (1010 publicaciones); Chinese Academy of Sciences (998 publicaciones); Tsinghua University (647 publicaciones).

Los autores que presentan mayor cantidad de publicaciones en relación con computación en la nube Buyya, Rajkumar University of Melbourne, Cloud Computing and Distributed Systems (CLOUDS) (251 publicaciones); Jin, Hai Huazhong University of Science and Technology, Cluster and Grid Computing Lab, Wuhan, China (137 publicaciones).

Ciberseguridad

Aníbal Villaba Fernández (2015), citando la Guía de Seguridad CCN-STIC-401, define la CiberSeguridad como el conjunto de acciones orientadas a asegurar en la medida de lo posible las redes y sistemas que constituyen el ciberespacio: Detectando y enfrentándose a instrucciones, reaccionando y recuperándose de incidentes y preservando la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad de la información.

Según CAPGEMINI CONSULTING (2017), el crecimiento exponencial de las posibilidades tecnológicas representa muchas oportunidades para las industrias, en especial por la variedad de conexiones, bien sea entre dispositivos, entre grandes cantidades de datos, entre organizaciones, entre gobierno y ciudadanos, entre la privacidad y la seguridad; pero se debe enfatizar especialmente en el sector público, por el significado que tiene para la seguridad del estado.

Según MINDSTAR (2018), para la vigencia 2018 el malware será la principal amenaza en ciberseguridad, el cual sigue creciendo y es posible que empeore, así como aumentaran las amenazas a la nube, por lo cual se deben contratar personal de seguridad especializado. De igual manera, aumentarán los riesgos de violación de la seguridad por fallas o falta de aplicación de las políticas de seguridad.

Por lo anterior, uno de los frentes potenciales está asociado a la Seguridad Informática. Según Daniel Benchimol (2011), la seguridad informática hace referencia a un conjunto de medidas de prevención, detección y corrección, orientadas a proteger la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad de los recursos informáticos.

Así mismo, siendo la información el principal activo de las organizaciones, destaca la norma ISO 27001, que la seguridad de la información hace referencia a un conjunto de medidas preventivas y reactivas de una organización, las cuales permiten resguardar y proteger la información con el fin de mantener la disponibilidad, confiabilidad e integridad de los mismos datos y de la organización. Tiene como objetivo la protección de los datos de una organización, evitar la pérdida y protegerlos de la modificación o eliminación por personal no autorizado.

La seguridad de la información debe propender por fortalecer la integridad, disponibilidad y confiabilidad de la información; la integridad hace referencia a que la información solicitada sea correcta y exacta. La confiabilidad hace referencia a que la información sea utilizada por usuarios autorizados; y la disponibilidad hace referencia a que se pueda acceder a la información cuando el usuario autorizado lo requiera.

En cuanto a tendencias particulares de la ciberseguridad, se puede mencionar los ataques con inteligencia artificial. Según un informe de Webroot (Webroot, 2017), la IA es utilizada por aproximadamente el

87% de los profesionales de ciberseguridad de EE. UU. Sin embargo, la inteligencia artificial puede ser un arma de doble filo, ya que el 91% de los profesionales de la seguridad temen que los hackers utilicen la inteligencia artificial para lanzar ciberataques aún más sofisticados. La IA se puede utilizar para automatizar la recopilación de cierta información, tal vez relacionada con una organización específica, que puede provenir de foros de soporte, repositorios de código, plataformas de redes sociales y más. Además, AI puede ayudar a los piratas informáticos cuando se trata de descifrar contraseñas reduciendo el número de contraseñas probables según la geografía, la demografía y otros factores.

El cumplimiento del Reglamento general de protección de datos (GDPR), corresponde a otra tendencia importante en lo relacionado con la ciberseguridad, entró en vigor el 25 de mayo de 2018, ofrece una serie de cambios importantes en la actual Directiva de protección de datos. Éstas incluyen; mayor alcance territorial, leyes de consentimiento más estrictas y derechos elevados para los interesados en nombrar algunos. Las multas por incumplimiento alcanzan hasta 20 millones de euros, o el 4% de la facturación mundial anual, cualquiera que sea mayor. Según un informe reciente de Forrester (Inc, 2017), “el 80% de las empresas no cumplirán con GDPR”. Curiosamente, el informe afirma que el 50% de estas empresas realmente optará por no cumplir, ya que afirman que el costo del cumplimiento supera los riesgos.

La adopción de tecnologías de seguridad más sofisticadas, corresponde a otra tendencia importante en ciberseguridad. Hay una serie de nuevas tecnologías emergentes que pueden comenzar a tener una adopción más amplia. Por ejemplo, el uso de “navegadores remotos” puede ser útil para aislar la sesión de navegación de un usuario de la red o puntos finales. Las tecnologías de engaño, que funcionan imitando los activos críticos de una empresa, actúan como una trampa para los atacantes que buscan robar estos datos.

También se incrementará el uso de soluciones que pueden detectar y responder a comportamientos anómalos. En primer lugar, existen soluciones de detección y respuesta de punto final (EDR - Endpoint Detection and Response) que pueden supervisar los puntos finales y alertar a los administradores de sistemas sobre el comportamiento sospechoso. En segundo lugar, Network Traffic Analysis (NTA) se puede utilizar para

supervisar el tráfico de red para ayudar a determinar el tipo, tamaño, origen, destino y contenido de los paquetes de datos.

En tercer lugar, y muy importante, cada vez más empresas están empezando a adoptar sofisticadas soluciones de auditoría de cambio en tiempo real, que pueden ayudar a las empresas a proteger activos críticos de numerosas maneras. Por ejemplo, pueden ayudar a detectar y responder al abuso de privilegios del usuario y la actividad sospechosa de accesos a archivos o carpetas, ya sea en función de la alerta de evento único o condición de umbral. Pueden detectar modificaciones de cuenta, eliminaciones, cuentas de usuario inactivas, acceso a buzones de correo privilegiado y mucho más.

La producción científica en el área de ciberseguridad, denota que entre los años 2015 a 2018 se han publicado 2558 documentos entre Papers de conferencia, artículos, artículos impresos, capítulos de libro, etc.

El país con mayor producción científica (todos los años incluidos) en esta área es Estados Unidos con 1966 publicaciones, seguido del Reino Unido con 228 publicaciones. Colombia presenta producción científica en esta área con 5 publicaciones.

Las principales instituciones académicas donde se da mayor producción científica relacionada con ciberseguridad son: Carnegie Mellon University (46 publicaciones); Pacific Northwest National Laboratory (42 publicaciones); National Institute of Standards and Technology (33 publicaciones).

Los autores que presentan mayor cantidad de publicaciones en relación con ciberseguridad: Kshetri, Nir The University of North Carolina at Greensboro, Greensboro, United States (19 publicaciones); Chen, Hsinchun University of Arizona, Artificial Intelligence Lab, Tucson, United States (18 publicaciones).

Nanotecnología

Según Mario Quintili (2012), otro avance importante es la Nanotecnología, quien la define como el campo de las ciencias aplicadas dedicada al control y manipulación de la materia a una escala menor que un micrómetro, es decir, a nivel de átomos y moléculas. Según Quintili, la nanotecnología tiene un impacto en todas las áreas, como medicina,

sector energético, sector agrícola, alimenticio, industrial, entre otros. La Nanotecnología se aplica desde dos técnicas a saber: La técnica Top Down, que busca diseñar y miniaturizar el tamaño de estructuras para obtener a nano escalas sistemas funcionales, y la técnica bottom up, que se centra en la construcción de estructuras y objetos más grandes a partir de sus componentes atómicos y moleculares.

Una aplicación importante para el desarrollo computacional, tiene que ver con la miniaturización del tamaño de los componentes y la amplificación de sus características potenciales; como, por ejemplo, los trabajos de Jhon Mamin de IBM, que pudo almacenar una obra completa de William Shakespeare en un tamaño de 0,2 mm. La nanotecnología se perfila como un conjunto de revoluciones tecnológicas multidisciplinarias que permitirá a la sociedad maximizar la eficiencia en los procesos productivos y sociales.

Según Patrick Van-Hove (20), la investigación en nano electrónica y nanotecnología es prioritaria y se debe orientar a buscar soluciones para el futuro de la industria de los semiconductores; teniendo en cuenta que, desde hace 40 años, se ha podido duplicar cada dos años el número de transistores en un chip, pero ahora los límites a esta progresión parecen más evidentes. Se requieren nuevas soluciones para poder seguir con la miniaturización con conceptos como nanotubos, nanohilos o electrónica molecular. En segundo lugar, insiste en aprovechar las oportunidades que ofrecen nuevos materiales y nuevas estructuras a escala nanométrica, para desarrollar funciones y dispositivos que utilicen nuevos fenómenos físicos como magnetismo ('spintronics'), fotónica (física cuántica). En tercer lugar, reconocemos que nuevos descubrimientos científicos ocurren a menudo en el cruce de varias disciplinas científicas o tecnológicas. Vemos particularmente oportunidades en los límites entre la nanoelectrónica y las ciencias de la vida. Eso podrá ayudarnos a comprender mejor el tratamiento de la información en los 'sistemas vivos', a descubrir nuevos materiales y técnicas para construir sistemas artificiales y para crear sistemas híbridos, más allá de los sensores o implantes de hoy.

La producción científica en el área de Nanotecnología, confirma que en efecto es una tendencia de investigación. Al realizar el análisis Scopus en relación con estas temáticas, se puede observar que entre los años 2015 a 2018 se han publicado 37989 documentos entre Papers de conferencia, artículos, artículos impresos, capítulos de libro, etc.

El país con mayor producción científica (todos los años incluidos) en esta área es Estados Unidos con 43809 publicaciones, seguido de China con 21361 publicaciones. Colombia presenta producción científica en esta área con 275 publicaciones.

Las principales instituciones académicas donde se da mayor producción científica relacionada con Nanotecnología son: Chinese Academy of Sciences (3949 publicaciones); Ministry of Education China (2191 publicaciones); CNRS Centre National de la Recherche Scientifique (1850 publicaciones).

Los autores que presentan mayor cantidad de publicaciones en relación con Nanotecnología: Wang, Zhonglin - Georgia Institute of Technology, Nanoscience Department, Atlanta, United States (412 publicaciones); Webster, Thomas Jay Northeastern University, Department of Chemical Engineering, Boston, United State (220 publicaciones).

Computación Verde

Según Robert R. Harmon, Nora Auseklis (2009), los servicios de tecnologías de información requieren de la integración de prácticas ecológicas. La Computación verde se refiere a la práctica de usar recursos informáticos de manera más eficiente mientras mantiene o aumenta el rendimiento de todos los servicios. Esta reflexión, ha permitido la generación de prácticas como la gestión de la energía computacional, la virtualización de servicios, la mejora de la refrigeración de los dispositivos, la mejora del reciclaje, la eliminación de desechos electrónicos y la optimización de la infraestructura, apuntando a la sostenibilidad.

Según Robert R. Harmon, Nora Auseklis (2009), los costos de energía utilizados por los departamentos de tecnologías de información, pueden acercarse al 50% de los costos totales de energía en una organización, por lo cual, reducir los costos y el impacto sobre el medio ambiente se convierte en una decisión de sostenibilidad que pretende crear valor para el cliente, comercial y social.

La producción científica en el área de Green Computing, muestra que entre los años 2015 a 2018 se han publicado 4168 documentos entre Papers de conferencia, artículos, artículos impresos, capítulos de libro, etc.

El país con mayor producción científica (todos los años incluidos) en esta área es Estados Unidos con 1915 publicaciones, seguido de China con 1468 publicaciones. Colombia presenta producción científica en esta área con 15 publicaciones.

Las principales instituciones académicas donde se da mayor producción científica relacionada con Green Computing son: Chinese Academy of Sciences (117 publicaciones); CNRS Centre National de la Recherche Scientifique (90 publicaciones); Tsinghua University (75 publicaciones).

Los autores que presentan mayor cantidad de publicaciones en relación con Green Computing: Buyya, Rajkumar - University of Melbourne, Cloud Computing and Distributed Systems (CLOUDS) Laboratory, Parkville, Australia (28 publicaciones); Khan, Samee Ullah North Dakota State University, Fargo, United States (25 publicaciones).

Impresión 3D

Uno de los avances que actualmente crece y se convierte en tendencia, es la Impresión Tridimensional (3D), Según Jordi Fontrodona Francolí y Raúl Blanco Díaz (2014), la impresión en tres dimensiones (3D Printing), es el proceso de unir materiales para hacer objetos a partir de un modelo digital, normalmente poniendo una capa encima de otra, por contraposición a las metodologías de fabricación sustractivas, tales como el mecanizado tradicional. En 1990 se inició la aplicación de la fabricación aditiva para obtener patrones de fundición; en 1995, para obtener herramientas de producción, especialmente moldes de inyección y en el 2000, para obtener piezas de producción.

La tecnología de la impresión 3D existe desde hace 30 años, sin embargo, en los últimos años se ha difundido, por la disponibilidad de nuevos materiales con mayores funcionalidades y prestaciones, el vencimiento de patentes que protegían algunas tecnologías de fabricación aditiva, facilitando la comercialización de impresoras personales; así como las aplicaciones insospechadas que han permitido estas tecnologías de fabricación.

Según Mathilde Berchon, Bertier Luyt (2016), las tecnologías de procesos digitales se resumen en tres grandes grupos: Prototipado rápido,

Producción Rápida y Herramientas rápidas; las cuales permiten el desarrollo a través de procesos digitales de prototipos; los cuales se dividen a su vez en cuatro grandes métodos: Los procesos generativos o de formas primarias, los procesos sustractivos, los procesos transformativos y los procesos de unión o cohesión.

Esta tecnología moderna ha allanado el camino para numerosas nuevas posibilidades en varios campos. La siguiente lista detalla las ventajas de la impresión 3D en ciertos campos tales como: La formación de productos es actualmente el uso principal de la tecnología de impresión 3D. Estas máquinas les permiten a los diseñadores e ingenieros probar ideas para productos dimensionales de forma económica antes de comprometerse con costosas herramientas y procesos de fabricación; En el campo médico, los cirujanos están utilizando máquinas de impresión en 3D para imprimir partes del cuerpo como referencia antes de cirugías complejas. Otras máquinas se utilizan para construir injertos óseos para pacientes que han sufrido lesiones traumáticas. Mirando más hacia el futuro, la investigación está en marcha ya que los científicos están trabajando en la creación de órganos de reemplazo; En arquitectura, estos profesionales necesitan crear maquetas de sus diseños. La impresión 3D les permite llegar a estas maquetas en un corto período de tiempo y con un mayor grado de precisión; La impresión 3D permite a los artistas crear objetos que serían increíblemente difíciles, costosos o necesitarían mucho tiempo utilizando procesos tradicionales (Mishra, 2014).

La impresión tridimensional impactará de manera significativa la biotecnología, los procesos de fabricación y la construcción en general, en la medida en que se mejoran las técnicas de solidificación, adición de capas, descubrimiento de nuevos materiales y técnicas de mejoramiento del tratamiento de los materiales actuales, tal como lo afirma Jordi Fontrodona Francolí y Raúl Blanco Díaz (2014), referenciando a Ferras(2013), Cohen (2014), se impactará la aceleración de los ciclos de desarrollo de producto, el aumento de la fabricación aditiva de bienes finales, la volatilización de las cadenas de valor, la forma como se fabricaran los productos de consumo, las reglas de personalización de los productos, la concentración del valor en el diseño y la fabricación flexible y personalizada entre otros aspectos.

La producción científica en el área de Impresión 3D, presenta los siguientes indicadores: entre los años 2015 a 2018 se han publicado 1625

documentos entre Papers de conferencia, artículos, artículos impresos, capítulos de libro, etc.

El país con mayor producción científica (todos los años incluidos) en esta área es Estados Unidos con 889 publicaciones, seguido de China con 254 publicaciones. Colombia presenta producción científica en esta área con 4 publicaciones.

Las principales instituciones académicas donde se da mayor producción científica relacionada con Impresión 3D son: Massachusetts Institute of Technology (28 publicaciones); University of Texas at El Paso (26 publicaciones); UCL University College London (24 publicaciones).

Los autores que presentan mayor cantidad de publicaciones en relación con Impresión 3D: Huson, David - University of the West of England, Fac of Arts Creative Ind and Education, Bristol (13 publicaciones); Baudisch, Patrick - Hasso-Plattner-Institut für Softwaresystemtechnik GmbH, Potsdam, Germany (11 publicaciones).

Realidad Aumentada

Rigueros, C. (2017), citando a Innovae. (2016) define la realidad aumentada a través de una combinación del mundo real con el virtual mediante un proceso informático, enriqueciendo la experiencia visual y mejorando la calidad de comunicación; es decir, integra las señales captadas del mundo real (típicamente video y audio), con señales generadas por computadores (objetos gráficos tridimensionales); las hace corresponder para construir nuevos mundos coherentes, complementados y enriquecidos - hace coexistir objetos del mundo real y objetos del mundo virtual en el ciberespacio.

Según Rigueros, C. (2017), el proceso de realidad aumentada requiere de un dispositivo que captura las imágenes reales que observan los usuarios, un dispositivo en el cual se proyecta la combinación de las imágenes reales con las virtuales, un dispositivo de procesamiento para interpretar la información del mundo real y generar la información virtual para combinarla; un activador de realidad aumentada integrado actualmente en cualquier dispositivo, que facilitaran la combinación de objetos reales y virtuales en nuevos ambientes integrados, las señales y su reconstrucción se ejecutan en tiempo real, de manera interactiva, teniendo en cuenta que tanto

los objetos reales y virtuales son registrados y alineados geoméricamente entre ellos y dentro del espacio para darles coherencia espacial.

La realidad aumentada según Rigueros, C. (2017), puede estar basada en el reconocimiento de patrones o marcas, basada en el reconocimiento de imágenes o basada en la geolocalización y han permitido cambiar una variedad de experiencias a los usuarios que buscan nuevos productos o en la forma como ellos pueden tomar la decisión de compra de alguno de ellos; tales como el producto Google Glass o Microsoft Hololens o experiencias como la de Ikea quien con su catálogo de muebles que permite ubicar los muebles en tu propia casa y percibir como se verían por medio de la realidad aumentada, entre muchas otras.

Lo anterior, precisa Rigueros, C. (2017), evidencia un crecimiento a pasos agigantados, no solo en el ámbito comercial, sino también científico, educativo, turístico, automotriz y social, sin embargo, existen limitaciones para el uso de la realidad aumentada, tales como costos y desarrollos tecnológicos que van atados al uso de infraestructura y redes necesarias para óptimo uso de esta.

En el área de realidad aumentada, entre los años 2015 a 2018 se han publicado 7806 documentos entre Papers de conferencia, artículos, artículos impresos, capítulos de libro, etc.

El país con mayor producción científica (todos los años incluidos) en esta área es Estados Unidos con 3980 publicaciones, seguido de Alemania con 1901 publicaciones. Colombia presenta producción científica en esta área con 68 publicaciones.

Las principales instituciones académicas donde se da mayor producción científica relacionada con visión computacional son: Technical University of Munich (322 publicaciones); University of Tokyo (237 publicaciones); National University of Singapore (210 publicaciones).

Los autores que presentan mayor cantidad de publicaciones en relación con visión computacional: Billingham, Mark University of South Australia, School of Information Technology and Mathematical Sciences, Adelaide, Australia (219 publicaciones); Navab, Nassir Technical University of Munich, Munich, Germany (156 publicaciones).

Realidad Virtual

Según Arroyo Figueroa et al (2011) y tomando como referencia a Pérez (2004), la realidad virtual hace referencia a la representación completa o parcial de un ambiente real o ficticio, a través del uso de medios electrónicos, la cual consideran un área multidisciplinaria con un amplio espectro de aplicaciones, tales como la capacitación, la operación, el diseño y el análisis, ideal para la simulación de situaciones que involucran algún riesgo, ya sea para personas o para equipos; para la interpretación y análisis de datos científicos mediante visualización de datos y para la navegación en ambientes virtuales y manipulación de elementos tridimensionales, sin contar con el objeto real o sin estar en el sitio, a fin de explorar y comprender procesos, fenómenos y conceptos.

Según Arroyo Figueroa et al (2011), la realidad virtual puede ser inmersiva o no inmersiva. La inmersiva ofrece al usuario la sensación de estar dentro de un ambiente virtual para interactuar con los elementos existentes mediante la estimulación de los sentidos visuales, táctiles y auditivos utilizando generalmente guantes, visores, rastreadores de posición, joysticks, etc. La no inmersiva permite la interacción a través del ratón y el teclado sobre un monitor gráfico, así el usuario nunca pierde la visión del mundo circundante.

Dos aspectos consideran Arroyo Figueroa et al (2011) que son importantes en los desarrollos futuros de la realidad virtual; la reducción del hardware evitando la invasión y la anti naturalidad de los dispositivos que apoyan el proceso, permitiendo rastrear la posición de las manos, los gestos del usuario, la dirección de los ojos entre otros; y finalmente el aumento de la velocidad de conexión y transferencia de datos que permitan aumentar la cobertura de este tipo de servicios.

La producción científica en el área de Realidad Virtual, confirma que en efecto es una tendencia de investigación. Al realizar el análisis Scopus en relación con estas temáticas, se puede observar que entre los años 2015 a 2018 se han publicado 25859 documentos entre Papers de conferencia, artículos, artículos impresos, capítulos de libro, etc.

El país con mayor producción científica (todos los años incluidos) en esta área es Estados Unidos con 25368 publicaciones, seguido de China con

14430 publicaciones. Colombia presenta producción científica en esta área con 296 publicaciones.

Las principales instituciones académicas donde se da mayor producción científica relacionada con Realidad Virtual son: Chinese Academy of Sciences (1036 publicaciones); University of Tokyo (796 publicaciones); Zhejiang University (730 publicaciones).

Los autores que presentan mayor cantidad de publicaciones en relación con Realidad Virtual: Riva, Giuseppe - Universita Cattolica del Sacro Cuore, Milan, Italy (316 publicaciones); Thalmann, Daniël Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Lausanne, Switzerland (194 publicaciones).

Otras tendencias

Según Eric Fric, (2017), el uso de asistentes digitales será una tendencia en el mundo de la computación, aplicándose a sistemas de control de automatización, pero se ampliará al punto de utilizarse en dispositivos vestibles y dispositivos integrados con aplicaciones y otras tareas de los hogares.

Según Prasant Kumar, Rajib Mall (2015), la computación móvil se refiere a las actividades de la computación desarrolladas por usuarios con su teléfono inteligente, las cuales partir de peticiones realizadas por los usuarios, permiten que se desarrollen actividades en lugares remotos, que realizan las actividades de procesamiento o búsqueda que solicite el usuario y suministra la información solicitada, permitiéndole al usuario su movilidad en un territorio determinado. Es importante resaltar que los dispositivos móviles, cada día aumentan más en capacidades de procesamiento y almacenamiento, por lo cual se vislumbra una oportunidad en esta tecnología para el fortalecimiento de los procesos de desarrollo tecnológico.

La creciente demanda de uso de dispositivos ha permitido el desarrollo de aplicaciones para favorecer a los usuarios de dichos dispositivos, las cuales se han apoyado en un paradigma de programación móvil, anclado sobre sistemas operativos que han avanzado y evolucionado rápidamente, como Android y el sistema operativo IOS.

Pero también, ha sido necesario aumentar el poder de los equipos que hacen labores de servicio remoto, en especial para hacer sostenible la prestación de dicho servicio, lo cual ha abierto paso a la virtualización.

Según Albert López (2010), la virtualización consiste básicamente en poder compartir en un mismo hardware varias aplicaciones que funcionan de forma independiente, apoyado en un software especializado para la virtualización. El poder de la virtualización según el autor, está en el aprovechamiento al máximo de las capacidades del hardware sobre el cual se ejecutan las aplicaciones y la reducción de costos en infraestructura y en energía, que se traduce en mejoras de la sostenibilidad.

Según Dimitris Gritzalis, Costas Lambrinoudakis (2005), la computación ubicua estará en el futuro en la vida cotidiana, incrementando las capacidades de los dispositivos que se utilizarán y la gama de servicios ofrecidos a los usuarios finales; sin embargo, anotan que es importante que tenga un impacto serio sobre la privacidad.

Elżbieta Zielińska, Wojciech Mazurczyk, and Krzysztof Szczypiorski (2014), explica que la Esteganografía o el camuflaje de la presencia de mensajes ocultos en transportadores legítimos, se ha convertido recientemente en una herramienta para el comercio de proveedores de malware, como lo demuestran los recientes ataques a diferentes objetivos mundiales.

Según Elżbieta Zielińska, Wojciech Mazurczyk, and Krzysztof Szczypiorski (2014), las técnicas de Esteganografía moderna utilizan las invenciones de los computadores y las redes de comunicaciones a través de 4 tendencias principales: La esteganografía de medios digitales, la esteganografía lingüística, la esteganografía de archivos de sistemas y la esteganografía de redes. De las técnicas mencionadas, las relacionadas con medios digitales, lingüística y archivos de sistemas han sido áreas de investigación maduras con logros significativos; sin embargo, los esfuerzos actuales se centran en las investigaciones en la esteganografía de red.

Según Nicole Beebe (2009), citando a G. Palmer(2001), expresa que la informática forense se refiere al uso de un método derivado y probado científicamente para la preservación, recolección, validación, identificación, análisis, interpretación, documentación y presentación de evidencia digital derivada de fuentes digitales con el propósito de facilitar o promover la reconstrucción de eventos que se consideran criminales o ayudar a anticipar acciones no autorizadas que muestran ser perjudiciales para las operaciones planificadas. El autor destaca los hechos relevantes

relacionados con el tema, aquellos que no han sido bien utilizados y en especial aquellos que aún no se han abordado.

Según Nicole Beebe (2009), los cuatro temas claves por abordar son el volumen y la escalabilidad de los cambios, el aprovechamiento de la analítica de datos inteligente, el análisis forense dentro y fuera de ambientes computacionales y el desarrollo de herramientas forenses. Además, propone adelantar investigaciones en temas como el análisis y detección de la estenografía, las bases de datos forenses, el análisis y adquisición de archivos de sistemas, el análisis de la memoria y el análisis y adquisición de almacenamiento en estado sólido.

Según Peter Weill y Jeanne Ross (2005), el gobierno de tecnologías de información es el proceso por el cual las organizaciones alinean las acciones de tecnologías de información con sus metas de desempeño y asignación de responsabilidades por aquellas acciones y sus resultados. Para ser efectivo, requiere que sea activo e incorporado al gobierno organizacional y no el resultado de esfuerzos separados, implementados en tiempos diferentes sin direccionamiento, sino como respuestas a los cambios del momento.

Según Peter Weill y Jeanne Ross(2005), para evaluar y comparar el gobierno de tecnologías de información se deben tener en cuenta 5 referentes importantes en la administración y uso de las tecnologías de información en una organización: Los principios de tecnologías de información, que obedecen a decisiones de alto nivel, acerca del rol estratégico de las tecnologías de información para el negocio; la arquitectura de tecnologías de información, que hace referencia a un conjunto integrado de técnicas seleccionadas para orientar y satisfacer las necesidades de negocio de la organización; la infraestructura de tecnologías de información, que centraliza, coordina y comparte los servicios de tecnologías de información provistos a la organización; las aplicaciones de negocio necesarias, bien sean compradas o desarrolladas internamente para satisfacer los requerimientos del negocio; y la priorización e inversión que son las decisiones acerca de cómo, cuanto y cuando invertir en tecnologías, incluyendo la aprobación de proyectos y sus justificaciones técnicas.

Según Medina Cárdenas, Y.C., Areniz Arévalo, Y., & Rico Bautista, D. W. (2016), la orientación a servicios en la gestión de tecnologías de información involucra la planificación, personas, recursos tanto físicos

como financieros, tecnología, procesos y una cultura basada en principios y valores, que genera una inercia que necesariamente debe ser gestionada para brindar soluciones basadas en estrategias que alinean los objetivos del negocio y la generación de conocimiento colectivo en la organización.

Según Luisa Fernanda Quintero Gómez, Hernando Peña Villamil (2017), ITIL es uno de los referentes más completos para la gestión de servicios de tecnologías de información, el cual facilita la medición y evaluación oportuna de la calidad de todos los servicios ofrecidos por el área de tecnologías de información. EL marco de trabajo ITIL se componen de un conjunto de procesos orientado a la administración del ciclo de vida de los servicios a través de unas fases establecidas que permiten controlar la gestión de los servicios de tecnologías de información en una organización.

Las Tecnologías Blockchain, corresponde a otra tendencia importante de la computación durante los últimos años y con gran proyección futura. El blockchain es una cadena de datos que están entrelazados y que no permiten modificación alguna después de su creación. Aparece con las monedas virtuales, al ser el mecanismo capaz de generar rastros de las transacciones de este tipo de divisas, convirtiéndolo en el lugar donde quedan registradas todas las operaciones y transacciones (Revista Dinero, 2018).

La tecnología Blockchain es una tecnología de base de datos que verifica y almacena las transacciones realizadas. La base de datos creada combina cuatro características: (1) es pública, no es propiedad de nadie, (2) es descentralizada, no está almacenada en una sola computadora sino en muchas computadoras propiedad de diferentes personas en todo el mundo, (3) constantemente sincronizada para mantener las transacciones actualizadas, y (4) protegido por criptografía para que sea a prueba de manipulación y hacker a prueba.

La tecnología Blockchain presenta posibles direcciones futuras con respecto a cuatro áreas: Test de blockchain, detener la tendencia a la centralización, análisis de big data y aplicaciones Blockchain (Zheng, Xie, Dai, Chen, & H., 2017).

Las pruebas de Blockchain hacen referencia a brindar a los usuarios potenciales de estas tecnologías, la posibilidad de realizar pruebas con el fin de establecer que tipos de Blockchain es la que mejor se ajusta a su negocio.

Esto también con el fin de evitar posibles fraudes y situaciones negativas con el uso de estas técnicas.

Blockchain podría combinarse bien con big data. Aquí clasificamos aproximadamente la combinación en dos tipos: administración de datos y análisis de datos. En cuanto a la gestión de datos, blockchain se podría utilizar para almacenar datos importantes a medida que se distribuye y es seguro. Blockchain también podría garantizar que los datos sean originales. Por ejemplo, si blockchain se usa para almacenar información de salud de los pacientes, la información no se puede alterar y es difícil robar esa información privada. Cuando se trata de análisis de datos, las transacciones en blockchain podrían usarse para análisis de big data. Por ejemplo, se pueden extraer patrones de comercio de usuario. Los usuarios pueden predecir los comportamientos comerciales de sus socios potenciales con el análisis.

En cuanto a las aplicaciones Blockchains, la mayoría se utilizan en el ámbito financiero, sin embargo, cada vez aparecen más aplicaciones para diferentes campos. Las industrias tradicionales podrían tomar Blockchain en consideración y aplicarla en sus campos para mejorar sus sistemas. Por ejemplo, las reputaciones de los usuarios podrían almacenarse en blockchain.

Impacto de las tendencias y tecnologías emergentes en los currículos de los programas de Ingeniería de Sistemas

El estudio de las tendencias de la computación, permite reconocer gran parte del panorama de acción actualizado que puede tener un Ingeniero de Sistemas en su actuar profesional. Sin embargo, al intentar relacionar todos estos conceptos y aplicaciones, con los currículos de los programas de formación profesional en Ingeniería de Sistemas, se podría afirmar que estos requieren de una transformación importante que desarrolle competencias profesionales más particulares y que estén a la vanguardia de las nuevas tecnologías de tal forma que se aporte con especificidad al desarrollo tecnológico y organizacional del país.

Por el impacto que tiene la computación en el futuro de la sociedad, y por el desarrollo de nuestra región, es importante separar los programas

de pregrado en esta disciplina, para potenciar profesionales en diferentes caminos de la computación que puedan apalancar los procesos de desarrollo local, regional y nacional.

Separar los programas de pregrado en computación, significa enfatizar los currículos y alinearlos con los saberes necesarios y tendencias para fortalecer el uso y la apropiación de las tecnologías de información en el contexto de influencia. También significa, la posibilidad de permitirle a los graduados profundizar en un campo de conocimiento y aprovechar la especialización para la aplicación de conocimientos específicos o la investigación en campos más significativos y pertinentes.

También significa, otorgarle significatividad al profesional de la ingeniería para fortalecer un perfil profesional mucho más asentado a un desarrollo laboral específico.

Aunque los programas deben estar interconectados y relacionados para permitir la transferencia entre ellos, pero acotando los requisitos y prerrequisitos atendiendo a las inclinaciones de cada una de las profesionalizaciones específicas a las que se inclina la formación y por ende el diseño curricular. Las tendencias revisadas en computación sugieren esta especificación mediada a través de currículos variados que enfatizen principalmente en las necesidades del entorno.

El proceso de separación debe iniciar por enfatizar en la promoción de aquellos programas que pueden apoyar el desarrollo local y regional específicamente, atendiendo a las necesidades de la sociedad en la cual se desenvuelven.

Pero la separación le otorgaría al profesional una formación más específica y centrada en su desarrollo profesional particular, que le permita profundizar mucho más en su campo de desarrollo, sin importar que otros temas concomitantes que, aunque parezcan importantes no distraigan al profesional de su objetivo disciplinar.

En el contexto del departamento de Sucre, se puede observar que las pequeñas y medianas empresas presentan un problema de competitividad y productividad, y uno de los factores influyentes para su desarrollo en el contexto mundial actual, es la adquisición, uso y apropiación de las tecnologías de información como factor dinamizador de su actividad profesional.

Sin embargo, sabemos que la contratación de un profesional de la computación en una organización, no podría solucionar todos los problemas a los que se ve sometidos la toma de decisiones en una organización, por lo tanto, se hace necesario mostrarle al mercado que los profesionales de la computación pueden jugar roles en diferentes partes de la esta, como un motor de innovación, creatividad y emprendimiento para la competitividad de la organización.

La profesionalización de ingenieros de la computación en tecnologías de información, les permitiría a las empresas profesionalizar la gobernabilidad de las tecnologías de información y la alineación estratégica de las mismas a su estrategia empresarial como factor de fortalecimiento empresarial.

Sin embargo, este profesional le garantizará a la empresa que la apoyará en adquirir el hardware, software y dispositivos de comunicación coherentes y pertinentes con la naturaleza de la empresa y que buscará garantizar que funcionen con la mayor eficiencia posible para apoyar los objetivos de la organización.

Pero, si la empresa no entiende que este profesional, como parte de esta labor, dejaría otros aspectos sustanciales de la empresa fuera de su campo de decisión, toda esta tecnología estaría sujeta a una adquisición de software externa que muy probablemente no otorgará el valor que esperaba la organización.

Por lo tanto, se requiere un profesional en computación que trascienda sobre las decisiones organizacionales, como pilar fundamental en el proceso de desarrollo transformador del eslabón productivo de la organización. Este profesional debe ser capaz de apropiarse las tecnologías emergentes y servir las a disposición de las empresas, de tal forma que estas logren dinamizar sus procesos funcionales y esto conlleve a un mejoramiento contundente de las actividades organizacionales de tal manera que se incrementen los indicadores de productividad de estas organizaciones.

El Ingeniero de Sistemas que requiere Colombia debe estar enfocado en la apropiación de las tecnologías emergentes, contextualizarlas y lograr tanto sofisticación empresarial como innovación. Estos dos aspectos con el aporte de la computación permitirán mejorar las relaciones comerciales en el país y por lo tanto mayor calidad en las actividades comerciales y

acciones de los negocios. La posibilidad que brindan las herramientas computacionales de acercarse a los principales componentes del comercio (Empresarios y Proveedores) conlleva el aumento de la eficiencia del sector productivo, generando mayores oportunidades de crecimiento y desarrollo económico para una región y el país en general.

Conclusiones

El análisis de las tendencias y tecnologías emergentes presentadas en esta investigación permitió reconocer la existencia de un conjunto de estudios dedicados a proyectar las tendencias que en computación se suscitarán en un periodo de tiempo determinado. Las investigaciones realizadas por la IEEE, Gartner Inc., Forrester Research, The European Internet Forum, entre otros, permite obtener información veraz en relación con los avances tecnológicos y como estos impactarán la sociedad durante determinado período de tiempo. Es importante resaltar que estos estudios también presentan las tendencias que se encuentran en rezago y que por lo tanto dejarán de ser consideradas como inclinaciones tecnológicas e investigativas para el futuro. Estos estudios, aunque presentan aspectos comunes, proponen categorías que generalmente se denominan macro-tendencias, las cuales contienen tecnologías emergentes que presentan rasgos similares, o solucionan un problema particular.

En cuanto a las tendencias referidas en esta investigación, existe un predominio de algunas tendencias sobre otras. La robótica marca el derrotero como la tendencia de mayor auge en la actualidad y supera a las demás tendencias como la que mayor producción científica se genera alrededor de este tema.

El Internet de las cosas se mantiene como tecnología de punta emergente en la actualidad. Esta tecnología ha crecido de manera importante, impactando en la industria principalmente, conllevando a la creación de una nueva tendencia la cual se denomina Internet Industrial of Things (IIoT), y trascendiendo hacia un nuevo concepto más amplio denominado IoE Internet of Everything.

La Inteligencia Artificial es una de las llamadas Macro-tendencias, y de todas las tecnologías y avances que se pueden clasificar en esta,

actualmente la visión computacional y el Machine Learning son las banderas de estos avances tecnológicos. En este sentido es importante resaltar que la Inteligencia Artificial ha permeado otras tendencias y se combina con la robótica, la ciberseguridad, el IoT para construir soluciones más robustas en los ámbitos de aplicación donde son requeridos.

Algunas tendencias como la ciberseguridad, la seguridad informática, la computación en la nube, siguen a la vanguardia de las necesidades de la sociedad actual, dado los problemas de información y el uso no adecuado de esta. Estas tendencias se mantendrán por varios periodos de tiempo más como tecnologías emergentes y focos de investigación científica, dado que es un punto neurálgico en la presente sociedad de la información.

Es importante mencionar la tendencia emergente y relacionada con la sostenibilidad. La computación verde, la cual es prioridad de la mayoría de fabricantes de equipos de cómputo, como aporte fundamental a la lucha contra el cambio climático y al ahorro de energía. En este último aspecto, la tendencia de virtualización se combina perfectamente con la Computación verde, ya que estas tecnologías permitirían economizar energía de manera importante, principalmente en el sector industrial.

Con respecto a Colombia y la aplicación de las tendencias referidas en esta investigación, es importante resaltar que, aunque se ha aumentado la producción científica en algunas tecnologías emergentes, la apropiación a nivel industrial de estas, aún es limitada. Las políticas gubernamentales para mejorar la apropiación de las TICs a nivel empresarial, siguen sin implementación masiva y solo en algunas regiones del país se dan avances en este sentido. Para mejorar los índices de competitividad del país, se requiere la adopción y apropiación de tecnología de tal manera que logre la mejora y eficiencia en los procesos productivos de las organizaciones que conforman estos sectores de la economía de la nación.

Referencias

- Arduino. (2016). Bridge Library for Yún devices. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Reference/YunBridgeLibrary>
- Baldus, H., Klabunde, K., & Müsch, G. (2004). Reliable Set-Up of Medical Body-Sensor Networks. Proc. of European Conference on Wireless Sensor Networks, 353-363.
- Bergeles, C., & Yang, G. (2014). From passive tool holders to microsurgions: Safer, smaller, smarter surgical robots. IEEE Trans. Biomed. 1565–1576.
- Broll, G., Rukzio, E., Paolucci, M., & Wagner, M. (2009). Perci: Pervasive Service Interaction with the Internet of Things. IEEE Internet Computing, 74-81.
- CBinsights. (2017). 15 Trends Shaping Tech In 2018. CBinsights.
- Chang, B.-J., Huang, B.-J., & Liang, Y.-H. (2008). Wireless Sensor Network- Based Adaptive Vehicle Navigation in Multihop-Relay WiMAX Networks. Advanced Information Networking and Applications, 56-63.
- CISCO. (1 de FEBRERO de 2018). Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2016–2021 White Paper. Obtenido de <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/global-cloud-index-gci/white-paper-c11-738085.html>
- Cook, D. J., Youngblood, M., & Heierman, E. O. (2003). MavHome: An Agent-Based Smart Home. IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, 1-4.
- Core, M., Lane, H., & Traum, D. (2014). Intelligent tutoring support for learners interacting with virtual humans. in Design Recommendations for Intelligent Tutoring Systems (U.S. Army Research Laboratory, 249–257.
- Dengler, S., Awad, A., & Dressler, F. (2007). Sensor/Actuator Networks in Smart Homes for Supporting Elderly and Handicapped People. 21st IEEE Intl. Conf. on Advanced Information Networking and Applications.
- Diffie, W., & Landau, S. (1997). Privacy on the Line. Cambridge - Massachusetts: The MIT Press.

- Drum, T. (02 de junio de 2015). The Drum. Obtenido de Machine learning: How AI will revolutionise the marketing industry: <http://www.the-drum.com/opinion/2015/06/02/machine-learning-how-ai-will-revolutionise-marketing-industry>
- E., C., & B, W. (2014). Jumping NLP curves: A review of natural language processing research. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 48–57.
- Elhadad, N., Gravano, L., Hsu, D., Balter, S., Reddy, V., & Waechter, H. (2014). Information extraction from social media for public health,” in *KDD at Bloomberg Workshop, Data Frameworks Track*. Association for Computing Machinery.
- Essex., U. o. (2016). The Intelligent Dormitory (iSpace). Obtenido de <http://cswww.essex.ac.uk/iieg/idorm.htm>
- Forrester, R. (2017). Top 10 Technology Trends To Watch. Forrester Research - Forbes.
- Forum, E. I. (2014). The Digital World in 2030 What place for Europe. EIF
- Foundation, E. I. (2014). The Digital World in 2025 Indicators for European Action. European Internet Foundation.
- Gartner, I. (2017). Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2018. Stamford, CT: Gartner.
- GP.Bullhound. (2017). GP.Bullhound technology predictions 2018. GP.Bullhound.
- Gubbi J., B. R. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computing System*, 1645-1660.
- Hardy, R., & Rukzio, E. (2008). Touch-based Interaction of Mobile Phones. *Proc. of 10th Intl. Conf. on Human Computer Interaction with Mobile*, 245-254.
- Helal, S., Mann, W., El-Zabadani, H., King, J., Kaddoura, Y., & Jansen, E. (2005). *The Gator Tech. Computer*, 50-60.
- (2014). *IEEE Computer Society 2022 Report*. Washington, DC.: IEEE.
- Inc, F (7 de Noviembre de 2017). Forrester's 2018 Predictions Research. Obtenido de <https://go.forrester.com/2018-predictions/>

- Jones, B., Andreas, J., Bauer, D., & Hermann, K. (2012). Semantics-based machine translation with hyperedge replacement grammars. Proceedings of COLING 2012 (Technical Papers, The COLING 2012 Organizing Committee, 1359–1376.
- Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. SCIENCE sciencemag.org, 255-261.
- Jun Zhou, Z. C. (2017). Security and Privacy for Cloud-Based IoT:Challenges, Countermeasures, and Future Directions. IEEE Communications Magazine, 26-33.
- Kevin, A. (22 de junio de 2009). <http://www.rfidjournal.com/>. Obtenido de That 'Internet of Things' Thing: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>
- King, H. H., Low, T., Hufford, K., & Broderick, T. (2008). Acceleration Compensation for Vehicle Based Telesurgery on Earth or in Space. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems.
- Kumar, S., Gollakota, S., & Katabi, D. (2012). A Cloud-Assisted Design for Autonomous Driving. MCC'12.
- Mason, R. (1986). Four ethical issues of the information age. MIS Q., 4-12.
- McBrearty, R. (junio de 2011). The Future of Retail Customer Loyalty. Obtenido de The Future of Retail Customer Loyalty: http://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/RFID_Loyalty_IBSG_0614.pdf
- Memon, I., Hussain, I., Akhtar, R., & Chen, G. (2015). Enhanced Privacy and Authentication: An Efficient and Secure Anonymous Communication for Location Based Service Using Asymmetric Cryptography Scheme. Wireless Pers Commun, 1487-1508.
- Mishra, S. (2014). 3D PRINTING TECHNOLOGY. Science Horizon, 43-45.
- News, I. E. (13 de enero de 2017). 5 Key Machine Vision Technology Trends to Watch in 2017. Obtenido de <https://www.ien.com/automation/blog/20849069/5-key-machine-vision-technology-trends-to-watch-in-2017>

- Ott, M., Cardie, C., & Hancock, T. (2012). Estimating the prevalence of deception in online review communities. *Proceedings of the 21st International Conference on World Wide Web Conference*, 201–210.
- Reilly, D., Welsman-Dinelle, M., Bate, C., & Inkpen, K. (2005). Just point and click?: using handhelds to interact with paper maps. *MobileHCI '05 Proceedings of the 7th international conference on Human computer interaction with mobile devices & services*, 239-242.
- Revista Dinero. (2 de febrero de 2018). ¿Qué es el blockchain y por qué será la próxima revolución tecnológica? Obtenido de <https://www.dinero.com/economia/articulo/que-es-el-blockchain-y-en-que-se-aplica-en-la-actualidad/255105>
- RSA, L. (2016). RFID, a Vision of the Future. Obtenido de <http://mexico.emc.com/emc-plus/rsa-labs/research-areas/rfid-a-vision-of-the-future.htm>
- Russel, M. A. (2013). *Mining the Social Web: Data Mining Facebook, Twitter, LinkedIn, Google+, GitHub, and More*. Sebastopol: O'Reilly Media.
- Schreier, G. (2010). Pervasive Healthcare via "The Internet of Medical Things". *Proceedings of Medetel*.
- Simonov, M., Zich, R., & Mazzitelli, F. (2014). PERSONALIZED HEALTH-CARE COMMUNICATION IN INTERNET OF THINGS. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.
- Smith, H. (1994). *Managing Privacy: Information Technology and Corporate America*. Chapel Hill: University of North Carolina Press.
- Spectrum, I. (02 de marzo de 2012). *IEEE Spectrum*. Obtenido de *Robotics Trends for 2012*: <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/robotics-hardware/robotics-trends-for-2012>
- Sucar, E., & Giovani, G. (2006). *Visión Computacional*. Puebla, México: Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica.
- Tentori, M., & Favela, J. (2008). Activity-Aware Computing for Healthcare. *IEEE Pervasive Computing*, 51-57.
- thingspeak. (2016). thingspeak. Obtenido de <https://thingspeak.com/>
- Tomić, I., Krčo, S., Vučković, D., Gluhak, A., & Navaratnam, P. (2009). SENSEI traffic modelling. *17th Telecommunications forum TELFOR*, 315-318.

- Vitiello, V., & Lee, L. (2013). Emerging robotic platforms for minimally invasive surgery. *IEEE Rev. Biomed.*, 111-126.
- Webroot, C. (14 de diciembre de 2017). More Than 90 Percent of Cybersecurity Professionals Concerned About Cybercriminals Using AI in Attacks. Obtenido de Cybersecurity Experts Say AI Critical to Protect Digital Assets in the Future: <https://www.webroot.com/us/en/about/press-room/releases/cybercriminals-using-ai-in-attacks>
- Zhang, X. M., & Cheng, X. (2010). A Multimedia Telemedicine System in Internet of Things. 2nd International Conference on Information and Multimedia Technology.
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & H., W. (2017). An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends. 2017 IEEE 6th International Congress on Big Data, 557-564.
- JHON FRANCINED HERRERA CUBIDES, HELIO HENRY RAMIREZ AREVALO, "Tendencias en la formación en ingeniería de sistemas y afines" En: Colombia. 2013. *Inventum*.ISSN: 1909-2520 p.24 - 34 v.14
- Consejo Privado de Competitividad (2016), Informe Nacional de Competitividad 2016 - 2017, Bogotá - Colombia, Editado por Zetta Comunicadores, ISSN 2016- 1430
- The Joint Task Force for Computing Curricula (2005), Computing Curricula 2005, Estados Unidos, ISBN: 1-59593-359-X. Recuperado de: <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/cc2005-march06final.pdf>
- Joint Task Force of Computer Engineer Curricula (2016), Computer Engineering Curricula 2016, Estados Unidos, DOI: 10.1145/3025098 Web link: <https://dx.doi.org/10.1145/3025098> Recuperado de:
- Eric Fric, (2017), *Information Technology Essentials*, San Bernardino, CA, USA
- Frank Tsui, Orlando Karam and Barbara Bernal (201), *Essential Software Engineering*, Third Edition, Jones & Bartlett Learning, Burlington, MA, ISBN 978-93-80853-92.5
- Armando Fox, David Patterson (2016), *Engineering Software As A Service - An Agile Approach Using Cloud Computing*, Samuel Joseph ISBN 978-0-9848812-4-6 ISBN 978-0-9848812-3-9

- D. Dimitrov, K. Schreve, N. de Beer, (2006) “Advances in three dimensional printing – state of the art and future perspectives”, *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 12 Issue: 3, pp.136-147, <https://doi.org/10.1108/13552540610670717>
- Irene Gil (2015), *La Impresión 3D y sus alcances en la Arquitectura*, Madrid España, Recuperado de: http://oa.upm.es/38442/7/PFC_IRENE_GIL_GIL.pdf
- Mathilde Berchon, Bertier Luyt (2016), *La Impresión 3D*, Barcelona - España, Editorial Gustavo Gili, ISBN: 978-84-252-2855-1, Recuperado de: https://ggili.com/media/catalog/product/9/7/9788425228544_inside.pdf
- Jordi Fontrodona Francolí y Raul Blanco Díaz (2014), *Estado actual y Perspectivas de la Impresión en 3D*, Barcelona España, Recuperado de: http://empresa.gencat.cat/web/.content/19_-_industria/documents/economia_industrial/impresio3d_es.pdf
- Mario Quintili (2012), *Nanociencia y Nanotecnología - Un Mundo Pequeño*, Brasil, Centro de Estudios en Diseño y Comunicación (2012), Vol 42, pp 125-155 ISSN 1668-5229
- Patrick Van-Hove (2006), *Visiones Acerca de la Nanotecnología*, Revista Nanociencia y Nanotecnología I, Vol 34, Madrid España, Recuperado de: http://www.nanospain.org/files/papers/revista34_Madri+d.pdf
- Karen Rose, Scott Eldridge, Lyman Chapin (2015), *La Internet de las Cosas*, Internet Society, Recuperado de: <https://www.internet-society.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOf-Things-20160817-es-1.pdf>
- Comité Español de Automática (2008), *Libro Blanco de la Robótica: De la investigación al desarrollo tecnológico y aplicaciones futuras*, España ISBN: 978-84-690-3884-0 Recuperado de: http://www.ceautomatica.es/sites/default/files/upload/10/files/LIBRO%20BLANCO%20DE%20LA%20ROBOTICA%202_v1.pdf
- Antonio Barrientos (2018), *Nuevas Aplicaciones de la Robótica, Robots de Servicio*, Madrid España, Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/228889902_Nuevas_aplicaciones_de_la_robotica_Robots_de_servicio

- Riobó Iglesias, J., Aznar Relancio, S., Gracia Bandrés, M.A., Romero San Martín, D. – (2015) TecsMedia: Análisis de tendencias: Realidad Aumentada y Realidad Virtual”
- Rigueros, C. (2017). La realidad aumentada: lo que debemos conocer. TIA, 5(2), pp. 257-261.
- Israel Galván Bobadilla, Miguel Pérez Ramírez, Salvador González Castro, Gustavo Arroyo Figueroa, Eric Rodríguez Gallegos, Marco Antonio Salgado Martínez, Andrés Ayala García y Jesús Vázquez Bustos (2011), Estado actual y prospectiva de aplicaciones de realidad virtual en el sector eléctrico, Recuperado de: <https://www.ineel.mx/boletin032011/divulga.pdf>
- Karthik Kambatla, Giorgos Kollias, Vipin Kumar, Ananth Grama (2014), Trends in big data analytics, Journal of Parallel and Distributed Computing, Volume 74, Issue 7, 2014, Pages 2561-2573, ISSN 0743-7315, <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2014.01.003>.
- Alex Liu (2015), Data Science and Data Scientist, Recuperado de: <http://www.researchmethods.org/DataScienceDataScientists.pdf>
- David López García (2013), Análisis de las posibilidades de uso de Big Data en las organizaciones, Recuperado de: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/4528/TFM%20-%20David%20L%-C3%B3pez%20Garc%3%ADaS.pdf?sequence=1>
- ISACA (2017), últimas tendencias de data analytics, Recuperado de: <http://m.isaca.org/chapters7/Monterrey/Events/Documents/20170812%20Tendencias%20de%20Data%20Analytics.pdf>
- Ángel Freddy Godoy Viera (2015), Técnicas de aprendizaje de máquina utilizadas para la minería de texto Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ib/v31n71/2448-8321-ib-31-71-00103.pdf>
- Centro de Inteligencia Artificial, Sistemas Inteligentes, Recuperado de: <http://www.aic.uniovi.es/ssii/SSII-T1-Introduccion.pdf>
- Robert R. Harmon, Nora Auseklis (2009), Sustainable IT Services: Assessing the impact of green computing practices, PICMET 2009 Proceedings, Portland - Oregon - USA
- Blesson Varghese, Rajkumar Buyya (2018), Next generation cloud computing: New trends and research directions, Future Generation

- Computer Systems, Volume 79, Part 3, Pages 849-861, ISSN 0167-739X, <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.09.020>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X17302224>)
- Anibal Villaba Fernandez (2015), La CiberSeguridad en España 2011 - 2015, Una Propuesta de Modelo de Organización Recuperado de: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:CiencPolSoc-Avillalba/VILLALBA_FERNANDEZ_Anibal_Tesis.pdf
- CCN-CERT: Guía de Seguridad CCN-STIC-401. Glosario y Abreviaturas, opus citada, p. 213
- CAPGEMINI CONSULTING (2017), Trends in Cybersecurity, Recuperado de: <http://www2.caict.ac.cn/zscp/qqzkgz/ljyd/201712/P020171214624060416291.pdf>
- MINDSTAR (2018), Cyber Security: Trends from 2017 and Predictions for 2018, Concierge Security Report, Volume 4, Issue 1, Recuperado de: <https://www.whitehawk.com/sites/default/files/2018-01/Concierge%20Security%20Report%20Current%20Trends%20January%202018.pdf>
- Prasant Kumar, Rajib Mall (2015), Fundamentals Of Mobile Computing Second Edition, ISBN: 978-81-203-5181-3
- Albert López (2010), Análisis de la virtualización de sistemas operativos, Recuperado de: http://www.maia.ub.es/~sergio/linked/an_lisis_de_la_virtualizaci_n_de_sistemas_operativos.pdf
- Daniel Benchimol (2011), Hacking desde cero, Buenos Aires, ISBN: 978-987-1773-03-9
- Dimitris Gritzalis, Costas Lambrinoudakis (2005), Protecting Privacy and anonymity in pervasive computing trends and perspectives, Telematics and Informatics, Volume 23, Issue 3, Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2005.07.005>
- Jongsung Kim, Hongjun Wu, Raphael Phan (2018), Cryptography and Future Security, Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.dam.2018.03.001>
- Elz'bieta Zielińska, Wojciech Mazurczyk, and Krzysztof Szczypiorski (2014), Trends in Steganography, Communications of the ACM, Vol 57, No. 3, DOI: 10.1145/2566590.2566610

- Nicole Beebe (2009), Digital Forensic Research: The Good, The Bad and The Unaddressed., G. Peterson and S. Shenol: Advances in Digital Forensics V, IFIP AICT 306, pp. 17 - 36
- Peter Weill y Jeanne Ross (2005), It Governance on One Page, Mit Sloan Working Paper No. 4517-04; CIS Research Working Paper No. 349
- Medina Cárdenas, Y.C., Areniz Arévalo, Y., & Rico Bautista, D. W. (2016). Alineación estratégica bajo un enfoque organizacional de gestión tecnológica: ITIL & ISO 20000. Revista Tecnura, 20 (Edición especial), 8294. doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.SE1.a06
- Luisa Fernanda Quintero Gómez, Hernando Peña Villamil (2017), Modelo basado en ITIL para la gestión de los servicios de TI en la cooperativa de caficultores de Manizales, Scientia et Technica Año XXII, vol 22, No. 04 Universidad Tecnológica de Pereira ISSN 0122-1701
Pereira ISSN 0122-1701

Capítulo 4

PANORAMA NACIONAL DE LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Andrea Fernanda Burbano Bustos¹
Jhonatan Andrés Rodríguez Manrique²

Resumen

En Colombia existe un gran número de Instituciones de Educación Superior que ofertan el Programa de Ingeniería de Sistemas. Sin embargo, actualmente, si buscamos estudios que nos describan la situación actual de los Programas de Ingeniería de Sistemas, encontramos que se carece de fuentes de información documentadas, que orienten a los lectores interesados en esta temática. Por lo cual, el objetivo del presente estudio consistió en realizar un diagnóstico del Programa de Ingeniería de Sistemas, a nivel nacional. Metodológicamente, el proceso se inicia con la exploración y búsqueda de información en bases de datos, especialmente del Ministerio de Educación Nacional (MEN), entre otras fuentes. Además, se realizaron procedimientos fundamentados en la heurística, puesto que, luego de la exploración, se pasó a realizar descripción, formulación, recolección y selección de datos significativos para este proceso. Asimismo, fue necesario hacer uso de la hermenéutica al momento de hacer la interpretación, construcción teórica y posterior publicación de los resultados obtenidos. Finalmente, se concluye que en Colombia las Instituciones de Educación Superior que ofertan el Programa de Ingeniería de Sistemas, sin duda alguna, siguen trabajando para el mejoramiento continuo de sus procesos de formación, velando porque los estudiantes presentes y futuros puedan recibir un proceso de formación acorde con los más altos estándares de calidad, y que estén contextualizados con las necesidades de su entorno.

1 Corporación Universitaria del Caribe –CECAR, Colombia. Ingeniera de Sistemas, Magister en Educación, Docente. Correo: andrea.burbano@cecar.edu.co

2 Corporación Universitaria del Caribe –CECAR, Colombia. Ingeniero Agroindustrial, Magister en Ciencias Agroalimentarias, Docente Universitario, Corporación Universitaria del Caribe -CECAR Correo: jhonatan.rodriguez@cecar.edu.co

Palabras clave: Educación Superior, programa académico, Ingeniería de Sistemas, panorama nacional

Abstract

In Colombia there is a large number of Higher Education Institutions that offer the Systems Engineering Program. However, currently, if we look for studies that describe the situation of the Systems Engineering Programs, we find that there are no documented sources of information to guide readers interested in this topic. Therefore, the objective of this study was to carry out a diagnosis of the Systems Engineering Program, at the national level. Methodologically, the process begins with the exploration and search of information in databases, especially the Ministry of National Education (MEN), among other sources. In addition, procedures based on heuristics were carried out, since, after the exploration, the description, formulation, collection and selection of significant data for this process were carried out. Likewise, it was necessary to make use of hermeneutics when making the interpretation, theoretical construction and subsequent publication of the results obtained. Finally, it is concluded that, in Colombia, the Higher Education Institutions that offer the Systems Engineering Program, without a doubt, continue to work for the continuous improvement of their training processes, ensuring that present and future students can receive a training process according to the highest quality standards, and that are contextualized with the needs of their environment.

Keywords: Higher Education, academic program, Systems Engineering, national panorama.

Introducción

En Colombia, existe un gran número de personas que actualmente pertenecen a la comunidad de estudiantes del Programa de Ingeniería de Sistemas o que desean incorporarse a este Programa, considerando esta, como su principal opción al momento de evaluar las alternativas para decidirse por su formación profesional. Sin embargo, en numerosos casos para algunas personas no es posible porque no tienen acceso a una fuente de información organizada y confiable que les suministre la información necesaria sobre este Programa, para mantenerla actualizada (Vásquez-

Orjuela, 2015). Dentro de esta labor debe mencionarse, que se han clasificado las instituciones según su carácter como “oficiales” y “privadas” y con ello, en la ventana del tiempo, algunas han desistido de realizar sus funciones por diversos motivos, entre ellos por asuntos relacionados a las condiciones de renovación de registros calificados por parte del Ministerio de Educación Nacional, dejando de lado la disponibilidad de oferta del Programa de Ingeniería de Sistemas. En este orden, en la figura 1, se ilustra el número de instituciones que a la fecha figuran como activas e inactivas ofertando el Programa de Ingeniería de Sistemas, discriminadas por sector en todo el territorio nacional.

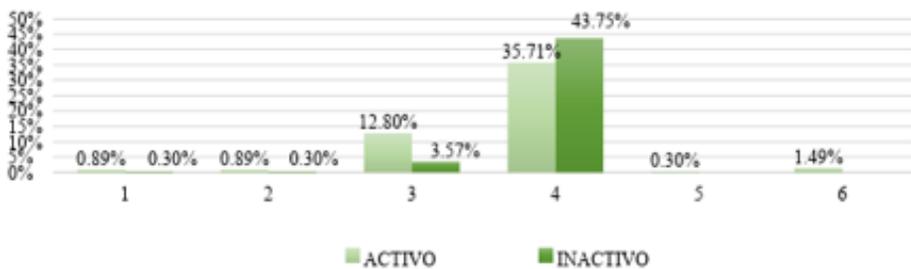


Figura 1. Número de instituciones de educación superior activas e inactivas que ofertan el Programa de Ingeniería de Sistemas en todo el territorio nacional.

Fuente: Adaptación del Ministerio de Educación Nacional (2018).

De esta forma, es posible inferir que actualmente en todo el territorio colombiano, se está ofertando el Programa de Ingeniería de Sistemas en 175 instituciones que están en correcto funcionamiento, ya que hay un número importante de instituciones (146) que han desistido de la oferta educativa en las diferentes modalidades. A razón de este panorama, se hace necesario ahondar un poco más en detalles para lograr describir como se distribuyen estas instituciones según su modalidad. Para ello, la figura 2 ilustra el porcentaje de instituciones activas e inactivas discriminadas según su modalidad, permitiendo observar, que en las diferentes modalidades la prespecialidad representa mayor porcentaje en la oferta activa del Programa y en correcto funcionamiento, tanto en el sector oficial (12.8%) como en el sector privado (35.715%), siendo esta última participación mucho más representativa que la del sector oficial. De forma seguida, es posible inferir que la participación de los programas activos oficiales y privados bajo la modalidad de educación a distancia, es relativamente baja comparada con la oferta presencial y que se equiparan en su porcentaje entre ellas con una participación de 0.89% en correcto funcionamiento.



Figura 2. Modalidad de la oferta del Programa de Ingeniería de Sistema según el sector a nivel nacional.

Fuente: Adaptación del Sistema Nacional de Instituciones de Educación Superior SNIES (2018).

De igual forma, la modalidad de educación virtual activa, representa una baja participación en la oferta del Programa de Ingeniería de Sistemas, tanto para el sector oficial (0.30%) como para el sector privado (1.49%), indicando baja oferta del Programa en esta modalidad. Del anterior diagnóstico, es posible inferir que la modalidad que predomina a nivel nacional para estudiar Ingeniería de Sistemas es en la modalidad de formación presencial, a pesar de presentar altas cifras de inactividad en los programas del sector privado (43.75%).

De forma seguida en la tabla 1, se detallan los nombres de las instituciones de educación o universidades tanto oficiales como privadas, que actualmente ofertan el Programa que se ofrecen a nivel nacional, con su respectivo número de sedes en las cuales se encuentra activo el Programa. De forma seguida en la tabla 1, se detallan los nombres de las instituciones de educación o universidades tanto oficiales como privadas, que actualmente ofertan el Programa que se ofrecen a nivel nacional, con su respectivo número de sedes en las cuales se encuentra activo el Programa.

Tabla 1

Universidades oficiales y privadas que ofertan Ingeniería de Sistemas al año 2018.

Sector	Nombre Institución	Activo	Inactivo
Oficial	Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central	1	
	Institución Universitaria Antonio José Camacho	1	
	Institución Universitaria De Envigado	1	

Sector	Nombre Institución	Activo	Inactivo
	Instituto Tecnológico Del Putumayo	1	1
	Instituto Tecnológico Metropolitano	1	
	Instituto Tolimense De Formación Técnica Profesional	1	
	Unidad Central Del Valle Del Cauca	1	
	Unidades Tecnológicas De Santander	1	1
	Universidad De Antioquia	4	1
	Universidad De Caldas	1	
	Universidad De Cartagena	1	1
	Universidad De Córdoba	1	
	Universidad De Cundinamarca-Udec	5	2
	Universidad De La Amazonia	1	
	Universidad De La Guajira	1	
	Universidad De Los Llanos	1	
	Universidad De Nariño	3	
	Universidad De Pamplona	1	
	Universidad Del Cauca	2	
	Universidad Del Magdalena - Unimagdalena	1	
	Universidad Del Pacifico	1	
	Universidad Del Quindío	1	
	Universidad Del Tolima	1	
	Universidad Del Valle	2	1
	Universidad Distrital-Francisco José De Caldas	1	1
	Universidad Francisco De Paula Santander	2	3
	Universidad Industrial De Santander	1	
	Universidad Nacional Abierta Y A Distancia Unad	1	
	Universidad Nacional De Colombia	2	1
	Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia - Uptc	2	
	Universidad Popular Del Cesar	2	1
	Universidad Tecnológica De Pereira - Utp	1	
	Corporación De Estudios Tecnológicos Del Norte Del Valle	1	

Sector	Nombre Institución	Activo	Inactivo
Privada	Corporación Educativa -Itae-		2
	Corporación Instituto Superior De Educación Social-Ises-		1
	Corporación Jhon F. Kennedy		3
	Corporación Politécnico De La Costa Atlántica	1	2
	Corporación Tecnológica Industrial Colombiana - Teinco	1	2
	Corporación Unificada Nacional De Educación Superior-Cun-	4	18
	Corporación Universal De Investigación Y Tecnología -Coruniversitec-	2	6
	Corporación Universidad De Investigación Y Desarrollo - Udi	3	1
	Corporación Universidad De La Costa Cuc	1	1
	Corporación Universidad Piloto De Colombia	2	
	Corporación Universitaria Unitec	1	
	Corporación Universitaria Adventista - Unac	1	
	Corporación Universitaria Americana	2	
	Corporación Universitaria Antonio José De Sucre - Corposucre	3	
	Corporación Universitaria Autónoma Del Cauca	1	1
	Corporación Universitaria Centro Superior - Unicuces	1	2
	Corporación Universitaria Comfauca - Unicomfauca	1	
	Corporación Universitaria De Ciencia Y Desarrollo - Uniciencia	1	
	Corporación Universitaria De Santa Rosa De Cabal-Unisarc-	1	
	Corporación Universitaria Del Caribe - Cekar	1	
	Corporación Universitaria Del Huila-Corhuila-	1	
	Corporación Universitaria Del Meta - Unimeta	1	1
Corporación Universitaria Empresarial De Salamanca	1		
Corporación Universitaria Latinoamericana - Cul	1		

Sector	Nombre Institución	Activo	Inactivo
	Corporación Universitaria Minuto De Dios -Uniminuto-	1	
	Corporación Universitaria Rafael Nuñez	1	
	Corporación Universitaria Remington	3	
	Corporación Universitaria Republicana	1	
	Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito	1	
	Fundación De Educación Superior Esatec		2
	Fundación De Educación Superior San José -Fessanjose-	1	1
	Fundación De Educación Superior Sikuaní - Fesi		1
	Fundación Para La Educación Superior Real De Colombia		2
	Fundación Universidad Autónoma De Colombia -Fuac-	2	3
	Fundación Universitaria Claretiana - Uniclaretiana	3	
	Fundación Universitaria Colombo Internacional - Uicolombo	1	
	Fundación Universitaria De Popayán	1	1
	Fundación Universitaria De San Gil - Unisangil -	3	3
	Fundación Universitaria Del Área Andina	2	2
	Fundación Universitaria Horizonte		2
	Fundación Universitaria Internacional Del Trópico Americano	2	
	Fundación Universitaria Juan De Castellanos	1	
	Fundación Universitaria Konrad Lorenz	1	
	Fundación Universitaria Los Libertadores	1	
	Fundación Universitaria María Cano		1
	Fundación Universitaria San Martín		4
	Fundación Universitaria San Mateo - San Mateo Educación Superior	1	
	Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco - Cartagena	1	
	Institución Universitaria Salazar Y Herrera	1	

Sector	Nombre Institución	Activo	Inactivo
	Institución Universitaria Centro De Estudios Superiores María Goretti	1	
	Institución Universitaria De Colombia - Universitaria De Colombia	1	
	Politécnico Grancolombiano	3	1
	Pontificia Universidad Javeriana	2	
	Unión Americana De Educación Superior- Unión Americana		2
	Unipanamericana - Fundación Universitaria Panamericana	3	1
	Universidad Antonio Nariño	2	7
	Universidad Autónoma De Bucaramanga-Unab-	1	
	Universidad Autónoma De Manizales	1	3
	Universidad Autónoma Del Caribe- Uniautonomia	1	
	Universidad Católica De Colombia	1	1
	Universidad Católica De Oriente -Uco	1	
	Universidad Católica De Pereira	1	
	Universidad Católica Luis Amigó-Funlam	4	
	Universidad Central	1	
	Universidad Cooperativa De Colombia	9	23
	Universidad De Boyacá Uniboyaca	1	4
	Universidad De Ibagué	2	1
	Universidad De Los Andes	1	
	Universidad De Manizales	1	
	Universidad De Medellín	1	
	Universidad De San Buenaventura	3	2
	Universidad De Santander - Udes	1	2
	Universidad Del Norte	1	
	Universidad Del Sinú - Elías Bechara Zainum - Unisinu -	2	2
	Universidad Eafit-	1	
	Universidad Ean	2	
	Universidad Ecci	1	
	Universidad Eia	1	

Sector	Nombre Institución	Activo	Inactivo
	Universidad El Bosque	1	
	Universidad Icesi	1	1
	Universidad Incca De Colombia	2	21
	Universidad La Gran Colombia		2
	Universidad Libre	4	1
	Universidad Manuela Beltran-Umb-		6
	Universidad Mariana	1	
	Universidad Pontificia Bolivariana	2	
	Universidad Santiago De Cali	1	5
	Universidad Santo Tomas	1	
	Universidad Sergio Arboleda	2	
	Universidad Simón Bolívar	2	
	Universidad Tecnológica De Bolívar	1	1

Nota: Adaptación del Sistema Nacional de Instituciones de Educación Superior SNIES (2018).

De la tabla 1, se puede observar que a nivel nacional treinta y dos (32) universidades de carácter oficial, ofrecen el Programa de Ingeniería de Sistemas, mientras que ochenta (80) instituciones de carácter privado proporcionan esta oferta. Algo preocupante es que cuarenta y dos (42) instituciones de educación superior de carácter privado, han desistido de ofrecer el Programa en los últimos años. Dado el panorama anterior, el objetivo del presente estudio fue realizar un diagnóstico del Programa de Ingeniería de Sistemas a nivel nacional.

Cobertura del Programa Ingeniería de Sistemas en Colombia

Una vez mencionadas las universidades que ofertan el Programa de Ingeniería de Sistemas en el país, se hace necesario referenciar la cobertura que se le proporciona a la población estudiantil interesada. En este orden, la cobertura educativa puede ser definida como un indicador que permite establecer una relación entre la oferta y demanda de un servicio educativo (Ospina-Díaz y Sanabria Rangel, 2010). En la figura 3, se ilustra el número de estudiantes matriculados en todos los periodos académicos y bajo las tres modalidades de estudio (presencial, a distancia y virtual) para el Programa en el periodo 2014-2016.



Figura 3: Estudiantes matriculados en el Programa de Ingeniería de Sistemas 2014-2016.

Fuente: Adaptación del Ministerio de Educación Nacional (2018).

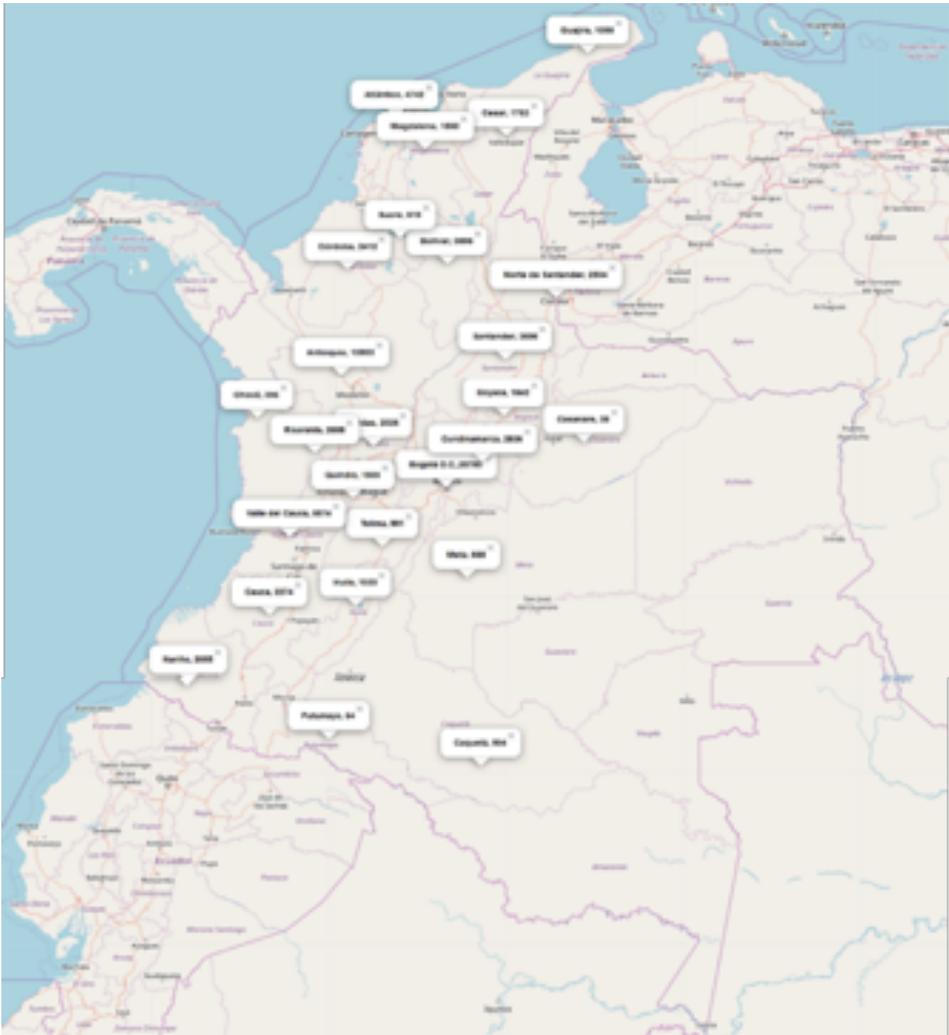




Figura 4: Distribución de estudiantes matriculados en el Programa de Ingeniería de Sistemas por departamentos 2016.

Fuente: Adaptación del Ministerio de Educación Nacional (2018).

En la figura 3, es posible observar la tendencia de crecimiento del Programa en Colombia en relación con la cobertura por número de estudiantes, representando un incremento del 7.43% entre los periodos 2014 al 2016. Con el fin de especificar un poco más en este aspecto, mediante la figura 4 se describe la distribución de todos estos estudiantes matriculados en el Programa de Ingeniería de Sistemas y afines de acuerdo a los diferentes departamentos del territorio nacional para el año 2016.

Como es posible observar en la figura 4, la ciudad de Bogotá como distrito capital sumado con la capacidad de Cundinamarca y los

estudiantes que provienen de otras regiones del país, tiene la mayor cobertura para matricular a estudiantes del Programa en mención, seguido del departamento de Antioquia, donde se observa una capacidad para recibir 13.803 estudiantes en todos los semestres académicos. A nivel de la región caribe, los departamentos de Atlántico, Bolívar y Córdoba, figuran con la mayor capacidad para la formación de Ingeniero de Sistemas en el país. Finalmente, debe mencionarse que, en departamentos como Arauca, Vichada, Guainía, Vaupés, Guaviare y Amazonas, no se registran datos de cobertura para la formación profesional de Ingenieros de Sistemas, lo cual representa falencias de cobertura educativa para la región suroriental del país.

Calidad en instituciones privadas y oficiales para el Programa de Ingeniería de Sistemas en Colombia

Según Melo, Ramos y Hernández (2017), en Colombia la Educación Superior actualmente se encuentra en un estado heterogéneo, debido a que existen universidades que se destacan por su organización, reconocimiento y excelencia, lo cual, las categoriza como instituciones con programas acreditados por alta calidad. Sin embargo, del otro lado de la balanza se encuentran Instituciones de Educación Superior con carencias notorias en aspectos de calidad referentes a la sinergia entre las necesidades del sector productivo con respecto a la formación profesional, lo que se identifica como una limitación para el desarrollo del país en aspectos económicos. Por su parte, Peláez-Valencia (2016) menciona que, en la educación superior, la calidad es un concepto flexible, pero que el camino para obtener programas acreditados por calidad es en gran medida riguroso, considerando que el Consejo Nacional de Acreditación (CNA) es el ente regulador encargado de verificar el cumplimiento de las condiciones de calidad para la prestación del servicio de educación. Este, identifica la acreditación como un reconocimiento que el estado hace a las Instituciones de Educación Superior y programas académicos con el propósito de valorar el proceso de formación que se imparte a los estudiantes considerando su naturaleza y carácter, y la propia de su área de conocimiento, que solo se alcanza a través de procesos de autoevaluación en cada institución, la hetero-evaluación realizada por pares académicos externos a la institución evaluada y la evaluación final realizada por el CNA. Este proceso culmina cuando el Ministerio de Educación Nacional realiza con el reconocimiento

público para la institución. Como complemento, el CNA, en su último boletín estadístico realizado en 2014 menciona que a nivel nacional el 51.8% de los programas de pregrado cuentan con acreditación y corresponden a instituciones de carácter privado, mientras que el 48.2% corresponde a instituciones oficiales o públicas lo cual representa un buen avance en este tema para el país.

Por otro lado, en Colombia existen Instituciones de Educación Superior en estado activo o inactivo como se observa en la tabla 1, dentro grupo de las activas, debe destacarse que resulta una ventaja competitiva que los programas ofertados cuenten con las condiciones de acreditación de alta calidad, puesto que, con ello se garantizan altos estándares de cumplimiento para el desarrollo de la actividad de formación profesional (López, 2017; Castaño-Duque y García-Serna, 2012). Sin embargo, contar con registro calificado también representa que la institución cuenta con las condiciones necesarias para ofertar el programa académico. El panorama nacional frente a las condiciones de acreditación de los programas de Ingeniería de Sistemas, puede ser descrito de acuerdo a la información plasmada en la figura 5.

A nivel nacional, el Programa de Ingeniería de Sistemas en las instituciones de carácter privado presenta mayor participación en lo referente a la acreditación por calidad, considerando un 17.78% un valor considerablemente elevado con respecto al porcentaje de instituciones que han optado por dejar expirar su registro, y sobre el 11.11% de instituciones que solo poseen las condiciones mínimas de funcionamiento denominado registro calificado. Por su parte, en el sector oficial o público, es posible inferir que las Instituciones de Educación Superior, también han centrado sus esfuerzos en alcanzar la distinción de calidad para el Programa de Ingeniería de Sistemas logrando una participación del 8.89% sobre el total evaluado, lo cual representa un buen avance en la iniciativa de ofertar programas de Ingeniería de Sistemas capaces de genera un mejor impacto en el desarrollo profesional de los estudiantes y con ello en el capital humano del país.

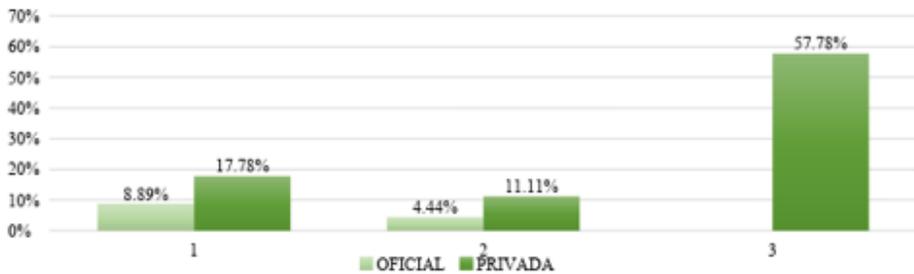


Figura 5. Estadísticas de Calidad en instituciones privadas y oficiales para el Programa de Ingeniería de Sistemas.

Fuente: Adaptación del SNIES (2018).

En la Tabla 2, se presenta el nombre de los programas e instituciones que lo ofertan, que cuentan con acreditación por calidad vigente al año 2018, según el Ministerio de Educación Nacional.

Tabla 2

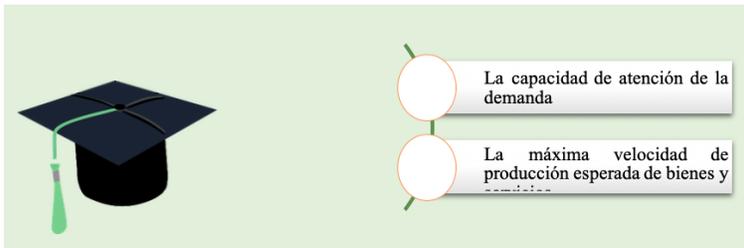
Estadísticas de Calidad en instituciones privadas y oficiales para el Programa de Ingeniería de Sistemas.

Nombre Institución	Sector	Nombre del Programa
Universidad Nacional De Colombia	Oficial	Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad Nacional De Colombia	Oficial	Ingeniería de Sistemas e Informática
Universidad Tecnológica De Pereira - Utp	Oficial	Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad De Caldas	Oficial	Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad Del Quindío	Oficial	Ingeniería de Sistemas y Computación
Pontificia Universidad Javeriana	Privada	Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad Pontificia Bolivariana	Privada	Ingeniería de Sistemas e Informática
Universidad Del Norte	Privada	Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad Católica De Colombia	Privada	Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad De Manizales	Privada	Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones
Universidad Sergio Arboleda	Privada	Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones
Universidad De Los Andes	Privada	Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad Católica De Pereira	Privada	Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones

Nota: Adaptación del SNIES (2018).

Capacidad instalada en Instituciones de Educación Superior (IES) que ofertan Ingeniería de Sistemas en Colombia

Según Vásquez, Sánchez y Henao (2014), en las instituciones en educación superior la capacidad instalada puede diferenciarse de dos formas, en primera instancia se hace referencia a la potencialidad de los recursos, tanto técnicos como económicos y en segundo plano a la disponibilidad, requerimiento y uso en el tiempo: instalada y disponible. Además, toda institución que oferta el programa académico Ingeniería de Sistemas, requiere de una planta física y/o infraestructura adecuada que no puede centrarse solo en el número de aulas o en la cantidad de hora de operación, sino que se consideren como parte de la capacidad instalada algunas variables fundamentales para la provisión del servicio educativo como es el caso de la disposición de una buena planta física (aulas, laboratorios, salas de cómputo, auditorios - capacidad máxima de cada espacio), el talento humano apropiado y unas buenas condiciones de admisión. Entonces, la expresión “capacidad instalada” se puede abordar desde dos enfoques relacionados en la figura .6.



*Figura 6: Enfoques de la capacidad instalada.
Fuente: Adaptación de Vásquez et al., (2014).*

Figura 6: Enfoques de la capacidad instalada.

Fuente: *Adaptación de Vásquez et al., (2014).*

Según Burges (1996), citado por Vásquez et al., (2014) Se debe tener en cuenta que las instituciones están sujetas a un número determinado de aulas de clase, cantidad que limita el tamaño de los grupos de estudiantes, por lo cual se requiere el uso eficiente del espacio disponible entre otros asuntos, en la planeación de carga académica del personal docente para mejorar el grado de utilización. Es decir, los insumos corresponden a la cantidad de horas disponibles por semana, para la atención docente, soportada por cada infraestructura

Respecto a planta física, no se tiene en Colombia un estándar o referente bibliográfico centralizado con respecto a los metros cuadrados por estudiante que una institución de educación superior debe disponer para la atención de los mismos. Sin embargo, en el país se hace seguimiento a la matrícula universitaria a nivel de pregrado, por los cuales se conoce que el número de estudiantes registrados en Colombia ascendió de 582.672 en el 2000 a 1.092.900 en el año 2015. Respecto a las universidades públicas, la matrícula aumentó de 234.210 estudiantes en el año 2000 a 553.197 estudiantes en el 2015. Además, en este período se puede destacar el aumento de 53.754 estudiantes matriculados en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, así como la Universidad Nacional Abierta y a Distancia con 61.411 estudiantes, la Universidad Nacional de Colombia con 43.300 estudiantes, la Universidad de Antioquia con 32.523 estudiantes y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia con 26.263 estudiantes. Por su parte, las universidades privadas aumentaron su matrícula de 348.462 estudiantes en el 2000 a 539.704 estudiantes en el 2015. Para este último año, se destaca la matrícula de la Universidad Cooperativa de Colombia con 48.144 estudiantes, la de la Universidad Libre con 29.082 estudiantes, la de la Universidad Santo Tomás con 28.109 estudiantes, y la de la Pontificia Universidad Javeriana con 25.309 estudiantes. Dentro de las instituciones universitarias públicas sobresale la Escuela Superior de Administración Pública (ESAP) con 10.319 estudiantes, el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con 14.811 estudiantes y el Instituto Tecnológico Metropolitano con 22.765 estudiantes. Dentro de las instituciones universitarias privadas, se destacan la Corporación Universitaria Minuto de Dios con 93.658 estudiantes, el Politécnico Grancolombiano con 30.748 estudiantes, la Fundación Universitaria del Área Andina con 18.850 estudiantes, la Corporación Universitaria Remington con 18.281 estudiantes y la Fundación Universitaria Luis Amigó con 15.035 estudiantes (Melo et al., 2017).

Específicamente en la Costa Caribe, la capacidad de atención a la demanda en Instituciones de Educación Superior, puede referenciarse por las instituciones ubicadas en las ciudades capitales que se encuentran en esta porción del territorio nacional, tomando únicamente datos del periodo 2016-I tanto para matrículas de primer semestre como de matrícula total

para el Programa de Ingeniería de Sistemas, observamos la demanda 2016-1 en la tabla 3.

Tabla 3

Relación de capacidad de atención a la demanda con respecto a matriculas 2016-1.

Ciudad	Institución	Matricula I semestre 2016I	Matricula Total 2016I
	Universidad del Norte	138	448
	Universidad Simón Bolívar	86	400
	Universidad Tecnológica de Bolívar	40	113
	Universidad del Sinú	9	82
	Fundación Universitaria Tecnológica Comfenalco - Cartagena	91	366
	Universidad del Sinú	14	63
	Corporación universitaria del Caribe -CECAR	60	218
	Corporación universitaria Antonio José de Sucre -CORPOSUCRE	19	45
	Corporación Unificada Nacional de Educación Superior -CUN	15	229

Nota: Elaboración propia

Talento humano en las IES que ofertan Ingeniería de Sistemas en Colombia

De acuerdo con el Ministerio de Educación Nacional, en cuanto al talento humano disponible y referente al cargo de docentes universitarios, el sistema de educación superior contaba con una media de 148.689 para los dos periodos académicos del 2015, de los cuales 45.362 (30,5%) laboraban con un contrato de tiempo completo, 14.048 (9,4%) en la modalidad de medio tiempo y 90.763 (61,0%) con un esquema parcial o de hora cátedra tabla 4. Por nivel de formación, para los 144.270 profesores que indicaron máximo nivel de formación, el 2,1% de estos docentes tenía título de técnico

o tecnólogo, el 29,9% tenían título de pregrado, el 30,6% de especialización, el 30,7% de magíster y el 6,7% de doctorado o posdoctorado. Es de anotar la alta proporción de profesores catedráticos (61%) y el bajo porcentaje de docentes con doctorado (6,7%), que además están concentrados en pocas universidades. Esta situación, puede estar afectando las actividades de investigación, la formación académica de los estudiantes y, en general, los resultados del sistema educativo (Melo et al., 2017).

Tabla 4
Docentes Educación Superior

Año	Cátedra	Medio Tiempo	Total General
2007	48.039	7.776	79.218
2008	52.040	8.380	88.741
2009	54.160	10.006	92.756
2010	62.400	10.947	104.102
2011	66.726	12.003	111.000
2012	72.359	11.280	117.800
2013	69.286	11.179	116.274
2014	87.642	13.627	143.407
2015	89.280	14.048	148.689

Nota: Adaptado de Melo et al., (2017).

Sobre la financiación de las instituciones de educación superior en Colombia:

- Los recursos de las entidades privadas provienen esencialmente del cobro de derechos de matrícula.
- Los recursos de las instituciones de carácter público se originan en gran parte en transferencias del gobierno central y/o de los gobiernos sub-nacionales.

En el período 2000-2015, el gasto estatal en este nivel de enseñanza representó en promedio 0,94% del Producto Interno Bruto (PIB) del cual, un poco más de la mitad correspondió a aportes de la nación y el resto a recursos territoriales y a rentas parafiscales. Los aportes de la nación están asignados principalmente, al financiamiento de la Universidades Nacional, la Universidad de Antioquia y a la Universidad del Valle, quienes reciben alrededor del 30%, el 10% y el 9% de los recursos, respectivamente.

Durante la última década, los recursos estatales para educación superior, no han mostrado cambios significativos respecto al PIB, lo cual sugiere que el Estado, no ha respondido de forma paralela al crecimiento de la demanda por cupos de educación superior, aunque en los últimos años, se observó un leve crecimiento en la participación de los aportes de la nación a las instituciones de educación superior públicas.

Condiciones de admisión a las IES que ofertan Ingeniería de Sistemas en Colombia

De manera general, se pueden listar los requisitos de admisión para la gran mayoría de IES del país así:

- Poseer el título de bachiller (presentar el diploma) en cualquiera de las modalidades aprobadas por el Gobierno Nacional.
- Haber presentado el examen de estado (presentar resultado).
- Diligenciar el formulario de inscripción establecido por la Universidad.
- Cancelar los derechos pecuniarios por concepto de inscripción.

Algunas Universidades, toman los resultados de las pruebas de estado como criterio de admisión, ponderando los resultados de ciencias naturales, lectura crítica y matemáticas, áreas a fines con las áreas del programa académico. Otras en cambio, únicamente solicitan como requisito la evidencia de haber presentado las pruebas, pero el criterio de selección se basa en pruebas internas de admisión y/o entrevistas.

Para todas las IES, los estudiantes extranjeros deben convalidar los estudios en Colombia. Así mismo, los estudiantes que han realizado estudios en otras instituciones deben solicitar previamente el estudio de homologación nivelación suministrando la información correspondiente en la oficina de registro y control de la IES en que desean estudiar.

Respecto a las IES del país que se encuentran en el mismo grupo de referencia de la Corporación Universitaria del Caribe-CECAR de acuerdo a la clasificación de programas en el SNIES del Ministerio de Educación Nacional (MEN), se ha establecido que las condiciones de admisión son las que se ilustran en la tabla 5.

Tabla 5*Condiciones de admisión para el grupo de referencia Ingeniería de Sistemas.*

Nombre Instituciones de Educación Superior (IES)	Presentación Pruebas Saber	Ponderación Pruebas Saber	Pruebas Internas	Entrevista
Corporación Universitaria del Caribe	X	-	-	-
Corporación Universitaria del Meta	X	-	X	X
Fundación Universitaria San Gil - Unisangil	X	X	X	X
Fundación Tecnológico COMFENALCO - Cartagena	X	-	X	X
Instituto Tecnológico Municipal	X	X	X	-
Unidad Central del Valle del Cauca	X	-	X	-
Uniminuto - Bogotá	X	X	-	-
Universidad del Sinú - Unisinú	X	X	-	X
Unitrópico	X	-	X	X
Universidad Católica Popular del Risaralda	X	-	X	X
Universidad Francisco de Paula Santander- Ocaña	X	-	-	X
Universidad Católica de Manizales	X	-	-	X
Universidad de Cundinamarca -Girardot	X	-	-	-
Universidad de la Guajira	X	-	-	-
Universidad de Santander	X	-	-	X
Universidad Santiago de Cali	X	-	X	X

Nota: Elaboración propia.

1.5 Tradicionalidad de las IES que ofertan Ingeniería de Sistemas en Colombia

A nivel mundial, un evento importante ocurre en 1960, cuando Bell Telephone plantea una definición que da origen a la Ingeniería de Sistemas. Sólo a partir de 1968 en Colombia; las universidades; Nacional, de los Andes, e Industrial de Santander, establecen dentro de su currículo la carrera de Ingeniería de Sistemas y Computación. Hasta el año 1980, se obtuvieron en el país los primeros graduados del Programa. Para el año 2012, en todos los programas de ingeniería se matricularon 874.754 estudiantes, que representaron en su momento un 28% de la población total de matriculados para este periodo, que fue de 3.3164.439. Para el mismo año, en Colombia se graduaron 12.903 ingenieros en los diferentes programas de ingeniería de sistemas, que correspondieron al 21% del total de ingenieros graduados durante este periodo. Las universidades que se destacan en el país por su amplia trayectoria con el tiempo de servicio del Programa Ingeniería de Sistemas se detallan en la tabla 6.

Tabla 6
Universidades destacadas por amplia trayectoria en el país

Universidad	Enfoque	Años de existencia
Nacional de Colombia	Ciencias de la Computación	40
Industrial de Santander	Ingeniería de Software	48
Universidad de Los Andes	Ciencias de la Computación	50
Universidad Javeriana (Cali)	Ciencias de la Computación	34
Universidad del Norte	Ingeniería del Software	37
ICESI	Tecnologías de la Información	34
Universidad Javeriana (Bogotá)	Ciencias de la Computación	24

Nota: Elaboración propia.

Reconocimiento a las IES que ofertan Ingeniería de Sistemas en Colombia

El reconocimiento puede ser definido como la acción que se ejerce para diferenciar, o distinguir a una persona, institución o cosa, de tal manera que pueda ser resaltado según algún criterio que responda a su labor o características propias. En este apartado, se referenciarán algunas

instituciones a nivel nacional que han recibido algún tipo de reconocimiento nacional o internacional, de tal manera, que se establezca un precedente para aquellas instituciones que se han encargado de desarrollar actividades diferenciadoras. Inicialmente, es posible mencionar que la universidad Universidad Icesi de la ciudad de Cali en el año 2017, recibió la acreditación por Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) una de las comisiones acreditadoras de mayor relevancia a nivel internacional en el área de la ingeniería con sede en Baltimore, Estados Unidos. Este reconocimiento fue obtenido para los programas de Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Telemática e Ingeniería Industrial y es considerado el certificado de calidad de mayor relevancia a nivel mundial, puesto que evalúa ocho (8) criterios de calidad referentes a los estudiantes, los profesores, los objetivos educativos de los programas, procesos de mejoramiento, infraestructura, contenido curricular, procesos de medición de logros de competencias de aprendizaje y el apoyo institucional, lo cual representa cierto grado de dificultad en su obtención.

Esta misma distinción, ha sido otorgada para el Programa de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Javeriana sede Bogotá en el año 2015, la Universidad de los Andes en su Programa de Ingeniería de Sistemas y computación para el año 2010 y en la Universidad del Norte para el año 2008 y la Universidad industrial de Santander que renovó por tercera vez su acreditación de alta calidad en el año 2014. Debe recalcar, que dichos registros de acreditación o reconocimiento internacional aún se encuentran vigentes para dichas instituciones, y representa un logro como resultado de un proceso voluntario de certificación, puesto que esta certificación no es obligatoria para las instituciones nacionales, pero representa un elemento distintivo, puesto que esta organización acreditadora representa más de 70 años de experiencia en el liderazgo y aseguramiento de la calidad en la educación superior. En Colombia, Las instituciones que cuentan con diferentes reconocimientos se listan en la tabla 7.

Tabla 7

IES que cuentan con reconocimientos en Colombia

Universidad	Puesto Ranking QS Colombia	Programas acreditados por ABET
Universidad de los Andes Colombia	6	8
Universidad de Norte	201 - 250	6
Universidad EAN	201 - 250	1

Nota: *Adaptación propia con información de www.abet.org/*

Por otro lado, la revista dinero realizó un ranking de las mejores universidades a nivel nacional de acuerdo a los resultados obtenidos para las pruebas Saber-Pro 2016, cuyo puntaje fue considerado como deducible de la puntuación global que obtuvo cada uno de los programas analizados, considerando la escala de 1 a 300 categorizados en las competencias específicas y genéricas que utiliza el ente regulador de la prueba, el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES). Dentro del grupo de las “Ingenierías” constituido por Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería de Alimentos, Ingeniería Agroindustrial, Ingeniería química e Ingeniería Agronómica, de lo cual se destacaron la Universidad de los Andes, la Universidad Nacional, Universidad EIA de Medellín, la Universidad ICESI de Cali y la Universidad del Norte en Barranquilla como las cinco primeras universidades que obtuvieron los mejores puntajes en dichas pruebas, donde se compararon solo universidades e instituciones universitarias de carácter privado.

Enfoques de las IES que ofertan el Programa Ingeniería de Sistemas en Colombia

Tabla 8

Enfoques de Ingeniería de Sistemas (según énfasis de la disciplina).

Enfoque	Énfasis
Ingeniería Informática	Relacionado a arquitectura de hardware, se relaciona con programas de ingeniería electrónica.
Sistemas de Información	Prima el concepto de procesamiento automático de la información a través de bases de datos y aplicaciones organizacionales.
Ingeniería de Software	Énfasis en soluciones técnicas mediante el proceso de desarrollo e implantación de software
Ciencias de la Computación	Desarrollo de modelos computacionales eficientes (calculable automáticamente)
Tecnología de Información	

Nota: Elaboración propia.

La Asociación de Maquinaria Computacional (AMC), fundada en 1947 como la primera sociedad científica y educativa para educar acerca de la Computación, ha desarrollado guías y recomendaciones curriculares para programas de sistemas y computación, contemplando algunas disciplinas de computación como se observa en la tabla 1.8

Tabla 9

Enfoques de Ingeniería de Sistemas (programas con acreditación de alta calidad).

Universidad	Enfoque
Nacional de Colombia	Ciencias de la Computación
Industrial de Santander	Ciencias de la Computación
Icesi	Tecnologías de la Información
Universidad Javeriana (Bogotá)	Ingeniería de Software basado en Ciencias de la computación
Universidad de Los Andes	Ciencias de la Computación
Universidad Javeriana (Cali)	Ciencias de la Computación
Universidad Del Norte	Ingeniería de Software basado en Ciencias de la computación

Nota: Elaboración propia a partir de revisión de información pública de Páginas web institucionales.

En general, el diseño curricular de los programas de Ingeniería de Sistemas tiene como característica distintiva la intangibilidad de un producto final: el software. En la tabla .9 se puede observar el enfoque de algunos de los programas ofertados a nivel nacional, se tomaron sólo los que a la fecha han recibido el reconocimiento como programas acreditados con certificación de alta calidad a nivel nacional. Cabe destacar que el enfoque de Ingeniería de Software implica un mayor contacto con los usuarios finales debido a que requiere énfasis en la ingeniería de requerimientos, diseño de algoritmos e interfaces, control de calidad, la implementación de los sistemas y su respectiva validación.

Pares

Teniendo en cuenta, que un grupo de referencia es una agrupación de programas académicos con características similares, y que de acuerdo a la clasificación de programas del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) del Ministerio de Educación Nacional (MEN) y la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación (CINE) de la Unesco, el ICFES ha venido publicando documentos sobre estudios realizados con los resultados en las pruebas SABER. Los cuales se individualizan para cada institución y por grupos de referencia nacional:

1. Por grupo de referencia de cada institución: los programas agrupados en estas categorías son los más similares en términos de currículo, y por tanto, comparten estrategias de enseñanza-aprendizaje orientadas a fortalecer las competencias genéricas.
2. IES con estudiantes en condiciones similares (aquellas que entre 4 y 6 años atrás recibieron estudiantes, en cada grupo de referencia, con resultados de Saber 11 similares a los de la Institución y Grupo de Referencia a la IES)

En cada grupo de referencia de una IES específica, ésta se compara a lo sumo con 15 instituciones similares, a este grupo se denomina como “Vecindad” al grupo de comparación para los reportes Saber Pro (Resumen Ejecutivo - Saber Pro, 2016) el grupo de referencia Ingenierías para el Programa de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria del Caribe corresponde al que se muestra en la tabla 10.

Tabla 10

Programas académicos de las instituciones de la vecindad para el grupo de referencia de Ingeniería de Sistemas en la modalidad presencial.

Región Caribe	Nombre IES	Código SNIES
X	Corporación Universitaria del Caribe - Sincelejo	6710
	Corporación Universitaria del Meta	2115
	Fundación Universitaria San Gil – UNISANGIL (San Gil, Yopal, Choquiquirá)	4350 7745 7915
X	Fundación Tecnológico COMFENALCO – Cartagena	53709
	Instituto Tecnológico Municipal Antonio José Camacho – Cali	91000
	Unidad Central del Valle del Cauca	10587
	Uniminuto – Bogotá	90714
X	Universidad del Sinú – Unisinú	21279
	Unitropico – Yopal	52537
	Universidad Católica Popular del Risaralda	11879
	Universidad Francisco de Paula Santander- Ocaña	52503
	Universidad Católica de Manizales	*
	Universidad de Cundinamarca –Girardot	*
X	Universidad de la Guajira – Maicao	17579
	Universidad de Santander	5983
	Universidad Santiago de Cali	15385

** Pertenece al grupo de vecindad de ingeniería, pero no tiene específicamente el Programa Ingeniería de Sistemas.*

X IES que se encuentran en la misma región geográfica en el país.

Nota: Adaptación de ICFES - Reporte Saber Pro - Resumen Ejecutivo 2016.

Las instituciones de esta vecindad se asocian con 70 programas, entre los cuales la Corporación Universitaria del Caribe CECAR tiene dos programas (Ingeniería industrial e Ingeniería de Sistemas). Cabe resaltar que en la tabla 10, sólo se registraron los códigos del Programa Ingeniería de Sistemas.

En la tabla 11, se muestra información de cuatro (4) indicadores relacionados con las características socioeconómicas de la vecindad de

comparación de la cual hace parte CECAR para el grupo de referencia de Ingeniería. Además, en esta tabla se muestra el índice de nivel socio-económico (INSE) calculado por el ICFES para sintetizar el conjunto de características sociales y económicas de los individuos. Este índice, sigue una metodología similar a la propuesta por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Departamento de Planeación Nacional (DNP) para calcular el índice de condiciones de vida (ICFES, 2017). La escala del INSE tiene media de 50 puntos y desviación estándar de 10 puntos. Entre mayor sea el INSE, mejores son las condiciones socioeconómicas. Actualmente, este índice se calcula con la información socio-económica recolectada en SABER PRO debido a que durante los años 2005 a 2007 no se recogió información de este tipo en los formularios de SABER 11.

Tabla 11

Características Socio económicas de los programas académicos de las instituciones de la misma vecindad

Nombre IES	Índice Saber 11	INSE	Edad promedio	% de mujeres
Corporación Universitaria del Caribe - Sincelejo	0,19	46,7	16,4	34,98%
Corporación Universitaria del Meta	0,12	51,0	16,4	56,23%
Fundación Universitaria San Gil – UNISANGIL	0,16	44,7	16,6	38,89%
Fundación Tecnológico COMFENALCO - Cartagena	0,24	49,6	16,3	44,92%
Instituto Tecnológico Municipal	0,24	52,3	17,3	10,28%
Unidad Central del Valle del Cauca	0,26	53,0	16,3	46,00%
Uniminuto – Bogotá	0,23	51,3	16,4	43,49%
Universidad del Sinú – Unisinú	0,22	49,9	16,3	29,57%
Unitrópico	0,26	43,2	16,6	38,98%

Universidad Católica Popular del Risaralda	0,26	57,4	16,7	37,74%
Universidad Francisco de Paula Santander- Ocaña	0,22	43,5	16,2	58,78%
Universidad Católica de Manizales	0,22	57,4	16,5	44,44%
Universidad de Cundinamarca –Girardot	0,28	47,6	16,0	73,68%
Universidad de la Guajira	0,09	43,1	16,3	50,55%
Universidad de Santander	0,13	53,4	16,6	50,49%
Universidad Santiago de Cali	0,13	53,8	16,9	37,34%

Nota: ICFES - Reporte Saber Pro - Resumen Ejecutivo 2016.

En la tabla 12, se presenta la distribución de los estudiantes de la vecindad de comparación de la CECAR, para el grupo de referencia de Ingeniería, de acuerdo al carácter (oficial o no oficial) y la zona (rural o urbana) de las instituciones de educación media.

Tabla 12

Caracterización de los estudiantes de acuerdo a la zona y el carácter de las instituciones de educación media.

Nombre IES	Oficial	No oficial	Rural	Urbano
Univ. Francisco De P. Santander - Ocaña	15	225	0	4
Universidad De Cundinamarca - Girardot	7	77	1	26
Universidad De La Guajira 18 216 0 30	18	216	0	30
Universidad Santiago De Cali - Cali	8	54	1	81
Universidad Católica De Manizales	0	36	7	28
Unisinu	7	49	0	57
Unidad Central Del Valle Del Cauca	4	48	4	36
Univ. Católica Popular Del Risaralda	3	21	9	18
Fund. Univ. De San Gil - Unisangil -	9	141	0	23
Unitropico	5	61	0	5
Corporación Universitaria Del Caribe - Sicelejo	6	72	0	23
Corporación Universitaria Del Meta	15	299	2	69

Uniminuto – Bogotá	12	174	1	76
Universidad De Santander	2	108	0	86
Instituto Tecnológico Municipal	1	48	2	48
Fund. Univ. Tecnol. Comfenalco - C/Gena	11	216	0	163

Nota: ICFES - Reporte Saber Pro - Resumen Ejecutivo 2016.

Factores Identitarios de los programas Ingeniería de Sistemas ofertados en Colombia

Para describir los factores identitarios de un programa académico, primero se conoce el proceso de diseño curricular, el cual es una actividad recurrente en la mayoría de las Instituciones de Educación Superior en Colombia. Usar un marco de referencia común, genera la posibilidad de definir requisitos mínimos para los perfiles profesionales, y eventualmente comparar los de cada Programa. Un marco de referencia puede ser utilizado como base de discusión frente al reto de crear una identidad del Ingeniero de Sistemas y Computación (Universdad de los Andes, 2018).

De acuerdo al estudio realizado por la Universidad de los Andes (2018), para establecer el diseño curricular del Programa Ingeniería de Sistemas y Computación, se debe identificar una tendencia reciente hacia la convergencia de la educación y la práctica en ingeniería que se refleja en la definición de objetivos académicos de interés común. A su vez, estos objetivos están delimitados por los requerimientos de diversos sistemas de acreditación internacional como ABET, así como por marcos y sugerencias curriculares reconocidas mundialmente (Conceive-Design-Implement-Operate, CDIO y Association for Computing Machinery, ACM).

En Colombia, una tendencia en la educación y la práctica del Programa Ingeniería de Sistemas, se debe reflejar en la definición de competencias académicas de interés común como hoy lo es “el desarrollo de software” siendo el mercado para este tipo de servicios un ámbito global; el ingeniero de sistemas debe interactuar con clientes; entonces el programa académico debe fomentar el desarrollo de alta capacidad para comunicarse efectivamente, así como para resolver problemas con personas de otras culturas siendo que hoy el medio de comunicación por excelencia, es Internet.

Comentarios Generales sobre el estado del Programa Ingeniería de Sistemas en Colombia

Las diversas instituciones de educación superior tanto oficiales como privadas que ofertan el Programa de Ingeniería de Sistemas, intenta contribuir y generar un impacto positivo en la formación profesional de los futuros profesionales del país, por ello, intentan cada día mejorar sus procesos de formación académica e investigativa, apoyados en los procesos de evaluación interna denominada actualmente como autoevaluación y sometidos a los procesos de evaluación por pares (hetero-evaluación) todo con el fin de propiciar espacios de formación basados en los más altos estándares de calidad para que sus egresados puedan representar un recurso humano de alto impacto en la sociedad colombiana, tanto para la liderar organizaciones como para fomentar procesos de investigación centralizados, que contribuyan al avance de Colombia en el ámbito de producción e investigación.

A nivel nacional, en cuanto a cobertura el Programa de Ingeniería de Sistemas, presenta un gran número de cupos referentes a matrícula académica en todos los semestre, de los cuales deben resguardarse y garantizarse por parte de las instituciones de educación superior su permanencia, lo cual, garantizará que gran parte de las presentes y futuras generaciones de estudiantes puedan tener este Programa como opción de formación profesional, con el propósito de seguir avanzando en temas propios de la carrera como la arquitectura de computadores, ingeniería de software, desarrollo de aplicaciones, desarrollo de proyectos relacionados con tecnologías de la información y entre otras áreas de actuación del perfil del egresado. De lo cual, se resalta que el gobierno nacional, actualmente está ofreciendo convocatorias y créditos educativos orientados al apoyo de formación en carreras tecnológicas que podrían ser aprovechadas por la población estudiantil para ingresar en este tipo de programas (Gómez Campo y Celis Giraldo, 2009). Sin embargo, debe resaltarse que aun en el territorio nacional existen departamentos que no cuentan con la cobertura del Programa, lo cual debería ser considerado como acción de mejora e intentar establecer acciones gubernamentales que permitan mejorar esta situación.

En cuanto a capacidad instalada, en el país aún no existe un sistema de gestión documental disponible al público, que permita relacionar

la capacidad en metros cuadrados que se dispone a los estudiantes del Programa de Ingeniería de Sistemas u a estudiantes de otros programas, lo cual, debería ser implementado para que sea un indicador a seguir por parte de los entes gubernamentales encargado y que permita tomar acciones de mejora frente a los posibles casos de superpoblación al interior de los campus universitarios. Sin embargo, cada institución educativa mide su capacidad de oferta de acuerdo a elementos diferentes como el talento humano con el que cuenta y a disponibilidad de horario en su planta física, dejando de lado algunos aspectos relevantes como el confort de la masa estudiantil especialmente en la atención oportuna y suministro de equipos tecnológicos y uso de laboratorios.

Conclusiones

De la revisión fue posible inferir que actualmente en todo el territorio colombiano, se está ofertando el Programa de Ingeniería de Sistemas en 175 instituciones, así mismo, se tiene que, a nivel nacional, el Programa presenta mayor participación en instituciones del sector privado, teniendo que las universidades privadas aumentaron su matrícula de 348.462 estudiantes en el 2000 a 539.704 estudiantes en el 2015. Un aspecto preocupante se observa en departamentos como Arauca, Vichada, Guainía, Vaupés, Guaviare y Amazonas, en donde no se registra cobertura del Programa.

Además, se encontró que la modalidad de educación virtual activa, representa una baja participación en la oferta del Programa tanto para el sector oficial como para el sector privado.

El diseño curricular del Programa Ingeniería de Sistemas y Computación, se tiene como característica distintiva la intangibilidad de un producto final: el software. En cuanto a los profesores que prestan servicios en el Programa a nivel nacional, se encuentra que en su formación a nivel de magíster y doctorado o posdoctorado aún es muy baja en el país.

Después de realizar un proceso documental apoyado en la metodología hermenéutica referente al panorama nacional de los programas de Ingeniería de Sistemas, es posible inferir que en Colombia, las Instituciones de Educación Superior que ofertan el Programa de Ingeniería de Sistemas, sin duda alguna, siguen trabajando para el mejoramiento continuo de sus

procesos de formación, velando por que los estudiantes presentes y futuros puedan recibir un proceso de formación acorde a los más altos estándares de calidad y que estén contextualizados a las necesidades de su entorno. Por ello, de forma voluntaria inician sus procesos de acreditación y se someten a evaluación permanente que le permitan obtener reconocimientos nacionales e internacionales por instituciones de alto prestigio en certificación. De igual forma, en Colombia de acuerdo a las dinámicas globales y cambiantes en aspectos tecnológicos, en los programas de Ingeniería de Sistemas se ha trabajado por forjar un mayor número de profesional en esta área, intentando incrementar su cobertura en los últimos años, lo cual, indudablemente generará un mayor desarrollo para la sociedad en general tanto en la creación de productos y servicios como inevitablemente en el desarrollo de la investigación.

Referencias

- Castaño-Duque, G. A., y García-Serna, L. (2012). Una revisión teórica de la calidad de la educación superior en el contexto colombiano. *Educación y Educadores*, 15(2).
- Gómez Campo, V. M., y Celis Giraldo, J. E. (2009). Crédito educativo, acciones afirmativas y equidad social en la educación superior en Colombia. *Revista de estudios sociales*, (33), 106-117.
- López, J. R. F. (2017). La política pública de educación en Colombia: gestión del personal docente y reformas educativas globales en el caso colombiano. *Academia & Derecho*, (13).
- Melo, L. A., Ramos, J. E., y Hernández, P. O. (2017). La educación superior en Colombia: situación actual y análisis de eficiencia. *Borradores de economía*, 808(1), 2-9.
- Ministerio de Educación Nacional. (2018). Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES). Indicadores de educación superior. Recuperado de <https://snies.mineducacion.gov.co/consultasnies/programa#>
- Ospina Díaz, M. R., y Sanabria Rangel, P. E. (2010). Un enfoque de mercado de servicios educativos para la gestión de las organizaciones

- de educación superior en Colombia: el modelo MIGME. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 18(2).
- Peláez Valencia, I. E. (2016). El programa de ingeniería de sistemas y telecomunicaciones de la Universidad Católica de Pereira ha logrado la acreditación de alta calidad. *Entre ciencia e ingeniería*, 10(19), 7-8.
- Universidad de los Andes (2011). Modelo de diseño Curricular, *Ingeniería de Sistemas y Computación*, 45 (2).
- Vásquez, N. E., Sánchez M. y Henao E. (2014). Estudio de la Capacidad instalada, Universidad de Antioquía, Seccionales y Sedes Municipales 4(2).
- Vásquez-Orjuela, D. (2015). Políticas de inclusión educativa: una comparación entre Colombia y Chile. *Educación y Educadores*, 18(1).

Capítulo 5

PANORAMA INSTITUCIONAL DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Carlos Segundo Cohen Manrique¹
Flavio José Arrieta Vital²

Resumen

En la actualidad, la tecnología avanza a pasos agigantados. Esto hace necesario que cada día se tenga que estar actualizando la pertinencia, la vigencia y el impacto de los programas académicos alrededor del mundo, dado que un Programa debe estar en permanente y constante cambio, para poder adaptarse a las necesidades de la región en donde se ofrece. Pensando en esto, la Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura se ha planteado realizar algunos estudios de pertinencia con el propósito fundamental de establecer un panorama global y local, que permita identificar los perfiles y estrategias que priman en las más importantes universidades del mundo, en programas académicos relacionados con esta disciplina. Para lograrlo se han investigado bases de datos para establecer un estado del arte. Asimismo, se han realizado consultas directas e indirectas en más de 40 instituciones universitarias, acreditadas, de primer orden mundial, en áreas relacionadas con la computación. Además, se estudiaron documentos emanados por entes certificados y certificadores como IEEE, ABET, ACOFI, ACIEM, FEDESOFIT, MinTIC, entre otros. Encontrando, a manera de conclusión, que los perfiles más importantes empleados son los relacionados con los Sistemas de Información y las Tecnologías de la Información. Coincidiendo con las áreas ocupacionales y de desempeño que se trabajan actualmente con los Ingenieros de Sistemas de CECAR. Por tal razón, y teniendo en cuenta el análisis realizado, se concluye que

1 Docentes Programa de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura – Corporación Universitaria del Caribe (CECAR). Colombia. PhD (c) en Proyectos TIC, MSc. en Ingeniería de Sistemas y Computación, Docente TC Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura. Correo: carlos.cohen@cecar.edu.co

2 Docentes Programa de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura – Corporación Universitaria del Caribe (CECAR). Colombia. Magíster en eLearning y Tecnología Educativa, Docente asistente, Corporación Universitaria del Caribe – CECAR. Correo: flavio.arrieta@cecar.edu.co

el estado actual del Programa está orientado en las áreas de mayor impacto y estudio a nivel mundial.

Palabras clave: Ingeniería de Sistemas, evaluación de perfiles, análisis de datos.

Abstract

At present, technology is advancing by leaps and bounds. This makes it necessary that each day have to be updated the relevance, validity and impact of academic programs around the world, since a program must be in permanent and constant change, to be able to adapt to the needs of the region where is offered. Thinking about this, the Faculty of Basic Sciences, Engineering and Architecture has decided to carry out some studies of relevance with the fundamental purpose of establishing a global and local panorama, which allows identifying the profiles and strategies that prevail in the most important universities in the world, in academic programs related to this discipline. To achieve this, databases have been researched to establish a state of the art. Likewise, direct and indirect consultations have been carried out in more than 40 accredited university institutions, of first world order, in areas related to computing. In addition, documents issued by certified bodies and certifiers such as IEEE, ABET, ACOFI, ACIEM, FEDESOFIT, MinTIC, among others, were studied. Finding, by way of conclusion, that the most important profiles used are those related to Information Systems and Information Technologies. Coinciding with the occupational and performance areas that are currently working with the Systems Engineers of CECAR. For this reason, and taking into account the analysis carried out, it is concluded that the current status of the Program is oriented in the areas of greatest impact and study worldwide.

Keywords: Systems Engineering, profile evaluation, data analysis.

Introducción

Este capítulo planteó como objetivo principal, determinar el estado actual del Programa de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria del Caribe – CECAR, realizando un análisis comparativo entre el número de créditos de algunos programas de Ingeniería de Sistemas de instituciones extranjeras y el Programa de Ingeniería de Sistemas de CECAR, así como los perfiles que tienen estas universidades versus los del Programa de Ingeniería de Sistemas de CECAR. El análisis también contempla la comparación de los resultados obtenidos por el Programa de Ingeniería de Sistemas de CECAR con el resultado obtenido por algunas de las instituciones ubicadas en la región de la Costa Atlántica. Al realizar este análisis se podrá determinar el estado actual del Programa de Ingeniería de Sistemas de CECAR para comprobar la pertinencia y vigencia del Programa y de los perfiles definidos por el Programa. (Hoyos Botero, 2000)

Según la UNESCO (2015), la ingeniería es la profesión que le corresponde el desarrollo, provecho e implementación de conocimientos técnicos, científicos y matemáticos en el diseño, la innovación y el empleo de materiales, máquinas, sistemas y procesos en busca de un fin común. Particularmente, la profesión de la ingeniería es amplia e incluye una serie de disciplinas especializadas o campos de intervención, dentro de los cuales se encuentra la Ingeniería de Sistemas, que según (Walden, et al. 2015) es un enfoque interdisciplinario para permitir la realización de sistemas exitosos.

Metodología

Para realizar un análisis del Programa de Ingeniería de Sistemas y de su estado actual, se realizó un estudio comparativo con las universidades más importantes en esta área disciplinar de orden internacional, nacional y regional. Para dicho análisis, inicialmente se examinaron universidades de América, Europa y Asia, con programas de computación acreditados por la ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), organización encargada de la Acreditación de Ingeniería y Tecnología. Dicho análisis se realizó teniendo en cuenta los perfiles de formación del Programa de

Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria del Caribe, siendo estos: Ingeniería del Software y Tecnologías de la Información.

Adicionalmente, el análisis de toda esta información se realizó teniendo en cuenta cada una de las disciplinas de la computación definidas por la ACM (Association for Computing Machinery), las cuales corresponden a Ingeniería de Software, Tecnologías de la Información, Ciencias de la Computación, Ingeniería de la Computación y Sistemas de Información. Todas ellas relacionadas con las áreas y perfiles definidos anteriormente. Además de lo anterior y con el objeto de profundizar y entender de mejor manera el panorama global de la Ingeniería de Sistemas de modo que el parangón con el Programa de la CECAR sea más claro y trascienda en lineamientos que fortalezcan las áreas que se muestren débiles y definan las fortalezas en algunas otras, se consultaron bases de datos tales como Science Direct y Scopus, documentos especializados en el currículo de áreas computacionales, tales como el Computing Curricula, Information Technology Curricula (ITC, 2017), documentación emanada de asociaciones nacionales e internacionales, tales como el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM), Federación Colombiana de la Industria de Software y Tecnologías Informativas Relacionadas (FEDESOFIT), Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), entre otras.

Análisis del Panorama de la Ingeniería de Sistemas

Uno de los ejes fundamentales para el comparativo corresponde al análisis del número de créditos, cantidad de semestres impartidos, perfiles ocupacionales y laborales. De la información consultada y analizada se desprenden las siguientes informaciones: existe una alta variabilidad en los números de créditos exigidos para completar el proceso de formación de profesionales en Computación en estas instituciones internacionales, más, sin embargo, esta variación, en la mayoría de los casos, se encuentra en el rango de los 120 a 145 créditos (figura 1). El Programa de Ingeniería de Sistemas de CECAR ofrece 157 créditos actualmente. Este nivel de variabilidad obedece a las disímiles formas de definir el crédito académico, de las horas y del tiempo de dedicación mínimo requerido

en estas instituciones, las cuales se distancian por múltiples razones de las definiciones de éstas mismas variables por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia.

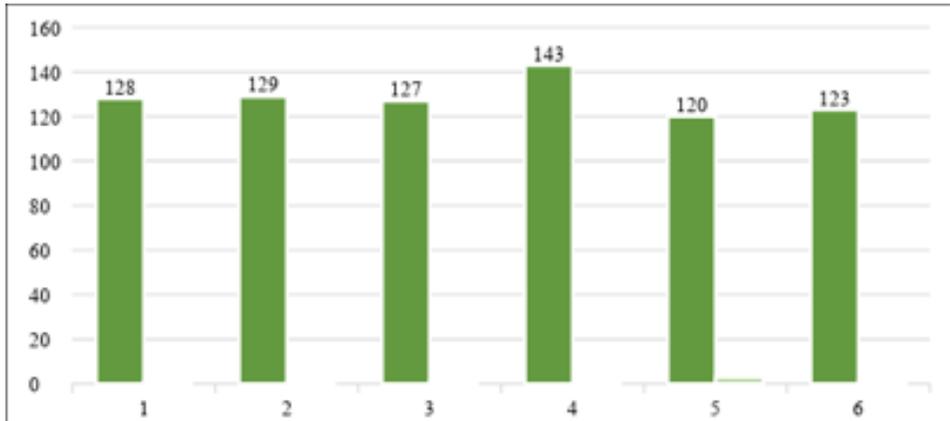


Figura 1. Número de créditos de las instituciones internacionales que ofrecen Ingeniería de Sistemas

Fuente: Elaboración propia con información de SNIES.

Por otra parte, toda la información recopilada permitió analizar cómo se encuentran distribuidos los tiempos de duración de estos programas. Se pudo evidenciar que la mayoría de los programas en Computación revisados a nivel internacional (73,53%), manejan una propuesta curricular con una duración de 4 años (figura 3). De igual forma se aprecia que estos mismos programas académicos, poseen un perfil de ingreso para los estudiantes que incluye altos conocimientos en matemáticas, análisis de lectura y manejo de una segunda lengua, lo que a su vez explicaría la duración de estos programas académicos, y los distanciaría del nuestro, cuyo foco social de ingreso está más perfilado hacia estudiantes de bajos recursos que en múltiples casos ingresan con considerables deficiencias en las áreas básicas mencionadas, y que además, tienen dificultades en cuanto a estrategias de estudio y bases conceptuales. Debilidades identificadas continuamente mediante la implementación de la estrategia institucional de fortalecimiento académico (Trayectoria Académica Exitosa – TAE) en la Corporación. A pesar de ello, y por el esfuerzo mancomunado de la institución y los profesionales del Programa de Ingeniería de Sistemas, se han logrado resultados satisfactorios en las pruebas Saber Pro, Olimpiadas de Matemáticas regionales y en el posicionamiento de los egresados en el campo laboral, mostrando fortalezas substanciales en las área propias del

quehacer del Ingeniero de Sistemas y estudiantes preparados para afrontar retos académicos superiores, tales como maestrías o doctorados en el área o afines.

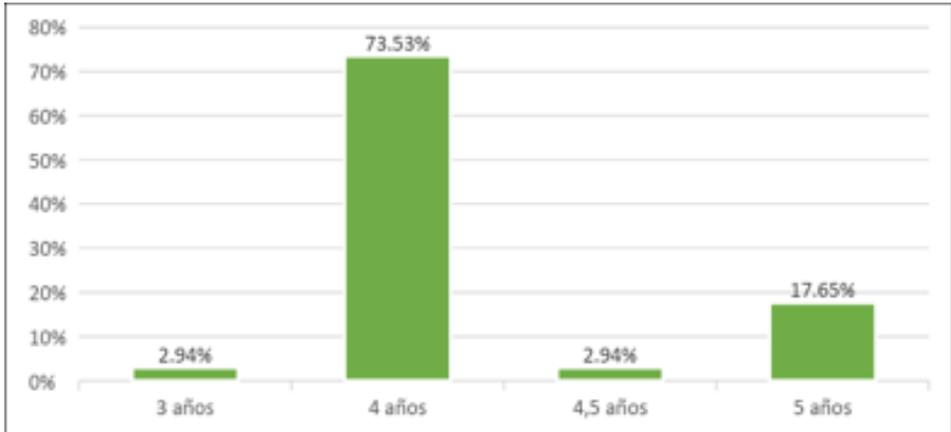


Figura 2. Duración promedio de los programas internacionales en Computación

Fuente: Elaboración propia con información de la ABET.

En referencia al análisis de los perfiles ocupacionales de los programas en computación, se evaluaron documentos académicos de las instituciones extranjeras anteriormente listadas, adicionalmente algunas otras latinoamericanas y con perfiles en Ingeniería del Software y Tecnologías de la Información. A este grupo se le sumaron las universidades latinas con las cuales la Corporación Universitaria del Caribe CECAR tiene convenio de cooperación académica vigente, son éstas las listadas en la Tabla 1.

Tabla 1

*Perfiles Ocupacionales en Ingeniería del software y Tecnologías de la Información.
Instituciones Extranjeras*

INSTITUCIÓN	PERFIL OCUPACIONAL
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey - ITESM, Campus Santa Fe	El ingeniero egresado de esta institución está en capacidad de: <ul style="list-style-type: none"> • Identificar e integrar la infraestructura tecnológica óptima para apoyar el cumplimiento de objetivos del negocio. • Planear la capacidad y el crecimiento de la infraestructura tecnológica, así como la integración de sus principales elementos para garantizar la continuidad de la operación que da soporte a la organización. • Programar, conocer y aprovechar la arquitectura de computadoras. • Analizar y diseñar sistemas de información. • Mejorar la interacción humano-computadora. • Implantar sistemas de información. • Integrar sistemas de cómputo, electrónicos y de información. • Usar de manera eficiente plataformas tecnológicas. • Administrar proyectos.
Ricardo Palma University	<ul style="list-style-type: none"> • Diseña sistemas informáticos los cuales satisfacen requerimientos y necesidades, así como las limitaciones realistas sobre la seguridad y la sostenibilidad. • Identifica, formula y resuelve apropiadamente problemas de ingeniería usando métodos, técnicas y herramientas de ingeniería informática. • Planea y administra proyectos de ingeniería informática tomando en cuenta criterios de eficiencia y productividad.
Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	<ul style="list-style-type: none"> • Ingenieros de software profesionales y competentes en el emprendimiento y la gestión de proyectos enmarcados en el ciclo de vida del software, y en la concepción, diseño y construcción de productos software de probada calidad y basados en los estándares requeridos por el negocio y la profesión, con una sólida base en principios de ingeniería y tendencias actuales en computación.

INSTITUCIÓN	PERFIL OCUPACIONAL
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla - UPAEP	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de sistemas de datos, fungiendo como arquitecto de software, • Consultor, capacitador y especialista en el aseguramiento de calidad de sistemas de información y comunicación. • Desarrollo y administración de proyectos de software en instituciones comerciales, industriales, gubernamentales y de servicios. • Empresario de negocios de software.

Nota: Elaboración propia.

Analizando los campos de desempeño declarados por cada programa académico revisado en el contexto internacional, podemos evidenciar que entre ellos se pueden definir varias áreas de desempeño comunes, como los son:

Tabla 2

Perfiles y áreas de desempeño de las universidades consultadas

PERFIL	ÁREAS DE DESEMPEÑO
Tecnologías de la Información	<ul style="list-style-type: none"> • Implantación de Sistemas • Integración de infraestructura tecnológica • Análisis y diseño de Sistemas de Información • Integración de sistemas
Ingeniería del Software	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de Sistemas Informáticos. • Resolución de problemas de Ingeniería mediante Software. • Gestión de proyectos de Ingeniería de Software • Calidad del Software
Otro	<ul style="list-style-type: none"> • Emprendimiento • Redes de computadores • Algoritmia • Ciencias de la Computación • Electrónica

Nota: Elaboración propia.

En comparación con el perfil profesional propuesto para el Ingeniero de Sistemas graduado de CECAR, es evidentemente similar al de los programas en computación graduados de las universidades extranjeras tomadas como referencia, ya que se encontró que en estas últimas el ingeniero tiene la capacidad y las herramientas necesarias para desempeñarse en las áreas de Ingeniería del Software y Tecnologías de la Información, consecuentes con las planteadas por el Programa.

Esto nos lleva a concluir que la propuesta del perfil profesional consignada para el Ingeniero de Sistemas de la CECAR, posee las competencias básicas necesarias para trabajar en escenarios internacionales. Sin embargo, las comparaciones realizadas también nos conducen a analizar que existen diferencias en las áreas de formación de los programas en computación de estas universidades con las áreas de formación del ingeniero de Sistemas de CECAR, especialmente en las asignaturas que corresponden al perfil de Ciencias de la Computación e Ingeniería de la Computación; pero esto sin duda corresponde al factor identitario del Programa.

Así mismo, en el ámbito nacional, se consultaron las documentaciones más recientes desarrolladas por la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) y la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas (ACIS). Además, se utilizó como información la base de datos del Sistema Nacional de Información de Educación Superior (SNIES), en las que se identificaron 228 programas de Ingeniería de Sistemas y afines, ofrecidos por 137 instituciones de educación superior. De este número de programas 85 son ofertados por instituciones educativas de carácter privado mientras que los 52 restantes pertenecen a instituciones oficiales. La metodología educativa que predomina a nivel nacional para la enseñanza de la Ingeniería de Sistemas y carreras afines es la presencial, que es utilizada en el 90.35% de los programas existentes. Esta tendencia nacional se refleja en CECAR, en donde se forman profesionales Ingenieros de Sistemas de forma presencial desde el año 1998, lo que significa que esta institución ha estado en concordancia con la metodología y la modalidad educativa imperante en Colombia.

En cuanto al número de créditos académicos fijados por las diferentes instituciones educativas para el estudio de la carrera de Ingeniería de Sistemas e ingenierías afines, al igual que el comparativo internacional, y como es de esperarse, es variable. En un rango de 137 hasta 209 créditos

con un número promedio de 164, ver Figura 3. Respecto a éste ítem, el Ministerio de Educación Nacional ha venido mostrando cierto interés en que los programas reduzcan el número de créditos académicos en su malla curricular. En éste sentido, es de resaltar que el Programa de Ingeniería de Sistemas de CECAR no tendrá dificultades en los próximos años, debido a que el número actual de créditos, tal como se había descrito, dista en 7 de la media nacional antes mencionada, es decir, el Programa tiene actualmente 157 créditos académicos.

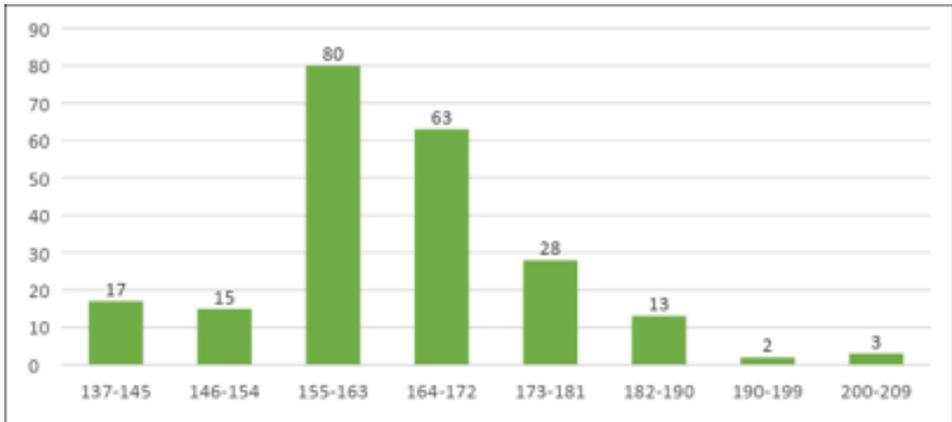


Figura 3. Ilustración relación de universidades y el número de créditos de los Programas de Ingeniería de Sistemas

Fuente: Elaboración propia con información de SNIES.

Por último, todas las aristas comparativas mencionadas, se estudiaron en el contexto regional (Costa atlántica), orientando el estudio hacia los 34 programas académicos de Ingeniería de Sistemas que, según el SNIES, existen actualmente. 25 de ellos pertenecen a instituciones privadas, mientras que los 8 restantes son de instituciones oficiales. La mayoría de estos programas, cerca del 60%, son ofrecidos en los departamentos del Atlántico y Bolívar, tal y como se aprecia en la tabla 3.

Tabla 3

Carácter de la IES que ofrecen el Programa de Ingeniería de Sistemas en la región caribe de Colombia

Departamento	Oficial	Privada
Atlántico	1	9
Bolívar	2	8
Cesar	2	0
Córdoba	1	5
Guajira	1	0
Magdalena	1	1
Sucre	0	3

Nota: Elaboración propia.

Los perfiles ocupacionales o de desempeño de los ingenieros de Sistemas egresados de las instituciones de educación superior ubicadas en la costa norte colombiana, teniendo en cuenta la información publicada por estas, en especial por aquellas con acreditación en alta calidad, se pueden agrupar en las siguientes áreas:

- Desarrollo de Software
- Ciencias de la Computación
- Tecnologías de la Información
- Tecnologías Informáticas
- Sistemas de Información

Una manera de determinar fehacientemente el estado actual del Programa, adicional al parangón anterior, es establecer comparaciones con los resultados obtenidos a través de las pruebas nacionales de estado Saber Pro. A continuación, se presentan algunos de estos resultados históricos que dan una clara idea del desempeño del Programa en módulos genéricos y específicos. Durante el periodo 2011 – 2015, el Programa obtuvo puntajes superiores al promedio nacional, con un puntaje sobresaliente en el año 2013 (figura 4).

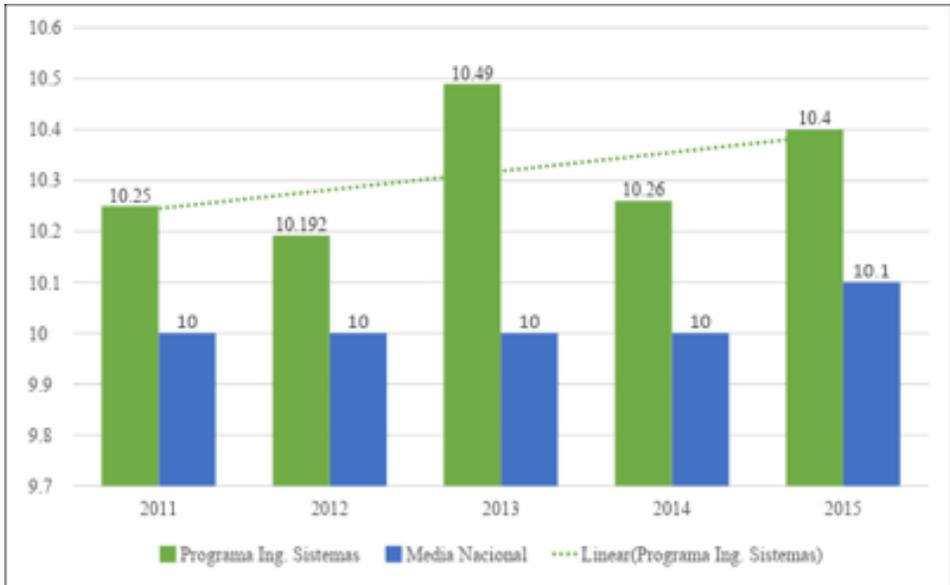


Figura 4. Promedios resultados en módulo de Razonamiento Cuantitativo en Ingeniería de Sistemas – Saber Pro 2011 - 2015

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos del ICFES.

Es importante resaltar que el análisis de los resultados denota que la proyección de resultados del Programa ha sido ascendente, lo cual se puede corroborar en la figura 5. Donde se puede apreciar claramente que, a pesar de los cambios implementados en el examen a través de la resolución 455 de 2016 del Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES, 2015), el Programa volvió a superar la media definida para esta primera prueba. Muestra de ello fue el puntaje obtenido por el Programa en el módulo de razonamiento cuantitativo fue de 166 puntos que, comparado con los 150 puntos de la media nacional, muestran un desempeño positivo en esta prueba, es decir, una mejora del 10,66% de la media nacional.

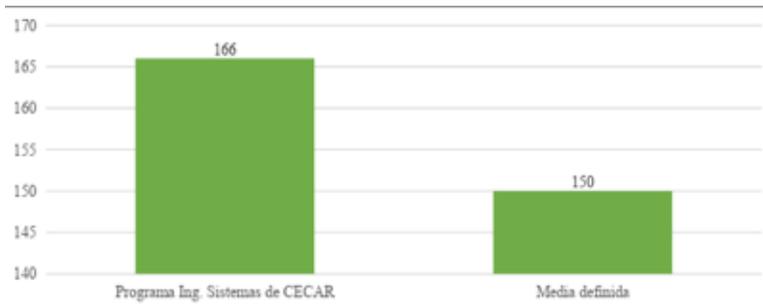


Figura 5. Promedio resultado en módulo de razonamiento cuantitativo en Ingeniería de Sistemas – Saber Pro 2016

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos del ICFES.

Los resultados obtenidos en los módulos específicos de la prueba Saber Pro, son parte del efecto positivo de la aplicación de las estrategias de mejoramiento institucionales y del Programa. El módulo de Diseño de Software, es considerado el más importante para el Programa de Ingeniería de Sistemas de CECAR de toda la prueba Saber Pro, ya que apunta directamente al factor identitario del mismo. Este módulo mide el componente disciplinar que se relaciona directamente con el perfil de desarrollo de software que el Programa ha asumido como propio para sus estudiantes y egresados.

Es importante destacar que los resultados en el módulo de Diseño de Software para el periodo 2011-2015 siempre superaron la media nacional, y su valor más alto fue obtenido en el año 2012 con un puntaje de 10.428, esto es un valor porcentual superior al 4% por encima de la media nacional.

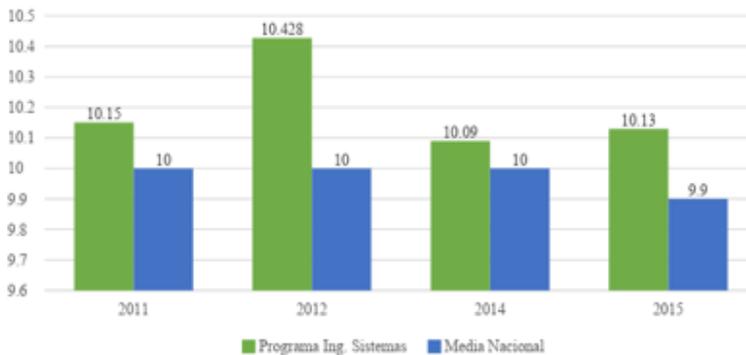


Figura 6. Promedio resultado en módulo de Diseño de Software en Ingeniería de Sistemas – Saber Pro 2011-2015.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos del ICFES.

Para el año 2016 los resultados obtenidos por los estudiantes del Programa que presentaron la prueba fueron justamente de 150 puntos, quedando exactamente en el valor de la media definida para la prueba de diseño de software en el año 2016. Estos importantes resultados en el módulo de diseño de software, son efecto positivo de las estrategias adoptadas por los docentes del Programa, en cuanto a realizar lecturas exhaustivas de los componentes que indaga la prueba Saber Pro de diseño de software, y realizar las actividades de refuerzo adecuadas que permitieran obtener resultados cercanos y/o por encima de la media nacional.

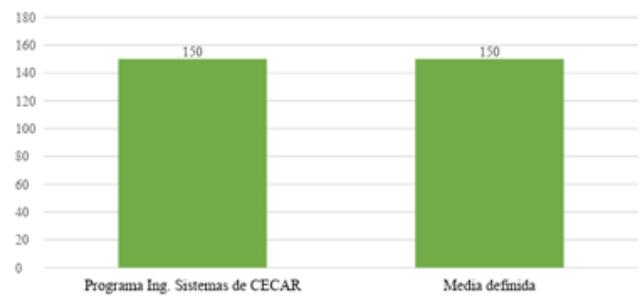


Figura 7. Promedios resultados en Módulo de Diseño de Software en Ingeniería de Sistemas 2016.

Fuente: *Elaboración propia a partir de datos obtenidos del ICFES.*

Para ratificar el trabajo que realiza el Programa Ingeniería de Sistemas y en general de la Corporación, se presenta la figura 8, donde se puede evidenciar el rendimiento del Programa con respecto a los demás programas presenciales de la CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DEL CARIBE – CECAR en los módulos genéricos para el año 2016.

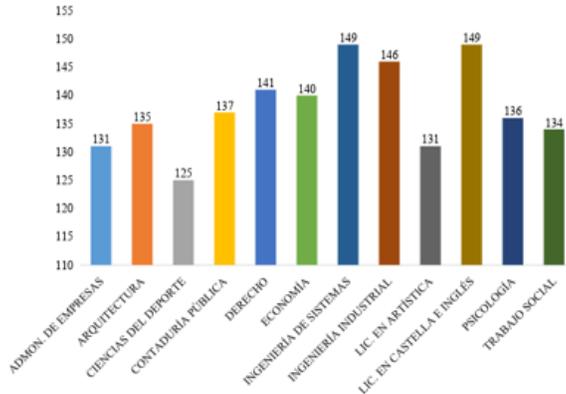


Figura 8. Promedio puntaje global – 2016

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos del ICFES.

Es notable el trabajo que realizan cada uno de los docentes desde el aula de clase y las acciones de mejora de los módulos genéricos y específicos que se realizan para fortalecer los conocimientos de los estudiantes, utilizando como estrategia adicional sesiones de refuerzo y entrenamiento orientada a la prueba, tales sesiones se realizan meses antes de presentar la misma.

El buen rendimiento académico, no solo se puede evidenciar en la comparación con los programas presenciales, se puede evidenciar el proceso de formación que viene realizando el Programa y la institución para con sus estudiantes, comparándola con otras instituciones de educación superior que ofertan el Programa de Ingeniería de Sistemas y que han presentado las pruebas Saber Pro en la ciudad de Sincelejo. Como lo es, la Corporación Unificada Nacional De Educación Superior-CUN con SNIES 90688, como se puede evidenciar en el sitio web del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES).

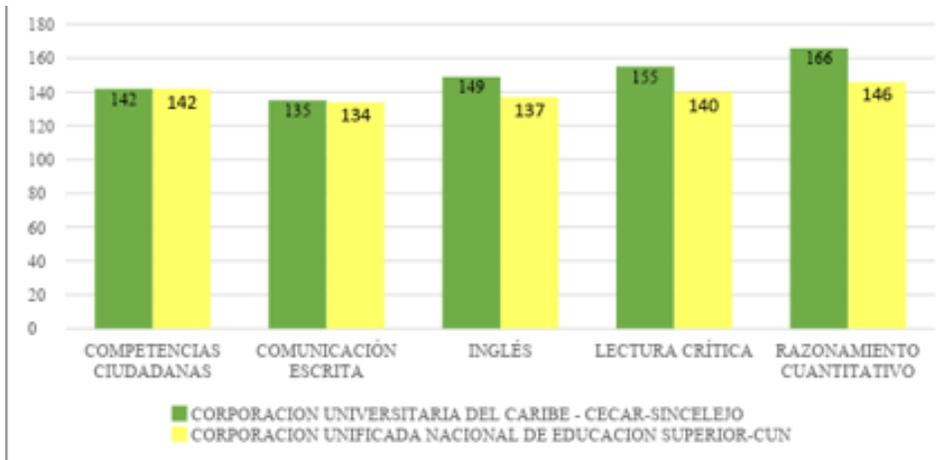


Figura 9. Comparación regional resultados de los módulos genéricos durante el año 2016

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos del ICFES.

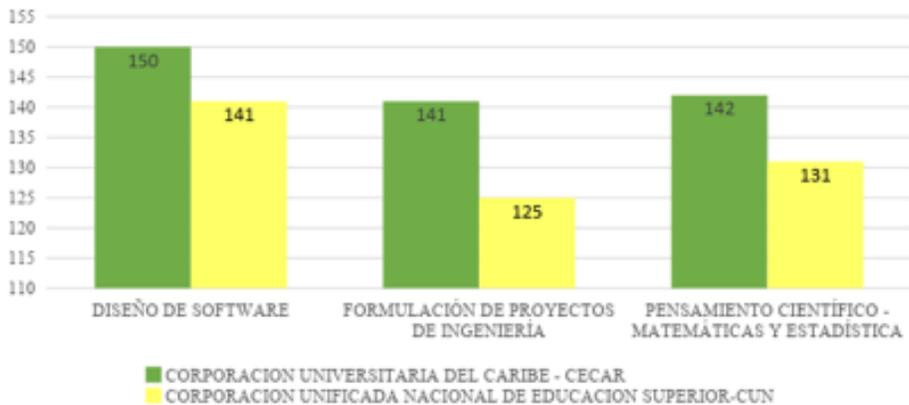


Figura 10. Comparación regional resultados de los módulos específicos – 2016

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos del ICFES.

Como se puede observar en las figuras 9 y 10, las estrategias implementadas han potenciado los resultados globales obtenido por los estudiantes, de tal manera que, al ser comparados con instituciones de la región, se nota una clara diferencia en las competencias alcanzadas y evaluadas en los módulos genéricos y específicos de las pruebas. Es importante aclarar, que para efectos comparativos, en las figuras 9 y 10, solo se incluyen los resultados de la CUN (Sincedejo), porque según el SNIES, instituciones como la universidad San Martín, Remington y UNAD, se le asigna su registro de puntaje obtenidos no regionalmente, si no de manera

centralizada, es decir, en Bogotá y Medellín. La otra institución educativa superior que oferta el Programa de Ingeniería de Sistema en la ciudad de Sincelejo, Corposucre, aún no registra resultados en el portal ICFES.

Por otro lado, en la figura 11 se muestra un comparativo en los módulos específicos, con otras universidades que se encuentra en el área de influencia de la CECAR, como lo son la Corporación Universitaria Rafael Núñez (Cartagena), Universidad del Sinú 'Elías Bechara Zeinúm' (Montería y Cartagena), Corporación Universitaria de la Costa, CUC (Barranquilla y Cartagena), y la Universidad Autónoma DEL Caribe (Barranquilla), donde se evidencia la buena labor realizada y los efectos de las estrategias aplicadas para mejorar los resultados en los exámenes de calidad de la educación superior.

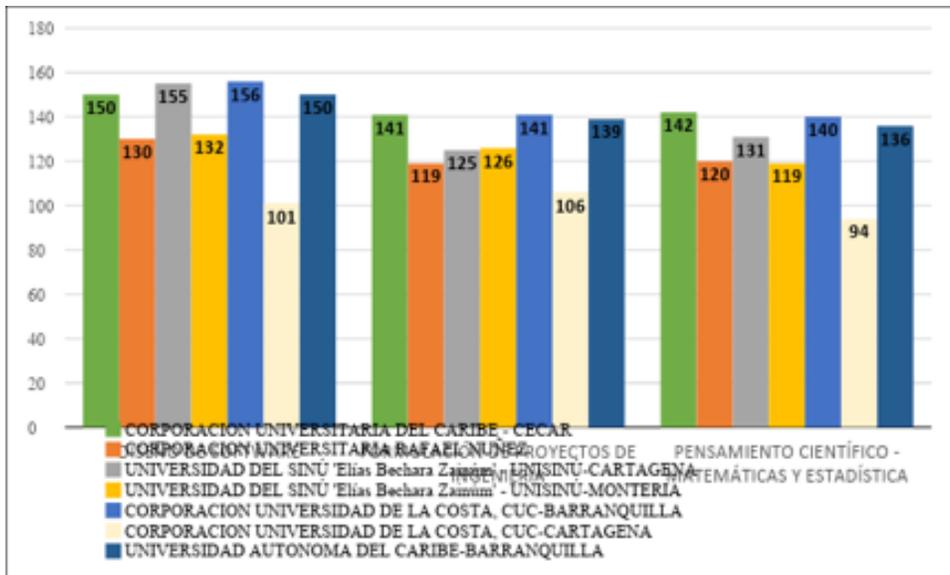


Figura 11. Comparación con Costa Atlántica de resultados módulos específicos - 2016

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos del ICFES.

En la figura 11 se puede apreciar que, en el módulo de Diseño de Software, el Programa de Ingeniería de Sistemas de la CECAR obtuvo un resultado de 49 puntos por encima de la CUC (Cartagena), esto es un rendimiento superior del 33% comparado con los resultados de dicha universidad. Así mismo, de las universidades consultadas, la más cercana

al área de influencia de la CECAR es la Universidad del Sinú (Montería), y el resultado fue superior en 18 puntos, es decir, un 12% por encima.

Por último, y a manera de caracterización, es importante mencionar que el Programa actualmente tiene 210 estudiantes matriculados (figura 12), número que supera a algunos programas de instituciones acreditadas, que también han sufrido la dificultad que se presenta en la captación de estudiantes para estas disciplinas de la ingeniería (Ulloa, G, 2010). A éste mismo tenor, a través de ACOFI se viene implementando el examen ciencias básicas y de aspectos generales (EXIM), herramienta adicional externa de apoyo al proceso de formación en el área de Ciencias Básicas, conformada por los componentes de Matemáticas, Física, Química y Biología, los cuales son pilares fundamentales para la formación de los futuros ingenieros (ACOFI, 2018) todo esto con el objeto de seguir confrontando el Programa a nivel nacional, en aras de la evaluación continua y la mejora interna de sus procesos.



Figura 12. Históricos matriculados e inscritos del Programa durante los períodos 2011 a 2017

Fuente: Elaboración propia.

Factor Identitario: El Programa de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria del Caribe – CECAR, ha buscado durante más de diecisiete años potenciar el talento humano para fortalecer el desarrollo del departamento de Sucre, de la región caribe y de la nación en lo relacionado con la computación, la informática y las nuevas tecnologías.

El Programa ha conseguido incentivar procesos de transformación tecnológica en la región, contribuyendo de manera significativa en los campos empresariales, públicos y en el mismo entorno de CECAR, de

tal forma que sus egresados se han convertido en profesionales con la capacidad de gestionar de forma integral proyectos de desarrollo de software y tecnologías de la información, con resultados importantes para el desarrollo social y económico de los campos señalados.

La pertinencia del Programa de Ingeniería de Sistemas de CECAR que justifica su necesidad para el entorno del departamento de Sucre y para el país, se explicita a través del análisis de diversos factores de gran relevancia nacional, tales como: competitividad y productividad, la dinámica de los diversos sectores económicos, políticas públicas, nacionales, regionales y municipales; y programas con políticas de apoyo económico y de ampliación de cobertura del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Capacidad Instalada: A continuación, se presenta una descripción de las áreas dispuestas por la Corporación con el fin de garantizar el desarrollo de las actividades propias de su naturaleza como institución de educación superior según se describe en la tabla 4.

Tabla 4
Número de espacios físicos en CECAR.

USO DE ESPACIOS		TENENCIA					
No.	Espacio	Propiedad		Arriendo		TOTAL	
		Espacios	Metros 2	Espacios	Metros 2	Espacios	Metros 2
1	Aulas de clase	60	2987	12	191	72	3178
2	Laboratorios	16	685			16	685
3	Salas de tutores	5	260			5	260
4	Aulas múltiples o Auditorios	2	249			2	249
5	Bibliotecas y Salas de Lectura	2	351			2	351
6	Aulas virtuales o de cómputo	5	243			5	243
7	Oficinas	57	1802	3	20	60	1822
8	Espacios deportivos	2	6425			2	6425
9	Cafeterías	2	346			2	346

10	Zonas de recreación	6	2259			6	2259
11	Servicios sanitarios	18	160	8	16	26	176
12	Otros (CASAS PREFABRICADAS)	10	144			10	144
13	Bienestar	1	27			1	27
14	Servicios generales (COCINA)	4	49			4	49
15	Estacionamientos cubiertos	1	4288			1	4288
	TOTAL ESPACIOS	191	20275	23	227	214	20502
	TOTAL METROS CONSTRUIDOS		13655			0	13.655
	Suma de puestos en las aulas de clase	2585					
	Suma de puestos en los laboratorios	350					
	Total puestos	2935					
	Promedio puestos por aula de clase	39					

Nota: Elaboración propia.

Laboratorios y Salas de Informática: Los laboratorios y las salas de informática con que cuenta la Corporación, destinadas al Programa se encuentran distribuidas en el Bloque A; allí se encuentran cuatro salas de cómputo (Laboratorios de Informática), un Laboratorio de Química; un Laboratorio de Física; un laboratorio de Procesos y Productividad; un Laboratorio Contable; un Laboratorio de Electrónica; un laboratorio de Redes; un Laboratorio de Simulación, un laboratorio de Bioprocesos, Talleres de Arquitectura, el bloque tiene un área total de 4679,6 m². En el bloque F, con un área total de 1316.86 m² aporta al Programa las salas de informática 204 y 205, en donde se orientan asignaturas relacionadas con programación, ingeniería del software, matemáticas financieras, sistemas de control e inteligencia artificial, entre otras. Utilizando equipos recientemente adquiridos y software como Matlab, MySQL, MySQL Workbench, Xamp, Android Studio. PseInt, DFD, entre otros.

Articulación del Programa con el Plan Prospectivo y Plan de Desarrollo con la Política Pública Nacional y Departamental

La apuesta del gobierno nacional es construir una Colombia en paz, equitativa y educada. Para esto el gobierno diseña “EL PLAN DESARROLLO 2014-2018, TODOS POR UN NUEVO PAÍS”, el cual tiene como base 3 pilares que son la paz, la equidad y la educación. (Congreso de la República, 2015).

Para el desarrollo de este plan, el gobierno lanzó 5 estrategias transversales que impactan estos 3 pilares, las cuales son: 1) La Competitividad e Infraestructura Estratégicas, la cual es necesaria para dinamizar el crecimiento económico del país, apoyado en una mayor integración entre los territorios y la nación; 2) La Movilidad Social, la cual responde como lograr las metas sociales de éste plan; 3) La Transformación del Campo, la cual describe la forma de cerrar la brecha social entre las zonas rurales y urbanas en Colombia ; 4) La Seguridad, Justicia y Democracia para la Construcción de Paz, la cual contiene las políticas para fomentar el cumplimiento de los derechos humanos y la justicia; y por ultimo 5) Un Buen Gobierno, que garantice la estructuración de un estado moderno, eficiente y eficaz (Congreso de la República, 2015).

Cabe anotar que el gobierno nacional en este plan de desarrollo, no contempla la responsabilidad ambiental como una preocupación exclusiva de algún sector específico, sino como una estrategia que direcciona a todos los sectores de la economía colombiana, a un crecimiento económico, social y ambientalmente sostenible, como lo ordena la Constitución Nacional De Colombia (Congreso de la República, 2015).

Como ya se había identificado anteriormente, Colombia ha experimentado en los últimos años un incremento en su economía, el cual no está acompañado de aumentos representativos en la productividad del país, situación que ha restringido el crecimiento de la economía. El gobierno nacional, siendo consecuente con esta realidad, ha planteado como meta mejorar en aquellas variables que impactan directamente la productividad (Congreso de la República, 2015).

En este sentido, a través del Plan Nacional De Desarrollo el gobierno nacional plantea una serie de acciones que promuevan la productividad

de la economía nacional, a través de la competitividad empresarial. A continuación, se presentan los objetivos planteados desde este plan, junto con sus estrategias relacionadas (Tabla 5).

Tabla 5

Objetivos y Estrategias del Eje Estratégico de Competitividad e Infraestructura Estratégicas

OBJETIVOS	ESTRATEGIAS
Objetivo 1. Incrementar la productividad de las empresas colombianas a partir de la sofisticación y diversificación del aparato productivo	a. Internacionalizar los sectores productivos de bienes y servicios
	b. Fortalecer las capacidades tecnológicas de las empresas
	c. Racionalizar la regulación para la competitividad empresarial
	d. Promover el desarrollo regional sostenible
	e. Profundizar el financiamiento y la formalización empresarial
	f. Incentivar el desarrollo de una economía naranja
	g. Hacer los ajustes institucionales requeridos
Objetivo 2. Contribuir al desarrollo productivo y la solución de los desafíos sociales del país a través de la ciencia, tecnología e innovación	a. Desarrollar un sistema e institucionalidad habilitante para la CTI
	b. Mejorar la calidad y el impacto de la inv. y la transferencia de conocimiento y tec.
	c. Promover el desarrollo tec. y la inn. como motor de crecimiento emp. y del emprendimiento
	d. Generar una cultura que valore y gestione el conocimiento y la innovación
Objetivo 3. Promover las TIC como plataforma para la equidad, la educación y la competitividad	a. Aplicaciones
	b. Usuarios
	c. Infraestructura
	d. Servicios

OBJETIVOS	ESTRATEGIAS
Objetivo 4. Proveer la infraestructura y servicios de logística y transporte para la integración territorial	a. Programa de concesiones 4G
	b. Red vial nacional no concesionada y programa de mantenimiento sostenible
	c. Consolidación de corredores de transporte multimodal estratégicos
	d. Infraestructura logística, desarrollo y comercio exterior
	f. Capital privado para la provisión de infraestructura
	g. Acciones transversales
i. Movilidad como potenciador del desarrollo regional	
j. Sistemas inteligentes de transporte	
k. Seguridad vial	
l. Logística para la competitividad	
m. Fortalecimiento de la supervisión	
Objetivo 5. Consolidar el desarrollo minero-energético para la equidad regional	a. Aprovechamiento hidrocarburífero responsable, que contribuya al desarrollo sostenible
	b. Expansión y consolidación del mercado de gas combustible
	c. Abastecimiento de combustibles líquidos y biocombustibles
	d. Energía eléctrica para todos
	e. Consolidar al SM como impulsor del des. sost. del país, con responsabilidad social y ambiente
	f. Acciones transversales

Nota: Elaboración propia con información del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 (Congreso de la República, 2015).

Es importante mencionar que en el Plan nacional de desarrollo se plasmaron los objetivos y metas del Plan vive digital 2014 – 2018 de la siguiente forma:

- Impulso al desarrollo de contenidos, aplicaciones y software con enfoque social: derechos de propiedad intelectual en desarrollos del sector TIC; impulso al desarrollo de software, aplicaciones y contenidos digitales; definición de la senda de crecimiento de

banda ancha en Colombia; fortalecimiento de la programación del Canal UNO.

- Lineamientos TIC para el gobierno: Adopción por parte de las entidades de gobierno de lineamientos TIC para la prestación de servicios al ciudadano.
- Despliegue de infraestructura: estandarización de plazos para la renovación de espectro; fortalecimiento de la Agencia Nacional del Espectro, definición de condiciones en servidumbres para garantizar la conectividad; acceso a las TIC y despliegue de infraestructura; expansión de las telecomunicaciones sociales y mejoramiento de la calidad de los servicios; apoyo a los planes TIC regionales siempre y cuando se aplique el código de buenas prácticas para el despliegue de infraestructura.
- Adopción de medidas para el ingreso de Colombia a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE): composición de la CRC para cumplir recomendaciones de la OCDE (Ministerio de las tecnologías y las comunicaciones, 2015).

Además del Plan vive digital, existe una nueva iniciativa gubernamental denominada Marco de Referencia de Arquitectura Empresarial para la Gestión de TI, el cual corresponde a una metodología para implementar la Arquitectura TI de Colombia, algunas características de esta iniciativa son:

- La Arquitectura Empresarial lleva a definir un verdadero plan estratégico de la organización, teniendo en cuenta los cuatro componentes (negocio, información, aplicaciones e infraestructura tecnológica).
- Permite identificar oportunidades de integración y reúso de aplicaciones y recursos en toda la organización
- Impulsa el desarrollo de TI de la organización, pues es más evidente la importancia de la tecnología y del CIO en el cumplimiento de la misión y en el negocio.
- Permite conocer el estado ideal al que podría llegar la organización, y el papel de la tecnología para soportar los procesos de negocio necesarios para alcanzarlo

- En lo regional, la política pública del departamento de Sucre en aras de mejorar los indicadores de competitividad genera el plan de desarrollo departamental “Sucre progresa en paz” 2016-2019. En este plan se direccionan estas políticas a través de 5 ejes estratégicos alineados al plan de nacional de desarrollo, los cuales son:
 - Sucre Progresa Socialmente con Equidad e Inclusión
 - Sucre Hacia la Transformación de los Sectores Productivos, la Innovación y Competitividad. Sostenible y Bajo en Carbono
 - Sucre Progresa Construyendo Paz
 - Sucre Progresa con Agua para Todos, Ordenado y Sostenible
- Y Sucre Progresa Fortalecido Institucionalmente con Gerencia Pública Efectiva.

De estos y manteniendo la misma línea que busca el crecimiento económico del país el eje estratégico número 2 busca impactar de forma positiva en los siguientes sectores:

- Sector Agropecuario
- Sector Emprendimiento, Empleo y Turismo
- Sector Transporte
- Sector Ciencia, Tecnología e Innovación.

En este plan se hace referencia a las estrategias para la reconstrucción y transformación de las actividades agropecuarias, emprendimiento y empleo, turismo, Infraestructura para la integración y la competitividad territorial – Transporte multimodal base de una movilidad ágil segura y sostenible, servicios domiciliarios, entre otros, que ayudarán a la reactivación económica del departamento; con el fin de “generar en el Departamento de Sucre un desarrollo productivo, competitivo y sostenible con acciones articuladas y contundentes de buen gobierno, para la construcción de una paz que apunte efectivamente a la superación de la pobreza extrema, la inclusión social y la protección del medio ambiente” (Objetivo del Plan de Desarrollo 2016-2019).

En cuanto al desarrollo de las TICS en el plan de desarrollo departamental de Sucre, este componente se encuentra transversal en varios ejes estratégicos, estrategias y programas. El más evidente de todos corresponde al eje estratégico no. 5. Sucre progresa fortalecido institucionalmente con gerencia pública efectiva, el cual posee la estrategia denominada un Gobierno más Cerca con la utilización de las Tics Para Gestión Publica Efectiva.

De igual forma, estos planteamientos también se encuentran visionados dentro del plan prospectivo de la Corporación Universitaria del Caribe CECAR (CECAR, 2016), donde se identificaron que los factores más críticos en materia de competitividad lo generan el talento humano; la internacionalización; ciencia y tecnología; y la internacionalización de su economía. Adicional a esto, se ha establecido desde la Comisión Regional de competitividad de Sucre los segmentos de negocio donde el departamento puede crecer de maneras rápidas y rentables, estos son: Turismo Diferenciado y con Oferta Integral, Food Service, Agro Exportación, Servicios y Desarrollo de Insumos para la Construcción.

Teniendo en cuenta las orientaciones hacia el mejoramiento de la productividad y la competitividad del aparato productivo en la política pública tanto a nivel nacional como a nivel departamental y los bajos niveles en el índice de competitividad del departamento de Sucre, la Corporación Universitaria del Caribe (CECAR) considera que se justifica mantener la oferta del Programa de Ingeniería de Sistemas en la región ya que se garantiza su pertinencia como profesional orientado a brindar soluciones a las diferentes empresas y organizaciones del sector productivo del departamento y de la nación, con capacidad de comprender el impacto que las soluciones tecnológicas ejercen sobre las personas y la sociedad en los diferentes contextos, mejorando la eficiencia empresarial y la sofisticación, incrementando la productividad, brindando garantías de calidad e innovación, lo que en definitiva permitirá incrementar los indicadores de competitividad de las organizaciones, la región y el país en general.

Talento Humano: Es importante destacar el incremento significativo que ha tenido la planta docente de tiempo completo y medio tiempo en el Programa de Ingeniería de Sistemas de la Corporación, pasando de 5 docentes en el 2010 a 14 docentes en el 2016, respondiendo a la demanda

de estudiantes matriculados en el Programa. En la Figura 13, se representa el incremento de docentes en los años indicados, teniendo en cuenta el tipo de dedicación al programa académico.

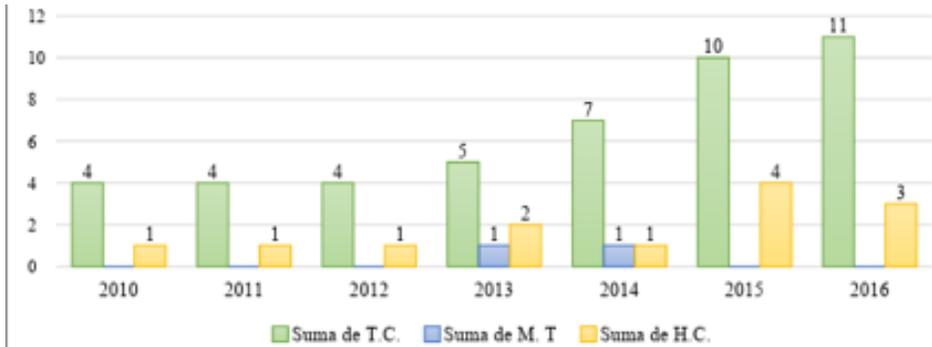


Figura 13. Incremento de la Planta Docente 2010-2016

Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, en lo que hace referencia a la suficiencia del número de profesores con relación a la cantidad de estudiantes del Programa, se muestra en la figura 14 la serie de tiempo en donde se analiza la relación entre número de docentes tiempo completo y el número de estudiantes. Este valor se obtuvo al dividir el número de estudiantes por período académico, entre el número de docentes tiempos completos que tenía el programa académico.

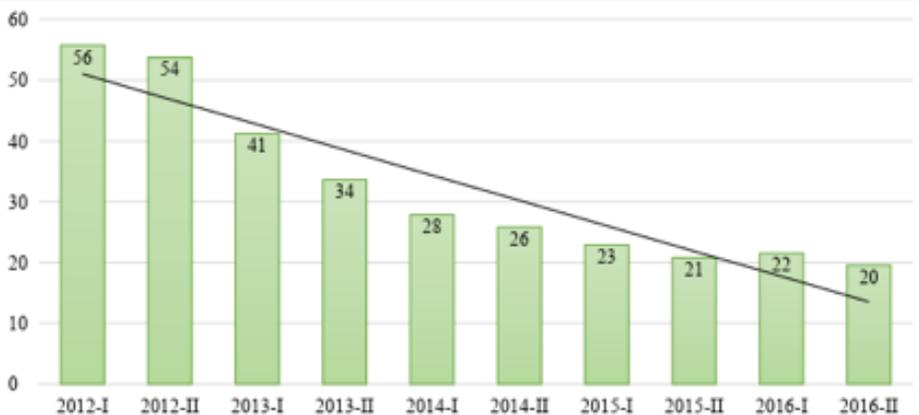


Figura 14. Relación de Numero de estudiantes por Docente TC

Fuente: Elaboración propia.

De estos datos se establece una relación estudiante docente de 56 en el 2012-I, mejorando esta relación en el 2016-II al quedar de 20 estudiantes

por cada docente. La tabla 6 muestra la formación y el escalafón de los docentes adscritos al Programa.

Tabla 6
Labor Docente 2017-II

NIVEL DE ESTUDIOS	ESCALAFÓN	CANTIDAD
Maestría (c)	Auxiliar	2
Maestría	Asistente	5
Doctorado (c)	Asistente	4

Fuente: *Elaboración propia.*

De la tabla anterior se puede analizar que en la actualidad el programa académico cuenta con 5 docentes con formación de maestría, 2 con formación a nivel de especialización, pero cursando actualmente estudios de maestría y 4 docentes adelantando estudios de doctorado.

Sobre la experiencia profesional y/o académica de los profesores del Programa de Ingeniería de Sistemas, la planta docente actual evidencia, a través de las hojas de vida de los docentes, experiencia en las áreas de Diseño de Software, Inteligencia Artificial, Programación de Computadores, Desarrollo Móvil, entre otros.

Objetivos de Desarrollo Sostenible: En el año 2000 un grupo de 189 países miembros de las Naciones Unidas se dieron cita en la ciudad de New York en un encuentro llamado la Cumbre del Milenio y acordaron una serie de propósitos (8 objetivos y 21 metas), denominados Objetivos de Desarrollo del Milenio, con los cuales pretendían “mejorar las vidas de millones de personas en todo el mundo para el año 2015” (Padilla, H.F.H.C., 2016). En vista de los grandes avances logrados, las Naciones Unidas decidieron extender la lista de objetivos, ahora la nueva lista está compuesta de 17 objetivos (y 169 metas) llamados Objetivos de Desarrollo Sostenible, que van hasta el año 2030, estos nuevos objetivos se definieron como “un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad”, la lista de los 17 objetivos definidos en extensión se presenta a continuación (Presidencia de la República, 2015):



Figura 15. *Objetivos de desarrollo sostenible*

Fuente: PNUD

En CECAR y en su Programa de Ingeniería de Sistemas, se aporta principalmente a la consecución del objetivo 4, “Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos” (Araujo, et. al., 2015). Esto se hace buscando la mejora continua con relación al recurso humano (personal docente y administrativo del Programa) y a la infraestructura física y tecnológica con la que cuenta el Programa; con la internacionalización del currículo, desarrollando así competencias transversales, como el fortalecimiento del idioma inglés; estableciendo relaciones con otras universidades del exterior; haciendo uso de bases de datos académicas reconocidas mundialmente. (Guenaga, Barbier, & Eguiluz, 2017).

Teniendo en cuenta que una de las razones de ser de las universidades, es la de brindar una educación de calidad, en CECAR hay diversas estrategias implantadas para ayudar en la búsqueda de la misma, entre otras, se pueden nombrar el Programa de Trayectoria Académica Exitosa (TAE), que pretende a través del seguimiento continuo a los estudiantes y

al apoyo realizado a través de las monitorias académicas, la mejora de las competencias necesarias para el desarrollo académico del estudiante.

Resultados de la Investigación del Panorama de la Ingeniería de Sistemas y Afines

Como puede observarse a lo largo de la presente investigación, utilizando información de las universidades relacionadas anteriormente, en las asociaciones internacionales y nacionales, la tendencia mundial no dista en demasía de los ejercicios planteados por el Programa de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria del Caribe, tanto así que los resultados demostraron que en las pruebas Saber Pro las áreas relacionadas con las Tecnologías de la Información y la Ingeniería del Software son las de mayores rendimientos siendo éstas las de mayor referencia e influencia en el Programa. Así mismo, resulta importante destacar que, a raíz de las últimas auto, hetero y co evaluaciones del Programa, se siguen desarrollando gestiones y acciones encaminadas a mejorar no solo los resultados de los egresados del Programa en las evaluaciones pertinentes, de carácter nacional, sino que también en procura de alcanzar un mayor impacto en la región, el país e internacionalmente. (Azar, A. T., & Vaidyanathan, 2015).

Dentro de los resultados también es importante incluir algunas consultas realizadas en bases de datos internacionales. Dichas consultas fueron orientadas a conocer cuál de las cinco áreas más importantes dentro del ámbito de la Ingeniería de Sistemas, y que han sido definidas por las asociaciones internacionales, tal como se ha mostrado anteriormente en el presente documento, han sido las más consultadas y en las que más se han desarrollado resúmenes, citas de artículos de revistas científicas y producción documental. Por ejemplo, en Scopus el número de escritos relacionados con las Ciencias de los Computadores produjo más de 18.500 documentos investigativos en el año 2017. Nada comparables con los 6.897 que se produjeron el mismo año para el área de Redes y Computadores, o los 3.838 desarrollados en el área de las comunicaciones. Esta información resulta ser importante a la hora de definir los perfiles de un Programa, porque demuestra el nivel de actividad que hay en muchas partes del mundo relacionadas con el área de estudio. En éste mismo sentido, en la figura 16 se muestran algunos resultados de consultas desarrolladas en las

bases de datos de Scopus para el área de las Ciencias de los Computadores que se han definido con anterioridad.

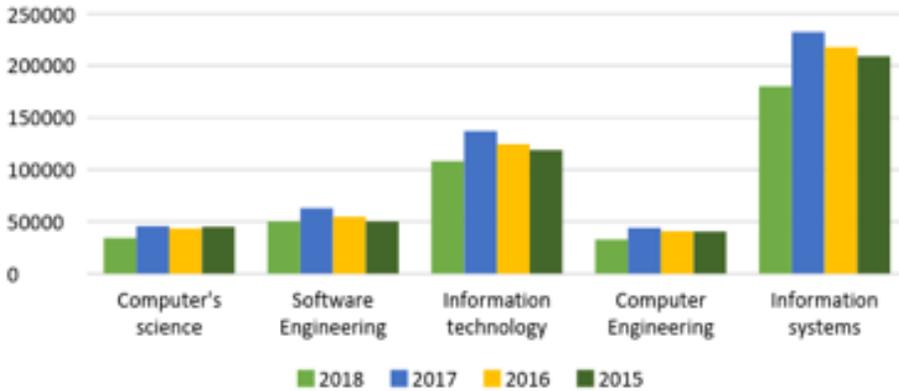


Figura 16. Consulta de artículos relacionados con las áreas asociadas a la Ingeniería de Sistemas en Scopus

Fuente: *Elaboración propia.*

Resulta evidente que el área más trabajada en cuanto a producciones científicas y literarias es el área de los Sistemas de Información, incluso en todos los años consultados (2015 – 2018), y los países con mayor productividad en esa misma área es Estados Unidos, tal como se muestra en la figura 17.

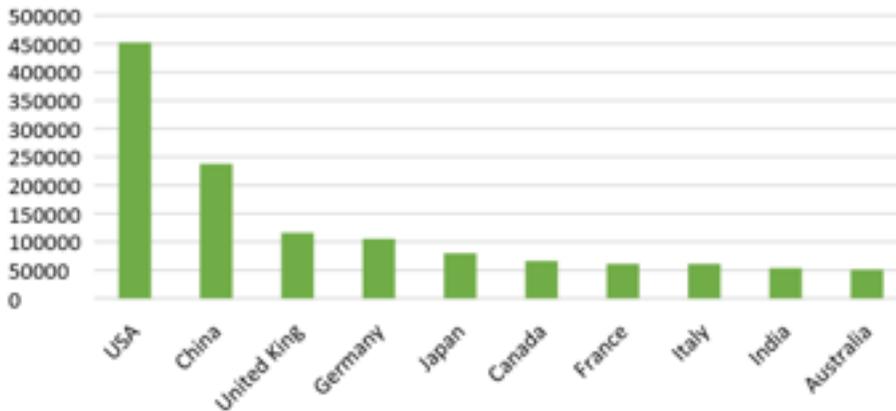


Figura 17. Países de mayor producción en el área de los Sistemas de Información en Scopus

Fuente: *Elaboración propia.*

Más del 35% de las publicaciones en Scopus relacionadas con el área de los Sistemas de Información se producen en Estados Unidos, seguido por China con cerca del 19% y el Reino Unido con un poco más del 9% de la producción (Zhu, X., 2018). Como nota aparte, se puede afirmar que Colombia no aparece en la gráfica.

Adicionalmente, es conveniente comentar que más del 94% de los documentos registrados en Scopus y que guardan relación con el área de los Sistemas de Información, están escritos en inglés, menos del 3% en chino y cerca del 2,82% repartidos entre idioma alemán, francés, español, ruso y japonés. El autor más referenciado en ese mismo campo es C R Añón, con más de 2.252 documentos publicados y 12.000 citaciones. Seguido por el científico inglés Lajos Hanzo y como tercero, el escritor norte americano Harold Vincent Poor, uno de los principales ingenieros de la IEEE con más de 1470 documentos publicados y más de 40.000 citaciones.

Por último, en el área de los Sistemas de Información se publican los documentos porcentualmente como se muestra en la figura 18. Un poco más del 50,8% son artículos científicos, el 42.2% son papers socializados en conferencias, y un poco menos del 5% se lo distribuyen en revisiones documentadas, capítulos de libro y resúmenes cortos socializados en conferencias.

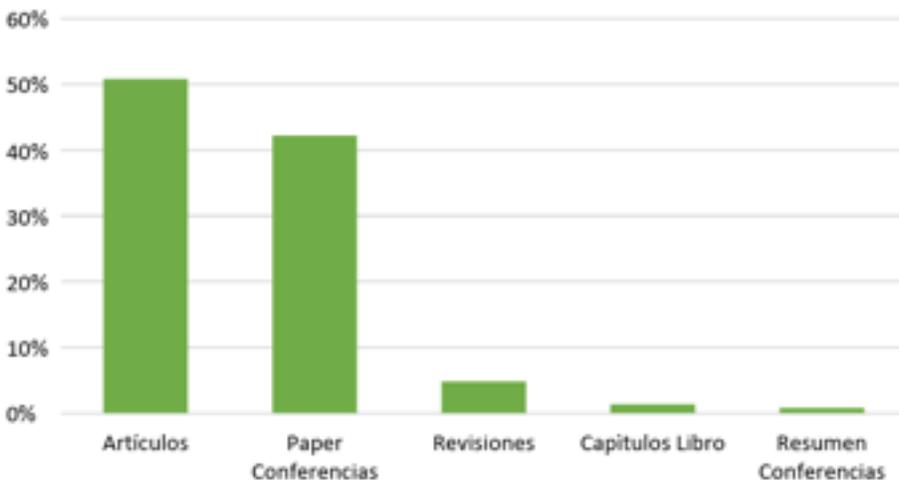


Figura 18. Países de mayor producción en el área de los Sistemas de Información en Scopus

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Las áreas de formación que se encuentran en la propuesta académica de la Ingeniería de Sistemas de CECAR, coinciden en su mayoría con las áreas ocupacionales y de desempeño descritas, por tal razón y teniendo en cuenta el análisis realizado, se concluye que el estado actual del Programa de Ingeniería de Sistemas de CECAR, es óptimo en cuanto a perfil académico, ocupacional y que además, posee competencias laborales similares y en muchos casos superiores, a las de otros programas de instituciones de educación superior del país y de la Costa Atlántica. De manera específica, también se pueden mencionar algunas debilidades frente a estos programas académicos, y la principal de ellas es la imperiosa necesidad de que la Corporación dé el paso definitivo a convertirse en Universidad, porque la mayoría de programas en los que se basa este análisis de contraste, son instituciones educativas con categorización de universidad.

Además de lo anterior, y teniendo en cuenta la capacidad ética, profesional, investigativa y pedagógica de todos y cada uno de los docentes del Programa de Ingeniería de Sistemas de CECAR, la región y el país cuentan con un Programa que cada día se robustece, impactando cada vez más en los distintos renglones económicos, sociales, culturales, tecnológicos, científicos, de la región Sabana, Caribe y en el resto del país.

Así mismo, es posible afirmar que los buenos resultados de los estudiantes en el Programa de Ingeniería de Sistemas en algunos módulos de competencias genéricas y en otros de competencias específicas asociadas al perfil profesional del Ingeniero de Sistemas de CECAR; caso específico de Diseño de Software, obedecen al efecto de la implementación de las estrategias de fortalecimiento mencionadas.

Particularmente, en el proceso de autoevaluación 2015, la apreciación de directivos, profesores y estudiantes del Programa sobre la calidad y la suficiencia del número y de la dedicación de los profesores al servicio de este, las encuestas de autoevaluación muestran que desde la apreciación de los estudiantes el 75.3% evalúa en alto grado la suficiencia del número de docentes para el Programa y 78.5% de los estudiantes considera alta la dedicación de los docentes en tiempo y disponibilidad. De igual manera un 86,02% de los estudiantes evalúan en nivel alto la calidad académica de los profesores del Programa, aunque desde la apreciación de los directivos,

sólo 25% está de acuerdo con la calidad y suficiencia de los profesores del Programa.

Referencias

- Araujo, F., Wartenberg, L., Zubiria., Acosta, O., Martínez, C., Chaux, G., Sanz, B. & Bernal, A. (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible, Colombia: herramientas de aproximación al contexto local*. Bogotá D.C., Colombia: PNUD.
- Azar, A. T., & Vaidyanathan, S. (Eds.). (2015). *Computational intelligence applications in modeling and control*. Springer International Publishing.
- Congreso de la República. (9 de junio de 2015). *Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país"*. [Ley 1753 de 2015]. DO: 49538.
- Guenaga, M. L., Barbier, A., & Eguiluz, A. (2017). La accesibilidad y las tecnologías en la información y la comunicación. *TRANS. Revista de traductología*, (11), 155-169.
- Hoyos Botero, Consuelo. (2000). *Un modelo para investigación documental. Guía teórico-práctica sobre construcción de Estados del Arte*. Medellín: Señal Editora.
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación ICFES. (13 de noviembre de 2015). *Escala de los Resultados del Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior*. [Resolución 455 de 2016]. DO: 49935.
- Padilla, H. F. H. C. (2016). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. *Revista Universidad de La Salle*, (70), 7-11. Recuperado de: <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ls/article/view/4018/3086>
- Presidencia de la República. (18 de febrero de 2015). *Comisión Interinstitucional de Alto Nivel para el alistamiento y la efectiva implementación de la Agenda de Desarrollo Post 2015 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS*. [Decreto 0280 de 2015]. DO: 49429.
- Ulloa, G. (2010). *¿Qué pasa con la ingeniería en Colombia? Ingeniería y Sociedad*, Recuperado de: <https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/ingeso/article/view/7303/6742>

- UNESCO. (2015). Engineering: Issues Challenges and Opportunities for Development. PARIS: UNESCO PUBLISHING.
- Walden, D. (2015). Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities (4th ed., p. 11). San Diego: Wiley.
- Zhu, X., Yang, L. T., Jiang, H., Thulasiraman, P., & Di Martino, B. (2018). Optimization in distributed information systems.



Edición digital
Enfoques, Teorías y Perspectivas de la Ingeniería de Sistemas y sus Programas
Académicos
Octubre de 2018
Sincelejo, Sucre, Colombia

Enfoques, Teorías y Perspectivas de la Ingeniería de Sistema y sus Programas Académicos



En Colombia el talento humano asociado a las Tecnologías de Información (TI), entre las cuales se encuentra la Ingeniería de Sistemas es un motivo de preocupación en las más altas esferas gubernamentales. Según (Bohórquez Aya, 2015), la situación de que las personas no quieran estudiar Ingeniería de Sistemas se convierte en una problemática de escasez dado que las empresas de la Industria TI del país requieren anualmente 45000 profesionales en esta área, lo cual atenta directamente contra el desarrollo económico del país. Esta necesidad genera la estrategia de las empresas por contratar los trabajos en desarrollo de software por fuera de Colombia o se contratan ingenieros extranjeros (Revista Semana, 2016).