

# LAS CIENCIAS BÁSICAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS: JUSTIFICACIONES GNOSEOLÓGICAS DESDE LOS OBJETOS DE ESTUDIO Y DE CONOCIMIENTO

**Eucario Parra Castrillón**

Fundación Universitaria Luis Amigó, Medellín (Colombia)

## Resumen

Con frecuencia dentro de las comunidades de ingenieros de sistemas surgen debates acerca de los orígenes y pertinencia de las ciencias básicas dentro su ámbito. Las dudas nacen porque en el momento de la aplicación de esta ingeniería, las relaciones disciplinares con áreas como la física o las matemáticas no se hacen tan evidentes, como sí ocurre en casos como la ingeniería electrónica.

Estas inquietudes e incomprendiones llevan a discusiones con respecto a si esta es o no una ingeniería, en el sentido de que tales ingenieros no aplican directamente la química, la física y las matemáticas (tradicionalmente la ingeniería se ha relacionado con la aplicación de las ciencias básicas en la solución de problemas).

En el presente artículo se plantean hipótesis sobre el objeto de la ingeniería de sistemas, en aras de dar claridad sobre su delimitación, para concluirse que el problema de la ambigüedad que a veces se plantea, es mas coyuntural que gnoseológico, pues en contextos de subdesarrollo tecnológico los propósitos se enmarcan para importación y aplicación de tecnología informática, en lugar de oportunidades para investigación y desarrollo. En este caso, la presencia de las ciencias básicas dentro de los procesos formativos no es visible, al contrario de los enfoques para innovación, desarrollo e investigación en informática, donde la aplicación del lenguaje y técnicas matemáticas son determinantes.

**Palabras clave:** Definición de ingeniería de sistemas, definición de ingeniería informática, ciencias básicas en ingeniería, ciencias básicas en ingeniería de sistemas, educación en ingeniería de sistemas

## Abstract

Often within systems engineers communities arise debate about the origins and relevance of basic sciences within its scope. Doubts appear because at the time to apply this engineering, disciplinary relations with areas such as physics or mathematics are not so evident, as normally happens in cases as electronics engineering.

These doubts and debate leading to arguments about whether or not it is an engineering, in the sense that such engineers are not directly applied chemistry, physics and mathematics (engineering traditionally has been associated with the application of basic science in solving problems).

This article plants hypotheses about the object of systems engineering for the sake of clarity on the demarcation, to conclude that ambiguity that sometimes appears is more cyclical than epistemological, in contexts of underdevelopment for technological purposes fall Import and application of computer technology instead of opportunities for research and development. In this case the presence of basic science into the training processes is not visible, unlike the approaches to innovation, development and research in computing, where the application of language and mathematical techniques are crucial.

**Keywords:** Systems engineering definition, definition of software engineering, basic science in engineering, basic science in systems engineering, systems engineering education

### **La ingeniería de sistemas y la ingeniería informática dentro del ámbito general de la ingeniería**

Antes de los planteamientos sobre los objetos de conocimiento, de estudio y de formación de la ingeniería de sistemas y la ingeniería informática, es prudente establecer diferencias entre estos dos conceptos. El objeto de conocimiento se refiere a la manera concreta como el sujeto piensa al objeto y su definición implica la existencia de protocolos teóricos y o experimentales. El objeto de conocimiento se diferencia por su propio discurso, su problemática concreta y su método de indagación y desarrollo (Arboleda y Lopera, 2002). Por su parte, el objeto de formación está relacionado con la formación profesional, con los procesos educativos para la formación del sujeto e implica el abordaje y dominio de cuerpos de conocimiento teóricos e instrumentales sobre la disciplina o campo del saber (Salazar, 2002). A su vez, los objetos de estudio son procesos que develan potencialidades para descubrir realidades, construir conocimientos, transformar prácticas o recrear saberes y discursos (Jiménez, 2002).

Dentro del mundo académico y empresarial, con los avances de la tecnología que abren el abanico de los conocimientos y las tendencias hacia las especialidades de las disciplinas, no dejan de escucharse alertas acerca de los objetos de estudio y de formación de la ingeniería de sistemas y la ingeniería informática. Hay dificultades conceptuales al interior de cada uno, pero además, estos objetos parecen que

se traslapan y entonces no se sabe con certeza hasta donde llegan los dominios del uno y el otro. Esta dificultad se acentuó aún mas con el Decreto 2563 de 2003 y la resolución 2773 de 2003 del Ministerio de Educación Nacional (2003), que dejaron en la misma balanza estas dos ingenierías. ¿Cuál son los objetos de estudio y de conocimiento de la ingeniería de sistemas y la ingeniería informática? ¿Cuál son los objetos de formación de estas ingenierías?

Según la Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano (2010):

*“La ingeniería de sistemas es una profesión que tiene como objeto de estudio la información, su procesamiento, distribución, seguridad e Interpretación como elemento fundamental para el desarrollo de las organizaciones. Involucra aspectos de tipo tecnológico, administrativo y de generación de procesos”.*

Por otro lado, Universidad Autónoma de Occidente (2010) publica en su web:

*“La Ingeniería Informática tiene como objeto de estudio la Información, entendida como un elemento de gran valor dentro de las organizaciones y en tal sentido se propende por la selección y uso apropiado de las tecnologías que permitan su desarrollo y potencien su aporte en el proceso de toma de decisiones a nivel organizacional”.*

En realidad no hay consensos para estas respuestas dentro del ámbito colombiano. Pareciera que estos objetos coinciden, o en el mejor de los casos se solapan y no son excluyentes. A veces surgen explicaciones que apuntan por ejemplo, a que la ingeniería informática es más específica que la ingeniería de sistemas, dado que se ocupa de la planeación y puesta en operación de la infraestructura de hardware y software para los sistemas de información, mientras que esta última se ocupa de la aplicación de la teoría general de los sistemas al caso concreto de los sistemas de información, dentro de lo cual, el hardware y el software son el resultado de procesos generales y de la ejecución de proyectos estratégicos. Pero en realidad, el Ministerio de Educación Nacional de Colombia, las universidades y las agremiaciones se han tardado en motivar y documentar discusiones académicas al respecto. Está en mora la creación de algo así como un marco curricular nacional para estas dos ingenierías.

Como consecuencia de esto, en los currículos de las universidades cuando se entran a comparar planes de estudio, no se encuentran mayores diferencias entre estas dos ingenierías: coinciden aspectos como la declaración de objetivos, competencias y metodologías pero no se vislumbran diferencias en las prácticas, en los recursos, las estrategias de evaluación y en los perfiles de formación tampoco hay distinciones claras. Dentro de los planes para esta dos ingenierías, se encuentra ciertas tendencias generales que incluyen componentes de ciencias básicas, formación administrativa, formación humana, en menor proporción, programación básica, estructuras de datos e información, teoría de archivos, ingeniería del software, bases de datos, redes y hardware, gerencia de sistemas e informática; herramientas especializada para el análisis, diseño y desarrollo de sistemas y también en menor proporción computación teórica, teoría de autómatas y lenguajes, inteligencia artificial e ingeniería del conocimiento.

Pero no es solo un problema de los objetos de estudio, de conocimiento y de formación, pues tampoco en el ámbito de aplicación hay disgregaciones evidentes. En las empresas colombianas es natural que tanto los de sistemas como los informáticos ocupan las mismas posiciones, se convoquen bajo las mismas competencias, cumplan las mismas funciones y por igual lideren proyectos de alcances iguales. En general, los unos y los otros apoyan procesos misionales de las empresas y se ocupan como desarrolladores de software, arquitectos de información, analistas de calidad, gerentes o coordinadores de tecnología, administradores de sistemas de información, atención de procesos de soporte, participación en procesos de auditoría y de gestión de aseguramiento de la calidad informática, analistas de redes y hardware o agentes de procesos de asesoría, mercadeo y venta de tecnología de información. En todo caso, pareciera que las dos ingenierías en referencia estuvieran planeadas para recurso humano que cumpla estos perfiles empresariales.

Sobre el campo internacional, en el caso latinoamericano se advierten diferencias, en las universidades de Perú, México, Brasil y Argentina, en las cuales existen ya ciertas tendencias a las especializaciones: ingeniero de computación, ingeniero de software, ingeniero de hardware, ingeniero de sistemas de información, ingeniería de sistemas computacionales, aunque hay prelación por la ingeniería de sistemas. Pero si hay algo claro, a diferencia de estas ingenierías especializadas, es que en Colombia prácticamente el abanico de denominaciones está abierto para las ingenierías de sistemas e informática.

Un referente internacional importante es Computer Curricula (2005). En este documento se hace un análisis del peso comparativo de áreas de conocimiento específico de aplicación profesional, y su importancia dentro de cinco

tipos de programas de pregrado relacionados con la automatización de la información: a) ingeniería de computación, b) ciencias de la computación, c) sistemas de información, d) tecnologías de la información, e) ingeniería del software. Si se asocia la ingeniería de sistemas con el tipo sistemas de información y la ingeniería informática con el tipo tecnologías de información, entonces se podría encontrar luces para establecer diferencias entre los objetos de estas dos ingenierías. Así por ejemplo, para el tipo de programas de sistemas de información, las áreas de interacción hombre-máquina, manejo de la información y desarrollo de sistemas, tienen un gran peso, mientras que para la tipología de tecnologías de la información, sobresalen las áreas de programación integradora, uso y configuración de redes, administración de los sistemas y configuración y uso de sistemas operacionales. - Este referente es especialmente importante, por ser un proyecto respaldado por IEEE Computer Society (IEEE-CS), The Association for Computing Machinery (ACM) y The Association for Information Systems (AIS).

Es claro entonces: que, según *Computer Curricula*, no es posible que la ingeniería de sistemas y la ingeniería informática tengan similares planes y enfoques curriculares, pues aunque pueden haber solapamientos por la dificultad para delimitar problemas, los objetos de estudio, de formación y de conocimiento no son los mismos.

### **Relaciones entre la ingeniería y la ingeniería de sistemas**

Hechas las claridades precedentes, se entra al análisis concreto de la ingeniería de sistemas dentro del marco general de la ingeniería. El concepto de ingeniería está relacionado con el ingeniar, idear o inventar, este saber se refiere a la capacidad de aplicación de los conocimientos científicos, a la invención, perfeccionamiento y

utilización de la técnica industrial en diversas dimensiones de una realidad dada. La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI (2005), referencia la ingeniería como:

“La profesión en la cual los conocimientos de las ciencias naturales y matemáticas se adquiere mediante el estudio, la experiencia y la práctica; se aplican con buen criterio para desarrollar los medios, aprovechar económicamente los materiales, los recursos y las fuerzas de la naturaleza, para el crecimiento y prosperidad de la humanidad”.

Esta definición la describe la Junta de Acreditación de Programas de Ingeniería y Tecnología (ABET) de los Estados Unidos.

La ingeniería de sistemas, en forma específica, se ocupa de la información, de su estructura, mantenimiento, sistematización y automatización, para que con criterios de servicio a la gente, contribuya a la optimización de procesos y operaciones y al desarrollo y puesta en escena de la comunicación. El propósito es aprovechar las propiedades del electromagnetismo y la electrónica digital para crear soluciones de automatización de información y calidad en los servicios para los usuarios.

Varias cosas pueden concluirse de estas definiciones: a) Los ingenieros de sistemas están preparados para el análisis, diseño, desarrollo y evaluación de sistemas de información, no de otro tipo de sistemas. De hecho cada disciplina o ciencia implica unos sistemas propios, por ejemplo, sistemas biológicos, sistemas económicos, sistemas sociales. b) Por definición, la ingeniería es la aplicación de las ciencias naturales y las matemáticas para resolver problemas y para esto aplican una cadena que incluye: análisis de contexto, diseño de las soluciones, implementación de las soluciones y pruebas. Esto lo hacen, los ingenieros civiles, los mecánicos,

los electrónicos, y por supuesto, los ingenieros de sistemas.

Más concretamente aun: los proyectos de ingeniería en general se caracterizan por ciertas etapas básicas: a) Conocimiento del contexto objeto de la solución planeada, b) Rigurosidad técnica en la fase de planeación del proyecto, c) evaluación de los recursos necesarios d) Rigurosidad técnica del diseño, d) Definición de rutas en la implementación, e) Evaluación, pruebas y planes de contingencia.

Estas fases en la ingeniería de sistemas se conciben en los llamados ciclos de vida en el desarrollo de los proyectos informáticos que relacionan fases de c) Análisis de requerimientos y conocimiento de la empresa, b) Diseño de procesos, arquitectura de datos, interfases y procesos de comunicación, c) Construcción de programas, implementación e integración de componentes d) Planes de pruebas y mantenimiento del proyecto. Como puede deducirse, conceptualmente los proyectos informáticos siguen ciclos similares a los de los proyectos de la ingeniería en general. Y por esto, no se podría justificar la ausencia de las ciencias básicas de la ingeniería de sistemas, siendo cruciales en las demás ingenierías.

De acuerdo con lo anterior, en el sentido gnoseológico, la ingeniería de sistemas tiene delimitado como su objeto de estudio el desarrollo de sistemas de información y como las demás ingenierías, siguen unos ciclos técnicamente definidos para la puesta en marcha de los proyectos. El asunto que inquieta es si las ciencias básicas y cuáles de sus disciplinas específicas, son indispensables para la forjar dicho objeto, o sea, cual es su papel en la fundamentación teórica de la ingeniería de sistemas, para así confrontar las hipótesis que estiman solo las necesidades de unas matemáticas computaciones discretas. Un análisis reduccionista apunta a tales hipótesis, con al argumento que en el diseño de bases de datos y en algunos aspectos de la algoritmia y la programación de

computadores, es donde los ingenieros de sistemas verdaderamente aplican las matemáticas (lógica booleana y teoría básica de conjuntos) , pero otros análisis con mayor visión gnoseológica, dan cuenta de las necesidades formativas en física, cálculo infinitesimal o algebra lineal, además de las matemáticas discretas, la estadística o la teoría de la probabilidad y de otros saberes de ciencias básicas, para afinar el modelado abstracto y la apropiación cognoscitiva en las soluciones informáticas.

### **Las competencias del ingeniero de sistemas**

¿Qué hace un ingeniero de sistemas?, ¿qué debe saber hacer un ingeniero de sistemas para hacerse competitivo?, ¿hasta dónde las ciencias básicas son necesarias para las competencias de estos ingenieros?

Debe partirse de un hecho: es muy difícil que se agoten las necesidades de automatización de la información, por el contrario, la tecnología al ser humano lo implica cada vez desde más temprana edad y a las empresas las compromete para su supervivencia desde el momento mismo de su gestación. O sea, para una empresa la incorporación de tecnología de la información de alto alcance, no se justifica desde su madurez, sino que desde la misma idea inicial de empresa, debe planearse el soporte de estas tecnologías. El mundo moderno así lo determina, con conceptos como el que Mark Weiser (Centro de Investigación de Xerox en Palo Alto) llamó computación ubicua (Los dispositivos de computación quedan ocultos, invisibles a los usuarios a los cuales dan servicios) o con realidades como la computación móvil o en tiempo real en la Web (Weiser, 1998).

Según esto, es posible que la ingeniería de sistemas en el contexto económico colombiano garantice realización profesional y laboral a su creciente número de egresados, pero si se piensa

en serio como una política global, el auge de unas industrias del software y de las tecnologías de la información. La información es una oportunidad latente para generar desarrollo económico y por esto, tiene sentido esta ingeniería como opción de formación profesional.

Según ACOFI (2005), los siguientes son posibilidades de desempeño de un ingeniero de sistemas:

- a) Administrador de proyectos de desarrollo de sistemas de información y coordinador de la implementación de grandes aplicaciones.
- b) Arquitecto de tecnología. Diseño, desarrollo, evaluación e integración de aplicaciones, ambientes técnicos, sistemas operativos, bases de datos y redes de computadores.
- c) Programador de sistemas, creación y actualización de programas.
- d) Analista de base de datos.
- e) Soporte a clientes. Atiende a los usuarios cuando se presentan problemas con el sistema de información.
- f) Analista de sistemas para modelar los requerimientos funcionales en diseños y modificación de sistemas.
- g) Programador de aplicaciones, responsable de escribir, verificar y mantener las instrucciones detalladas de los programas.
- h) Promotor y diseñador de software, para obtener la información necesaria de una organización y cuáles son las soluciones de software y hardware que se aplicarían a esas necesidades.
- i) Administrador de base de datos. Es la persona responsable de que la base de datos de una organización esté disponible, con el fin de garantizar el servicio a una mayor velocidad.
- j) Director. Responsable de la planificación, implementación y administración de los sistemas de información y los recursos computacionales de una organización.
- k) Auditor. Encargado de asegurar que todos los aspectos de un sistema de información de una organización estén funcionando de acuerdo a las especificaciones con las que fue diseñado.
- l) Analista de seguridad.
- m) Ingeniero de componentes en el desarrollo de software de alta calidad.

Estos desempeños exigen de ciertas competencias genéricas y específicas. Por ejemplo, las

capacidades para entender la complejidad de los ambientes, hacer el modelado de sistemas, traducir realidades a códigos especiales, comprender los problemas con mirada global, relacionar subsistemas, planear la gestión de la información, seguir rutinas, aprender nuevos paradigmas, autogestionar nuevos conocimientos (actitud para la actualización profesional), interpretar los requisitos funcionales de los usuarios, determinar requisitos no funcionales, documentar procesos, trabajar en equipos de manera colaborativa, representar ideas gráficamente, comunicarse acertadamente o comprender el lenguaje icónico.

Estas competencias son improntas que conllevan una especial abstracción y carga cognitiva, son propias y significativas para los ingenieros de sistemas, así como los demás profesionales tienen las suyas (los abogados se diferencian por su especial capacidad argumentativa y lectura de contextos). Los ingenieros de sistemas utilizando lenguajes gráficos especializados, con facilidad simbolizan las circunstancias que observan en la cotidianidad de un ámbito determinado. Las técnicas que utilizan para ello, implican de la existencia de la competencia lógico – matemática, pues de otra forma el razonamiento para la abstracción no sería posible. Es más, la transformación del lenguaje cotidiano en el lenguaje especializado para hacer los análisis, diseños y programación de los sistemas, se facilita con la existencia de esquemas mentales entrenados desde acercamientos a la comprensión de problemas matemáticos.

### **Los aportes de las ciencias básicas a la ingeniería de sistemas**

La ingeniería de sistemas es una especificación de los objetos de estudio y formación de la ingeniería, pues así se desprende del enroque y la forma como se planean, desarrolla y evalúan los proyectos. Pero además, la aplicación de las ciencias básicas establece también unas relaciones precisas.

Otra relación entre ingeniería e ingeniería de sistemas se establece a partir de la aplicación de las ciencias básicas. La ingeniería aplica las leyes de la naturaleza para resolver problemas, pero con el requisito de que estas leyes tienen que estar modeladas con teorías matemáticas. Por ejemplo, la teoría electromagnética ha hecho posible todo el desarrollo de las telecomunicaciones modernas, pero aplicando todo el análisis a sus complejos modelos matemáticos, sin estos sus comportamientos no se habrían podido aplicar a la física y a la ingeniería. Aunque en esto de ciencias básicas e ingeniería, hay que aclarar que cada rama de la ingeniería hace énfasis según su interés científico en ramas específicas, no en todo el conjunto general de las matemáticas y las ciencias.

Es así como en la ingeniería civil hay una alta aplicación de la estática y la dinámica; en cambio en la ingeniería electrónica cobra importancia fundamental la física de campos. En la ingeniería ambiental y la ingeniería de materiales, la química juega papel importante, mientras que en la mecánica es imprescindible el conocimiento de la geometría. Mientras tanto, en la ingeniería de sistemas, las matemáticas discretas, la lógica, la teoría de conjuntos, el análisis numérico, la estadística, la teoría de la probabilidad y el modelamiento lineal, son esenciales para el análisis de sistemas de información. Igualmente, en el estudio y profundización teórica de modelos de bases de datos, redes neuronales, procesos estocásticos, sistemas basados en el conocimiento, neurocomputación, procesos estocásticos, métricas del software, optimización, teoría de lenguajes o estudio de los compiladores, el tratamiento de sus modelos implica conocimientos de cálculo diferencial e integral y el análisis matemático. Pero aun más, no puede perderse de vista la importancia de las matemáticas y las ecuaciones diferenciales para entender ciertos modelos estadísticos, probabilísticos e inferenciales.

Estas precisiones riñen con otros argumentos, según los cuales un ingeniero de sistemas a lo

sumo, en la práctica laboral aplicará algunos conceptos de lógica booleana para hacer programas de computador, lo cual puede ser cierto. Pero este simplismo reduce drásticamente el rol de la ingeniería, pues no basta únicamente con la aplicación de herramientas concretas, sino que además, el conocimiento de los fundamentos abre las posibilidades para entender el tratamiento científico de los problemas, lo que a su vez conduce a una mayor comprensión de las tecnologías que deban adaptarse. Pero es más: si no se conocen los fundamentos, entonces no es posible desarrollar nuevas tecnologías, ni intentar proyectos de verdadera innovación (Podría decirse que un país como Colombia no desarrolla tecnología informática, sino que la importa y la aplica y a veces la adapta y así el tema de la fundamentación podría pasar a un segundo plano. Pero este es un asunto coyuntural y no epistemológico y por eso no ameritaría quitarle a la ingeniería de sistemas su compromiso con el desarrollo científico disciplinar).

Otros dos puntos de vista justifican las ciencias básicas en la ingeniería de sistemas: el tránsito del conocimiento sobre los problemas específicos que se automatizaran y la cognición en el momento de diseñar y evaluar dominios de solución y las soluciones mismas.

El conocimiento es la pieza fundamental de los sistemas de información. Estos como objeto de estudio y praxis de los ingenieros de sistemas, se conciben como el conjunto de herramientas de hardware y software que permiten de manera oportuna, ágil y segura. el acceso a la información que se requiere para el desarrollo de procesos estratégicos y misionales de una organización. Estos sistemas integran equipo computacional, recurso humano, información fuente y programas, para las actividades básicas de entrada, procesamiento y salida de información (Cohen, 1999). En las entrañas de estos sistemas lo que la ingeniería hace, son transformaciones sucesivas formas de conocimiento. Este es un tema que trasciende

a lo únicamente técnico, y que se relaciona con las concepciones de gestión del conocimiento. La información se convierte en conocimiento, “la información es datos dotados de relevancia y finalidad. Por ello, para transformar datos en información hacen falta conocimientos. Y el conocimiento por definición es especializado” (Drucker, 2000).

En relación con lo anterior, y con el ánimo de entender la importancia de las ciencias básicas, debe apreciarse el campo de intervención de la ingeniería de sistemas desde el momento en el cual se concibe un problema, hasta cuando se llega a la solución final. Primero, el dominio del problema por lo general es no estructurado, o sea, las delimitaciones deben construirse desde ocurrencias cotidianas. En este dominio el lenguaje que lo describe es el normal. Segundo, el análisis del problema obliga a ciertos contratos aplicando técnicas y lenguajes especiales, como *Unified Modeling Language (UML)*. De esta forma la descripción no estructurada cotidiana, pasa a ser estructurada, escrita en lenguaje gráfico. Este paso es trascendental, pues de lo contrario no podría intentarse alguna solución computacional. En la comprensión de ese dominio no estructurado para luego someterlo a reglas, las ciencias básicas aportan simbolismo, lógica, rigurosidad para la abstracción. Ese tránsito desde lo no estructurado, hasta la formalización simbólica es un conjunto de procesos abstractos. En este sentido, el reducir un evento a un formulismo que relaciona variables cualitativas y cuantitativas, exige cierto nivel de tratamiento de inferencias lógico-matemáticas y hace posible el tratamiento con técnicas computacionales. Pero ahondando todavía más, si ese dominio involucra ciertas especializaciones técnicas, será necesario apoyarse para llegar al formulismo esperado, en conceptos como los de estadística inferencial y en casos aun más concretos, puede ser posible el tratamiento con ecuaciones diferenciales (ejemplos pueden ser predecir el crecimiento de una población de insectos en ciertas condiciones especiales, estimar el nivel de ventas conocido un histórico

y bajo la esperanza de algún factor crítico o el tiempo de vida útil de alguno mecanismo que se acelera en épocas especiales del año).

Sobre la justificación desde el punto de vista cognitivo, debe tenerse en cuenta el apreciable sentido abstracto de las construcciones de los ingenieros de sistemas. La representación simbólica de realidades cotidianas es un elemento fundamental del objeto de estudio de esta ingeniería, e incluso técnicamente se advierte que sin el modelado acertado no es posible resolver el problema planteado. O sea, la reducción del contexto a esquemas lógicos, escritos con códigos especiales, sintetizados a partir de representaciones gráficas, construidos con reglas específicas, es requisito para la construcción de la solución computacional.

En ese juego de códigos, lenguajes y protocolos, se levantan distintas capas de abstracción, unas como requisitos de otras y con juego de complejidades ascendentes. En esta construcción entran en juego un proceso cognitivo complejo detrás de otro, entendido como, entendidos como “evento de secuencias deliberadas y reguladas de acuerdo con una duración y unos propósitos específicos – la representación, la interpretación, la inferencia, la resolución de problemas, la argumentación, etc.” (Lopera, 2004). En esta complejidad de sucesos cognitivos es donde se aprecia el aporte de las ciencias básicas, no como herramientas directamente aplicadas, sino desde su aporte para las competencias en el desarrollo del pensamiento analítico complejo. Quiere decirse con esto que si bien en la modelación de la ingeniería de sistemas de información no hay apreciables aplicaciones de áreas como la física y el cálculo, en el trasfondo de la actividad intelectual de los ingenieros analistas, si se aplican esquemas mentales que son productos de interpretaciones y construcciones académicas previas. Esto es, dentro de la física y el cálculo ha modelado ya mundos cotidianos con herramientas teóricas precisas. Esos procesos de modelado ayudan a la construcción de esquemas

mentales que luego facilitarán la construcción de modelos computacionales aplicados en el diseño de sistemas de aplicación.

Como puede deducirse, si bien no hay una aplicación directa, dentro de las actividades de análisis y diseño de soluciones informáticas si es necesaria la disposición de competencias lógico – matemáticas.

Así pues, las justificaciones sobre los modelos matemáticos en el estudio de la ingeniería tienen argumentos bien fundamentados. Algunas veces incluso, se incluyen dentro de su objeto de estudio, tal como se afirma en Latorre (2001): la ingeniería de sistemas tiene como objeto la adquisición, transporte, almacenamiento, proceso y recuperación de la información. Su estudio comprende conocimientos matemáticos, ciencias básicas, técnicas computacionales y desarrollo de destrezas para el uso de la computación.

### **Aplicación de las ciencias básicas en los sistemas para la toma de decisiones**

Una justificación directa de las ciencias básicas dentro de la ingeniería de sistemas, es la relacionada con la planeación, análisis, diseño y evaluación de sistemas de información inteligente.

Este tipo de sistemas se caracterizan por su arquitectura, la cual debe proveer capacidades para el procesamiento distribuido en paralelo (PDP). Estos sistemas tienen diferencias por la especificación de los siguientes componentes:

- a) Integración de distintas unidades de procesamiento
- b) Un estado de activación
- c) Una función de salida para cada unidad
- d) Un patrón de conexión entre las unidades
- e) Unas reglas de propagación, para propagar los patrones de inferencia entre todas las unidades
- f) Unas reglas de aprendizaje que modifican

con las experiencias los patrones de activación

- g) Un ambiente dentro del cual debe operar el sistema.

Estos componentes son modelos lógico – matemáticos que permiten la simulación de esquemas cognitivos de los seres humanos, que son producto de multitud de procesos micro-cognitivos ocurridos en forma de intrincadas en redes que operan paralelamente (Los seres humanos perciben y actúan en paralelo, pueden hacer simultáneamente acciones disjuntas). Según Rumelhart y McClelland, (1992) en una red paralela los ítems de actuación pueden ser representados mediante la actividad de una única unidad local o por un patrón de actividad dentro de un gran conjunto de unidades. Las unidades, los patrones y las conexiones entre las unidades no son construcciones físicas, sino matemáticas, modeladas a partir de funciones, conjuntos y ecuaciones paramétricas complejas.

Los sistemas para la toma de decisiones, son inteligentes y están en capacidad de evolucionar con el tiempo, en la medida que el usuario los aplica y de monitorear sistemáticamente las alternativas antes de recomendar la mejor opción. Se caracterizan porque están dirigidos a problemas de decisión en dominios no estructurados o semiestructurados, ayudan en lugar de reemplazar a los humanos en la toma de decisiones y persiguen lograr efectividad en lugar de eficiencia en los procesos de decisión (Bello, 2000). Estos sistemas no son transaccionales, sino que son proactivos, lo que significa que no están diseñados para operaciones como buscar un dato o generar un listado de nombres, sino para procesos para decidir, por ejemplo, sobre la mejor alternativa de inversión de un capital, el camino menos costoso para una cadena de producción, la viabilidad de un proyecto o la calidad de un proceso. Los sistemas transaccionales aplican operaciones sobre datos, en cambio los sistemas para la toma de decisiones hacen inferencias sobre bancos de información.

En Parra (2009), se hace un análisis sobre estos sistemas, dentro del ámbito de la sociedad de la información. En su utilización son concebidos como conjuntos relacionados de componentes de software y hardware, que recuperan, procesan, almacenan y distribuyen información para apoyar la toma de decisiones, la coordinación y el control de la empresa. Son sistemas con la robustez suficiente para ayudarles a los empleados a analizar problemas, visualizar asuntos complejos y crear soluciones nuevas; para hacer proyecciones, estimaciones, pronósticos, prospectivas, con base en la información histórica y presente disponibles en forma estructurada.

A su vez, Gaitán y Bello (2002), realizan un estudio exhaustivo sobre sistemas para la toma de decisiones, acudiendo al rigor simbólico de funciones matemáticas y modelado de decisiones basadas en casos, decisiones en presencia de información borrosa, decisiones en condiciones de incertidumbre y decisiones con restricciones.

Como puede deducirse, la aplicación de las ciencias básicas a la ingeniería de sistemas reviste importancia especial dentro del análisis de estos sistemas de información inteligentes, dada su importancia y urgencia de aplicación en una época donde la inmediatez y la calidad son esenciales para la sostenibilidad empresarial. Dentro de la estructura de estos sistemas se aplican conceptos como álgebra matricial, redes bayesianas, teoría de grafos, árboles de atributos, lógica difusa, cálculo proposicional, ecuaciones paramétricas, teoría de la probabilidad y cálculo infinitesimal.

### **Conclusiones**

La incertidumbre acerca del sentido y esencia de la ingeniería de sistemas, no se origina en su

gnoseología, sino que el problema es coyuntural, ya que el énfasis de estudio se hace en su aplicación concreta. Desde esa perspectiva lo más importante es concentrarse en la construcción de soluciones, dejando de lado la simbología lógico – matemática que sustenta los desarrollos de las metodologías, técnicas y herramientas que se aplican.

Las metas para crear innovación informática, deben considerar la importancia de las ciencias básicas en el objeto de formación de la ingeniería de sistemas. Esto porque el estudio de matemáticas, física y estadística es esencial para el tratamiento científico de la información, ya que aportan los conceptos fundamentales para las abstracción de la realidad. Es sabido que intentar innovaciones precisa de hacer modelados y simulaciones que demuestren la viabilidad de los proyectos.

La ingeniería de sistemas tiene objetos de estudio, de conocimiento y de formación propios. Están relacionados con la representación de la información y con el modelado de soluciones.

El fin último de la ingeniería de sistemas no son los dispositivos informáticos, sino el tratamiento de la información dentro de la especificidad contextual de las soluciones informáticas.

Las ciencias básicas cumplen tres funciones dentro del objeto de formación de la ingeniería de sistemas: primero, son herramientas concretas e inmediatas para el modelado de sistemas inteligentes para la toma de decisiones; segundo, subyacen al interior de los procesos cognitivos que sistemáticamente aplican los ingenieros en la planeación, análisis, diseño y evaluación de sistemas de información y tercero, aportan conceptos para comprender la automatización de procesos de otras disciplinas y áreas del saber distintas a la ingeniería.

## Referencias

---

- Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI. (2005). Marco de Fundamentación Conceptual. Especificaciones de Prueba ECAES de Ingeniería de Sistemas. Versión 6, Bogotá.
- Arboleda, O. y Lopera, D. (2002). Objetos de conocimiento. Textos y Argumentos, 4, Medellín. Fundación Universitaria Luis Amigó.
- Bello, R. (2000). Sistemas de apoyo a la toma de decisiones basados en el conocimiento. Universidad Central de Las Villas, Santa Clara.
- Cohen, D. (1999). Sistemas de Información para la Toma de Decisiones. México, McGraw Hill.
- Computer Curricula (2005). The overview report. A volumen of the computing curricula series. A Cooperative Project of ACM, AIS, IEEE-CS.
- Drucker, P. (2000). Llega una nueva organización a la empresa. Gestión del conocimiento. Harvard Business Review. Deusto, Bilbao.
- Gaitán, J. y Bello R. (2002). Tomando decisiones basadas en el conocimiento. Neiva, Universidad Cooperativa de Colombia.
- Graham, G. (2001). Internet una indagación filosófica. Madrid, Ediciones Cátedra.
- Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano (2010). Consultado en marzo de 2010 en <http://www.poligran.edu.co>.
- Jiménez, L. (2002). Objetos de estudio. Textos y Argumentos. Medellín, Fundación Universitaria Luis Amigó.
- Latorre, L. (2001). Ingeniería Legal. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.
- Lopera, E. (2004). Actividad cognitiva y aprendizaje. Universidad de Antioquia, Medellín.
- Ministerio de Educación Nacional (2010). Consultado en marzo de 2010 en <http://www.mineducacion.gov.co>
- Parra, E. (2009). Sistemas de información inteligentes para la sociedad de Internet. Lámpakos la Revista Digital. 2, Vol.1.
- Rumelhart, D. y McClelland, J. (1992). Introducción al procesamiento distribuido en paralelo. Madrid, Alianza Editorial.
- Salazar, N. (2002). Objetos de formación. Textos y Argumentos, 4, Medellín, Fundación Universitaria Luis Amigó.
- Universidad Autónoma de Occidente (2010). Consultado en marzo de 2010 en <http://bach.uao.edu.co>
- Weiser, M. (1998). The future of ubiquitous computing on campus. Communications of the ACM, 1, Vol. 41, pp. 41-42.

## Sobre el autor

---

### Eucario Parra Castrillón

Fundación Universitaria Luis Amigó, Medellín  
(Colombia)  
[eucarioparra5@gmail.com](mailto:eucarioparra5@gmail.com)