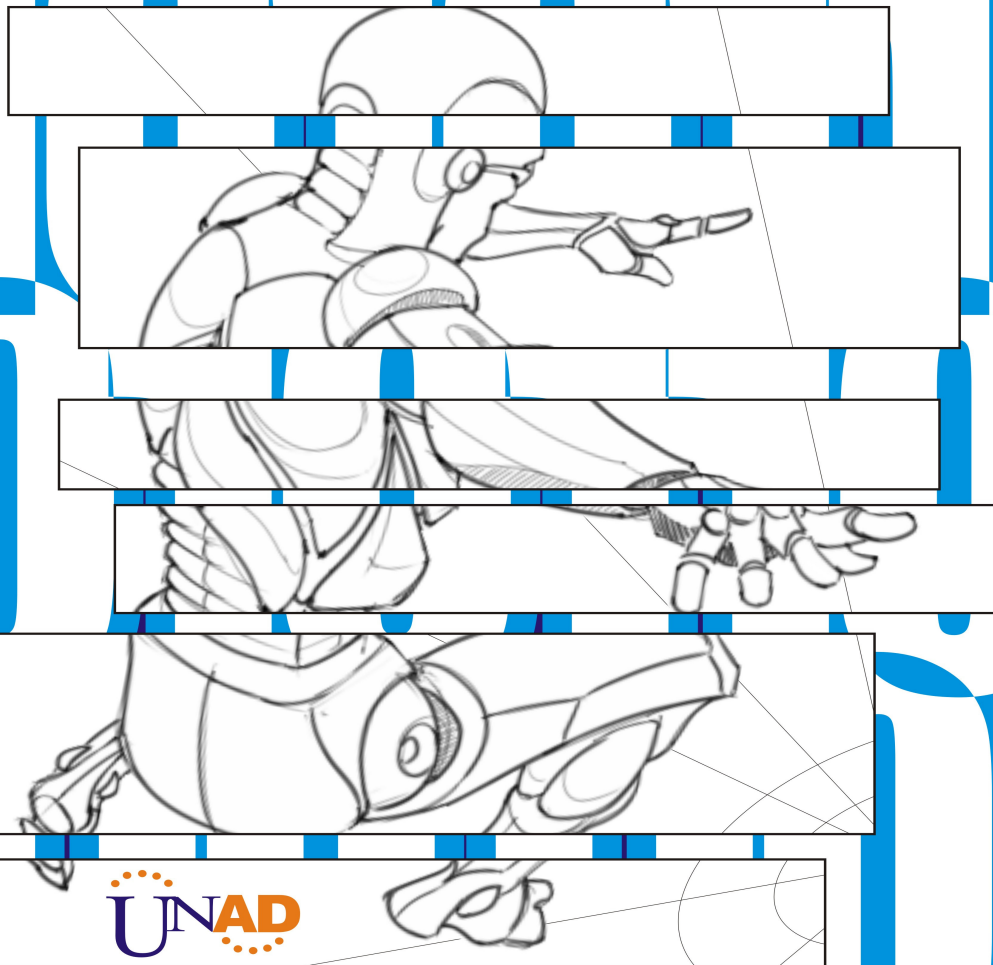


INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE SISTEMAS



PILAR ALEXANDRA MORENO



FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

**INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE SISTEMAS
MÓDULO**

PILAR ALEXANDRA MORENO

BOGOTÁ, 2006

MÓDULO
INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE SISTEMAS
Primera Edición

@Copyright
Universidad Nacional Abierta y a Distancia

ISBN

Autor: Pilar Alexandra Moreno

Diseño de Portada: Leonardo Rosas

2006
Centro Nacional de Medios para el Aprendizaje

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	2
UNIDAD 1. FUNDAMENTACION DE LA INGENIERIA DE SISTEMAS	6
Introducción	6
Objetivos	7
Capítulo 1. Conceptualización	8
1. Ciencia	8
2. Ingeniería	12
3. Sistema	16
4. Informática	17
5. Computación	20
6. Teoría General de Sistemas	21
7. Ingeniería de Sistemas	24
Capítulo 2. Antecedentes	28
1. Historia de los sistemas	28
2. La forma del movimiento de sistemas	31
Capítulo 3. Sistemas	34
1. Definiciones formales	34
2. Conceptos generales de sistemas	37
3. Características de los sistemas	41
4. El estudio de los sistemas	47
Capítulo 4. Problemas y algoritmos	54
1. Análisis de problemas	54
2. Clasificación de problemas	55
3. Resolución de problemas	56
4. Concepto de algoritmo	58
5. Resolución de problemas algorítmicos	59
Bibliografía	64
UNIDAD 2. DESARROLLO DE LA INGENIERÍA DE SISTEMAS	66
Introducción	66
Objetivos	67
Capítulo 1. Tendencias de la Ingeniería de Sistemas	68
1. Cibernética organizacional	68
2. Pensamiento de sistemas	70
3. Dinámica de sistemas	73

	Página
Capítulo 2. Ciencias de la computación	76
1. Arquitectura de las máquinas	76
2. Sistemas de numeración	80
3. Software	84
4. Organización de datos	94
5. Ingeniería de software	97
Capítulo 3. Ciencias modernas	101
1. Inteligencia artificial	101
2. Redes informáticas	104
3. Telecomunicaciones	107
4. Computación gráfica	109
Capítulo 4. Panorama de la Ingeniería de Sistemas	112
1. Desarrollo y evolución de la ingeniería de sistemas	112
2. La ingeniería de sistemas en Colombia	115
3. Papel del ingeniero de sistemas	118
4. Proyección de la ingeniería de sistemas	119
Bibliografía	124

INTRODUCCIÓN

Este módulo está destinado, principalmente, a las personas que por una otra razón eligieron a la Ingeniería de Sistemas, como su proyecto de vida, y que una vez tomada esta decisión se encuentran desarrollando la temática, indagando y conociendo el extenso campo de acción que la disciplina ha tenido, tiene y seguirá teniendo a través de los diferentes contextos.

También puede usarse como texto de referencia para personas de áreas afines interesadas en adquirir conceptos y fundamentos básicos de sistemas e ingeniería de sistemas, para aquellos que quieran conocerla más a fondo, o necesiten simplemente más información sobre ella o sobre algunos de los temas puntuales que se trabajan a través de los diferentes capítulos.

El desarrollo de éste módulo es un compromiso personal con todos ellos, con la convicción de que los logros y los éxitos serán el resultado de la imaginación y dedicación despertada a través de las diferentes actividades y contenidos que aquí se plantean, todas son con un sólo objetivo y tema conceptual básico “*La visión integral de la Ingeniería de Sistemas*”.

Ofrece un enfoque general de la ingeniería, comenzando por la apropiación de los principales conceptos que ayudan a explicar su fundamentación, realizando una exploración de las diferentes áreas o campos de aplicación hasta llegar a comprender la responsabilidad social y tecnológica a la que nos enfrentamos con nuestro papel de Ingenieros de Sistemas.

Con el fin de afianzar el aprendizaje de los contenidos, así como el de las habilidades, a lo largo de los capítulos se incluyen ejercicios y/o ejemplos que sirven como activación cognitiva, posteriormente para aclarar los conceptos expuestos y por último su aplicación en casos concretos.

Igual objetivo tienen los ejercicios propuestos al final de cada capítulo, los cuales vienen diseñados para que se resuelvan de manera individual, como actividad complementaria ó para resolverlo en grupos de trabajo, y así profundizar los contenidos relacionados y el desarrollo de habilidades como comunicación oral y trabajo colaborativo.

Este módulo es el resultado de un trabajo extenso de consulta, investigación bibliográfica y sistematización de experiencias, el cual sirvió como base para la consolidación de la información, contenidos temáticos y ejercicios con el fin de brindar, además, una herramienta de consulta apropiada al curso académico, a la metodología de trabajo y a las necesidades que pretende cubrir cada persona.

Por ello en cada unidad didáctica se encuentra una sección bibliográfica recomendada, incluyendo direcciones de Internet con las que se pueden ir más allá en el logro de los objetivos propuestos.

El desarrollo temático de los capítulos contempla, intrínsecamente, la articulación de cada una de las fases del proceso de aprendizaje como son: reconocimiento, profundización y transferencia, logrando una coherencia metodológica con la guía de actividades propuesta para el curso.

Las unidades didácticas son dos, correspondientes al número de créditos académicos del curso y cada una de ellas abarca el mismo número de capítulos (cuatro).

La primera unidad, Fundamentación de la Ingeniería de Sistemas, es aprovechada para la conceptualización de teorías, corrientes y modelos que sustentan a la Ingeniería de Sistemas como ciencia.

El capítulo 1, proporciona los elementos necesarios para ubicarnos en el contexto de la ingeniería de sistemas, conociendo y explicando los conceptos y teorías que la soportan. Ciencia, sistemas, informática y teoría general de sistemas, son algunos de ellos.

El capítulo 2, introduce al interesado en el mundo de la ingeniería y los sistemas a través de la recopilación de los sucesos y logros más importantes en el desarrollo histórico de los sistemas, que contribuyeron a alcanzar el nivel de avance obtenido actualmente. Además muestra de una manera precisa la filosofía de la corriente del movimiento de sistemas.

Siendo el análisis y diseño de sistemas uno de los principales campos de esta ingeniería, en el Capítulo 3, se proporcionan elementos importantes para la definición de sistema, además de la identificación de las principales características y propiedades que sirven de base para realizar un estudio general de un sistema, sin perder de vista el enfoque y su clase.

El capítulo 4 habilita al aprendiente para que comprenda que la actividad de identificar y solucionar problemas es muy importante en su disciplina. Mediante el establecimiento de pasos para el análisis y comprensión de problemas generales y algorítmicos se brindan orientaciones a fin de interiorizar la importancia de la selección de estrategias óptimas y viables para su resolución.

Llegado a este punto se debe tener muy clara la fundamentación de la ingeniería de sistemas, con el fin de argumentar aspectos de interés propios de la misma.

La segunda unidad didáctica, Desarrollo de la Ingeniería de Sistemas, plantea un acercamiento a la evolución y aplicación de la ingeniería de sistemas como parte fundamental del curso académico.

El capítulo 1, está destinado a explorar las tendencias conceptuales, metodológicas y tecnológicas básicas a la hora de ubicarnos en cualquier campo de su aplicación.

El capítulo 2, proporciona herramientas de trabajo valiosas para relacionar la ingeniería con los campos de aplicación más generales, sin dejar de ser importantes, como son el manejo de la información, el software y el hardware.

El capítulo 3 introduce al aprendiente en un mundo relativamente nuevo para él: las ciencias modernas en la ingeniería de sistemas. Debe ser consciente desde el primer momento de la importancia que tiene la adecuada combinación de todas estas ciencias para lograr obtener una solución actual a un problema que se esté trabajando.

Finalmente, en el capítulo 4 el lector encuentra el panorama general de la ingeniería de sistemas. Ubica su evolución y proyección en un campo más cercano. Establece el rol de un ingeniero de sistemas. Es decir, se acerca a la realidad próxima de la ingeniería de sistemas.

Es conveniente que a lo largo del desarrollo del curso el aprendiente trabaje los diferentes ejercicios y ejemplos en una línea definida desde un comienzo, con el fin de obtener una aplicación valiosa de los contenidos a su realidad personal y profesional.

Para el desarrollo conceptual del módulo se tomaron teorías y corrientes muy apropiadas para el objetivo que se pretende alcanzar, el cual es la fundamentación conceptual y el acercamiento al desarrollo de la ingeniería de sistemas de una manera global, pero a la vez especializada. Se tuvieron en cuenta corrientes de pensamiento de sistemas como las de Bertalanffy, Johansen, Van Gigch y Checkland.

El módulo presenta de una manera adecuada la visión general del estudio de la ingeniería de sistemas. Cada capítulo desarrolla los contenidos, sin llegar a realizar un estudio profundo (pues posiblemente existan módulos especializados en algunos temas aquí tocados), con el propósito de presentar el panorama, soportes y proyecciones de una ingeniería de sistemas, que se empieza a vislumbrar. Es una herramienta para que de aquí en adelante el aprendiente

modele su propia ruta de aprendizaje, de acuerdo a los intereses y necesidades aquí despertadas o ya establecidas.

Por último, para facilitar el aprendizaje es necesario consultar la bibliografía recomendada, utilizar la biblioteca virtual y el acceso a Internet, con esto se está potenciando la capacidad de investigación y de auto gestión para llegar al conocimiento, según sean las necesidades y/o debilidades encontradas en cada uno de los pasos del proceso a seguir.

Al final, quien aprende a aprender se convierte en Aprendiz Autónimo.

OBJETIVOS

1. Fundamentar, desde un principio, la ingeniería de sistemas como ciencia, a través de la conceptualización teórica de los sistemas, de las ciencias de la computación y de la informática.
2. Relacionar las tendencias, teorías y técnicas de análisis y solución de problemas con la aplicación de las ciencias de la computación.
3. Conocer e identificar de manera clara los elementos, características y propiedades de un sistema y su relación con el medio.
4. Determinar y sustentar la aplicación de la ingeniería de sistemas, según su desarrollo histórico y su proyección hacia el siglo XXI.

UNIDAD DIDÁCTICA 1

FUNDAMENTACIÓN DE LA INGENIERÍA DE SISTEMAS

INTRODUCCIÓN

La palabra ingeniería, encierra en ella misma ingenio, la capacidad de desarrollar de una manera creativa “*cosas*” que sean útiles. Pero si reflexionamos acerca de esto, nos damos cuenta que esas *cosas útiles*, son precisamente útiles en la medida que den solución a una necesidad, problema o situación particular, en cualquier área, es decir no son pensadas al azar, al contrario, con una fundamentación total para su creación.

Alrededor de esta reflexión surge la orientación que se le dio a este módulo, planteando en primer lugar, una unidad didáctica dedicada a la fundamentación de la ingeniería de sistemas, para reconfirmar que absolutamente todo tiene su razón de ser.

En esta primera unidad se establecen los conceptos claves, que el estudiante debe comprender totalmente y que definen los sistemas y la ingeniería de sistemas.

También importante es acercar el término “sistema” a nuestro entorno próximo, revisar componentes, características y propiedades, procesos internos y externos y su forma de adaptarse al medio, además se plantean los antecedentes e historia del movimiento de sistemas.

Contempla, por último, un capítulo dedicado especialmente a un punto importante de la ingeniería de sistemas: la solución de problemas, enfocado desde el punto de vista de aplicación de teorías y/o técnicas que le ayuden a hacer buen uso del ingenio para analizar problemas, modelar soluciones eficientes, en donde se involucre la tecnología y la organización.

Sugerencia: realizar los ejemplos y ejercicios planteados al principio y fin de cada capítulo, a fin de lograr verdaderamente la apropiación de los contenidos y alcanzar el conocimiento deseado.

OBJETIVOS

1. Reconocer y diferenciar varios de los conceptos, que sustentan a la ingeniería de sistemas.
2. Explorar la historia de los sistemas y la fuerza de su movimiento.
3. Realizar una aproximación formal al término “sistema”, componentes, características y propiedades.
4. Identificar los pasos requeridos y diferentes estrategias para avanzar en la solución de un problema, general o algorítmico.

CAPÍTULO 1. CONCEPTUALIZACIÓN

Actividad Inicial:

El curso que nos convoca es Introducción a la Ingeniería de Sistemas, teniendo en cuenta este concepto y de acuerdo a los conocimientos y/o experiencias que tenga, relacione 5 términos que espera encontrar en este capítulo y que a su criterio soporten técnica y metodológicamente este curso. Realice su propia definición, e indique por qué considera que sea base para la Ingeniería de Sistemas.

Tenga en cuenta el siguiente cuadro adaptado para ello.

<i>Concepto</i>	<i>Definición / justificación</i>

1.1 Ciencia

Es importante, antes de abordar cualquier otro término, definir aquel que encierra cualquier disciplina o campo de desarrollo.

¹La CIENCIA es:

- Principalmente, una serie de métodos empíricos y lógicos para la observación sistemática de fenómenos empíricos (derivados del mundo natural) con el objetivo de entenderlos y, por consiguiente, explicarlos (teorización). Es lo que englobamos bajo el nombre de método científico.
- El conjunto organizado y sistemático de conocimientos que derivan de aplicar diferentes métodos. Lo podemos dividir en el conjunto de ciencias específicas según el tipo de fenómenos empíricos que investigan: física, astronomía, geología, química, biología, psicología.
- La aplicación práctica del conocimiento científico para solucionar los problemas planteados en el área concreta del mundo empírico en que se manifiesten (tecnología científica). El conocimiento proporciona la base para la práctica y

¹ <http://www.iespana.es/DEISMO/queesciencia.htm>

los problemas prácticos sirven de estímulo para la búsqueda de conocimiento teórico.

En líneas generales, el MÉTODO CIENTÍFICO consta de los siguientes 5 pasos básicos:

[observación – hipótesis – predicción – verificación - replicación]

La ciencia procede identificando problemas, busca hechos relevantes, formula hipótesis, hace predicciones con base a estas y las somete a prueba para ver si se verifican o no. Es el proceso de "aducción, deducción, inducción".

Aducimos una hipótesis a partir de una colección de datos y de preguntas acerca de éstos. Deducimos nuevos hechos que implican si la hipótesis es cierta. Empleamos una serie de métodos inductivos para contrastar (probar) si las nuevas predicciones se mantienen.

Esto se repite una y otra vez para ***construir teorías científicas que expliquen la realidad de forma sólida y fiable.***

Por supuesto, esta es una idea general que se concretará en cada ciencia en formas diversas según sea su objeto de estudio.

En resumen, el "***truco***" es buscar estrategias que permitan un abordaje lo más objetivo posible de la realidad. Lo que se busca es eliminar al máximo posible toda una serie de mecanismos humanos de distorsión, ilusión y autoengaño en nuestro abordaje del mundo, sea individual o grupal: pensamiento deseoso (wishful thinking), pensamiento selectivo, validación subjetiva, autoengaño, refuerzo grupal, explicaciones ad hoc y post hoc. Se desarrolla un "sano" escepticismo que favorece un máximo de objetividad.

Presuposiciones de la ciencia:

- La ciencia no asume que conoce la verdad a priori acerca del mundo empírico. La ciencia asume que tiene que descubrir el conocimiento. Esos que dicen conocer la verdad empírica a priori (como los autodenominados científicos creacionistas) no pueden estar hablando acerca de conocimiento científico.
- La ciencia presupone un orden regular en la naturaleza y asume que hay unos principios subyacentes de acuerdo con los cuales los fenómenos naturales trabajan. Asume que esos principios o leyes son relativamente constantes. Pero no asume que pueda conocer a priori ni cuáles son esos principios ni cuál es el orden actual de una serie de fenómenos empíricos.

- La ciencia presupone que el ser humano tiene la capacidad de conocer ese orden regular y principios subyacentes de la naturaleza.
- La ciencia presupone que el saber explicar y dominar la naturaleza de forma progresiva es algo que vale la pena, que es algo bueno, un valor ético positivo.

Características generales de la ciencia:

- **Provisional y fiable:** Se considera que es provisional porque es siempre susceptible de cambiarse o modificarse con base a nueva evidencia. Es individual, pero con un carácter público (peer review, duplicación por otros científicos con los mismos resultados) de forma que los investigadores tienen que convencer a la mayoría en su área para declarar algo cierto. Estas características, le proporcionan el máximo de fiabilidad como conocimiento.
- **Creencias de base empírica:** Es un sistema de creencias, pero que no se forma por "fe ciega o intuitiva", sino que se basa en la observación de experiencias repetidas de sometimiento a pruebas (contrastación) de sus afirmaciones. En la ciencia se unen la fe (creencia) con la justificación empírica.
- **Hay muchos métodos científicos,** aunque compartan las características generales citadas anteriormente, hay una enorme cantidad de métodos científicos particulares usados en las diversas ciencias. Conocer los pasos de "aducción-deducción-inducción" es la idea general que tenemos que concretar en la ciencia particular en la que actuemos. Esto hace difícil al científico pasar de un área en la que es experto a otra. Los métodos concretos muy útiles en una ciencia pueden no ser aplicables en otra (no puedes aplicar metodología científica que se usa en física a la medicina). Lo importante de todo esto es que la ciencia no sólo somete a prueba hipótesis, sino también métodos de forma que cada vez encuentra las mejores formas para acercarse a la verdad. Este es otro factor que añade fiabilidad y autoridad a los conocimientos adquiridos vía científica.
- **La ciencia se basa en la observación y los experimentos son sólo un tipo de esa actividad:** Lo importante es la observación minuciosa en todo el proceso. El punto crucial es la observación en el momento de contrastación (sometimiento a prueba) de las predicciones que genera la hipótesis. Esto se puede hacer con experimentos, que tienen el interés de añadir controlabilidad, pero no siempre es posible. No se pueden hacer experimentos con montañas o astros, puede resultar carísimo, puede interferir mucho en el fenómeno o simplemente puede haber impedimentos éticos. En este caso se hacen predicciones (o retrodicciones) de lo que se debe encontrar si la hipótesis es cierta y la observación será lo que servirá para contrastar si se cumple o no lo que se predijo.

- **Los experimentos están orientados hacia objetivos:** Para diseñar un experimento se necesita una idea de lo que se está buscando. Es muy raro que se haga un experimento para ver qué pasa. El investigador establece predicciones con base a sus hipótesis y diseña el experimento para ver si se cumplen. Puede ser que no sea así y a este resultado se le llama hipótesis nula (el resultado esperado por el investigador ha resultado falso). La ventaja del experimento es que permite identificar una serie de causas determinadas y permite una mayor controlabilidad de todas las variables y los resultados. Es necesario tener en cuenta que ningún experimento por sí solo puede probar una teoría. Es necesario repetir diferentes experimentos (observaciones) con variantes más refinadas y por diferentes equipos con el objetivo de disminuir errores y sesgos.
- **El objetivo principal de la ciencia es generar Teorías y Leyes:** Los hechos son aquello que cuidadosamente hemos observado y las teorías son explicaciones a esos hechos. Las leyes identifican y describen las relaciones entre los fenómenos observables, su conducta. No hay que olvidar el carácter provisional y revisable tanto de leyes como de teorías. Incluso los hechos, en algunas ocasiones y variando según las ciencias, no son del todo neutros y pueden tener un componente de construcción.
- **Creatividad:** La imaginación y la creatividad impregna toda la actividad científica. Podríamos decir que es su elemento artístico. Es importante para descubrir formas de observar y recoger datos, para elaborar hipótesis, para concretar metodologías concretas que sirvan para contrastar y eliminan el autoengaño, para buscar aplicaciones prácticas, etc

Ciencias empíricas y formales:

Hay clasificaciones más amplias que parecen válidas y que definen la Ciencia como **CIENCIA EMPÍRICA o FÁCTICA**.

En este caso, la **CIENCIA** también se caracterizaría por su método y pretensión de explicar la realidad con base a pruebas, racional y críticamente fundado sobre la realidad. Sin embargo, en este caso se distinguiría la **REALIDAD** en **EMPÍRICA Y NO-EMPÍRICA**.

Puede establecerse una primera distinción entre las ciencias:

- **Ciencias formales:** se caracterizarían por el empleo del así llamado "**método axiomático**". Son las matemáticas y la lógica.
- **Ciencias empíricas o fácticas:** se caracterizarían por el uso de "**método de la contrastación empírica**" o "**método hipotético-deductivo**". Se podrían

dividir a su vez en **CIENCIAS NATURALES** o experimentales Y **SOCIALES** o humanas.

Cada estudio que se realice puede ser enmarcado en cualquiera de las anteriores clasificaciones, según su naturaleza, pues de ello depende el buen manejo y desarrollo de la investigación misma y de la comprobación o negación de la hipótesis planteada desde el comienzo.

Además es importante diferenciar los aspectos básicos que destacan a cada una de estas ciencias y que permiten establecer sus diferencias a la hora de realizar un estudio de un tema específico, para ello se propone la siguiente síntesis, analicémosla:

Tabla 1. Cuadro comparativo entre las ciencias empíricas y las ciencias formales

<i>Característica</i>	<i>Ciencias empíricas</i>	<i>Ciencias formales</i>
Objeto de estudio	Hechos y fenómenos de la experiencia	Entidades de carácter ideal (pero que en último término dependen también de la experiencia)
Método de trabajo	Contrastación empírica	Demostración lógico-deductiva
Enunciados	Sintéticos	Analíticos
Objetivo	Descripción, explicación y predicción de fenómenos del universo	Construcción de sistemas abstractos de pensamiento

Ahora veamos cuál es la definición que se propone trabajar, consolidando los conceptos anteriores:

“La ciencia es un conjunto organizado y sistemático de conocimientos que son de validez universal, y que además utiliza el método científico”

1.2 Ingeniería

A la hora de establecer un postulado sobre Ingeniería, disciplina que nos reúne en torno a este módulo, es importante primero relacionar una serie de definiciones formales, que a lo largo de la historia han apoyado la fundamentación de la Ingeniería de Sistemas.

Veamos entonces estas definiciones y conceptos:

Ingeniería²: Término aplicado a la profesión en la que el conocimiento de las matemáticas y la física, alcanzado con estudio, experiencia y práctica, se aplica a la utilización eficaz de los materiales y las fuerzas de la naturaleza.

El término ingeniero alude a la persona que ha recibido preparación profesional en ciencias puras y aplicadas; sin embargo, otras personas como técnicos, inspectores o proyectistas también aplican técnicas científicas y de ingeniería para solventar problemas técnicos.

El ingeniero que desarrolla su actividad en una de las ramas o especialización de la ingeniería ha de tener conocimientos básicos de otras áreas afines, ya que muchos problemas que se presentan en ingeniería son complejos y están interrelacionados. Por ejemplo, un ingeniero químico que tiene que diseñar una planta para el refinamiento electrolítico de minerales metálicos debe enfrentarse al diseño de estructuras, maquinaria, dispositivos eléctricos, tratamiento de la información, además de los problemas estrictamente químicos.

Ingeniería³. Es la aplicación de los principios y conocimientos de las ciencias naturales y formales a la solución de las necesidades prácticas y materiales de la sociedad. Es decir, la Ingeniería opera según diseños bajo restricción. Los diseños son la creación de nuevas soluciones y desarrollos mientras que las restricciones son impuestas por las leyes naturales. La interrelación entre diseño y restricciones es lo que permite que las soluciones de ingeniería sean viables técnica y económicamente para un conjunto de necesidades dadas. Por supuesto, la práctica profesional de la Ingeniería comporta una inmensa responsabilidad social.”

Ingeniería⁴: Conjunto de conocimientos y técnicas que permiten aplicar el saber científico a la utilización de la materia y de las fuentes de energía// 2. Profesión y ejercicio del ingeniero.

Ingeniero, ra. (De ingenio, máquina o artificio) Persona que profesa o ejerce la ingeniería. //2. El que discurre con ingenio las trazas y modos de conseguir o ejecutar una cosa.

Ingenio. (Del Lat. Ingenium.) Facultad del hombre para discurrir o inventar con prontitud y facilidad.//2 Sujeto dotado de esta facultad.//3 Intuición, entendimiento, facultades poéticas y creadoras. //4. Industria maña y artificio de uno para conseguir lo que desea.//5 Chispa, talento para mostrar rápidamente el aspecto

² Biblioteca de Consulta Microsoft ® Encarta ® 2005. © 1993-2004 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos. Término: Ingeniería.

³ <http://ingenieria.puj.edu.co/civil/ingenieria>

⁴ Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española. En <http://www.rae.es>

gracioso de las cosas.//6 Máquina o artificio mecánico.//7 Cualquier máquina o artificio de guerra para ofender y defenderse.

Ingeniería⁵: 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 máquinas, estructuras, etc. 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. Es la profesión en la que un conocimiento de matemáticas avanzadas y de las ciencias naturales obtenido por medio de la educación superior, experiencia y práctica se dedica principalmente a la creación de nueva tecnología para el beneficio de la humanidad. La educación en ingeniería se centra en los aspectos conceptuales y teóricos de la ciencia y la ingeniería encaminada a preparar graduandos para la práctica en esta porción del espectro tecnológico más cercano a las funciones de investigación, desarrollo y diseño conceptual.

Ingeniero⁶: Persona que tiene título de cualquiera de las ramas de la ingeniería. Persona que por razón de su especial conocimiento y uso de las matemáticas, físicas y ciencias de la ingeniería, los principios, métodos de análisis, diseño en ingeniería, adquiridos por educación y experiencia, está calificado para ejercer la ingeniería.

Una vez apropiados estos conceptos, podemos dar nuestras propias definiciones, orientadas hacia el área que nos compete:

“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.”

“Ingeniero. Aquella persona que a través de estudios de ingeniería, está en capacidad de diseñar y desarrollar soluciones a problemas en el área de la ciencia y la tecnología.”

Estas definiciones llevan consigo una característica importante, que no podemos dejar a un lado: habilidades. Para lograr el objetivo de la ingeniería y del ingeniero, se deben tener en cuenta el desarrollo de ciertas habilidades que enmarcan el desarrollo de la disciplina.

⁵ GRECH, Pablo (2.001). *Introducción a la ingeniería. Un enfoque a través del diseño*. Bogotá. Prentice Hall. p 44.

⁶ Ibid, p 44.

Las habilidades en la ingeniería:

Siguiendo la tendencia de Pablo Grech, se puede afirmar que las habilidades son perdurables, los conocimientos no. Es relativamente sencillo definir los conocimientos que debe adquirir un ingeniero para desempeñarse exitosamente. Pero no es lo mismo definir las habilidades. A continuación se resumen las principales habilidades que deben destacar a un ingeniero:

Tabla 2. Las habilidades en la ingeniería

Habilidad	Descripción
1. <i>Creatividad</i>	Capacidad de ser original, innovador, descubridor, inventor. "Si alguien crea algo que es nuevo para él, se dice que es creativo. Si ese algo es nuevo para muchos es, además, innovador. Y si es nuevo para todos es inventor."
2. <i>Capacidad de pensamiento convergente⁷</i>	Permite la integración focalizada de los datos y el establecimiento de prioridades en las elecciones. Mediante ésta, el ingeniero selecciona de un gran conjunto de datos aquellos que están relacionados con un determinado problema, y deshecha los demás. Igualmente, con el desarrollo de esta capacidad, el ingeniero, en una determinada situación, puede establecer prioridades a la hora de tomar una decisión. Sólo se toman los datos que se necesitan.
3. <i>Capacidad de pensamiento divergente⁸</i>	Capacidad para descubrir más de una respuesta correcta a una pregunta determinada. En principio, todos los problemas de ingeniería admiten más de una solución. Muchas personas quedan satisfechas cuando encuentran una de ellas y no son capaces de hallar otras. Al desarrollar esta habilidad, el ingeniero puede fácilmente proponer otras soluciones, además de la inicial.
4. <i>Capacidad analítica</i>	La que más identifica a todo ingeniero. Por esta habilidad prefieren a los ingenieros sobre profesionales de otras disciplinas para realizar tareas en las que aquellos están más entrenados pero no poseen una habilidad analítica similar. Descomponer un todo en sus partes, establecer las relaciones entre ellas, extraer las variables principales del sistema, relacionar síntomas con causas, son actividades que desarrollan en grado extremo esta habilidad analítica.
5. <i>Capacidad de trabajo en grupo</i>	Habilidad muy importante en el mundo moderno en el que los problemas son tan complejos que no es posible imaginar equipos de una sola persona. El grupo que se busca es el formado equilibradamente por personas creativas y racionales; los unos pondrán la originalidad y los otros la canalizarán para llegar a los resultados deseados dentro de los parámetros fijados.
6. <i>Interdisciplinariedad</i>	La capacidad para trabajar en grupos con individuos de diferentes disciplinas. Los problemas de hoy son tan complejos, que no es posible resolverlos con el enfoque de una sola disciplina.
7. <i>Serendipia⁹</i>	Facultad de encontrar una cosa mientras se busca otra. Desarrollar una actitud indagatoria para aprovechar los hallazgos brindados por el azar, aunque no responda a lo que nosotros buscamos. Esta facultad se encuentra altamente desarrollada entre los descubridores e inventores.

⁷ BARKER, Joel Arthur (1995). *Paradigmas*. Bogotá. Mc Graw Hill. p. 65

⁸ Ibid. p. 67

⁹ ARIAS GALICIA, Fernando (1976). *Lecturas para el curso de metodología de la investigación*. Buenos Aires. Ediciones Siglo XX. p. 17

Habilidad	Descripción
8. <i>Diseño conceptual</i>	Opuesto al diseño detallado. Se busca que el ingeniero se dedique más a las especificaciones de un producto que a los detalles mínimos del mismo. El ingeniero debe definir a grandes rasgos lo que se desea, para que otros transformen sus ideas en realidades
9. <i>Capacidad de comunicación</i>	Indispensable en el mundo moderno en el que la información está confirmándose como el activo más importante de las empresas y en el que poder comunicarse con los demás de una forma eficiente es un requisito para poder trabajar en grupos interdisciplinarios. Esta comunicación debe poder realizarse de varias formas: <i>escrita</i> : habilidosos en la generación de informes técnicos; <i>oral</i> , aprendiendo retórica. Saber convencer a los demás mediante la palabra es muy importante; la defensa de un proyecto, hecha por una persona convencida y con capacidad de convencimiento, es mucho más sencilla que llevada a cabo por una persona sin dotes de comunicador; <i>gráfica</i> , ágil en el uso de ayudas audiovisuales, computador, multimedia, etc. La calidad y complejidad de los documentos que pueden obtenerse por los medios modernos de expresión es tal, que se puede resumir así: Una presentación en multimedia es equivalente a millones de palabras.
10. <i>Dominio de un idioma técnico</i>	(El inglés). Comprender la literatura técnica. Comprender el inglés hablado para poder asistir a teleconferencias, congresos, etc. La posibilidad de comunicarse en ambas direcciones, verbalmente, es recomendable. Valga decir que el inglés se ha vuelto el idioma universalmente aceptado y que casi todos los países desarrollados poseen un bilingüismo de hecho que permite que la transferencia tecnológica se haga de forma natural.
11. <i>Manejo del aspecto humano, social y ético</i>	Muchos de los problemas que el ingeniero deberá resolver tienen implicaciones sociales. Debe ser una persona capaz de entender los problemas que surgen de la aplicación indiscriminada de la tecnología. Las soluciones a los problemas de la sociedad deben contemplar todos los aspectos; el ingeniero debe ser un intérprete de la sociedad. Las soluciones que da la ingeniería no son buenas o malas en sí: solucionan o no solucionan el problema para el cual fueron diseñadas. Debe resolver problemas no crearlos.

La ingeniería es una profesión que se encarga de intermediar entre la ciencia y la tecnología; aplica los conocimientos científicos en el desarrollo de nuevos procesos o instrumentos, para mejorar la sanidad y el bienestar de la sociedad.



1.3 Sistema

Este término es, tal vez, el más trabajado y conceptualizado en todos los tiempos y contextos de la ciencia. Por ello se relacionan a continuación las definiciones de Sistema propuestas por varios autores:

- **Ludwig von Bertalanffy (1968):** Un sistema es un conjunto de unidades en interrelación.

- **Ferdinand de Saussure (1931):** Sistema es una totalidad organizada, hecha de elementos solidarios que no pueden ser definidos más que los unos con relación a los otros en función de su lugar en esa totalidad.
- **Mario Bunge (1979):** Sistema Σ es una terna ordenada $[C(\Sigma), E(\Sigma), S(\Sigma)]$ en la que:
 - $C(\Sigma)$ (composición de Σ) representa el conjunto de partes de Σ .
 - $E(\Sigma)$ (entorno o medio ambiente de Σ es el conjunto de aquellos elementos que, sin pertenecer a $C(\Sigma)$, actúan sobre sus componentes o están sometidos a su influencia.
 - $S(\Sigma)$ (estructura de Σ) es el conjunto de relaciones y vínculos de los elementos de $C(\Sigma)$ entre sí o bien con los miembros del entorno $E(\Sigma)$.
- **IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronic Terms:** Sistema es un todo integrado, aunque compuesto de estructuras diversas, interactuantes y especializadas. Cualquier sistema tiene un número de objetivos, y los pesos asignados a cada uno de ellos puede variar ampliamente de un sistema a otro. Un sistema ejecuta una función imposible de realizar por una cualquiera de las partes individuales. La complejidad de la combinación está implícita.
- **Estándar X3.12-1970 (ANSI), Estándar 2382/V, VI (ISO) Vocabulary for Information Processing:** Sistema es una colección organizada de hombres, máquinas y métodos necesaria para cumplir un objetivo específico.

Resumiendo, de las definiciones anteriores se pueden extraer unos aspectos fundamentales del concepto **Sistema**:

- La existencia de elementos diversos e interconectados.
- El carácter de unidad global del conjunto.
- La existencia de objetivos asociados al mismo.
- La integración del conjunto en un entorno.

“Sistema: cualquier conjunto de elementos organizados (**entradas**) y relacionados (**proceso**) para un propósito o una actividad (**salidas**).”

En el capítulo 3, se abordará más a fondo este concepto.

1.4 Informática

La informática es una palabra de origen francés, formada por la contracción de los vocablos **INFORM**ación y auto**MÁTICA**. La definición para Informatique dada por

la Academia Francesa es la de “Ciencia del tratamiento racional y automático de la información, considerando ésta como soporte de los conocimientos humanos y de las comunicaciones, en los campos técnico, económico y social”.

La Real Academia Española de la lengua define la informática como el conjunto de conocimientos científicos y técnicas que hacen posible el tratamiento automático de la información por medio de ordenadores.

Esto es, la informática es la ciencia que estudia los sistemas inteligentes de información. Es ciencia pues sus conocimientos, son de validez universal y utiliza el método científico. La informática se refiere al estudio de las relaciones entre los medios, los datos y la información necesaria para la toma de decisiones.

Es bien conocido que uno de los agentes más importantes de la sociedad actual es la información; de ahí el gran desarrollo e interés de la informática, que tiene por objeto la adquisición, representación, almacenamiento, tratamiento y transmisión de dicha información.

Aplicaciones de la Informática:

Hay pocas actividades humanas en que no tenga incidencia, de forma directa o indirecta, la informática. Las computadoras resultan útiles para aplicaciones que reúnen una o varias de las siguientes características:

Tabla 3. Características que llevan al uso de la informática

Característica	Justificación
1. <i>Gran volumen de datos</i>	Las computadoras son adecuadas para procesar grandes cantidades de datos
2. <i>Datos comunes</i>	Las bases de datos posibilitan que los datos incluidos en una computadora puedan utilizarse en múltiples aplicaciones, sin necesidad de que estén físicamente repetidos. Ello ahorra tiempo en la introducción de datos, ahorra espacio en la memoria y facilita la actualización de los mismos.
3. <i>Repetitividad</i>	Procesar ciclos de instrucciones iterativamente. Sólo es programar las instrucciones y el número de iteraciones. Además un programa o rutina puede ser ejecutado con gran cantidad de datos.
4. <i>Distribución</i>	El origen y destino de la información no necesita estar ubicado en una computadora central. La información que procesa una computadora puede introducirse a través de terminales distribuidas por áreas geográficas muy extensas. También puede procesarse la información en distintas computadoras distribuidas en red.
5. <i>Precisión</i>	Una computadora puede realizar todas sus operaciones con una precisión controlada, obteniendo resultados consistentes con la precisión de los datos introducidos.
6. <i>Cálculos complejos</i>	Utilizando lenguajes de programación adecuados y rutinas de bibliotecas matemáticas, es posible efectuar cálculos sofisticados.

Característica	Justificación
7. Gran velocidad	Las operaciones que realiza una computadora las efectúa a una gran velocidad, en comparación con los humanos y teniendo en cuenta el volumen de datos e información procesada. Hoy en día esta característica es invaluable, pues el tiempo es un recurso que todo sistema debe aprovechar al máximo.

Aquellas actividades que requieran o presenten alguna de las características anteriores, son candidatas a ser efectuadas con ayuda de la computadora.

A continuación se relacionan algunos ejemplos de aplicación de la informática, clasificadas en las “CR Categories” dadas por la Association of Computing Machinery ACM.

Tabla 4. Áreas de aplicación de la informática

Area	Aplicaciones
1. Procesamiento de datos administrativos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Contabilidad. Control de caja. ➤ Procesamiento de pedidos. Facturación. ➤ Control de proveedores y clientes. ➤ Control de almacén. ➤ Control de producción y de productividad. ➤ Gestión de personal. Nóminas. ➤ Planificación y control de proyectos grandes y complejos. ➤ Programación lineal: búsqueda de soluciones óptimas. ➤ Investigación y prospección de mercado. ➤ Modelos financieros y para predicción. ➤ Gestión bancaria. ➤ Sistemas de gestión de terminales para puntos de ventas. ➤ Gestión bibliotecaria. ➤ Seguros: registro y control. ➤ Sistemas de reservas y control de pasajeros. Ofimática: (Oficina electrónica) ➤ Procesador de texto. ➤ Hoja electrónica. ➤ Gestión de archivos y/o bases de datos. ➤ Correo electrónico. ➤ Agenda electrónica. ➤ Aplicaciones gráficas.
2. Ciencias físicas e ingeniería	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resolución de modelos y cálculos matemáticos. ➤ Resolución de ecuaciones y de problemas matemáticos, en general. ➤ Análisis de datos experimentales utilizando técnicas estadísticas. ➤ Simulación y evaluación de modelos. ➤ Realización de tablas matemáticas.
3. Ciencias de la vida y médicas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Investigación médica, biológica, y farmacéutica. ➤ Ayuda al diagnóstico. ➤ Bases de datos con historias clínicas. ➤ Medicina preventiva. ➤ Electromedicina.

Area	Aplicaciones
4. Ciencias sociales y del comportamiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Análisis de datos. ➤ Bases de datos jurídicas. ➤ Aplicaciones en educación: Enseñanza con ayuda de computador (CAI – Computer Assisted Instruction o CAL – Computer Aided Learning). ➤ Juegos con computadora. ➤ Documentación científica y técnica.
5. Arte y humanidades	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Composición de cuadros. ➤ Composición musical. ➤ Elaboración de publicaciones: libros, periódicos y revistas. ➤ Realización de escenas animadas para películas de cine, televisión, etc. ➤ Análisis automático de textos.
6. Ingeniería con ayuda de computadora	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diseño, fabricación y test con ayuda de computadora. ➤ Cartografía. ➤ Minería. ➤ Informática industrial.
7. Computadores en otros campos o sistemas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Inteligencia artificial: sistemas expertos o sistemas basados en el conocimiento (<i>IKBS Intelligent Knowledge Based Systems</i>). ➤ Informática gráfica. ➤ Aplicaciones multimedia. <p>Internet:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Correo electrónico (e-mails)</i>: enviar de forma rápida y eficiente mensajes. ➤ <i>Boletines de noticias (news)</i>: temas concretos y distribuidos a grupos de interés. ➤ <i>Acceso remoto (telnet)</i>: acceder a los recursos informáticos de otro computador. ➤ <i>Guías para búsquedas (gopher)</i>: búsquedas de información. ➤ <i>ICR, Internet Relay Chat o chats</i>: charlas interactivas de usuarios en red. ➤ <i>Accesos a páginas de la red mundial (www o world wide web)</i>: son documentos con enlaces a otros documentos existentes en el mismo u otros servidores. ➤ <i>Comercio electrónico (e-commerce)</i>: realizar transacciones comerciales a través de la red mundial.

Entonces, el concepto consolidado sería:

“Informática: es la ciencia del tratamiento automático y racional de la información. Este tratamiento hace referencia a la adquisición, almacenamiento, procesamiento y transmisión de dicha información.”

1.5 Computación

O ciencia de la computación, es una disciplina que busca establecer bases científicas para:

- El diseño de computadoras (Hardware).
- Programación de computadoras (Software).
- Procesos de información (Sistemas de información).
- Elaboración de algoritmos (algoritmos genéticos).

Este término va de la mano con el concepto de informática.

Se define como el conjunto de conocimientos científicos y de técnicas que hacen posible el tratamiento automático de la información por medio de computadoras. La computación debe combinar los aspectos teóricos y prácticos de la ingeniería, electrónica, teoría de la información, matemáticas, lógica y comportamiento humano. Los aspectos de la computación cubren desde la programación y la arquitectura informática hasta la inteligencia artificial y la robótica.

“Computación: disciplina que se encarga del procesamiento automático de datos e instrucciones, con la ayuda de la computadora, y así llegar a obtener información útil para alguna persona o sistema.”

1.6 Teoría general de sistemas

En un sentido amplio, la Teoría General de Sistemas (TGS) se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y, al mismo tiempo, como una orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo transdisciplinarias.

La TGS se caracteriza por su perspectiva holística e integradora, en donde lo importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen. La TGS ofrece un ambiente adecuado para la interrelación y comunicación productiva entre especialistas y especialidades.

Los objetivos originales de la Teoría General de Sistemas son los siguientes:

- Impulsar el desarrollo de una terminología general que permita describir las características, funciones y comportamientos sistémicos.
- Desarrollar un conjunto de leyes aplicables a todos estos comportamientos y, por último,
- Promover una formalización (matemática) de estas leyes.

La primera formulación en tal sentido es atribuible al biólogo Ludwig von Bertalanffy (1901-1972), quien acuñó la denominación "Teoría General de Sistemas". Para él, la TGS debería constituirse en un mecanismo de integración entre las ciencias naturales y sociales y ser al mismo tiempo un instrumento básico para la formación y preparación de científicos.

Sobre estas bases se constituyó en 1954 la *Society for General Systems Research*, cuyos objetivos fueron los siguientes:

- Investigar el isomorfismo de conceptos, leyes y modelos en varios campos y facilitar las transferencias entre aquellos.
- Promoción y desarrollo de modelos teóricos en campos que carecen de ellos.
- Reducir la duplicación de los esfuerzos teóricos
- Promover la unidad de la ciencia a través de principios conceptuales y metodológicos unificadores.

El principio clave en que se basa la TGS es la noción de totalidad orgánica, mientras que el paradigma anterior estaba fundado en una imagen inorgánica del mundo.

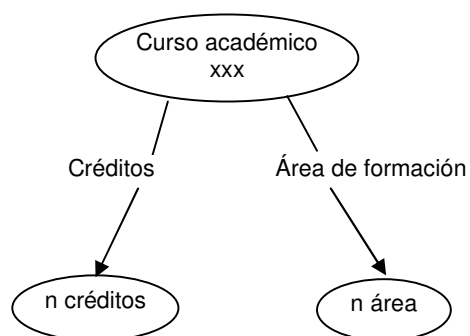
La TGS suscitó un gran interés y pronto se desarrollaron diversas tendencias, entre las que destacan la cibernética (N. Wiener), la teoría de la información (C.Shannon y W.Weaver) y la dinámica de sistemas (J.Forrester).

Si bien el campo de aplicaciones de la TGS no reconoce limitaciones, al usarla en fenómenos humanos, sociales y culturales se advierte que sus raíces están en el área de los sistemas naturales (organismos) y en el de los sistemas artificiales (máquinas). Mientras más equivalencias reconozcamos entre organismos, máquinas, hombres y formas de organización social, mayores serán las posibilidades para aplicar correctamente el enfoque de la TGS.

La meta de la Teoría General de los Sistemas no es buscar analogías entre las ciencias (humanas, sociales, naturales, etc.), sino tratar de evitar la superficialidad científica que ha estancado a las ciencias. Para ello emplea como instrumento, modelos utilizables y transferibles entre varios estudios científicos, toda vez que dichos modelos sean posibles e integrables a las respectivas disciplinas.

Ejemplo un curso académico xxx, se parte del análisis particular a lo general, para establecer características similares que se puedan aplicar al conjunto de cursos académicos de los planes de estudio correspondientes al programa de ingeniería de sistemas en la UNAD.

Gráfico 1. Análisis de un curso académico, De lo particular a lo general



Como se puede observar en el gráfico anterior a medida que se aumenta la generalidad se realiza a costa del contenido particular; llegando a la conclusión que es un sistema artificial, sistema abierto, es un sistema y por ultimo un objeto.

La Teoría General de Sistemas (TGS), propone descubrir las similitudes o isomorfismos en las construcciones teóricas teniendo en cuenta las diversas disciplinas para desarrollar modelos teóricos que tengan aplicación al menos en dos campos diferentes de estudio. Por lo tanto el ingeniero de sistemas debe tratar de ser íntegro con el conocimiento general de las diferentes disciplinas, entendiendo el lenguaje de otras profesiones, intercambiando experiencias y conocimiento.

A continuación se relacionan las ciencias aplicadas donde se maneja la Teoría General de Sistemas:

Tabla 5. Ciencias aplicadas donde se maneja la Teoría General de Sistemas

Ciencias	Descripción
<i>Cibernética</i>	Explica los mecanismos de comunicación, control en las máquinas y los seres vivos que ayudan a comprender los comportamientos generados por estos sistemas caracterizándose por sus propósitos, en la búsqueda de un objetivo, con capacidades de auto-organización y auto-control.
<i>La Teoría de la Información</i>	Entre más complejo es un sistema (sub-sistemas y sus relaciones entre sí), mayor es la energía que el sistema destina para la obtención de la información, su procesamiento, decisión, almacenaje y comunicación.
<i>La Teoría de Juegos (Games Theory)</i>	Por medio de un marco matemático analiza la competencia que se produce entre dos o más sistemas racionales, buscando maximizar sus ganancias y minimizar sus pérdidas, es decir, alcanzar la estrategia óptima.
<i>La Teoría de la Decisión</i>	Busca la selección racional de alternativas dentro de las organizaciones o sistemas sociales, mediante procedimientos estadísticos basados en el manejo de las probabilidades tomando la decisión que optimice el resultado.
<i>La Topología o Matemática Relacional</i>	Es un pensamiento geométrico basado en la prueba de la existencia de un teorema en campos de redes, gráficos o conjuntos. Su aplicación se lleva a cabo en el estudio de las interacciones entre las partes de los subsistemas.
<i>El Análisis Factorial</i>	El aislamiento por análisis matemático de factores en fenómenos multivariados en psicología y otros campos.
<i>La Investigación de Operaciones</i>	El desarrollo de un modelo científico del sistema incorporando factores tales como el azar y el riesgo, con los cuales predice y compara los resultados de las diferentes decisiones, estrategias o controles alternativos. Su propósito es ayudar a la administración a determinar su política y sus acciones de manera científica.
<i>La Ingeniería de Sistemas</i>	Propone análisis, diseño, evaluación y construcción científica de sistemas Hombre-Máquina; para aumentar la productividad, velocidad y volumen en las comunicaciones y transporte.

Podemos concluir que:

“La Teoría General de Sistemas se encarga de analizar un sistema en forma general, posteriormente los subsistemas que los componen o conforman y las interrelaciones que existen entre sí, para cumplir un objetivo. Es decir busca semejanzas que permitan aplicar leyes idénticas a fenómenos diferentes y que a su vez permitan encontrar características comunes en sistemas diversos.”

1.7 Ingeniería de sistemas

La primera referencia que describe ampliamente el procedimiento de la Ingeniería de Sistemas fue publicada en 1950 por Melvin J. Kelly, entonces director de los laboratorios de la Bell Telephone, subsidiaria de investigación y desarrollo de la AT&T. Esta compañía jugó un papel importante en el nacimiento de la Ingeniería de Sistemas por tres razones: la acuciante complejidad que planteaba el desarrollo de redes telefónicas, su tradición de investigación relativamente liberal y su salud financiera. Así, en 1943 se fusionaban los departamentos de Ingeniería de Conmutación e Ingeniería de Transmisión bajo la denominación de Ingeniería de Sistemas. A juicio de Arthur D. Hall, "la función de Ingeniería de Sistemas se había practicado durante muchos años, pero su reconocimiento como entidad organizativa generó mayor interés y recursos en la organización". En 1950 se creaba un primer curso de postgrado sobre el tema en el M.I.T. y sería el propio Hall el primer autor de un tratado completo sobre el tema [Hall, 1962].

Para Hall, la Ingeniería de Sistemas es una tecnología por la que el conocimiento de investigación se traslada a aplicaciones que satisfacen necesidades humanas mediante una secuencia de planes, proyectos y programas de proyectos. Hall definiría asimismo un marco para las tareas de esta nueva tecnología, una matriz tridimensional de actividades en la que los ejes representaban respectivamente:

Tabla 6. Dimensiones para las tareas de la Ingeniería de Sistemas

<i>Dimensión</i>	<i>Explicación</i>
<i>Temporal</i>	Son las fases características del trabajo de sistemas, desde la idea inicial hasta la retirada del sistema.
<i>Lógica</i>	Son los pasos que se llevan a cabo en cada una de las demás fases, desde la definición del problema hasta la planificación de acciones.
<i>Conocimiento</i>	Se refiere al conocimiento especializado de las diversas profesiones y disciplinas.

Para Wymore, el objeto de la Ingeniería de Sistemas es el "análisis y diseño de sistemas hombre-máquina, complejos y de gran tamaño", incluyendo por tanto los sistemas de actividad humana. En estos casos el inconveniente habitual suele ser la dificultad de expresar los objetivos de manera precisa.

Encontramos una definición muy general en el IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronic Terms:

"Ingeniería de Sistemas es la aplicación de las ciencias matemáticas y físicas para desarrollar sistemas que utilicen económicamente los materiales y fuerzas de la naturaleza para el beneficio de la humanidad."

Una definición especialmente completa (y que data de 1974) nos la ofrece un estándar militar de las fuerzas aéreas estadounidenses sobre gestión de la ingeniería.

"Ingeniería de Sistemas es la aplicación de esfuerzos científicos y de ingeniería para: (1) transformar una necesidad de operación en una descripción de parámetros de rendimiento del sistema y una configuración del sistema a través del uso de un proceso iterativo de definición, síntesis, análisis, diseño, prueba y evaluación; (2) integrar parámetros técnicos relacionados para asegurar la compatibilidad de todos los interfaces de programa y funcionales de manera que optimice la definición y diseño del sistema total; (3) integrar factores de fiabilidad, mantenibilidad, seguridad, supervivencia, humanos y otros en el esfuerzo de ingeniería total a fin de cumplir los objetivos de coste, planificación y rendimiento técnico.

Como vemos, en la literatura se pueden encontrar tantas definiciones del término como autores se han ocupado del tema. A pesar de ello, podemos dar otra basada en las ideas de Hall, Wymore y M'Pherson:

Ingeniería de Sistemas es un conjunto de metodologías para la resolución de problemas mediante el análisis, diseño y gestión de sistemas.

Como era de esperar por el amplio espectro de sus intereses, la Ingeniería de Sistemas no puede apoyarse en una metodología monolítica. Cada una de las metodologías que comprende puede ser útil en una fase concreta del proceso o para un tipo concreto de sistemas; lo que todas ellas comparten es su enfoque: el enfoque de sistemas.

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 sistemas.

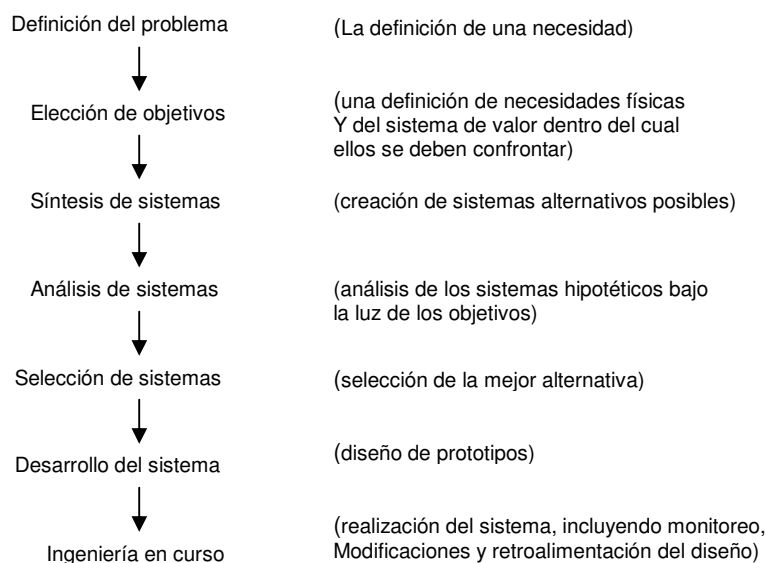
La Ingeniería de Sistemas y el Análisis de Sistemas

La ingeniería de sistemas abarca el grupo de actividades que juntas conducen a la creación de una entidad compleja hecha por el hombre y/o los procedimientos y flujos de información asociados con su operación. El análisis de sistemas es la

evaluación sistemática de los costos y otras implicaciones al satisfacer un requerimiento definido en distintas formas. Ambas son “estrategias de investigación” más que métodos o técnicas (Fisher, 1971) y ambos requieren “arte” del practicante cuando éste haga uso de los métodos científicos siempre que sea posible.

La ingeniería de sistemas es la totalidad de un proyecto de ingeniería en el sentido más amplio del término (concebir, diseñar, evaluar e implementar un sistema para que satisfaga alguna necesidad definida); el análisis de sistemas es un tipo de evaluación importante, es una parte del proyecto. Para ambas la toma de decisiones debe preceder el establecimiento de cualquier proyecto de ingeniería y para las etapas iniciales de dicho proyecto una vez que este ha comenzado. Ambas actividades utilizan la palabra sistema para indicar su naturaleza. La ingeniería de sistemas para referirse a control y el análisis de sistemas para indicar el desarrollo de pasos razonables y bien ordenados.

A continuación se observa la metodología para la solución de problemas de Hall:



Hall ve a la ingeniería de sistemas como parte de la “tecnología creativa organizada” en la cual el nuevo conocimiento de investigación se traduce en aplicaciones que satisfagan necesidades humanas mediante una secuencia de planes, proyectos y “programas enteros de proyectos”. Así, la ingeniería de sistemas opera en el espacio entre la investigación y los negocios, y asume la actitud de ambas partes. En aquellos proyectos que la ingeniería de sistemas considera que vale la pena desarrollar, formula los objetivos operacionales, de desempeño, económicos y el plan técnicamente amplio a seguirse.

Una vez establecida la fundamentación de la ingeniería de sistemas, podemos observar las siguientes definiciones:

“Ingeniería de Sistemas: es un conjunto de metodologías que, aplicadas, permiten la planificación, diseño, implementación y mantenimiento de los sistemas de información que usan las empresas para poder tomar decisiones”

“La ingeniería de sistemas es la encargada de administrar la información para crear y optimizar los sistemas de información, mientras la teoría de sistemas pretende ser una nueva orientación, aplicando y elaborando conceptos cuya validez se da por hecho”

Actividad de refuerzo:

Una vez revisados los conceptos más importantes que fundamentan a la ingeniería de sistemas, diligencie el siguiente cuadro, relacionando los puntos a favor y los puntos en contra de la definición que se propone para cada término. Además registre, su propia definición, ajustada a los referentes teóricos vistos.

<i>Término</i>	<i>Acuerdo</i>	<i>Desacuerdo</i>	<i>Definición</i>
Ciencia			
Ingeniería			
Sistema			
Informática			
Computación			
Teoría general de sistemas			
Ingeniería de sistemas			

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

Actividad inicial:

Teniendo en cuenta como referencia el capítulo anterior, en donde se aclararon conceptos valiosos para la ingeniería de sistemas, relacione los avances metodológicos y tecnológicos que conoce y que cree que hacen parte de la historia de los sistemas (mínimo 5 aportes). Recuerde, tenga en cuenta los conceptos aprehendidos.

Regístrelos en la siguiente tabla, especificando el autor, la disciplina y su aporte.

Para esta actividad, puede consultar en libros o internet, en caso de no conocer el nombre del autor o la disciplina.

<i>Autor</i>	<i>Disciplina</i>	<i>Aporte</i>

2.1 Historia de los sistemas

El concepto de sistemas es sumamente antiguo. Desde hace miles de años los filósofos han observado que la interacción orgánica entre diferentes elementos que constituyen un todo le confiere al conjunto propiedades y características que no poseen ninguno de los elementos considerados aisladamente.

Son numerosos los autores que de una u otra forma utilizaron el concepto de sistemas en la concepción de sus teorías.

Tabla 7. Grandes pensadores sistémicos

<i>Pensador</i>	<i>Disciplina</i>	<i>Teoría</i>
Aristóteles	Filosofía	El todo es más que la suma de las partes.
Descartes 1638	Ingeniería	Precursor del concepto de cibernética. Concluyó que es posible crear un animal impulsado hidráulicamente, sin que se note la diferencia con uno verdadero.
Ferdinand de Saussure 1890	Lingüística	Partir del todo para conseguir, por análisis, los elementos que encierra. Lingüística estructural.
Max Wertheimer, Wolfgang Köhler y Kurt Koffka 1912	Sicología	Teoría de gestalt: Una gestalt es una entidad en la que las partes son interdependientes y tienen ciertas características del todo, pero el todo tiene algunas características que no pertenecen a ninguna de las partes.

<i>Pensador</i>	<i>Disciplina</i>	<i>Teoría</i>
Köhler 1924	Física	Habla de los sistemas físicos: orgánicos e inorgánicos.
Lotka 1925	Sociología-Estadística	Concepto general de los sistemas. Concibió las comunidades como sistemas, sin dejar de ver en el individuo una suma de células.
Whitehead 1925	Biología	Mecanicismo orgánico.
Ludwig Von Bertalanffy 1928	Ciencias	Cuestiona la biología y define la teoría general de sistemas.
Talcott Parsons 1937	Sociología	La estructura de la acción social: Utilizó conceptos como estructura, función, tensión, sistema. Trató de demostrar que todo sistema social tiende a mantener su estabilidad o equilibrio cumpliendo 4 funciones: definición de objetivos, integración, adaptación y control de tensiones.
Claude Bernard (1813-1878)	Fisiología animal	Homeostasis. Todos los mecanismos vitales tienen por objetivo conservar constantes las condiciones de vida en el ambiente interno.
Walter Bradford Cannon 1930	Biología	Concibe el cuerpo como un organismo autorregulador y utiliza nuevamente el término homeostasis para designar la tendencia a mantener un estado de equilibrio.
Charles Darwin 1858	Teoría evolutiva	Los organismos en su proceso evolutivo se adaptan con éxito a su ambiente y se encuentran en un proceso de cambio continuo.
A. Stanley 1935	Botánica	Ecosistemas: Sistema total que incluye los complejos orgánicos y todos los factores que constituyen el medio ambiente.
Chester Barnard 1938	Administración	La eficacia de una organización, es la supervivencia, que depende del equilibrio interno de la organización y del equilibrio mantenido entre el subsistema y la situación general exterior a éste.
Alexander Bogdanov 1912	Filosofía	Desarrolló la Teoría Universal de la Organización.
James Watt 1788	Ingeniería	Inventó el regulador, involucrando el concepto de realimentación negativa y amplificación. Con esto el manejo de la energía cobró importancia para un sistema. Dio lugar a los servomecanismos.
Norbert Wiener 1948	Ingeniería	Cibernética: Paralelismos entre la operación de los sistemas nerviosos animales y los sistemas automáticos de control en las máquinas. Define conceptos de autocontrol, teoría de la información y autómatas.
Shannon y Weaver 1949	Ingeniería	Hablan de la teoría de la información. Fundadores.
A. Rapoport 1950	Biomatemática	Teoría de las redes.
Peter Checkland 1950	Ingeniería	Define la metodología de los sistemas suaves para modelar sistemas complejos.
K. Boulding 1953	Economía	Teoría empírica general. Uno de los padres fundadores de la teoría general de sistemas.
Rosen 1960	Ingeniería	Teoría de las gráficas.
Mesarovic 1964	Matemáticas	Teoría de conjuntos.
Segre 1966	Física	Teoría del comportamiento.
John McCarthy 1956	Ingeniería	Acuña el término inteligencia artificial.
Ludwig Von Bertalanffy 1937	Ciencias	Presentación en sociedad de la teoría general de sistemas.

<i>Pensador</i>	<i>Disciplina</i>	<i>Teoría</i>
John Von Newman 1947	Matemáticas	Matemático; padre fundador en los dominios de la teoría ergódica, teoría de juegos, lógica cuántica, axiomas de mecánica cuántica, la computadora digital, autómatas celulares y sistemas auto-reproducibles.
Morgenstern 1947	Matemáticas	Habla de la teoría de juegos.
Humberto Maturana y Francisco Varela 1975	Ingeniería	Definen el concepto de Autopoiesis.
W. Ross Ashby	Psiquiatría	Uno de los padres fundadores de la cibernética; desarrolló conceptos como la homeostasis, ley de la variedad de requisitos, principio de la auto-organización, y la ley de los modelos reguladores.
Henri Atlan	Ingeniería - biología	Estudió la auto-organización en redes y en células; aplicaciones al problema del propósito y la intencionalidad; sistemas neuronales expertos para el cómputo de diagnósticos automáticos en cardiología; procesos de aprendizaje en redes pequeñas y modelado de la respuesta inmune; modelos computacionales de redes paralelas en biología celular.
Gregory Bateson	Antropología Física	Desarrolló la teoría de la doble atadura, y estudió el paralelo entre la mente y la evolución natural. Libro: Mind and Nature (1978).
Stafford Beer 1950	Ingeniería	Administrador de la cibernética; creador del modelo del sistema viable (VSM).
Jay Forrester	Ingeniería	Creador de la dinámica de sistemas, aplicaciones al modelado del desarrollo de las industrias, de las ciudades y del mundo.
George Klir	Matemáticas	Teórico de sistemas matemáticos; creador de la metodología solucionadora de problemas de la teoría general de sistemas.
Niklas Luhmann	Sociología	Aplicó la teoría de la autopoiesis a sistemas sociales.
Warren McCulloch	Sicología	Primero en desarrollar modelos matemáticos de procesos neuronales.
James Grier Millar	Biología	Creador de la teoría de los sistemas vivos (LST).
Edgar Morin	Sociología	Desarrolló un método general transdisciplinario.
Howard T. Odum	Biología	Creador de la ecología de los sistemas.
Gordon Pask	Educación	Creador de la teoría de la conversación: conceptos cibernéticos de segundo orden y aplicaciones a la educación.
Howard Pattee	Biología	Estudió las jerarquías y el cierre semántico en los organismos.
William T. Powers	Ingeniería	Creador de la teoría del control perceptual.
Robert Rosen	Biología	Primero en estudiar sistemas anticipatorios, propuso una categoría teórica, modelo no-mecánico de sistemas vivos.
Ernst von Glasersfeld	Sicología	Propone el constructivismo radical.
Heinz von Foerster	Ingeniería	Uno de los padres fundadores de la cibernética; primero en estudiar la auto-organización, la auto-referencia y otras ideas similares; creador de la cibernética de segundo orden.
Paul Watzlawick	Psiquiatría	Estudió el rol de las paradojas en la comunicación.

2.2 La forma del movimiento de sistemas

En este aparte vamos a tomar la posición de Peter Checkland, en lo que él define como el Movimiento de Sistemas.

Toma como ideas centrales la emergencia y jerarquía, comunicación y control. Ellas proporcionan la base para una notación o lenguaje que se puede utilizar para describir el mundo que hay fuera de nosotros, para una descripción de sistemas del universo y para dar un “enfoque de sistemas” con qué enfrentar los problemas de éste.

Entonces, un resumen del mundo observado y un enfoque de sistemas para los problemas de éste se encuentran en muchas disciplinas diferentes; todos estos esfuerzos juntos constituyen el “movimiento de sistemas”, al que hace referencia Checkland.

Al considerar el organismo vivo como un todo, como un sistema, y no como un simple grupo de componentes juntos con relaciones entre los componentes, Ludwig Von Bertalanffy atrajo la atención hacia la distinción importante entre los sistemas abiertos y los sistemas cerrados. Él definió en 1940 un sistema abierto como aquel que importa y exporta material. Más generalmente, entre un sistema abierto y su medio debe existir intercambio de materiales, energía e información. También definió una jerarquía de sistemas abiertos, el mantenimiento de la jerarquía generará un grupo de procesos en los cuales hay comunicación de información con propósitos de regulación o control.

El programa de movimiento de sistemas se podría describir como la verificación de la conjetura de que estas ideas nos permitirían enfrentar el problema que el método de la ciencia encuentra tan difícil, es decir, el problema de la complejidad organizada.

En el gráfico 2 se ilustra la forma del movimiento de sistemas.

Dicho gráfico se analizó y construyó teniendo en cuenta siguiente estructura:

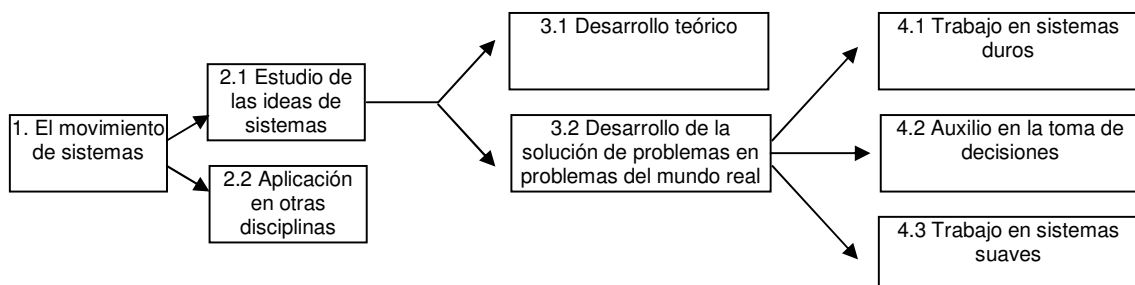
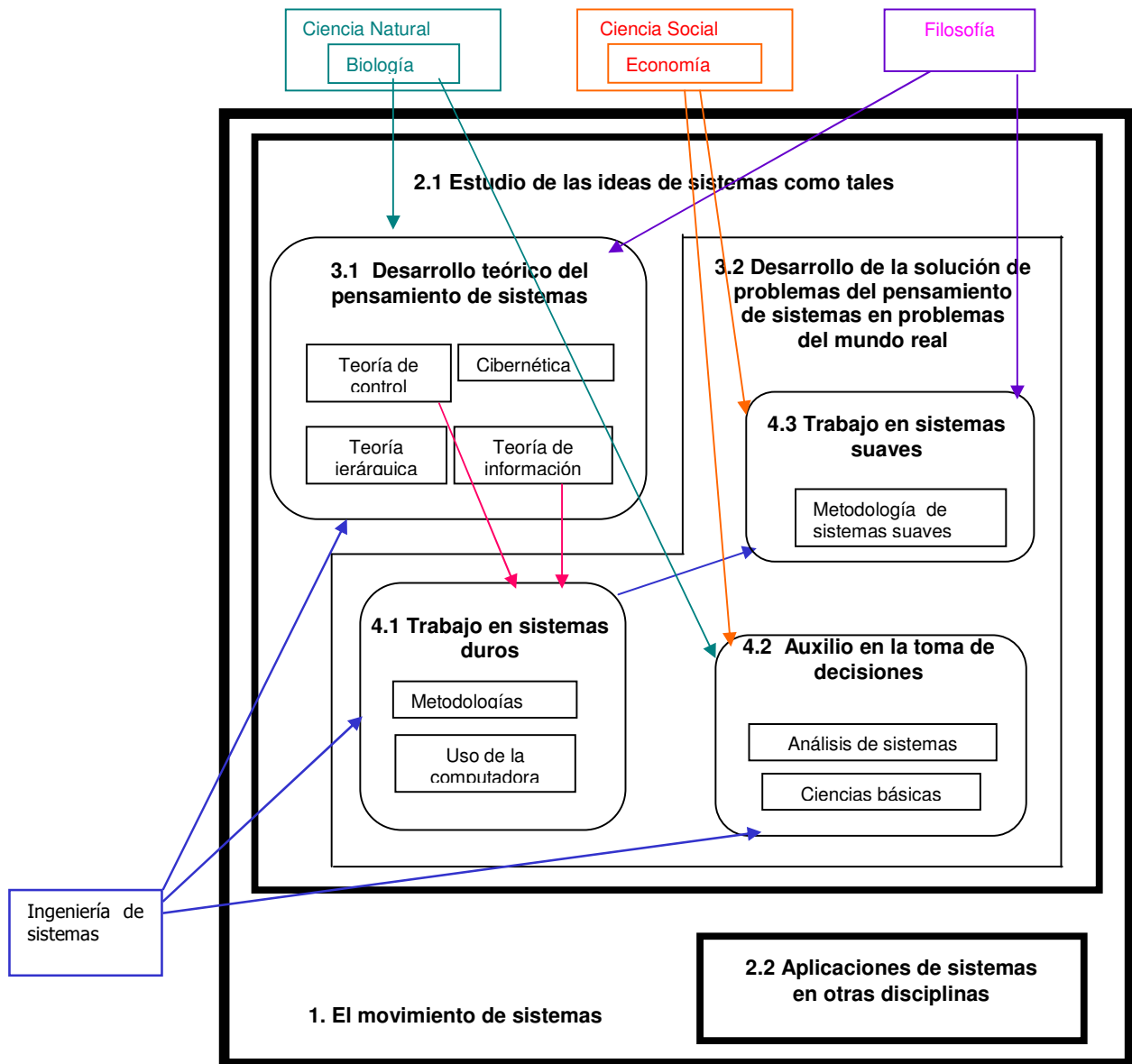


Gráfico 2. La forma del movimiento de sistemas, indicando las influencias externas más importantes¹⁰



Los sistemas suaves son aquellos sistemas en los cuales existe la intervención directa del hombre. Son llamados sistemas de actividad humana.

¹⁰ CHECKLAND, Peter (2.004). *Pensamiento de Sistemas, Práctica de Sistemas*. México: Editorial Limusa. p. 116

Al contrario, los sistemas duros son aquellos sistemas en los cuales existe la implementación y manejo de una máquina o computadora. Son llamados sistemas automáticos.

Actividad final de refuerzo:

El gráfico 2 relaciona la forma de movimiento de sistemas indicando las influencias externas más importantes.

Apoyado en la historia de los sistemas realice un análisis de la estructura y relaciones allí planteadas y describa los aportes concretos que cada una de las influencias externas han hecho al movimiento de sistemas, como un todo organizado. Justifique sus apreciaciones.

El siguiente cuadro está dispuesto para ello.

<i>Influencia externa</i>	<i>Aportes al movimiento de sistemas</i>	<i>Justificación</i>
<i>Ingeniería de Sistemas</i>		
<i>Ciencia Natural – Biología</i>		
<i>Ciencia Social - Economía</i>		
<i>Filosofía</i>		

CAPÍTULO 3. SISTEMAS

Actividad inicial:

Recordemos el término “sistema”, revisado en el capítulo 1.

Si no es así por favor lo revisamos nuevamente.

Una vez recordado ubique un ejemplo de un sistema cercano a su entorno, teniendo en cuenta la definición concretada. Realice una revisión detallada del ejemplo seleccionado. Describa de forma concreta lo que hace el sistema, cómo funciona, en dónde funciona y qué partes lo componen.

Para este ejercicio se recomienda seleccionar un sistema del cual pueda obtener toda la información requerida sin ningún inconveniente.

Se sugiere el siguiente cuadro.

Nombre del Sistema:			
Qué hace	Cómo funciona	Dónde funciona	Componentes

3.1 Definiciones formales

Aproximación conceptual.¹¹

Para facilitar la comprensión del concepto de sistema, comenzaremos por considerar tres objetos diferentes: una célula viva, el motor de un automóvil y una molécula de agua.

En un sentido material, la célula consta de varios elementos químicos: proteínas, ácidos nucleicos, etc. Cada uno de estos componentes es un producto químico sin vida propia. No obstante, al entrar en interacción, estos elementos forman un todo orgánico: la célula, que posee todas las propiedades de un ser vivo. (AFANASIEV, 1967, pág 9).

Como segundo ejemplo, consideremos el motor de un automóvil. Este se encuentra constituido por varios elementos: pistones, bujías, carburador, etc. Si analizamos de manera aislada cada componente, tendremos un grupo de repuestos o parte para motor. Solamente cuando los relacionamos de acuerdo con la función que cumple cada uno dentro del todo, cuando lo ensamblamos en un

¹¹ Extractado del texto “TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS”, Ricardo García M, ESAP. p. 12

orden predeterminado, obtendremos un todo orgánico, capaz de producir fuerza. Así el motor adquiere propiedades que no posee ninguna de sus partes sino que son fruto de la acción armónica de todas las partes.

Sabemos que una molécula de agua está constituida por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. De nuevo, si separamos estos componentes obtendremos dos gases que poseen características bastante distintas de las que posee el agua.

Los tres ejemplos expuestos se refieren a objetos muy diferentes. No obstante, todos tienen una importante cualidad en común: poseen propiedades que sólo pueden ser entendidas como resultado de una interacción entre sus partes. Este atributo fundamental de los sistemas se denomina **HOLISMO** o TOTALIDAD.

Por el hecho de pertenecer al todo, las partes pierden sus características particulares, por ejemplo, el oxígeno y el hidrógeno, al formar el agua. Es por esta razón que se afirma que el todo no puede ser comprendido si se aíslan sus componentes; o que las partes no tienen significado sino cuando se explican en función del todo, cuando se observan sus relaciones con los otros elementos y la función que cumplen dentro de la entidad total.

Es usual que se denomine **sistema** a un objeto real. Por ejemplo, un árbol, un animal, un automóvil. Emplear la palabra sistema para designar un objeto es propio del uso común o vulgar del término.

Definiciones formales de "Sistema".

Ante la palabra sistemas, todos los que la han definido están de acuerdo que es un conjunto de partes coordinadas y en interacción para alcanzar un conjunto de objetivos.

Otra definición, que agrega algunas características adicionales, señala que un sistema es un grupo de partes y objetos que interactúan y que forman un todo o que se encuentran bajo la influencia de fuerzas en alguna relación definida.

En el sentido estricto o científico, la palabra **sistema** no designa un objeto sino que se refiere a un modo especial de considerar ese objeto. Un sistema es una abstracción. Es un modo de llamar la atención sobre cualquier comportamiento holístico particular de un objeto que sólo puede ser entendido como producto de una interacción entre las partes. "La idea de sistema no ayuda más que a entender tipos de comportamientos que resultan de interacciones entre partes" (ALEXANDER, 1971, pág 62).

Los puntos anteriores nos permiten comprender con mayor facilidad un concepto más elaborado de sistema:

“Un sistema es un conjunto de componentes cuya interacción engendra nuevas cualidades que no poseen los elementos integrantes”.
(AFANASIEV, 1967, pág 9).

De acuerdo con esta definición, la noción de sistema no se refiere solamente a una cosa sino también a un orden entre las cosas. Si tomamos todas las partes de un motor pero las ordenamos al azar, no obtendremos las propiedades nuevas, y por lo tanto este conjunto de partes no puede ser considerado como un sistema.

La *propiedad holística* depende de la organización entre las partes. Por lo tanto, un sistema no es un conjunto de elementos yuxtapuestos sino una organización coherente en la cual cada elemento cumple una función, ocupa un lugar y se integra en un orden. Los elementos del sistema se encuentran tan estrechamente ligados entre sí que si uno de esos elementos se modifica, los otros también, y en consecuencia, todo el sistema se transforma.

Un *sistema* es un modelo conceptual o lógico creado para representar un objeto concreto que posee cualidades holísticas.

Un *sistema* es una concepción teórica, un esquema abstracto de cualquier comportamiento holístico específico.

Un *sistema* es un artificio creado para explicar las relaciones de las partes con el todo.

“Lo que ve un hombre depende tanto de lo que mira como de lo que su experiencia visual y conceptual previas lo han preparado para ver” (KUHN, 1971, pág. 179). En consecuencia, el sistema natural no existe como tal sino que adquiere ese carácter únicamente cuando el objeto es observado desde una perspectiva sistémica. Las propiedades sistémicas no se desprenden automáticamente de la observación de un objeto natural.

Finalmente, hay otra importante aclaración que debemos hacer sobre el concepto de sistema. La definición anteriormente vista es una definición general, de alcance universal, es decir, referida a cualquier sistema independientemente de sus propiedades o de su clase.

Existen además las definiciones específicas, que tienen un alcance más limitado o que se circunscribe a una clase especial de sistemas o a un solo sistema en particular. Por ejemplo, podemos definir un sistema como “un conjunto organizado, formando un todo, en el que cada una de sus partes está conjuntada a través de una ordenación lógica, que encadena sus actos a un fin común. (POZO, 1976, pág. 171).

La anterior es una definición específica de sistema por cuanto no todos los sistemas persiguen un fin. Por ejemplo, el sol y los astros que giran en torno suyo pueden ser considerados un sistema pero esto no significa que posean un objetivo o persigan un fin común.

Para que un objeto pueda ser considerado como un sistema, es necesario que se puedan definir claramente:

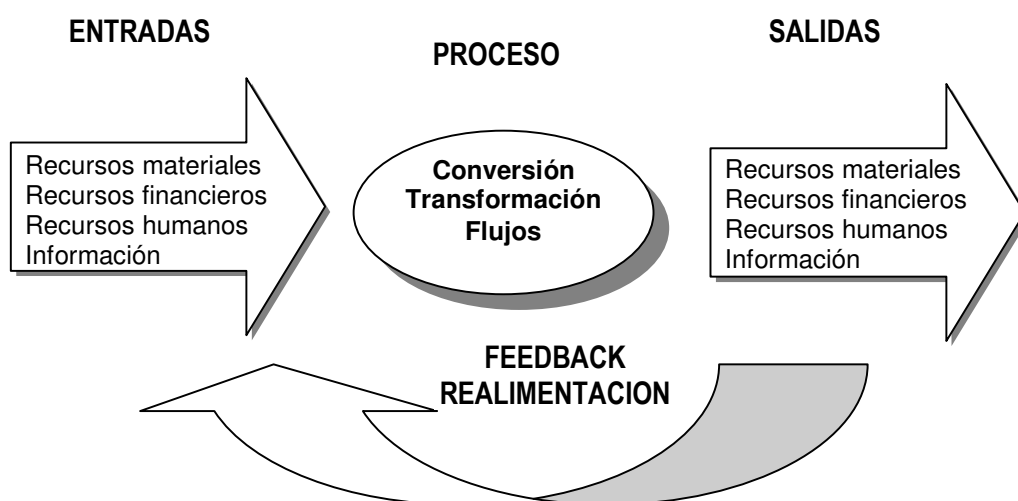
- El comportamiento holístico que se enfoca.
- Las partes del objeto y las interacciones entre estas dan lugar al comportamiento holístico, y
- El modo en que la interacción entre las partes produce el comportamiento holístico.

3.2 Conceptos generales de sistemas

3.2.1 Elementos

Componentes del sistema. Estos pueden ser considerados también sistemas o subsistemas. Los elementos que alimentan el sistema se llaman entradas y los resultados, de determinado proceso, son salidas del sistema. Existe otro elemento denominado *FEEDBACK* o control para realimentación del sistema. Normalmente existe algún grado de especialización de sus elementos, obteniendo así la mayor eficiencia que se deriva de la división del trabajo y de las relaciones establecidas entre ellos. Es necesario conocer las características del todo, su estructura y funcionamiento.

Gráfico 3. Esquema de un sistema



3.2.2 Proceso de conversión

Por el cual los elementos, tanto de entrada como de salida, pueden cambiar de estado. En un sistema organizado, los procesos de conversión generalmente agregan valor y utilidad a las entradas, al convertirse en salidas. Si el proceso de conversión reduce el valor o utilidad del sistema, éste impone costos e impedimentos. En otras palabras, los sistemas convierten o transforman la energía que importan en otro tipo de energía, que representa la producción (proceso de producción).

3.2.3 Entradas y recursos

Un sistema para que pueda funcionar, debe importar ciertos recursos del medio. Estos pueden ser recursos materiales, recursos financieros, recursos humanos y/o información. Con el fin de utilizar un término que comprenda todos estos insumos, podemos emplear el concepto de “energía”. Por lo tanto, los sistemas a través de su corriente de entrada, reciben la energía necesaria para su funcionamiento y manutención.

Las entradas constituyen la fuerza de arranque que suministra al sistema sus necesidades operativas.

Las entradas pueden ser:

- **En serie:** es el resultado o la salida de un sistema anterior con el cual el sistema en estudio está relacionado en forma directa.
- **Aleatoria:** es decir, al azar, donde el término "azar" se utiliza en el sentido estadístico. Las entradas aleatorias representan entradas potenciales para un sistema.
- **Realimentación:** es la reintroducción de una parte de las salidas del sistema en sí mismo.

3.2.4 Salidas

Son los resultados del proceso de conversión del sistema, se denominan resultados, éxitos o beneficios. Equivale a la exportación que el sistema hace al medio. Generalmente no existe una sino varias corrientes de salida. Pueden ser positivas y negativas para el medio y entorno, entendiéndose aquí por medio todos aquellos otros sistemas que utilizan de una forma u otra la energía que exporta el sistema.

Cuando en un sistema, la corriente de salida positiva es superior a la corriente de salida negativa, es probable que este sistema cuente con la “*legalización*” de su existencia, es decir, sea un “*sistema viable*”. Es aquel que sobrevive en el medio y se adapta a él y a sus exigencias. La actitud positiva o negativa de ese medio

hacia el sistema será el factor más importante para determinar la continuación de su existencia o su desaparición.

Al igual que las entradas estas pueden adoptar la forma de productos, servicios e información.

Las salidas de un sistema se convierten en entrada de otro, que las procesará para convertirlas en otra salida, repitiéndose este ciclo indefinidamente.

3.2.5 El Medio

Es el ente más importante de un sistema, ya que determina sus límites e interrelaciones entre sus elementos. Ningún sistema funciona en el vacío. Todo sistema está incorporado a alguna clase de ambiente. En la realidad no existen objetos aislados. El medio ambiente de un sistema es, el conjunto de sistemas que están en relación con él. Los sistemas se encuentran en comunicación dinámica con su ambiente y mantiene con éste numerosos intercambios y relaciones.

3.2.6 Propósito y función

Los sistemas adquieren siempre un propósito o función específica, cuando entran en relación con otros sistemas o subsistemas. Es el que determina el papel del sistema a estudiar dentro de su sistema general o macrosistema al que pertenece. En realidad, el propósito lo define el contexto y no el mismo sistema.

3.2.7 Atributos

Los atributos de los sistemas, definen al sistema tal como lo conocemos u observamos. Los atributos pueden ser definidores o concomitantes: los atributos definidores son aquellos sin los cuales una entidad no sería designada o definida como tal; los atributos concomitantes en cambio son aquellos que cuya presencia o ausencia no influye en el desempeño de la unidad con respecto al sistema total.

También pueden ser cuantitativos o cualitativos; en cada caso se determina el enfoque para medirlos. Los cuantitativos tienen mayor dificultad de definición y medición.

3.2.8 Metas y objetivos

Ayudan a definir y orientar los resultados que se esperan obtener del sistema. Estos, al contrario del propósito o función del sistema, los define el sistema mismo.

Deben ser planteados desde un comienzo, al pensar en un sistema se piensa en los objetivos del mismo.

Las mediciones de eficacia regulan el grado en que se satisfacen los objetivos o metas del sistema. Estas representan el valor de los atributos del sistema.

Ejemplo de aplicación

Revisemos el siguiente sistema, en donde se identifican claramente los conceptos anteriores:

Un sistema de información es un conjunto de elementos que interactúan entre sí con el fin de apoyar las actividades de una empresa o negocio. Contamos con un sistema de información administrativo y financiero para una empresa de servicios. El subsistema a evaluar es el correspondiente al módulo contable, el cual es fundamental para el funcionamiento integral del software.

El sistema de información administrativo y financiero consta de los siguientes módulos:

- Contabilidad
- Presupuesto
- Tesorería
- Nómina
- Facturación
- Almacén e inventarios

El módulo central es Contabilidad, pues a él llegan los registros de todas las transacciones y movimientos de entrada y salidas que la empresa realiza por cualquier concepto. Dichos movimientos se realizan en cada uno de los otros módulos, dependiendo su naturaleza.

En contabilidad es donde se consolida dicha información y se generan los respectivos estados financieros necesarios para determinar el grado de productividad de la empresa y así tomar oportunamente decisiones.

Según lo descrito anteriormente y realizando un análisis al sistema planteado los conceptos generales encontrados, serían:

Tabla 8. Análisis del sistema “Software contable”

Concepto	Descripción
Entradas	Plan contable Terceros de la empresa Tipos de transacciones contables Información presupuestal Transacciones
Proceso de conversión	Asientos contables Ajustes por inflación Cálculo de retenciones Análisis de costos
Salidas	Análisis financieros Balance general, Balance de prueba Estado de la actividad económica social y financiera (PyG) Reportes de transacciones Comprobantes contables Listados generales y particulares Información para tesorería Información para presupuesto Información para nómina
Medio	Gerencia Departamentos de la empresa Auditorías, Contralorías Los subsistemas con los que se relaciona y hacen parte del sistema de información: Nómina, Tesorería, Presupuesto, Almacén, etc.
Propósito y función	Integración con los diferentes módulos que constituyen el sistema de información como: nómina, tesorería, presupuesto, almacén, inventarios, facturación, etc. Recibir entradas de ellos y generar salidas hacia ellos.
Atributos	Confiableidad Respaldo Rendimiento Capacidad
Metas y objetivos	Registrar, contabilizar y ajustar los movimientos de entradas y salidas de la empresa por cualquier concepto.

3.3 Características de los sistemas

El aspecto más importante del concepto sistema es la idea de un conjunto de elementos interconectados para formar un todo que presenta propiedades y características propias que no se encuentran en ninguno de los elementos aislados. Es lo que denominamos emergente sistémico: una característica que existe en el sistema como un todo y no en sus elementos particulares.

Del sistema como un conjunto de unidades recíprocamente relacionadas, se deducen los siguientes conceptos que reflejan las características básicas de un sistema:

3.3.1 Propósito u objetivo

Todo sistema tiene uno o varios propósitos u objetivos. Las unidades o elementos (u objetos), así como las relaciones, definen una distribución que trata siempre de alcanzar un objetivo. Conocidos los diferentes productos del sistema podemos deducir sus objetivos. Al hablar de objetivos estamos pensando en la medición de la actuación del sistema total.

3.3.2 Globalismo o totalidad

Todo sistema tiene naturaleza orgánica; por esta razón, una acción que produzca cambio en una de las unidades del sistema, muy probablemente producirá cambios en todas las demás unidades de este. En otra palabra cualquier estímulo en cualquier unidad del sistema afectará a todas las demás unidades debido a la relación existente entre ellas. El efecto total de esos cambios o modificaciones se presentará como cualquier ajuste de todo el sistema, que siempre reaccionará globalmente a cualquier estímulo producido en cualquier parte o unidad. Entre las diferentes partes del sistema existe una relación de causa y efecto. De este modo, el sistema experimenta cambios y ajuste sistemático continuos, de lo cual surgen dos fenómenos: La entropía y la homeostasis.

La delimitación de un sistema depende del interés de la persona que pretende analizarlo. Por ejemplo, una organización podrá entenderse como sistema o subsistema o incluso como macrosistema dependiendo del análisis que se quiera hacer: que el sistema tenga un grado de autonomía mayor que el subsistema y menor que el macrosistema. Por tanto, es una cuestión de enfoque. Así, un departamento puede considerarse un sistema compuesto de varios subsistemas (secciones o sectores) e integrado en un macrosistema (la empresa), y también puede considerarse un subsistema compuesto de otro subsistema (secciones o sectores), que pertenece a un sistema (la empresa) integrado a un macrosistema (el mercado o la comunidad). Todo depende de la forma que se haga el enfoque.

El sistema total está representado por todos los componentes y relaciones necesarios para la consecución de un objetivo, dado cierto número de restricciones. El objetivo del sistema total define la finalidad para la cual fueron ordenados todos los componentes y relaciones del sistema, mientras que las restricciones son limitaciones que se introducen en su operación y permiten hacer explícitas las condiciones bajo las cuales deben operar. Generalmente, el término sistema se utiliza en el sentido de sistema total. Los componentes necesarios para la operación de un sistema total se denominan subsistemas, formados por la reunión de nuevos subsistemas más detallados. Así, tanto la jerarquía de los sistemas como el número de subsistemas dependen de la complejidad intrínseca del sistema total. Los sistemas pueden operar simultáneamente en serie o en paralelo. Los sistemas existen en un medio y son condicionados por el medio, es todo lo que existe afuera, alrededor de un sistema, y tiene alguna influencia sobre

la operación de éste. Los límites (fronteras) definen qué es el sistema y cuál es el ambiente que lo envuelve.

3.3.3 Entropía

Es una función que representa la cantidad de energía que pierde un sistema. Una característica de todos los sistemas consiste en que tienden a moverse hacia estados de desorganización y a desintegrarse. La entropía es una propiedad de todo sistema, tanto cerrado como abierto; conduce a la muerte del sistema, la entropía termina por imponerse y desintegrar al sistema en sus elementos constitutivos. Es una fuerza que tiene origen en las contracciones internas y externas del sistema y que tiende a transformarlo y descomponerlo en sus elementos constitutivos, es decir, a desorganizarlo. La tendencia de la entropía a incrementarse, a ganar intensidad, recibe el nombre de entropía positiva. La neguentropía ayuda a controlar la entropía positiva, es decir, es la fuerza que ayuda a que el sistema no se desintegre.

La entropía es indispensable en todo sistema, pues incluye la descripción de todos los fenómenos del entorno que obligan al sistema a modificar sus productos, a buscar un nuevo equilibrio con el entorno y perder al menos momentáneamente la efectividad (eficiencia y eficacia).

La entropía de un sistema es el desgaste que el sistema presenta por el transcurso del tiempo o por el funcionamiento del mismo. Los sistemas altamente entrópicos tienden a desaparecer por el desgaste generado por su proceso sistémico. Los mismos deben tener rigurosos sistemas de control y mecanismos de revisión, reelaboración y cambio permanente, para evitar su desaparición a través del tiempo.

En un sistema cerrado la entropía siempre debe ser positiva. Sin embargo en los sistemas abiertos biológicos o sociales, la entropía puede ser reducida o mejor aún transformarse en entropía negativa, es decir, un proceso de organización más completo y de capacidad para transformar los recursos. Esto es posible porque en los sistemas abiertos los recursos utilizados para reducir el proceso de entropía se toman del medio externo. Asimismo, los sistemas vivientes se mantienen en un estado estable y pueden evitar el incremento de la entropía y aún desarrollarse hacia estados de orden y de organización creciente.

3.3.4 Homeostasis

Es el mantenimiento del equilibrio en el organismo vivo, cuyo prototipo es la regulación en los animales de sangre caliente. El enfriamiento de la sangre estimula ciertos centros cerebrales que echan a andar los mecanismos de calor del cuerpo, y la temperatura es mantenida a nivel constante.

La homeostasis es la propiedad de un sistema que define su nivel de respuesta y de adaptación al contexto.

Es el nivel de adaptación permanente del sistema o su tendencia a la supervivencia dinámica. Los sistemas altamente homeostáticos sufren transformaciones estructurales en igual medida que el contexto sufre transformaciones, ambos actúan como condicionantes del nivel de evolución.

3.3.5 Holismo o sinergia

El holismo es entendido como una doctrina que propugna la concepción de cada realidad como un todo distinto de la suma de las partes que lo componen.

Es la propiedad que permite que los procesos que se dan al interior de cada uno de los componentes del sistema se orienten hacia un resultado total. Integra las partes en torno de un producto o de un objetivo.

La principal connotación de un sistema es la existencia de cualidades que resultan de la integración, que no se reducen únicamente a la suma de las propiedades de los elementos que lo constituyen. El holismo es una propiedad que poseen todos los sistemas y que les permite:

- Mantener los cambios de las partes dentro de límites que no pongan en peligro la supervivencia del sistema.
- Mantener subordinadas las partes al todo.
- Resistir a la desintegración o desorganización.
- Adquirir propiedades que no poseen sus elementos cuando se les considera como algo separado del sistema. “El todo es más que la suma de las partes”, es una manera de expresar esta cualidad.

3.3.6 Complejidad

Los sistemas vivos son sistemas de complejidad organizada, en tanto que los sistemas no vivos muestran propiedades ya sea de simplicidad organizada o complejidad no organizada.

Sistemas de simplicidad organizada: Se derivan de la suma en serie de componentes, cuyas operaciones son el resultado de una cadena de tiempo lineal de eventos, cada uno derivado del anterior. La complejidad en este tipo de sistema se origina principalmente de la magnitud de las interacciones que deben considerarse tan pronto como el número de componentes sea más de tres.

Complejidad desorganizada: La conducta del sistema es el resultado de la oportunidad de interacción de un número infinito de elementos, donde el resultado es aleatorio, según las relaciones establecidas entre ellos.

Complejidad organizada: Los sistemas vivientes generalmente muestran una clase diferente de complejidad llamada complejidad organizada, que se caracteriza por la existencia de las siguientes propiedades:

- Hay sólo un número finito de componentes en el sistema.
- Cuando el sistema se desintegra en sus partes componentes, se llega al límite cuando el sistema total se descompone en “todos irreducibles” o unidades irreducibles.
- El sistema total posee propiedades propias, sobre y más allá de las derivadas de sus partes componentes. El todo puede representar más que la suma de las partes.

3.3.7 Jerarquía

La jerarquía es un concepto importante que puede utilizarse para representar el hecho de que los sistemas pueden ordenarse de acuerdo con varios criterios, uno de los cuales es la complejidad en incremento de la función de sus componentes.

Hace referencia a que todo sistema cuenta con un determinado número de subsistemas, los cuales se organizan de acuerdo con su nivel, desde el más simple al más complejo.

3.3.8 Organización

N. Wiener planteó que la organización debía concebirse como "una interdependencia de las distintas partes organizadas, pero una interdependencia que tiene grados. Ciertas interdependencias internas deben ser más importantes que otras, lo cual equivale a decir que la interdependencia interna no es completa" (Buckley. 1970:127). Por lo cual la organización sistémica se refiere al patrón de relaciones que definen los estados posibles (variabilidad) para un sistema determinado.

Ackoff define una organización como “un sistema por lo menos parcialmente autocontrolado” que posee las siguientes características:

- **Contenido:** Las organizaciones son sistemas hombre-máquina.
- **Estructura:** El sistema debe mostrar la posibilidad de cursos de acción alternativos.
- **Comunicaciones:** Determinan la conducta e interacción de subsistemas en la organización.

- **Elecciones de toma de decisión:** Los cursos de acción conducen a resultados que también deben ser el objeto de elecciones entre los participantes.

3.3.9 Límites y entorno

El límite de un sistema es todo lo que forma parte del sistema, objeto de estudio, y todo lo que pertenece a él.

Se considera que el entorno del sistema es todo lo que influye sobre éste de una manera directa o indirecta, a corto o largo plazo, con mayor o menor intensidad, sin que el sistema pueda impedir o evitar que se den esas influencias.

El entorno genérico de una organización está conformado por otros sistemas como: el biológico, el ecológico, el económico, el cultural, el científico-tecnológico, el político.¹²

- El sistema biológico tiene a cargo la reproducción de la población.
- El sistema ecológico trata del espacio o hábitat de la población.
- El sistema económico está relacionado con la producción e intercambio de bienes y servicios.
- El sistema cultural está a cargo de la creación y difusión de códigos y mensajes de toda clase: lingüísticos, morales, estéticos, etc.
- El sistema científico-tecnológico se refiere a la comunidad del saber y de las técnicas.
- El sistema político es el conjunto de decisiones que afectan a la totalidad de la sociedad, la acción de los partidos políticos, las acciones colectivas, la autoridad y el poder.

Actividad:

Antes de continuar con el desarrollo del capítulo, realicemos el siguiente ejercicio, con el fin de apropiar las características de un sistema.

Retomen el sistema del ejercicio inicial del capítulo. Una vez ubicado y recordado, revisen las características relacionadas en el siguiente cuadro y describan cuál sería la correspondiente en el sistema ejemplo.

Tenga en cuenta las definiciones dadas.

¹² CAMACHO, Luz Amanda (1996). Teoría General de Sistemas. Bogotá: Universidad a Distancia UNISUR. p. 14.

<i>Característica general de un sistema</i>	<i>En su sistema sería:</i>
Propósito u objetivo	
Globalismo o totalidad	
Entropía	
Homeostasis	
Holismo	
Complejidad	
Jerarquía	
Organización	
Límites y entorno	

3.4 El estudio de los sistemas

3.4.1 Enfoque de sistemas

¹³La vida en un complejo mundo fragmentado de recursos limitados.

La vida en sociedad está organizada alrededor de sistemas complejos en los cuales, y por los cuales, el hombre trata de proporcionar alguna apariencia de orden a su universo. La vida está organizada alrededor de instituciones de todas clases; algunas son estructuradas por el hombre, otras han evolucionado, según parece sin diseño convenido.

Algunas instituciones, como la familia, son pequeñas y manejables; otras, como la política o la industria, son de envergadura nacional y cada día se vuelven más complejas. Algunas otras son de propiedad privada y otras pertenecen al dominio público. En cada clase social, cualquiera que sea nuestro trabajo o intento, tenemos que enfrentarnos a organizaciones y sistemas.

Un vistazo rápido a esos sistemas revela que comparten una característica: la complejidad. Según la opinión general, la complejidad es el resultado de la multiplicidad y embrollo de la interacción del hombre en los sistemas. Visto por separado el hombre es ya una entidad compleja. Colocado en el contexto de la sociedad, el hombre está amenazado por la complejidad de sus propias organizaciones.

El enfoque de sistemas es la filosofía del manejo de sistemas por la que se puede abordar y resolver un problema en su totalidad, y no sólo una porción aislada de éste.

¹³ Grupo de Investigación en Sistemas – UNA, Puno.

Los “problemas de sistemas” requieren “soluciones de sistemas”, lo cual, significa que debemos dirigirnos a resolver los problemas del sistema mayor con soluciones que satisfagan no sólo los objetivos de los subsistemas, sino también la sobrevivencia del sistema global.

El enfoque de sistemas puede muy posiblemente ser “la única forma en la que podamos volver a unir las piezas de nuestro mundo fragmentado: la única manera en que podamos crear coherencia del caos.”

El enfoque de sistemas se originó fundamentalmente en dos campos. En el de las comunicaciones donde surgieron los primeros Ingenieros de Sistemas cuya función principal consistía en aplicar los avances científicos y tecnológicos al diseño de nuevos sistemas de comunicación. En el campo militar durante la segunda guerra mundial y en particular durante la Batalla de la Gran Bretaña surgió la necesidad de optimizar el empleo de equipo militar, radar, escuadrillas de aviones. etc.

Entre los acontecimientos que han tenido mayor impacto en el desarrollo de sistemas debe destacarse el descubrimiento de la programación lineal en 1947 y la introducción de la computadora digital. Ambos han sido instrumentales en el avance del enfoque de sistemas al permitir el estudio cuantitativo de sistemas caracterizado por un gran número de variables.

El enfoque sistémico caracteriza al desenvolvimiento de ideas de sistemas en sistemas prácticos y se debe considerar como la acción de investigación para concretar el uso de conceptos de sistemas en la conclusión de problemas. La Ingeniería de Sistemas, como precepto de idea de transformación, sinónimo de cambio y superación de aspectos tangibles de la realidad considera como un componente fundamental al enfoque de sistemas.

Tabla 9. Conceptualización del enfoque de sistemas

<i>Pensadores</i>	<i>Concepto</i>
<i>Gerez & Grijalva</i>	El enfoque de sistemas es una técnica nueva que combina en forma efectiva la aplicación de conocimientos de otras disciplinas a la solución de problemas que envuelven relaciones complejas entre diversos componentes. Permite el desarrollo y empleo de nuevas tecnologías tanto como consideraciones técnicas y económicas lo permitan.
<i>Thome & Willard</i>	El enfoque de sistemas es una forma ordenada de evaluar una necesidad humana de índole compleja y consiste en observar la situación desde todos los ángulos (perspectivas). El enfoque de sistemas se basa en los conceptos: emergencia, jerarquía, comunicación y control y para su aplicación (enfoque) es necesario preguntarse: ¿Cuántos elementos distinguibles hay en el problema aparente? ¿Qué relación causa efecto existe entre ellos? ¿Qué funciones son preciso cumplir en cada caso? ¿Qué intercambios se requerirán entre los recursos una vez que se definan?.

Pensadores	Concepto
John P. Van Gigch	<p>El enfoque de sistemas puede describirse como:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Una metodología de diseño ➤ Un marco de trabajo conceptual común ➤ Una nueva clase de método científico ➤ Una teoría de organizaciones ➤ Dirección por sistemas ➤ Un método relacionado a la ingeniería de sistemas, investigación de operaciones, eficiencia de costos, etc. ➤ Teoría general de sistemas aplicada.
Rosnay	<p>El enfoque sistémico debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Conservar la variedad. ➤ No “abrir” bucles de regulación. ➤ Buscar los puntos de amplificación. ➤ Restablecer los equilibrios, por al descentralización. ➤ Diferenciar para integrar mejor. ➤ Para evolucionar, dejarse agredir. ➤ Preferir los objetivos a la programación minuciosa. ➤ Saber utilizar la energía de mando. ➤ Respetar los tiempos de respuesta.

En conclusión, el enfoque de sistemas es el que integra todo el sistema de estudio: tanto sus componentes como sus interrelaciones, tomando el medio ambiente o el entorno en el que se desenvuelve dicho sistema.

Para aplicar el enfoque de sistemas se debe tener en cuenta:

- La existencia de situaciones problemáticas que se desean resolver.
- Evitar problemas futuros analizando todo el sistema con sus respectivos subsistemas y sus relaciones.

Por lo anterior se debe conocer la estructura y funcionamiento del sistema de interés, como un todo, para que más adelante no se presenten problemas futuros porque no se tuvo en cuenta el análisis de todo el sistema.

3.4.2 Clases de sistemas

En un sistema forman parte de sus problemas tanto la definición del status de realidad de sus objetos, como el desarrollo de un instrumental analítico adecuado para el tratamiento de sus componentes.

Un sistema puede variar por su forma, adecuación, y/o función.

Bajo ese marco de referencia los sistemas pueden clasificarse de las siguientes maneras:

1. **Según su entidad:** los sistemas pueden ser agrupados en reales, ideales y modelos.

- **Reales:** Presumen una existencia independiente del observador (quien los puede descubrir). Ejemplo: Galaxias, animales, células y átomos.
- **Ideales:** Son construcciones simbólicas, como el caso de la lógica y las matemáticas.
- **Modelos:** Corresponde a abstracciones de la realidad, en donde se combina lo conceptual con las características de los objetos.

2. **Con relación a su origen:** Pueden ser **naturales** o **artificiales**, distinción que apunta a destacar la dependencia o no en su estructuración por parte de otros sistemas.

3. **Con relación al ambiente o grado de aislamiento:** Los sistemas pueden ser **cerrados** o **abiertos**, según el tipo de intercambio que establecen con sus ambientes.

Ahora bien, también existe la siguiente clasificación, dependiendo de las características internas del sistema:

Tabla 10. Clasificación de sistemas generales

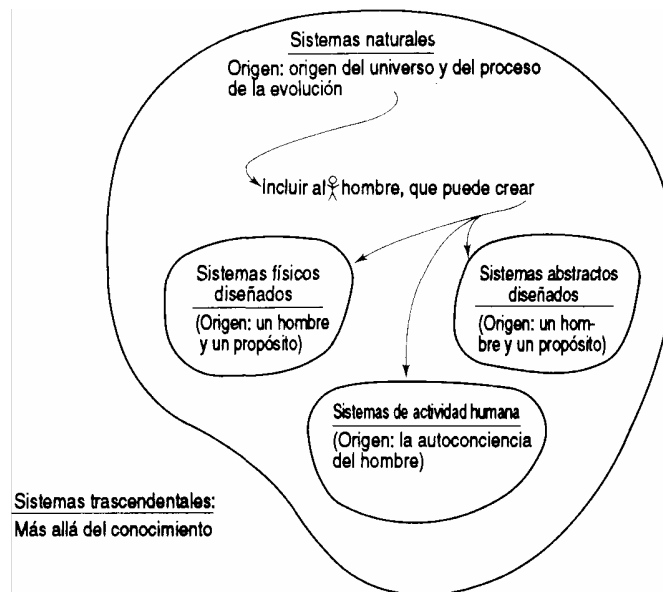
Clasificación 1	Vivientes	No vivientes
Características	Son los que tienen vida. Ciclo de vida: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nace ➤ Crece ➤ Muere 	Sistemas de información: su objetivo es dar información, cumpliendo su ciclo de vida. Fase de los sistemas de información: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Análisis ➤ Diseño ➤ Implementación ➤ Prueba ➤ Mantenimiento ➤ Caída del sistema.
Clasificación 2	Abstractos	Concretos
Características	Se refiere a conceptos como: Software, lenguaje, números, etc	Interviene sujeto (Es la personificación de los objetos y conceptos). Objeto: entes que son medibles en tiempo y espacio. Concepto: abstracción pura del pensamiento. Sistemas de información interviene: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Hardware ➤ Software y ➤ Recurso humano.
Clasificación 3	Abiertos	Cerrados
Características	Por el canal de entrada ingresa del medio: materia prima, información, energía; lleva a cabo el proceso de conversión (transformación), en un bien y/o servicio. El canal del servicio sale al medio hacia otro sistema.	No tienen entradas, ni salidas, tampoco proceso de conversión. Es decir no tienen un propósito determinado.

Clasificación 4	Probabilísticos	Determinísticos
Características	Al azar, si o no. Causa-efecto es indeterminada, no se saben cuales son los efectos de las causas. Condiciones iniciales similares, llegadas diferentes.	Relación causa-efecto demuestra que a condiciones similares iniciales de los elementos le corresponden unas llegadas similares.
Clasificación 5	Naturales	Artificiales
Características	El hombre no ha intervenido en su creación.	El hombre intervino en su creación. Pueden ser: Conceptuales: Teorías científicas, conceptos que no están predefinido. Procedimentales: Se basa en procedimientos, leyes. Físicos: Elementos u objetos hechos por el hombre (máquinas). Organizacionales: Interacción de los seres humanos (organización para optimizar la subsistencia).

Existe la clasificación de sistemas, tomada por Peter Checkland, en su libro Pensamiento de Sistemas. Práctica de Sistemas, presentada de una forma resumida contempla los “**sistemas trascendentales**” (Kenneth E Boulding) como una categoría de supersistema que incluye a los sistemas más allá del conocimiento y que contempla a su vez los sistemas de actividad humana, de diseño abstracto, diseño físico o natural:

- **Sistemas naturales:** origen del universo y del proceso de la evolución.
- **Sistemas de actividad humana:** origen la autoconciencia del hombre.
- **Sistemas diseñados:** Físicos y abstractos. Origen un hombre y un propósito.
- **Sistemas sociales:** Incluye al hombre, que puede crear. Establecen relaciones y estructuras sociales.
- **Sistemas trascendentales:** Más allá del conocimiento.

Gráfico 4. Cinco clases de sistema que componen un mapa de sistemas del universo. Nosotros podríamos –investigar, describir, aprender de, sistemas naturales, crear y utilizar sistemas diseñados – tratar de utilizar la ingeniería en los sistemas de actividad humana¹⁴



Niveles de organización de un sistema

A medida que el sistema se analice por subsistemas se pasará de una complejidad mayor a una menor; a esto se le denomina integración que representa el enfoque de sistemas. Kenneth E. Boulding formuló 9 niveles de complejidad, partiendo desde los más simples para llegar a los más complejos (recursividad), en su orden son:

Tabla 11. Niveles de organización de los sistemas

NIVEL	SISTEMA
Primer nivel	Estructuras estáticas. Ejemplo: modelo de electrones dentro del átomo.
Segundo nivel	Sistemas dinámicos simples. Ejemplo: sistema solar.
Tercer nivel	Sistemas cibernéticos o de control. Ejemplo: el termostato.
Cuarto nivel	Sistemas abiertos. Ejemplo: las células.
Quinto nivel	Sistema genético social. Ejemplo: las plantas.
Sexto nivel	Sistema con movilidad con propósito y conciencia. Ejemplo: el animal.
Séptimo nivel	El hombre.
Octavo nivel	Las estructuras sociales. Ejemplo: una empresa.
Noveno nivel	Sistemas trascendentales. Ejemplo: lo absoluto.

¹⁴ CHECKLAND, Op.cit p 133.

3.4.3 Propiedades de sistemas

Stafford Beer define a un sistema viable como aquel que es capaz de adaptarse a las variaciones de un medio en cambio. Para que esto pueda ocurrir, el sistema debe poseer tres propiedades básicas:

- Ser capaz de autoorganizarse, es decir, mantener una estructura permanente y modificarla de acuerdo a las exigencias;
- Ser capaz de autocontrolarse, es decir, mantener sus principales variables dentro de ciertos límites que forman un área de normalidad y finalmente;
- Poseer un cierto grado de autonomía; es decir, poseer un suficiente nivel de libertad determinado por sus recursos para mantener esas variables dentro de su área de normalidad.

Las propiedades de los sistemas dependen de su dominio. El dominio de los sistemas es el campo sobre el cual se extienden. Este puede clasificarse según si:¹⁵

- Los sistemas son vivientes o no vivientes.
- Los sistemas son abstractos o concretos.
- Los sistemas son abiertos o cerrados.
- Los sistemas muestran un grado elevado o bajo de entropía o desorden.
- Los sistemas muestran simplicidad organizada, complejidad no organizada o complejidad organizada.
- A los sistemas pueden asignárseles un propósito.
- Existe la realimentación.
- Los sistemas están ordenados en jerarquías.
- Los sistemas están organizados.

Las propiedades y supuestos fundamentales del dominio de un sistema determinan el enfoque científico y la metodología que deberán emplearse para su estudio.

Actividad complementaria:

El siguiente ejercicio es apropiado para la transferencia de los conceptos revisados. Se plantea para desarrollarlo de manera individual.

Tome nuevamente el sistema que ha venido trabajando en el capítulo. Revise lo realizado hasta el momento y complete o mejore el cuadro inicial, evidenciando los conceptos, características y propiedades del sistema, según su nuevo análisis y teniendo en cuenta la conceptualización desarrollada.

¹⁵ Van Gigch, Jhon P (1982). *Teoría General de Sistemas*. México: Editorial Trillas. p 52

CAPÍTULO 4. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y ALGORITMOS

Uno de los objetivos a considerar en la enseñanza de la programación de sistemas es la actividad de resolver problemas o analizar sistemas, la cual se ha considerado un factor importante en el desarrollo de habilidades de pensamiento.

En la medida en que se analicen, comprendan, describan y solucionen problemas, ya sea de forma teórica o práctica, se va adquiriendo seguridad y confianza en las decisiones tomadas, aumenta la capacidad de análisis, se mejora el nivel de comunicación y se utilizan procedimientos de alto nivel, básicos en una formación ingenieril.

Actividad inicial:**Aprendiente:**

Para este ejercicio necesito pedir un favor:

Olvídese de cualquier problema que pueda tener, no importa su índole, Quiero que esté tranquilo. No es una sesión de relajación o algo que se le parezca. Sólo quiero que reflexione acerca de lo siguiente:

- ¿Es posible vivir sin problemas?
- ¿Es factible una organización sin problemas?
- ¿Es posible la ingeniería de sistemas sin la existencia de problemas?

Especifique, justifique y argumente sus respuestas a cada una de las anteriores preguntas.

4.1 Análisis de problemas

Un problema, en el ámbito que nos reúne, se puede describir como:

- Una cuestión que se trata de aclarar.
- Proposición o dificultad de solución dudosa.
- Conjunto de hechos o circunstancias que dificultan la consecución de algún fin.
- Planteamiento de una situación cuya respuesta desconocida debe obtenerse a través de métodos científicos o sistemáticos.
- No puede tener sino una solución, o más de una en número fijo.
- Puede tener indefinido número de soluciones.

Cuando necesitamos resolver un problema, lo primero en lo que debemos pensar es en analizarlo y entenderlo de forma clara y suficiente. En esto radica el éxito de la solución obtenida (optimización de recursos para llegar a la solución).

Este análisis involucra un proceso detallado y muchas veces inconsciente, para la resolución del problema, comprende cuatro pasos:

- **Comprensión del problema.** La definición clara del problema muchas veces es el paso más importante y menos atendido del proceso de resolución de problemas.
- **Desarrollo de un plan para resolver el problema.** ¿Con qué recursos contamos? (personas, información, materiales, uso de recursos)
- **Realización del plan.** Muchas estrategias para la resolución de problemas se desarrollan sobre la marcha.
- **Evaluación de la solución.** ¿Se ha resuelto correctamente el problema?
¿La solución es aplicable a otros problemas?

Llevando el análisis y la solución del problema a un proceso de programación, este sería:

- Definición del problema.
- Desarrollo, refinamiento y pruebas del algoritmo.
- Escritura del programa.
- Pruebas y depuración del programa.

4.2. Clasificación de problemas

Un problema implica dos cosas: un objetivo para alcanzar y un desconocimiento de cómo alcanzarlo.

Una posible clasificación de problemas puede ser:

- **Según su grado de definición:** pueden ser bien definidos o mal definidos. Bien definidos tienen indicaciones claras para resolverlo. Los mal definidos no tienen indicaciones claras, y se les relaciona más con la creatividad. Por ejemplo cómo mejorar la calidad de vida, cómo hacer la mejor película del siglo, etc. La mayoría de los estudios experimentales se realizaron con problemas bien definidos.
- **Problemas con uno o más soluciones:** En general, los problemas bien definidos tienen una sola solución, salvo los anagramas. Problemas con varias soluciones pueden ser en qué diferentes formas puede usarse un martillo.
- **Según la selección o producción de soluciones:** elegir soluciones dadas de antemano, o generar soluciones propias.
- **Según su presentación:** en forma verbal, abstracta o numérica, o bien en forma de materiales concretos, como el problema de la torre de Hanoi (pasar discos de un palo a otro).

- **Soluciones nuevas o antiguas:** La solución reproductiva implica recordar cosas ya aprendidas. Las soluciones productivas implican creatividad.
- **Según su estructura:** Los hay con estructura lógica (problemas de Rimoldi, etc.) y sin estructura lógica (problemas creativos, mal definidos, etc.).
- **Según la certeza:** pueden incluirse los problemas con certidumbre y con incertidumbre.
- **Otra clasificación es la de Greeno:** quien distingue problemas de transformación, de inducción de estructuras, y de ordenación.
 - **De transformación:** se presenta una situación inicial, una meta y operaciones posibles para alcanzarla (ejemplos: torre de Hanoi, problema del bote y el río, etc.).
 - **De inducción de estructuras:** el sujeto debe descubrir analogías estructurales en contenidos distintos. Hay dos tipos: los de analogías verbales ("beber es a agua como comer es a..."), y los de inducción de estructuras complejas (están en De Vega).
 - **De ordenación:** son por ejemplo los criptoaritméticos, donde se debe sustituir letras por números. El sujeto recibe información y deberá reordenarla. Son los problemas de reorganización perceptual.

4.3 Resolución de problemas

La eficacia para resolver un problema dependerá de la complejidad y de la capacidad del sujeto para resolverlo. A continuación se mencionaran cuatro características del sistema cognitivo humano relacionadas con la capacidad de resolver problemas:

- **Representaciones incompletas o inconsistentes del mundo:** si no hay 'lagunas' no hay situación problemática. Cuanto mejor el sujeto se represente sus inconsistencias, mayor posibilidad de usar la estrategia de resolución adecuada. En los problemas pobremente definidos de la vida cotidiana se debe buscar no sólo la solución sino también detectar y formular bien el problema.
- **Pensamiento directivo:** se encamina hacia una meta en forma consciente (aunque puede haber una incubación inconsciente). Hay un yo ejecutivo que busca resolver el problema.
- **Limitaciones estructurales y operacionales:** son básicamente tres: estrechez del foco atencional, limitaciones de la memoria operativa y organización de la memoria a largo plazo.

- **Operación serial:** el sistema cognitivo opera en forma secuencial o serial, no en paralelo: hace una operación por vez, aunque esto es discutible. Lo secuencial se ve bien en problemas bien definidos.

Algunos postulados de la teoría del procesamiento de la información en relación con la resolución de problemas

Diversas teorías (Simon, Norman, etc.) que estudiaron problemas bien definidos, señalan que lo que determinará las estrategias de resolución de un problema es un marco constituido por tres elementos: el sistema cognitivo humano de procesamiento, el ambiente de la tarea (el problema tal cual es presentado por el experimentador), y el espacio de problema (representación mental que el sujeto tienen del ambiente de la tarea, o modelo interno del problema). Este espacio de problema es determinado por los dos primeros factores (sistema de procesamiento y ambiente de la tarea).

Las estrategias de resolución pueden ser algorítmicas y heurísticas.

- **Estrategia algorítmica:** selecciona la mejor alternativa entre varias posibles, por lo que genera soluciones seguras. Ejemplo: ajedrez, aritmética, etc. Esta estrategia tiene dificultades para resolver problemas por las limitaciones de la memoria de corto plazo, que impiden combinar e integrar varias posibilidades al mismo tiempo.
- **Estrategia heurística:** procedimiento de tanteo o búsqueda de soluciones efectivas con base a conocimientos previos. Acortan el camino hacia la solución porque no tienen por qué considerar todas las combinaciones posibles. No garantizan el llegar a una solución correcta.

En resumen:

El sistema de procesamiento y el ambiente de la tarea determinan el espacio del problema.

El espacio del problema determina la estrategia de resolución, que podrá ser algorítmica o heurística.

Evaluación de las estrategias: Además de una evaluación cuantitativa (en cuánto se acerca a la solución ideal), hay también una evaluación cualitativa, que es reconocer el estilo cognitivo de cada sujeto, para lo cual tendremos en cuenta dos aspectos:

- Si logra o no eliminar la incertidumbre del problema. Algunos pueden ser más sistemáticos que otros en la selección de posibles combinaciones. Algunos se apoyan más en la información y otros en la intuición. Algunos son más deductivos y otros se basan más en sus experiencias, etc.
- Si logra o no la solución correcta.

Se pueden reconocer **cuatro estilos** cognoscitivos: lógico, inconsistente, intuitivo (o adivinatorio), e ineficaz.

	<i>Eliminan la incertidumbre</i>	<i>No eliminan la incertidumbre</i>
<i>Respuesta correcta</i>	Lógico	Intuitivo o Adivinatorio
<i>Respuesta incorrecta</i>	Inconsistente	Ineficaz
	Estilos que atienden a la información	Estilos indiferentes a la información

El estilo lógico es el que más se aproxima a la táctica ideal. El ineficaz no intenta buscar información ni resolver el problema. Los estilos que no buscan información tienden a eludir la búsqueda y la reflexión racional.

Cuando se tiene un problema se debe tener en cuenta:

- Realizar levantamiento de información sobre todo lo interno y externo que interviene y compone el problema.
- Analizar la información obtenida y así poder analizar todo el sistema con su entorno, como un todo.
- Presentar las posibles soluciones.
- Diseñar la solución mas optima.
- Ejecutarla o ponerla en práctica
- Realizar monitoreo
- Realizar modificaciones e implementación si lo requiere

4.4 Concepto de algoritmo

Un algoritmo es “una sucesión finita de pasos no ambiguos que se pueden ejecutar en un tiempo finito”, cuya razón es la de resolver problemas.

Por tanto “problema” serán aquellas cuestiones, conceptos o prácticas, cuya solución es expresable mediante un algoritmo. Afortunadamente son muchos los problemas cuya solución puede describirse por medio de un algoritmo y que ésta sea una de las razones por las que aprendamos a programar y a manejar un computador.

Un algoritmo es una lista de instrucciones que realizan una descripción paso a paso y precisa de un proceso que garantiza que resuelve cualquier problema que pertenezca a un tipo determinado, y que termina después de que se hayan llevado a cabo un número finito de pasos.

Los algoritmos se escriben o se diseñan con el propósito de resolver problemas, o más exactamente problemas algorítmicos.

Un problema algorítmico es cualquier problema, conceptual o práctico, cuya solución puede expresarse mediante un algoritmo.

4.5 Resolución de problemas algorítmicos

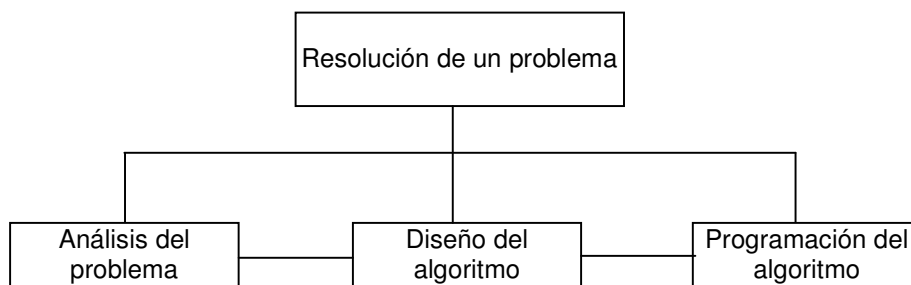
Los conceptos de problemas algorítmicos, algoritmos, lenguajes algorítmicos y comportamiento algorítmico son fundamentales para la actividad de resolver problemas con computadoras, y por lo tanto, para la disciplina de la informática. En consecuencia necesitamos adquirir un conocimiento firme sobre lo que es un algoritmo, y lo que es un problema algorítmico, con objeto de llevar a cabo de forma eficaz la actividad de resolver problemas.

En la vida cotidiana encontramos muchos problemas algorítmicos, tanto dentro como fuera del campo especializado de la informática. Por ejemplo una determinada receta para preparar un plato especial constituye un algoritmo, mientras que el problema general de preparar el plato es el problema algorítmico asociado.

Para cada problema algorítmico, existen varios algoritmos alternativos que pueden utilizarse como solución.

Antes de entrar a la codificación de la resolución de un problema, debemos contar con una idea de cómo llegar a esta solución. El matemático G. Poyla propuso, a finales de 1940, una metodología general para la resolución de problemas en informática:

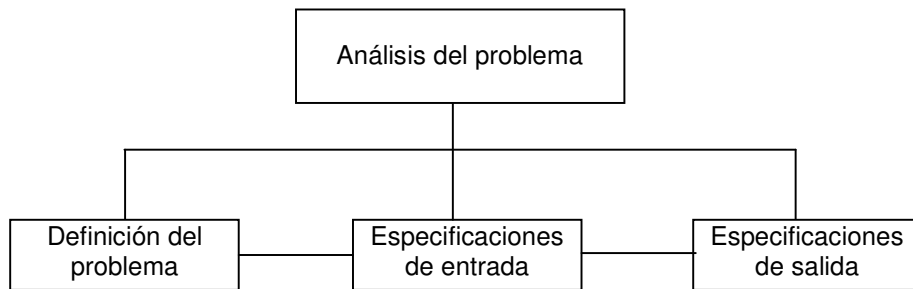
Gráfico 5. La resolución de un problema en informática



Análisis del problema:

El objetivo del análisis del problema, es ayudar al programador a llegar a cierta comprensión de la naturaleza del mismo.

Gráfico 6. Análisis del problema en informática



Ejemplo:

Elaborar el análisis para obtener el área y el diámetro de una circunferencia.

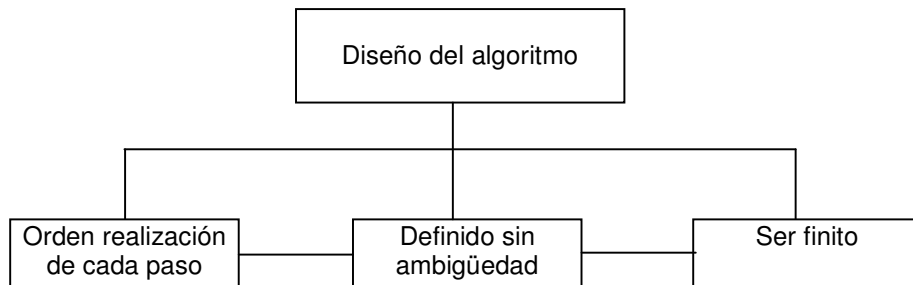
- **Definición del problema:** Utilizar las fórmulas del área y el diámetro en función del radio.
- **Especificaciones de entrada:** Las entradas de datos se reducen al dato correspondiente al radio del círculo. Dada la naturaleza del mismo y el procedimiento al cual lo someteremos, su tipo de dato debe ser un número real.
- **Especificaciones de salida:** Las salidas serán dos datos también reales: área y diámetro.

La finalización de la fase de análisis del problema nos llevaría al siguiente resultado

- **Entradas:** Radio del círculo (variable RADIO)
- **Salidas:** Superficie del círculo (variable AREA)
Diámetro del círculo (variable DIAMETRO)
- **Variables:** RADIO, AREA, DIAMETRO: tipo real

Diseño del algoritmo:

Diseñar un algoritmo puede ser una tarea difícil y su aprendizaje no es inmediato, ya que se requiere de una buena dosis de experiencia y creatividad.

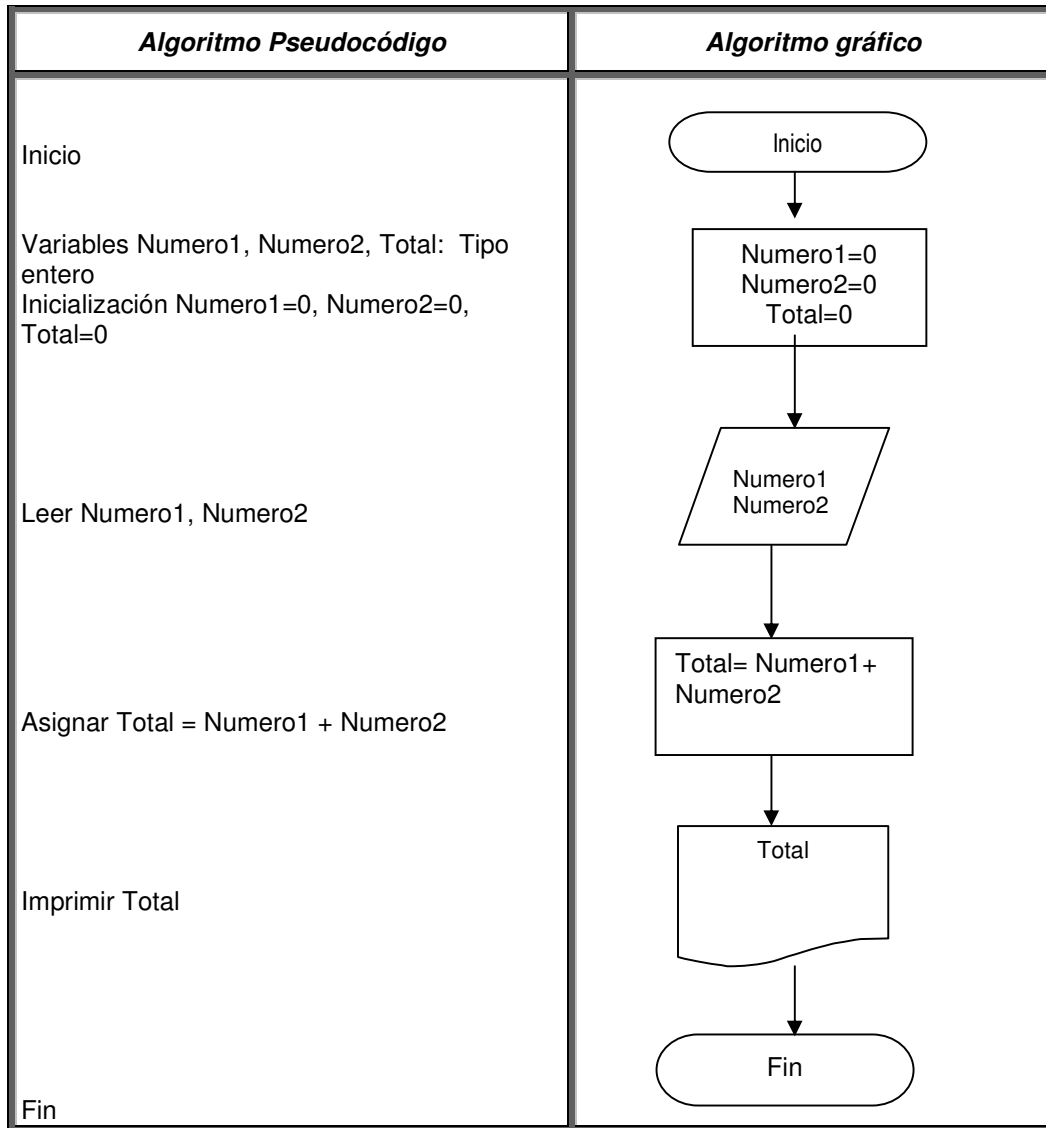
Gráfico 7. Diseño del algoritmo

- Un algoritmo debe ser preciso e indicar el orden de realización de cada paso.
- Un algoritmo debe estar definido. Si se sigue un algoritmo dos veces, se debe obtener el mismo resultado cada vez.
- Un algoritmo debe ser finito. Si se sigue un algoritmo se debe terminar en algún momento; o sea, debe tener un numero finito de pasos.

Ejemplo:

Continuando con el ejemplo, el diseño del algoritmo sería el siguiente:

1. Inicio
2. Poner $\text{Pi}=3.1416$
3. Leer RADIO
4. Si RADIO es cero saltar al punto 3
5. Multiplicar $\text{RADIO} * 2$
6. Almacenar el resultado en DIAMETRO
7. Multiplicar Pi por RADIO por RADIO ($\text{Pi} * \text{RADIO} * \text{RADIO}$)
8. Almacenar el resultado en AREA
9. Mostrar valor de AREA
10. Mostrar valor de DIAMETRO
11. Fin

Gráfico 8. Ejemplo: Suma de dos números digitados por teclado.

Si quieres obtener más información acerca del diseño de algoritmos busca en:

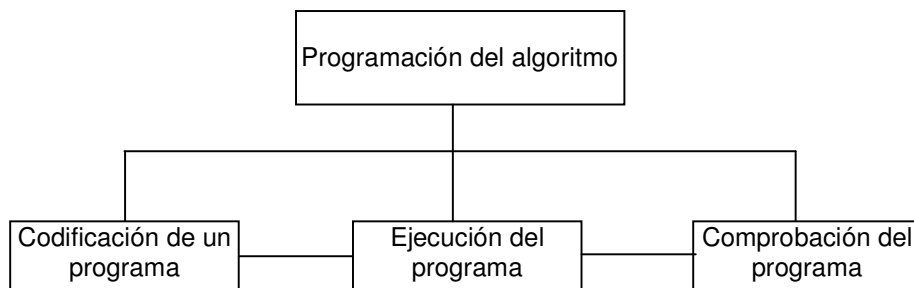
- Metodología de la programación. Tomo 1. Osvaldo Cairó. Alfaomega grupo editor S. A.
- Programas algoritmos -. Joyanes. MC Graw-Hill.
- Fundamentos de Programación, algoritmos y estructuras de datos. Luis Joyanes Aguilar. McGrawHill.
- Fundamentos de Programación, Libro de problemas. Luis Joyanes Aguilar. McGrawHill.

- En cualquier motor de búsqueda, con el texto “diseño de algoritmos”.

Programación del algoritmo:

Una vez que el algoritmo está diseñado y representado, se debe pasar a la fase de resolución práctica del problema con el ordenador. Esta fase se descompone a su vez en las siguientes subfases:

Gráfico 9. Programación del algoritmo



La fase de conversión de un algoritmo en instrucciones de un lenguaje de programación, se denomina codificación. El código deberá estar escrito de acuerdo con la sintaxis del lenguaje de programación ya que solamente las instrucciones sintácticamente correctas pueden ser interpretadas por el computador.

Tras la codificación del programa, éste deberá ejecutarse en un computador. El resultado de esta primera ejecución es incierto, ya que existe una alta posibilidad de que aparezcan errores, bien en la codificación bien en el propio algoritmo. Por tanto, el paso siguiente consiste en comprobar el correcto funcionamiento del programa y en asegurarse, en la medida de lo posible, de la validez de los resultados proporcionados por la máquina.

Ejercicios de aplicación:

1. Al igual que el ejemplo del área de la circunferencia y teniendo como marco de referencia los pasos para la resolución de un problema en informática, desarrolle el análisis del problema, el diseño del algoritmo y el pseudocódigo del siguiente problema: “Obtener un determinado número de múltiplos de un número cualquiera”.
2. Seleccione un problema cercano a Usted, explique por qué lo considera un problema, determine mínimo tres posibles soluciones, evalúe dichas soluciones de acuerdo a los parámetros vistos y al final determine cuál es la solución más viable y por qué.

BIBLIOGRAFÍA

BEEKMAN, George (1995). *Computación & Informática. Una mirada a la tecnología del mañana*. Estados Unidos: Addison Wesley Iberoamericana.

BLANCHARD, Benjamin S (1993). *Administración de la Ingeniería de Sistemas. Primera edición*. México: Grupo Noriega Editores. Alfaomega Rama.

CAMACHO, Luz Amanda (1996). *Teoría General de Sistemas*. Santafé de Bogotá: Editorial Unisur.

CAÑAVERAL ROJAS, Jorge (2002). *Introducción a la Ingeniería de Sistemas. Guía de Estudio*. Santafé de Bogotá: Editorial UNAD.

CHECKLAND, Peter (2004). *Pensamiento de sistemas, práctica de sistemas*. México: Limusa - Noriega Editores.

DELGADO, Alberto (1999). *Elementos de informática y Computadores*. Santa Fe de Bogotá: Ecoe Ediciones,

GENOVA, Miguel y GUZMÁN, José (1991). *Introducción a la Ingeniería de Sistemas*. Venezuela: Universidad Nacional Abierta.

GRECH M, Pablo (2001). *Introducción a la Ingeniería. Un enfoque a través del diseño*. Bogotá: Prentice Hall.

JOHANSEN, Oscar (2004). *Introducción a la teoría general de sistemas*. México: Limusa – Noriega Editores.

PRIETO ESPINOSA, Alberto, LLORIS RUIZ, Antonio y TORRES CANTERO, Juan Carlos (2002). *Introducción a la Informática*. Madrid: Editorial Mc Graw Hill.

SANDERS, Donald H (1985). *Informática presente y futuro*. México: Editorial Mc Graw Hill.

TUCKER, Allen B, BRADLEY, W James, CUPPER, Robert D. y GARNICK, David K (1994). *Fundamentos de Informática*. España: Mac Graw Hill.

VAN GIGCH, JOHN P (2000). *Teoría general de Sistemas*. México: Trillas.

WILSON, Brian (1993). *Sistemas: Concepto, metodología y aplicaciones*. México: Grupo Noriega Editores.

DIRECCIONES WEB

<http://usuarios.lycos.es/javica/Apunte%202.htm>

<http://sitio.acis.org.co/Paginas/publicaciones/libros.html>

<http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/0/352C34C2B09A4435C1256E9A0059FCA6?OpenDocument>

<http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/0/DFBF3CD3E65BB78AC1256E5900531CD8?OpenDocument>

<http://www.iasvirtual.net/queessis.htm>

<http://www.daedalus.es/AreasISIngenieria-E.php>

<http://members.lycos.co.uk/edalfon/situacion/historia.htm>

<http://www.monografias.com/trabajos14/informatic/informatic.shtml>

<http://www.monografias.com/trabajos13/ingesist/ingesist.shtml>

<http://robotica.uv.es/Libro/Indice.html>

<http://www-etsi2.ugr.es/alumnos/mlii/index.html>

<http://www.dlsi.ua.es/~marco/himc/programa.html#Programa>
www.flytech.es

www.pasarlascanutas.com

www.todoteleco.com

www.todoexpertos.com

www.fluke.com

www.anixter.com

www.somser.com

www.elquille.info

www.lawebdelprogramador.com

UNIDAD DIDÁCTICA 2

DESARROLLO DE LA INGENIERIA DE SISTEMAS

INTRODUCCIÓN

No se puede negar que el hecho de haberse aproximado a la fundamentación de la ingeniería de sistemas constituyó un ejercicio provechoso en todo sentido.

Ahora, cuando creemos saber cuál es su esencia, nos acercamos a su desarrollo pasado, presente y futuro, el cual nos ubica frente a lo que pretendemos o decíamos pretender al abordar este curso.

A lo largo de esta unidad se realiza una exploración a las tendencias de la ingeniería de sistemas, a los sistemas orientados a las ciencias de la computación, a las ciencias modernas o campos disciplinares de aplicación de la ingeniería de sistemas en la actualidad y por último se establece un panorama general de la evolución, aplicación y proyección de la ingeniería de sistemas, además de la apropiación del papel del ingeniero de sistemas en la sociedad y en la tecnología.

El contenido temático permite que el estudiante descubra la ubicación de la ingeniería de sistemas dentro del campo de los sistemas, e identifique su proyección hacia el futuro.

En esta parte del módulo se exponen los aportes metodológicos y tecnológicos de la ingeniería de sistemas al avance de la humanidad, así como las herramientas computacionales con las que se pueden contar para aplicar lo visto en la primera parte referente al estudio de los sistemas y la resolución de problemas.

Cada uno de los ejercicios planteados tanto al principio como al final de cada capítulo, están pensados para que el aprendiente utilice sus preconceptos para un reconocimiento de lo que “cree saber”, desarrolle los contenidos temáticos y al final construya o reaprenda su propio conocimiento, de acuerdo a sus intereses personales y profesionales.

OBJETIVOS

1. Identificar las características y enfoques de las principales tendencias de la ingeniería de sistemas.
2. Identificar las diferentes herramientas computacionales que apoyan el desarrollo del campo de la ingeniería de sistemas.
3. Explorar las ramas generales de las ciencias modernas, que se apoyan en la ingeniería de sistemas para su desarrollo.
4. Desarrollar un sentido de pertenencia hacia la ingeniería de sistemas y reconocer el papel del ingeniero de sistemas en la sociedad.

CAPÍTULO 1. TENDENCIAS DE LA INGENIERÍA DE SISTEMAS

Actividad inicial:

Para abordar el capítulo es importante explorar los saberes previos. Al final se desechará lo equivocado y se resaltarán y complementarán los aciertos. De esta forma, relacione sus preconceptos frente a:

Temática	Preconcepto
<i>Cibernética organizacional</i>	
<i>Pensamiento de sistemas</i>	
<i>Dinámica de sistemas</i>	

1.1 Cibernética organizacional¹⁶

1.1.1 Introducción

Visión sobre los sistemas complejos y las respuestas humanas a ellos.

Norbert Wiener en 1948, le dio el nombre de cibernética a esta nueva ciencia, que la definió como “ciencia de la comunicación y el control en el animal y en la máquina”. En pocas palabras es la ciencia de control.

La Cibernética Organizacional es la aplicación de los principios de la ciencia cibernética al estudio de las organizaciones; es decir en primer lugar identifica las necesidades de procesamiento de información conforme a la ley requerida para posteriormente recomendar el diseño organizacional.

En los años cincuenta Stafford Beer, define el Modelo de los Sistemas Viables – MVS como herramienta para analizar la estructura organizacional de un sistema basándose en el estudio del cuerpo humano.

Resulta evidente el éxito de la revolución científica en la generación de conocimiento y el desarrollo de tecnologías que han transformado el mundo, aplicando para ello el método "reduccionista" propugnado por Descartes (dividir un problema en partes para facilitar su estudio). Sin embargo, la utilidad de este método resulta cuestionable cuando nos enfrentamos con problemas complejos del mundo real, especialmente en los sistemas sociales, que constituyen las principales amenazas para nuestras organizaciones y sociedades. Este tipo de

¹⁶ Esta síntesis fue elaborada teniendo en cuenta el texto Cibernética Organizacional, del libro Introducción a la Ingeniería de Sistemas. Guía de estudio. Jorge Cañaveral Rojas. 2001. UNAD. p 20-30.

problemas constituye precisamente el objeto de estudio del pensamiento sistémico, propone la utilización del "**holismo**", en lugar del "**reduccionismo**"; la atención no se centra en las partes sino en las interrelaciones entre ellas, con el entorno, y en cómo surgen las propiedades emergentes que caracterizan al todo y que ninguna de las partes posee.

El MVS es una de las teorías de los "sistemas holísticos". Otras teorías de organización piensan como el efecto de las bolas de billar de modo que A le pega a B, B le pega a C, y por tanto no ven la esencia extraña que va realmente sobre ellas. Ellos olvidan que A, B y C se vinculan con otros innumerables factores, y que para trabajar cualquier modelo se debe tener en cuenta la participación de toda esta complejidad.

El trabajo está en ofrecer una nueva manera de pensar radicalmente diferente de la tradicional sobre las organizaciones, frecuentemente jerárquica, y así poder hacer algo sobre los problemas que les conciernen: es aprender a ver el mundo con ojos cibernéticos.

1.1.2 Enfoque

El estudio de Beer lo condujo a inspeccionar la forma humana como cinco sistemas trabajando recíprocamente:

- **SISTEMA 1:** Todos los músculos y órganos. Las partes que realmente hacen algo. Las actividades básicas del sistema. La Operación.
- **SISTEMA 2:** El sistema nervioso simpático, que controla los músculos y los órganos y asegura que en su interacción se guarde estabilidad.
- **SISTEMA 3:** El cerebro base, que examina el complejo entero de músculos y los órganos y perfecciona el ambiente interno.
- **SISTEMA 4:** El cerebro medio. La conexión al mundo exterior mediante los sentidos. El futuro planificando. Las proyecciones. El pronóstico.
- **SISTEMA 5:** El cerebro más alto. La fórmula de decisiones políticas. La identidad.

El primer conocimiento de Beer fue considerar el organismo humano como tres partes principales que trabajan recíprocamente: los músculos y órganos, los sistemas nerviosos, y el ambiente externo (cuerpo, cerebro y ambiente). Estos los generalizó en los Sistemas Viables Modelados.

El MVS considera una organización como un número de unidades operacionales, y los sistemas necesitan asegurar la unión entre ellas, trabajando como una totalidad armoniosa integrada. Los tres elementos básicos son la Operación, el Meta sistema y el Ambiente y están en interacción continua.

El modelo es recursivo, recurren a todos los niveles organizacionales, sin considerar escala. Esto significa que cualquier Sistema Viable se compone de sistemas viables menores y se empotra en un sistema viable más grande.

En cualquier organización, la parte operacional se compondrá de sub unidades. Estas son las unidades operacionales. Pueden ser gente, departamentos, divisiones, compañías separadas.

En la mayoría de las compañías tradicionales el Meta sistema de trabajos es efectuado por gestión más alta, directores o gerentes. En MVS están allí para atender las necesidades de las partes operacionales de la organización. Aseguran una forma armoniosa e integrada de trabajar juntas.

El ambiente lo constituyen todos los subsistemas del mundo de afuera, y que demarcan el límite del sistema MVS.

Tabla 12. Elementos que contempla el MVS

Elemento	Sistema: El ser humano	Sistema: Organización
Operación	Músculos y órganos. Las partes que hacen el trabajo básico. Las actividades primarias.	Efectúa las actividades primarias de la organización.
Meta Sistema	El cerebro y los sistemas nerviosos. Las partes que aseguran que las diversas unidades operacionales trabajen juntas en una forma armoniosa e integrada.	Se compone de 4 sistemas: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Resolución de conflictos, estabilidad. ➤ Regulación interna, optimización, sinergia. ➤ Adaptación, negociación con un ambiente cambiante, planeación para el futuro. ➤ Autoridad definitiva, políticas, identidad.
El ambiente	Todas las partes del mundo de afuera, que son de directa pertinencia al sistema delimitado o enfocado: el modo de vida, su hogar, su trabajo, su mundo.	Entorno social Sistemas del medio del sistema Clientes Mercado Competencia. Mundo de los negocios

1.2 Pensamiento de Sistemas

1.2.1 Introducción

El pensamiento sistémico es la actitud del ser humano, que se basa en la percepción del mundo real en términos de totalidades para su análisis, comprensión y accionar, a diferencia del planteamiento del método científico, que sólo percibe partes de éste y de manera inconexa.

El pensamiento sistémico aparece formalmente hace unos 45 años atrás, a partir de los cuestionamientos que desde el campo de la Biología hizo Ludwig Von Bertalanffy, quien cuestionó la aplicación del método científico en los problemas de la Biología, debido a que éste se basaba en una visión mecanicista y causal, que lo hacía débil como esquema para la explicación de los grandes problemas que se dan en los sistemas vivos.

Este cuestionamiento lo llevó a plantear un reformulamiento global en el paradigma intelectual para entender mejor el mundo que nos rodea, surgiendo formalmente el paradigma de sistemas.

El pensamiento sistémico es integrador, tanto en el análisis de las situaciones como en las conclusiones que nacen a partir de allí, proponiendo soluciones en las cuales se tienen que considerar diversos elementos y relaciones que conforman la estructura de lo que se define como "sistema", así como también de todo aquello que conforma el entorno del sistema definido. La base filosófica que sustenta esta posición es el Holismo (del griego holos = entero).

1.2.2 Enfoque

Bajo la perspectiva del enfoque de sistemas la realidad que concibe el observador que aplica esta disciplina se establece por una relación muy estrecha entre él y el objeto observado, de manera que su "realidad" es producto de un proceso de co-construcción entre él y el objeto observado, en un espacio y tiempo determinados, constituyéndose dicha realidad en algo que ya no es externo al observador y común para todos, como lo plantea el enfoque tradicional, sino que esa realidad se convierte en algo personal y particular, distinguiéndose claramente entre lo que es el mundo real y la realidad que cada observador concibe para sí.

Las filosofías que enriquecen el pensamiento sistémico contemporáneo son la fenomenología de Husserl y la hermenéutica de Gadamer, que a su vez se nutre del existencialismo de Heidegger, del historicismo de Dilthey y de la misma fenomenología de Husserl.

La consecuencia de esta perspectiva sistémica, es que hace posible ver a la organización ya no como que tiene un fin predeterminado (por alguien), como lo plantea el esquema tradicional, sino que dicha organización puede tener diversos fines en función de la forma cómo los involucrados en su destino la vean, surgiendo así la variedad interpretativa. Estas visiones estarán condicionadas por los intereses y valores que posean dichos involucrados, existiendo solamente un interés común centrado en la necesidad de la supervivencia de la misma.

Así, el Enfoque Sistémico contemporáneo aplicado al estudio de las organizaciones plantea una visión inter, multi y transdisciplinaria que le ayudará a analizar la empresa de manera integral permitiéndole identificar y comprender con

mayor claridad y profundidad los problemas organizacionales, sus múltiples causas y consecuencias.

Así mismo, viendo a la organización como un ente integrado, conformada por partes que se interrelacionan entre sí a través de una estructura que se desenvuelve en un entorno determinado, se estará en capacidad de poder detectar con la amplitud requerida tanto la problemática, como los procesos de cambio que de manera integral, es decir a nivel humano, de recursos y procesos, serían necesarios de implantar en la misma, para tener un crecimiento y desarrollo sostenibles y en términos viables en el tiempo.

Es entonces el Pensamiento de Sistemas (PS) un paradigma de razonamiento que nos permite observar un fenómeno como un todo sistémico, y que tiene un gran potencial para proponer soluciones a problemas complejos

Ejemplo: Proponer un marco general de referencia y un instrumento informático para difundir el paradigma del PS a través del sistema educativo formal. Para seleccionar el enfoque constructivista por sus puntos de convergencia con el PS, que facilitan su integración en el proceso educativo, se tomaron algunos en común son:

- Ambos parten del hecho de que la persona posee un modelo previo de la realidad que observa (ideas previas).
- Si el modelo previo difiere del generalmente aceptado, puede producirse un cambio conceptual por medio de un contraejemplo (constructivismo), el cual equivale a un ajuste en la estructura del modelo mental (PS).
- Los modelos se representan por medio de mapas conceptuales (constructivismo), los cuales pueden adoptar una forma estándar de representación por medio de diagramas causales y diagramas de flujo-nivel (PS).

No solo basta usar el PS con un enfoque constructivista, sino que es necesario poner a prueba los modelos mentales que representan las ideas previas. A esto aporta la informática y la Dinámica de Sistemas (DS) como una metodología de modelado, la cual nos permite construir a partir de un modelo mental de la realidad un modelo formal, representado gráficamente con un conjunto de símbolos y relaciones que facilita el proceso de lograr ecuaciones que puedan simularse en un computador, para representar la dinámica del comportamiento de dicha realidad mediante dibujos representativos de cada elemento del sistema modelado. La aplicación del PS con enfoque constructivista tiene implicaciones en la redefinición de los roles del docente, del alumno y el papel de los materiales educativos. Esta redefinición hace necesario el diseño de un ambiente educativo que integre docentes, alumnos, material educativo y formulación de objetivos y contenidos de la clase.

1.3 Dinámica de Sistemas

1.3.1 Introducción

La Dinámica de Sistemas fue creada por Jay Forrester, quien realizó aplicaciones al modelado del desarrollo de las industrias, de las ciudades y del mundo.

Es una metodología para la resolución de problemas, incluso de actividades cotidianas, pues la conducta "asistida por realimentación" es una vía importante para enfocar y tomar decisiones concernientes a problemas de tipo social, natural, económico, ambiental y de otra índole (Martínez 1989).

La Dinámica de Sistemas (DS) tiene un gran potencial didáctico para la educación. El uso de sistemas de modelado matemático en el salón de clases crea nuevas oportunidades para:

- Acentuar las estructuras básicas de las teorías
- Permitir investigar fenómenos más complejos y cercanos a la realidad
- Mejorar las posibilidades de que los estudiantes prueben sus propias ideas
- Recrear las formas de PS señaladas, con modelos del objeto de estudio

1.3.2 Enfoque

La Dinámica de Sistemas se basa en el modelo conceptual sistémico de organizaciones humanas.

Morgan (1986) señala que la visión de las organizaciones como totalidades dinámicas es resultado de la influencia de la Teoría General de Sistemas (GST - General Systems Theory; Bertalanffy 1979) y de la Cibernética sobre el campo de los estudios organizacionales.

Bajo esta perspectiva las organizaciones son capaces de detectar cambios en el entorno y de desarrollar respuestas estratégicas apropiadas. Es así como sobre la organización actúan fuerzas externas e internas. Las fuerzas externas corresponden a la influencia de su entorno dinámico. Las fuerzas internas son acciones tendientes a sostener a la organización en el cumplimiento de sus propósitos bajo condiciones de cambio ambiental. El desarrollo del conflicto entre estas fuerzas hace de la organización una totalidad dinámica por naturaleza.

El concepto cibernético de realimentación negativa (Wiener 1948; Forrester 1961) nos permite entender la manera como la organización encara este conflicto. El comportamiento dinámico de la organización la conduce a través de diferentes estados que en muchos casos no coinciden con el estado ideal asociado a su propósito. La organización debe ser capaz de recibir información acerca de su estado actual de manera que pueda corregir, mediante acciones organizacionales,

sus diferencias respecto del estado ideal; o incluso, modificar la definición de su misión y de su estado ideal. La realimentación negativa representa este proceso de flujo de información que resuelve el conflicto entre lo dinámico y lo permanente en la organización.

La Dinámica de Sistemas involucró los conceptos de totalidad dinámica y de realimentación negativa en un enfoque que entiende la organización como una red compleja de relaciones causa-efecto (Aracil 1986).

El valor del concepto de red o estructura causal es el que permite explicar el comportamiento dinámico de la organización. La estructura causal es una teoría que explica la dinámica organizacional. Además, el conocimiento de la estructura causal hace posible manipular elementos o relaciones estratégicas para dirigir el comportamiento de la organización hacia su estado ideal (López-Garay 1988).

Esta característica contribuye claramente a los propósitos de diseño organizacional. La Dinámica de Sistemas propone adicionalmente para la estructura causal una unidad básica: el ciclo de realimentación. Estos ciclos no solamente ligan los elementos internos de la organización sino que la enlazan con factores claves de su entorno.

Hasta este punto el modelo conceptual ha tratado acerca de la naturaleza dinámica de la organización. Ahora, para tratar la organización como una totalidad compleja, se tomará el concepto de jerarquía de complejidad proveniente de la GST (Boulding 1956; Checkland 1981) y visto en el capítulo 3 de la Primera Unidad.

El concepto de jerarquía de complejidad aplicado al caso organizacional nos compromete a considerar no solamente los aspectos materiales de la organización sino adicionalmente, los elementos humanos y sociales, con lo cual logramos una interpretación de la organización como una totalidad compleja. Existen diferentes propuestas de jerarquías de complejidad para el estudio de organizaciones, como la hecha por Beer (1959) dentro de la Cibernética Organizacional o la presentada recientemente por Gouillart y Kelly (1995). La jerarquía que estamos evaluando contiene las siguientes capas en orden de complejidad creciente: capa de entidades (personas, equipos, recursos), capa de actividades (integra entidades en un propósito puntual), capa de procesos centrales de negocios (integra actividades orientadas a la creación de productos de valor agregado), capa de modelos mentales (interpretaciones sobre lo que es la realidad organizacional) y capa de fines (interpretaciones sobre cuál debe ser la realidad organizacional).

Sobre cada una de estas capas de complejidad podemos elaborar una estructura causal correspondiente, de manera que la estructura causal de la organización se encuentre ordenada por capas de complejidad. De este manera logramos en el

modelo conceptual de organizaciones una amalgama de su naturaleza compleja, mediante la jerarquía, y su naturaleza dinámica, a través la estructura causal.

Además, este modelo conceptual integra alrededor de la Dinámica de Sistemas aportes de otras corrientes sistémicas, para el diseño de organizaciones.

Actividad complementaria:

En este punto retome el cuadro que diligenció al inicio del capítulo y coloque una nueva columna en donde confirme o modifique sus definiciones previas. Este ejercicio le servirá para autoevaluar su grado de acercamiento con la ingeniería de sistemas. El nuevo cuadro a trabajar es el siguiente:

<i>Temática</i>	<i>Preconcepto</i>	<i>Nuevo concepto</i>
<i>Cibernética organizacional</i>		
<i>Pensamiento de sistemas</i>		
<i>Dinámica de sistemas</i>		

CAPÍTULO 2. CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Las ciencias de la computación o informática, es la disciplina que busca establecer una base científica para diversos temas, como el diseño de computadores, la programación de computadores, organización de datos y el manejo de la información.

También es la ciencia en la que se apoyan las aplicaciones actuales de los computadores y las que se desarrollen en adelante.

Actividad inicial:

Piense por un momento en lo siguiente:

- ¿Ha manejado algún software o sistema de información para una empresa? Responda SI o NO. Qué tipo de software.
- ¿Ha utilizado las herramientas de ofimática (procesadores de texto, hojas de cálculo) en algún momento de su vida? ¿Para que?
- ¿Relaciona Ingeniería de Sistemas con un computador?
- ¿Conoce el sistema de funcionamiento de un computador?

Explique y justifique sus respuestas

2.1 Arquitectura de las máquinas

2.1.1 Definición

Los sistemas de cómputo vienen en todas las formas y tamaños, desde la computadora personal común, pasando por computadoras integradas que trabajan dentro de aparatos, hasta las enormes máquinas usadas en la manufactura.

A pesar de las diferencias en tamaño y uso, estas computadoras tienen algo en común: forman parte de un sistema.

Un sistema de cómputo consta de cuatro partes:

- **Hardware:** la computadora.
- **Software:** los programas.
- **Datos:** son convertidos en información por el sistema.
- **Personas:** usuarios.

La arquitectura de las máquinas está orientada básicamente al hardware y la forma como éste es capaz de almacenar, procesar o manipular información.

El término hardware se refiere a cualquier parte de la computadora que se pueda tocar. El hardware consiste en dispositivos electrónicos interconectados que se pueden usar para controlar la operación, así como la entrada y salida de la computadora.

2.1.2 Clasificación:

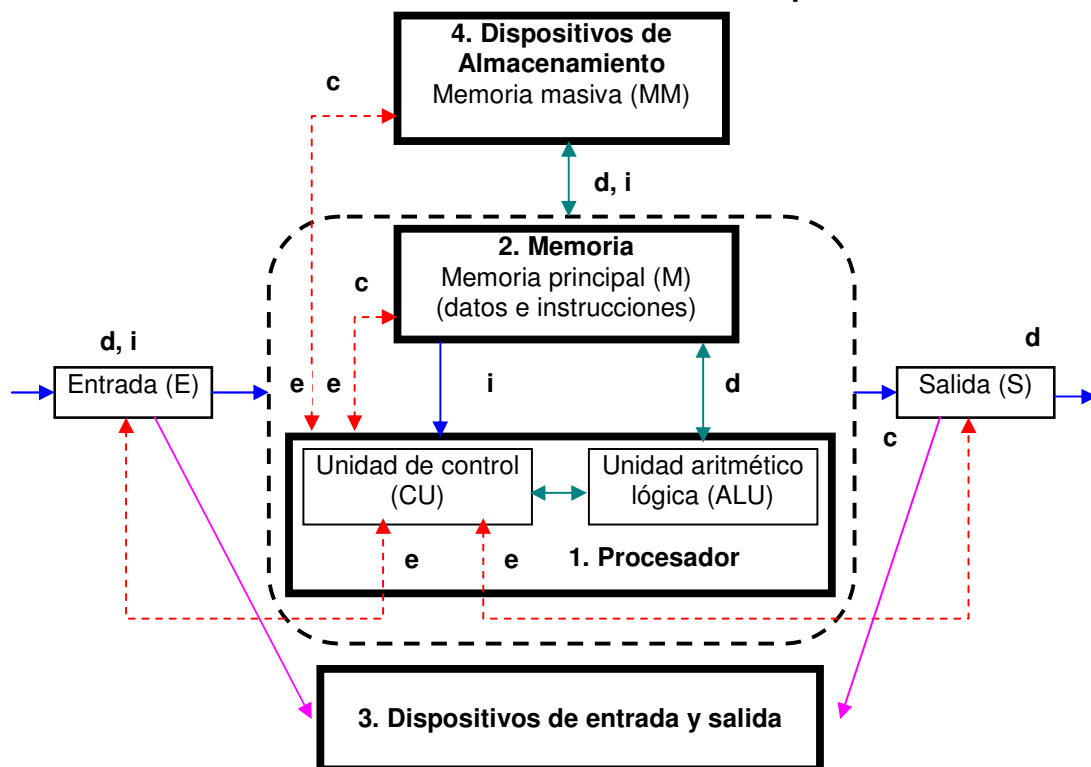
Las computadoras en realidad sólo hacen cuatro cosas:

- **Recibir entradas.** Aceptan información del mundo exterior.
- **Producir salidas.** Dan información al mundo exterior.
- **Procesar información.** Llevan a cabo las operaciones aritméticas o lógicas con la información.
- **Almacenar información.** Mueven y almacenan información en la memoria del computador.

Con estas cuatro funciones básicas los computadores hacen todo lo que quieren. Todo sistema de cómputo tiene componentes de hardware dedicados a estas funciones y cada componente cae en una de las siguientes cuatro categorías:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Procesador | 2. Memoria |
| 2. Dispositivos de entrada y salida | 3. Dispositivos de almacenamiento |

Gráfico 10. Unidades funcionales de un computador¹⁷



d: datos **i:** instrucciones **e:** señales de estado **c:** señales de control

¹⁷ El gráfico fue adaptado del texto Introducción a la informática. PRIETO ESPINOSA, Alberto, LLORIS RUIZ, Antonio y TORRES CANTERO, Juan Carlos (2002). México: Mc Graw Hill.

1. El Procesador

La Unidad Central de Procesamiento (CPU-Central Process Unit), procesa la información llevando a cabo todos los cálculos aritméticos y tomando decisiones básicas con base en los valores de la información. La CPU es el cerebro del computador.

Este consta de dos unidades funcionales como son:

- **Unidad lógica aritmética (ALU Arithmetic Logic Unit).** Contiene los circuitos electrónicos con los que se hacen las operaciones de tipo aritmético (sumas, restas, etc) y de tipo lógico (comparar dos números, hacer operaciones del álgebra de Boole binaria, etc). Esta unidad también suele denominarse camino de datos o ruta de datos, ya que aparte de contener los circuitos específicos para realizar las operaciones aritmético lógicas, incluye otros elementos auxiliares por donde se transmiten o almacenan temporalmente (registros) los datos al momento de operar con ellos.
- **Unidad de control (CU Control Unit).** La unidad de control detecta señales eléctricas de estado procedentes de las distintas unidades, indicando su situación o condición de funcionamiento. También capta secuencialmente de la memoria las instrucciones del programa y, de acuerdo con el código de operación de la instrucción captada y con las señales de estado procedentes de los distintos elementos de la computadora, genera señales de control dirigidas a todas las unidades, ordenando las operaciones que implican la ejecución de la instrucción.

2. La Memoria (M)

Es la unidad en donde se almacenan tanto los datos como las instrucciones, durante la ejecución de los programas. La memoria principal actúa con una gran velocidad y está ligada directamente a las unidades más rápidas de la computadora (unidad de control y unidad lógico aritmética). Para que un programa se ejecute debe estar almacenado (cargado) en la memoria principal. En las computadoras actuales está formada por circuitos electrónicos integrados (chips).

La memoria está dividida en posiciones de un determinado número de bits n , que es donde se almacena o memoriza la información. Cada palabra únicamente se puede referenciar por su dirección, de forma que siempre que se quiera escribir o leer un dato o instrucción en la memoria hay que especificar la dirección donde se debe efectuar la operación en cuestión.

Existen dos clases de memoria:

- **Memoria de sólo lectura (ROM Read Only Memory).** Sólo se puede leer y es permanente, al desconectar la computadora su información no se pierde. La memoria ROM viene grabada de fábrica, y contiene programas y datos relevantes del sistema operativo que deben permanecer constantemente en la memoria principal.
- **Memoria de acceso aleatorio (RAM Random Access Memory).** En ella se puede leer y escribir y es volátil. Sirve para contener de forma transitoria datos e información de un trabajo o tarea, y así agilizar la velocidad del procesamiento de la misma.

3. Dispositivos de entrada y salida

Proporcionan el medio para interactuar con los usuarios. Permiten a la computadora recibir instrucciones y entregar resultados de su trabajo.

- **Unidad de entrada (E).** Es un dispositivo por donde se introducen en la computadora los datos e instrucciones. En estas unidades se transforman las informaciones de entrada en señales binarias de naturaleza eléctrica. Una misma computadora puede tener distintas unidades de entrada. Son unidades de entrada: el teclado, ratón, mouse, escáner, lectora de tarjetas de crédito, trackballs, palanca de juegos o joystick, cámaras digitales y micrófonos, entre otras.
- **Unidad de salida (S).** Es un dispositivo por donde se obtienen los resultados de los programas ejecutados en la computadora. La mayor parte de estas unidades transforman las señales eléctricas binarias en información perceptible por el usuario. Son dispositivos de salida unidades tales como la pantalla, impresora, altavoz, pantalla sensible al tacto, cámaras digitales, plotter, etc.

4. Dispositivos de almacenamiento

Es posible que una computadora funcione sólo con dispositivos de procesamiento, memoria, entrada y salida. Para ser realmente útil, sin embargo, también necesita un lugar para mantener los archivos de programas y datos relacionados cuando no se están usando. El propósito del almacenamiento es guardar los datos.

La memoria principal es muy rápida (puede leer y escribir millones de palabras en un solo segundo), pero no tiene gran capacidad para almacenar información y su zona RAM es volátil. Para guardar masivamente información se utilizan otros tipos de memoria o dispositivos de almacenamiento, tales como discos magnéticos (discos duros), discos ópticos y cintas magnéticas, que son más lentos pero pueden tener mucha más capacidad que la memoria principal.

El conjunto de estas unidades se denomina **memoria masiva, memoria auxiliar, memoria externa o memoria secundaria**. Usualmente los datos y programas se graban (introduciéndolos por las unidades de entrada) en la memoria masiva, de esta forma cuando se ejecute varias veces un programa o unos datos se utilicen repetidamente, no es necesario darlos de nuevo a través del dispositivo de entrada. La información guardada en un disco o cinta permanece indefinidamente hasta que el usuario expresamente la borre.

Otros dispositivos de almacenamiento son disquetes o discos flexibles (extraíbles), unidades de disco compacto CD (Compact disk), CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory). Unidades de cinta, unidades ópticas, unidades de disco duro removibles, disco digital versátil DVD(Digital versatile disk), y actualmente Flash Memory (Memoria Flash o Disco extraíble portátil).

2.2 Sistemas de numeración

En el interior de las computadoras la información se almacena y se transfiere de un sitio a otro según un código que utiliza sólo dos valores (código binario) representado por 0 y 1. En la entrada y salida de la computadora se efectúan automáticamente los cambios de código oportunos para que en su exterior la información sea directamente comprendida por los usuarios.

La unidad más elemental de información es un valor binario, conocido como BIT. El origen de este término es inglés, y se suele considerar que procede de la contracción de las palabras **B**inary y **di**gi**T**. Un bit es, por tanto una posición o variable que toma el valor 0 ó 1. es la capacidad mínima de almacenamiento de información. El bit representa la información correspondiente a la ocurrencia de un suceso entre dos posibilidades distintas.

La información se representa por medio de caracteres, a cada carácter le corresponde un cierto número de bits. Un **byte** es el número de bits necesarios para almacenar un carácter.

1 byte = 8 bits u octeto.

Como el byte es una medida relativamente pequeña, comparada con toda la información que se puede llegar a almacenar y manejar, es usual utilizar los siguientes múltiplos, que son similares a los utilizados en física pero con diferentes valores:

Tabla 13. Unidades de almacenamiento de información

<i>Medida</i>	<i>Sigla</i>	<i>Equivalencias</i>
1 Kilobyte	KB	2^{10} Bytes = 1024 Bytes = 10^3 Bytes
1 Megabyte	MB	2^{20} Bytes = 1.048.576 Bytes = 10^6 Bytes
1 Gigabyte	GB	2^{30} Bytes = 1.073.741.824 Bytes = 10^9 Bytes
1 Terabyte	TB	2^{40} Bytes = 10^{12} Bytes
1 Petabyte	PB	2^{50} Bytes = 10^{15} Bytes
1 Exabyte	EB	2^{60} Bytes = 10^{18} Bytes

2.2.1 Definición

Las computadoras suelen efectuar las operaciones aritméticas utilizando una representación para los datos numéricos basada en el sistema de numeración base dos o binario.

También se utilizan los sistemas de numeración octal y hexadecimal, para obtener códigos intermedios. Un número expresado en uno de estos dos códigos puede transformarse directa y fácilmente a binario y viceversa. Con ellos se simplifica la transcripción de números binarios y se está más próximo al sistema que utilizamos normalmente (el sistema decimal), por lo que con gran frecuencia se utilizan como paso intermedio en las transformaciones de decimal a binario y viceversa.

Un sistema de numeración en base b utiliza para representar los números un alfabeto compuesto por b símbolos o cifras. Así, todo número se expresa por un conjunto de cifras, contribuyendo cada una de ellas con un valor que depende de

- La cifra en sí, y
- La posición que ocupe dentro del número.

Tabla 14. Sistemas de numeración en informática

<i>Sistema</i>	<i>Base (b)</i>	<i>Símbolos</i>
Binario	2	0,1
Decimal	10	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9
Octal	8	0,1,2,3,4,5,6,7
Hexadecimal	16	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F

2.2.2 Clasificación

1. Sistema de numeración en base dos – Binario

En este sistema $b=2$ y se necesitan tan sólo dos elementos para representar cualquier número.

Transformaciones de base binaria a decimal

Para obtener la correspondiente cifra decimal del número binario, se utiliza la suma de varias potencias de dos, dependiendo de la posición que ocupa el elemento dentro de la cifra binaria.

Por ejemplo, el número $10101101_{(2)}$ representa, empezando por la derecha,

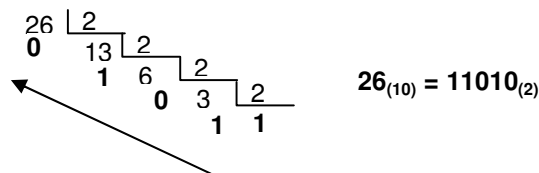
$$(1 \times 2^0) + (0 \times 2^1) + (1 \times 2^2) + (1 \times 2^3) + (0 \times 2^4) + (1 \times 2^5) + (0 \times 2^6) + (1 \times 2^7) = 173_{(10)}$$

Transformaciones de base decimal a binaria

Para transformar un número decimal a binario:

Se divide por 2 (sin obtener decimales en el cociente) la parte entera del número decimal de partida, y los cocientes que sucesivamente se vayan obteniendo. Los residuos de estas divisiones y el último cociente (serán siempre 0 ó 1) son las cifras binarias. El último cociente será el bit más significativo (el primero) y el primer residuo será el bit menos significativo (el último).

Por ejemplo: $26_{(10)}$ equivale en binario a $11010_{(2)}$



2. Sistema de numeración en base ocho – Octal

En este sistema $b=8$ y se necesitan tan sólo ocho elementos para representar cualquier número (0,1,2,3,4,5,6,7).

Transformaciones de octal a decimal

Para obtener la correspondiente cifra decimal del número octal, se utiliza la suma de varias potencias de ocho, dependiendo de la posición que ocupa el elemento dentro de la cifra octal.

Por ejemplo, el número $726_{(8)}$ representa, empezando por la derecha,

$$(6 \times 8^0) + (2 \times 8^1) + (7 \times 8^2) = 470_{(10)}$$

Transformaciones de base decimal a octal

Se divide por 8 (sin obtener decimales en el cociente) la parte entera del número decimal de partida, y los cocientes que sucesivamente se vayan obteniendo. Los residuos de estas divisiones y el último cociente (serán siempre entre 0 y 7) son las cifras octales. El último cociente será la primera cifra del número octal y el primer residuo será la última.

Por ejemplo: $921_{(10)}$ equivale en octal a $1631_{(8)}$

$$\begin{array}{r}
 921 \text{ } \overline{) 8} \\
 \underline{1} \\
 115 \overline{) 8} \\
 \underline{3} \\
 14 \overline{) 8} \\
 \underline{6} \\
 1
 \end{array}
 \quad
 921_{(10)} = 1631_{(8)}$$

3. Sistema de numeración en base dieciséis– Hexadecimal

En este sistema $b=16$ y se necesitan dieciséis elementos para representar cualquier número.

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A (diez), B (once), C (doce) ... y F (quince)

Las transformaciones del sistema Hexadecimal al decimal y viceversa, se efectúan siguiendo las mismas reglas de los sistemas anteriores (binario y octal).

Veamos los ejemplos:

Hexadecimal a decimal:

El número $A7B3_{(16)}$ representa, empezando por la derecha,

$$(3 \times 16^0) + (11 \times 16^1) + (7 \times 16^2) + (10 \times 16^3) = 42931_{(10)}$$

Decimal a Hexadecimal:

$951_{(10)}$ equivale en hexadecimal a $3B7_{(16)}$

$$\begin{array}{r}
 951 \text{ } \overline{) 16} \\
 \underline{7} \\
 59 \overline{) 16} \\
 \underline{11} \\
 3
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 \text{Como } 11=B, \\
 \text{entonces} \\
 951_{(10)} = 3B7_{(16)}
 \end{array}$$

Podemos concluir, que para convertir un número en **base b a decimal** se realizan **sumas de potencias**, y para pasar un número **decimal a un sistema base b**, se realizan **divisiones sucesivas**, recogiendo los residuos de abajo hacia arriba.

Actividad:

Realice las siguientes transformaciones, como ejercicio de refuerzo:

- $796_{(10)} \rightarrow (2)$
- $110001_{(2)} \rightarrow (10)$
- $107_{(8)} \rightarrow (10)$
- $879_{(10)} \rightarrow (8)$
- $D3F8_{(16)} \rightarrow (10)$
- $9875_{(10)} \rightarrow (16)$

2.3 Software

2.3.1 Definición

Son todas las instrucciones intangibles que permiten la utilización del hardware. Un programa es la lógica intangible normalmente expresada como una secuencia de instrucciones, que sigue una máquina para efectuar una tarea.

Para coordinar el computador y sus periféricos es necesario un soporte lógico o software. El software permite que todos los componentes electrónicos funcionen para el procesamiento de información. Sin software el computador y los restantes dispositivos serían inútiles.

La máquina no tiene un conocimiento intrínseco, ignora el mundo exterior. Para que solucione el problema es necesario darle el conocimiento; esto se hace de dos formas. Una llamada **imperativa** le indica a la máquina cómo proceder hasta en el mínimo detalle. Otra, denominada **declarativa**, le deja a la máquina más iniciativa; esta se utiliza en la inteligencia artificial.

2.3.2 Clasificación

Existen varias clasificaciones de software, estas van de acuerdo al funcionamiento, aplicación y otras dependen del autor.

En este módulo se trabajará la siguiente clasificación:

1. Lenguajes de programación.
2. Sistemas operativos.
3. Software de aplicación.
4. Virus.

1. Lenguajes de programación

Los lenguajes de programación permiten comunicarse con los ordenadores o computadoras. Una vez identificada una tarea, el programador debe traducirla o codificarla a una lista de instrucciones que la computadora entienda. Un programa informático para determinada tarea puede escribirse en varios lenguajes. Según la función, el programador puede optar por el lenguaje que implique el programa menos complicado. También es importante que el programador elija el lenguaje más flexible y más ampliamente compatible para el caso de que el programa tenga varias aplicaciones. Lenguajes como C y BASIC (en sus diferentes versiones: estructuradas, gráficas y orientadas a objetos) son unos de los lenguajes de computadora utilizados con más popularidad.

Estos lenguajes se pueden clasificar en:

- Lenguajes de máquina
- Lenguaje simbólico o mnemónicos
- Lenguajes de alto nivel.

Lenguajes de máquina

Es una lista de instrucciones y operandos en binario que son una representación exacta del contenido de la memoria principal del computador. Esta secuencia de instrucciones se denomina código objeto o lenguaje de máquina.

Las instrucciones y datos en binario se pueden representar en forma más compacta utilizando los sistemas numéricos octal y hexadecimal. La escritura en un lenguaje de máquina es un proceso tedioso y sujeto a errores, además este código no está orientado hacia el problema sino hacia el hardware.

Código simbólico

Las instrucciones se representan con símbolos mnemónicos, este código simbólico se denomina frecuentemente lenguaje ensamblador. Cada instrucción en lenguaje ensamblador se traduce a binario antes de ser ejecutada. Para realizar la traducción se cuenta con un programa llamado ensamblador. El programa simbólico de entrada se denomina fuente y el programa binario resultante se denomina programa objeto. Cada computador tiene un lenguaje ensamblador que depende el microprocesador.

Lenguajes de alto nivel

Esta categoría contiene un grupo de lenguajes orientado hacia la solución de problemas a nivel de usuario y no del hardware. Estos lenguajes emplean instrucciones estándar, instrucciones en lenguaje natural y expresiones matemáticas comunes.

Los lenguajes de alto nivel se dividen en compilados e interpretados.

- ***Compilados:*** Se traduce en su totalidad a binario antes de ser ejecutado. El programa encargado de traducir el código fuente a código objeto se denomina compilador. Son los lenguajes más rápidos.
- ***Interpretados:*** Se traduce instrucción por instrucción a binario y se ejecuta inmediatamente. El programa que realiza la traducción y ejecución se conoce como interpretador. Permiten escribir los programas por segmentos, detectar los errores rápidamente y ocupan menos memoria principal.

Los lenguajes de alto nivel también se pueden clasificar, atendiendo al estilo de programación, en dos grandes grupos:

- ***Lenguajes basados en la asignación de valores:*** (Lenguajes imperativos o procedurales). Se fundamentan en la utilización de variables para almacenar valores, y en la realización de operaciones con los datos almacenados. La mayoría de los lenguajes son de este tipo: FORTRAN, BASIC, COBOL, Pascal, Modula, ADA, C, etc.
Dentro de estos lenguajes hay que destacar los lenguajes orientados a objetos, los cuales introducen una nueva filosofía de programación (Objective C, C++, Object Pascal, línea .Net, Java y todas las formas de programación para internet). Otra tendencia son las herramientas visuales, que tratan de sustituir parte del proceso de escritura del código, por realización de dibujos, o selección de iconos. Aquí se encuentran algunos de los orientados a objetos como la línea .Net, y las tradicionales versiones visuales, como: Visual Basic, Visual C++, Visual J++, etc.
- ***Lenguajes basados en la definición de funciones o relaciones:*** No utilizan instrucciones de asignación (sus variables no almacenan valores). Los programas están formados por una serie de definiciones de funciones (Lenguajes funcionales, como LISP) o de predicados (Lenguajes de programación lógica, como PROLOG).

2. Sistemas Operativos

Un sistema operativo es un programa que actúa como intermediario entre el usuario y el hardware de un computador y su propósito es proporcionar un entorno

en el cual el usuario pueda ejecutar programas. El objetivo principal de un sistema operativo es lograr que el sistema de computación se use de manera cómoda, y el objetivo secundario es que el hardware del computador se emplee de manera eficiente.

Un sistema Operativo (SO) es en sí mismo un programa de computadora. Sin embargo, es un programa muy especial, quizá el más complejo e importante en una computadora. El SO despierta a la computadora y hace que reconozca a la CPU, la memoria, el teclado, el sistema de vídeo y las unidades de disco. Además, proporciona la facilidad para que los usuarios se comuniquen con la computadora y sirve de plataforma a partir de la cual se corran programas de aplicación. Cuando se enciende una computadora, lo primero que ésta hace es llevar a cabo un autodiagnóstico llamado auto prueba de encendido (Power On Self Test, POST). Durante la POST, la computadora identifica su memoria, sus discos, su teclado, su sistema de vídeo y cualquier otro dispositivo conectado a ella. Lo siguiente que la computadora hace es buscar un SO para arrancar (boot).

El sistema operativo tiene tres grandes funciones:

- Coordina y manipula el hardware de la computadora, como la memoria, las impresoras, las unidades de disco, el teclado o el mouse;
- Organiza los archivos en diversos dispositivos de almacenamiento, como discos flexibles, discos duros, discos compactos o cintas magnéticas, y;
- Gestiona los errores de hardware y la pérdida de datos.

Tareas de los sistemas operativos:

- Aceptar todos los trabajos y conservarlos hasta su finalización.
- Interpretación de comandos: Interpreta los comandos que permiten al usuario comunicarse con el ordenador.
- Control de recursos: Coordina y manipula el hardware de la computadora, como la memoria, las impresoras, las unidades de disco, el teclado o el Mouse.
- Manejo de dispositivos de E/S: Organiza los archivos en diversos dispositivos de almacenamiento, como discos flexibles, discos duros, discos compactos o cintas magnéticas.
- Manejo de errores: Gestiona los errores de hardware y la pérdida de datos.
- Secuencia de tareas: El sistema operativo debe administrar la manera en que se reparten los procesos. Definir el orden. (Quién va primero y quién después).
- Protección: Evitar que las acciones de un usuario afecten el trabajo que esta realizando otro usuario.
- Multiacceso: Un usuario se puede conectar a otra máquina sin tener que estar cerca de ella.

- Contabilidad de recursos: establece el costo que se le cobra a un usuario por utilizar determinados recursos.

Características de los sistemas operativos:

En general, se puede decir que un Sistema Operativo tiene las siguientes características:

- **Conveniencia.** Un Sistema Operativo hace más conveniente el uso de una computadora.
- **Eficiencia.** Un Sistema Operativo permite que los recursos de la computadora se usen de la manera más eficiente posible.
- **Habilidad para evolucionar.** Un Sistema Operativo deberá construirse de manera que permita el desarrollo, prueba o introducción efectiva de nuevas funciones del sistema sin interferir con el servicio.
- **Encargado de administrar el hardware.** El Sistema Operativo se encarga de manejar de una mejor manera los recursos de la computadora en cuanto a hardware se refiere, esto es, asignar a cada proceso una parte del procesador para poder compartir los recursos.
- **Relacionar dispositivos** (gestionar a través del kernel). El Sistema Operativo se debe encargar de comunicar a los dispositivos periféricos, cuando el usuario así lo requiera.
- **Organizar datos** para acceso rápido y seguro.
- **Manejar las comunicaciones en red.** El Sistema Operativo permite al usuario manejar con alta facilidad todo lo referente a la instalación y uso de las redes de computadoras.
- **Procesamiento** por bytes de flujo a través del bus de datos.
- **Facilitar las entradas y salidas.** Un Sistema Operativo debe hacerle fácil al usuario el acceso y manejo de los dispositivos de Entrada/Salida de la computadora.

Dentro de los principales sistemas operativos que existen y han existido tenemos:

- DOS (Disk Operating System)
- CPM (Control Program for Microcomputers)
- UNIX
- XENIX
- VMS
- NOVELL Netware
- MS Windows: Versiones 3.1, 3.11, Windows 95, Windows 98, NT Server, Windows Millenium, Windows 2000, Windows XP, Windows 2003.
- Linux

3. Software de aplicación

El sistema operativo existe de una manera predominante para beneficio de la computadora. Se requirieron otros programas para hacer que la computadora sea útil para las personas. Los programas que ayudan a la gente a realizar tareas específicas se denominan software de aplicación. Se ha desarrollado software de aplicación para hacer casi cualquier tarea imaginable, desde procesamiento de palabras hasta seleccionar una universidad para inscribirse a ella, vía internet.

Las principales categorías que se pueden encontrar son:

- Software como herramienta y apoyo en la oficina: **Ofimática**. En esta categoría se encuentran los procesadores de palabra, hojas de cálculo, software para planificación y control de proyectos, Software para presentaciones gráficas y animadas, etc.
- Software para administración y manejo de bases de datos.
- Aplicaciones gráficas, multimedia y presentación.
- Software de entretenimiento.
- Software educativo.
- Utilidades.
- Software de comunicación.
- Software de calidad: sistemas de información y gestión de sistemas.
- Software para toma de decisiones: simuladores, sistemas expertos, realidad virtual etc.
- Software para internet. Comercio electrónico(e-commerce.), buscadores, portales, etc.

4. Virus¹⁸

Programa de ordenador que se reproduce a sí mismo e interfiere con el hardware de una computadora o con su sistema operativo (el software básico que controla la computadora).

Los virus están diseñados para:

- Reproducirse y,
- Evitar su detección.

Como cualquier otro programa informático, un virus debe ser ejecutado para que funcione: es decir, el ordenador debe cargar el virus desde la memoria del ordenador y seguir sus instrucciones. Estas instrucciones se conocen como carga activa del virus. La carga activa puede trastornar o modificar archivos de datos, presentar un determinado mensaje o provocar fallos en el sistema operativo.

¹⁸ Biblioteca de Consulta Microsoft @ Encarta, Op. Cit Término: Virus.

Existen otros programas informáticos nocivos similares a los virus, pero que no cumplen ambos requisitos de reproducirse y eludir su detección.

Estos programas se dividen en tres categorías:

- **Caballos de Troya.** Un caballo de Troya aparenta ser algo interesante e inocuo, por ejemplo un juego, pero cuando se ejecuta puede tener efectos dañinos
- **Bombas lógicas.** Una bomba lógica libera su carga activa cuando se cumple una condición determinada, como cuando se alcanza una fecha u hora determinada o cuando se teclea una combinación de letras.
- **Gusanos.** Un gusano se limita a reproducirse, pero puede ocupar memoria de la computadora y hacer que sus procesos vayan más lentos.

Cómo se producen las infecciones?

Los virus informáticos se difunden cuando las instrucciones, o código ejecutable, que hacen funcionar los programas pasan de un ordenador a otro. Una vez que un virus está activado, puede reproducirse copiándose en discos flexibles, en el disco duro, en programas informáticos legítimos o a través de redes informáticas. Estas infecciones son mucho más frecuentes en los PC que en sistemas profesionales de grandes computadoras, porque los programas de los PC se intercambian fundamentalmente a través de discos flexibles o de redes informáticas no reguladas.

Los virus funcionan, se reproducen y liberan sus cargas activas sólo cuando se ejecutan. Por eso, si un ordenador está simplemente conectado a una red informática infectada o se limita a cargar un programa infectado, no se infectará necesariamente. Normalmente, un usuario no ejecuta conscientemente un código informático potencialmente nocivo; sin embargo, los virus engañan frecuentemente al sistema operativo de la computadora o al usuario informático para que ejecute el programa viral.

Algunos virus tienen la capacidad de adherirse a programas legítimos. Esta adhesión puede producirse cuando se crea, abre o modifica el programa legítimo. Cuando se ejecuta dicho programa, ocurre lo mismo con el virus. Los virus también pueden residir en las partes del disco duro o flexible que cargan y ejecutan el sistema operativo cuando se arranca el ordenador, por lo que dichos virus se ejecutan automáticamente. En las redes informáticas, algunos virus se ocultan en el software que permite al usuario conectarse al sistema.

Especies de virus

Existen seis categorías de virus:

- **Parásitos.** Los virus parásitos infectan ficheros ejecutables o programas de la computadora. No modifican el contenido del programa huésped, pero se adhieren al huésped de tal forma que el código del virus se ejecuta en primer lugar. Estos virus pueden ser de acción directa o residentes. Un virus de acción directa selecciona uno o más programas para infectar cada vez que se ejecuta. Un virus residente se oculta en la memoria del ordenador e infecta un programa determinado cuando se ejecuta dicho programa.
- **Del sector de arranque inicial.** Los virus del sector de arranque inicial residen en la primera parte del disco duro o flexible, conocida como sector de arranque inicial, y sustituyen los programas que almacenan información sobre el contenido del disco o los programas que arrancan el ordenador. Estos virus suelen difundirse mediante el intercambio físico de discos flexibles.
- **Multipartitos.** Los virus multipartitos combinan las capacidades de los virus parásitos y de sector de arranque inicial, y pueden infectar tanto ficheros como sectores de arranque inicial.
- **Acompañantes.** Los virus acompañantes no modifican los ficheros, sino que crean un nuevo programa con el mismo nombre que un programa legítimo y engañan al sistema operativo para que lo ejecute.
- **De vínculo.** Los virus de vínculo modifican la forma en que el sistema operativo encuentra los programas, y lo engañan para que ejecute primero el virus y luego el programa deseado. Un virus de vínculo puede infectar todo un directorio (sección) de una computadora, y cualquier programa ejecutable al que se acceda en dicho directorio desencadena el virus.
- **De Fichero de datos.** Estos virus infectan programas que contienen lenguajes de macros potentes (lenguajes de programación que permiten al usuario crear nuevas características y herramientas) que pueden abrir, manipular y cerrar ficheros de datos. Están escritos en lenguajes de macros y se ejecutan automáticamente cuando se abre el programa legítimo. Son independientes de la máquina y del sistema operativo.

Tácticas antivíricas

1. Preparación y prevención

Los usuarios pueden prepararse frente a una infección viral creando regularmente copias de seguridad del software original legítimo y de los ficheros de datos, para poder recuperar el sistema informático en caso necesario. Puede copiarse en un disco flexible el software del sistema operativo y proteger el disco contra escritura,

para que ningún virus pueda sobrescribir el disco. Las infecciones virales se pueden prevenir obteniendo los programas de fuentes legítimas, empleando una computadora en cuarentena para probar los nuevos programas y protegiendo contra escritura los discos flexibles siempre que sea posible.

2. Detección de virus

Para detectar la presencia de un virus se pueden emplear varios tipos de programas antivíricos. Los programas de rastreo pueden reconocer las características del código informático de un virus y buscar estas características en los ficheros del ordenador. Como los nuevos virus tienen que ser analizados cuando aparecen, los programas de rastreo deben ser actualizados periódicamente para resultar eficaces. Algunos programas de rastreo buscan características habituales de los programas virales; suelen ser menos fiables.

Los únicos programas que detectan todos los virus son los de comprobación de suma, que emplean cálculos matemáticos para comparar el estado de los programas ejecutables antes y después de ejecutarse. Si la suma de comprobación no cambia, el sistema no está infectado. Los programas de comprobación de suma, sin embargo, sólo pueden detectar una infección después de que se produzca.

Los programas de vigilancia detectan actividades potencialmente nocivas, como la sobrescritura de ficheros informáticos o el formateo del disco duro de la computadora. Los programas caparazones de integridad establecen capas por las que debe pasar cualquier orden de ejecución de un programa. Dentro del caparazón de integridad se efectúa automáticamente una comprobación de suma, y si se detectan programas infectados no se permite que se ejecuten.

3. Contención y recuperación

Una vez detectada una infección viral, ésta puede contenerse aislando inmediatamente los ordenadores de la red, deteniendo el intercambio de ficheros y empleando sólo discos protegidos contra escritura. Para que un sistema informático se recupere de una infección viral, primero hay que eliminar el virus. Algunos programas antivirus intentan eliminar los virus detectados, pero a veces los resultados no son satisfactorios. Se obtienen resultados más fiables desconectando la computadora infectada, arrancándola de nuevo desde un disco flexible protegido contra escritura, borrando los ficheros infectados y sustituyéndolos por copias de seguridad de ficheros legítimos y borrando los virus que pueda haber en el sector de arranque inicial.

Estrategias virales

Los autores de un virus cuentan con varias estrategias para escapar de los programas antivirus y propagar sus creaciones con más eficacia.

Los llamados virus polimórficos efectúan variaciones en las copias de sí mismos para evitar su detección por los programas de rastreo.

Los virus sigilosos se ocultan del sistema operativo cuando éste comprueba el lugar en que reside el virus, simulando los resultados que proporcionaría un sistema no infectado.

Los virus llamados infectores rápidos no sólo infectan los programas que se ejecutan sino también los que simplemente se abren. Esto hace que la ejecución de programas de rastreo antivírico en un ordenador infectado por este tipo de virus pueda llevar a la infección de todos los programas del ordenador.

Los virus llamados infectores lentos infectan los archivos sólo cuando se modifican, por lo que los programas de comprobación de suma interpretan que el cambio de suma es legítimo.

Los llamados infectores escasos sólo infectan en algunas ocasiones: por ejemplo, pueden infectar un programa de cada 10 que se ejecutan. Esta estrategia hace más difícil detectar el virus.

Historia

En 1949, el matemático estadounidense de origen húngaro John von Neumann, en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton (Nueva Jersey), planteó la posibilidad teórica de que un programa informático se reprodujera. Esta teoría se comprobó experimentalmente en la década de 1950 en los Bell Laboratories, donde se desarrolló un juego llamado Core Wars en el que los jugadores creaban minúsculos programas informáticos que atacaban y borraban el sistema del oponente e intentaban propagarse a través de él. En 1983, el ingeniero eléctrico estadounidense Fred Cohen, que entonces era estudiante universitario, acuñó el término "virus" para describir un programa informático que se reproduce a sí mismo. En 1985 aparecieron los primeros caballos de Troya, disfrazados como un programa de mejora de gráficos llamado EGABTR y un juego llamado NUKE-LA. Pronto les siguió un sinnúmero de virus cada vez más complejos. El virus llamado Brain apareció en 1986, y en 1987 se había extendido por todo el mundo. En 1988 aparecieron dos nuevos virus: Stone, el primer virus de sector de arranque inicial, y el gusano de Internet, que cruzó Estados Unidos de un día para otro a través de una red informática. El virus Dark Avenger, el primer infectador rápido, apareció en 1989, seguido por el primer virus polimórfico en 1990. En 1995 se creó el primer virus de lenguaje de macros, WinWord Concept.

Actualmente el medio de propagación de virus más extendido es Internet, en concreto mediante archivos adjuntos al correo electrónico, que se activan una vez que se abre el mensaje o se ejecutan aplicaciones o se cargan documentos que lo acompañan.

2.4 Organización de datos¹⁹

2.4.1 Definición

Los datos e informaciones que se dan o almacenan en una computadora, no se introducen y guardan sin orden y al azar, sino que se estructuran y planifican de una forma adecuada, según un determinado formato. Esta organización es decidida por los analistas y programadores, y debe ser tomada en cuenta en las instrucciones de lectura y escritura de los programas que utilizan o generan dicha información.

La organización es la forma en que la máquina recibe y almacena los datos, para lograr que el usuario los pueda encontrar de una manera rápida y precisa.

Los datos se pueden organizar en la computadora de acuerdo con distintas estructuras, como: **estructuras de datos, estructuras de archivos y estructuras de bases de datos.**

2.4.2 Clasificación

1. Estructuras de datos

Toda la información almacenada en la memoria de una máquina debe organizarse de manera que quepa en una fila de celdas de memoria, aunque estos datos puedan ser más útiles como una tabla rectangular de valores. La idea es que el usuario no se preocupe por la forma como están distribuidos los datos, él sólo debe pensar que de alguna forma están organizados.

Tabla 15. Tipos de estructuras de datos

Elemento	Descripción
Arreglos	Es una estructura organizada por un conjunto de filas y columnas, de una forma matricial. Cada intersección entre una fila y una columna se llama celda y está identificada por un número llamado posición. Su tamaño y su forma son constantes. Arreglos unidimensionales son aquellos que tienen una sola fila y varias columnas, o una sola columna y varias filas. Arreglos multidimensionales son aquellos que tienen varias filas y varias columnas.

¹⁹Esta categorización fue elaborada teniendo en cuenta el libro Introducción a la Ingeniería de Sistemas. Guía de estudio. Jorge Cañaveral Rojas. 2001. UNAD. p 38 -39

Elemento	Descripción
Listas	Es una estructura que consta de dos partes, una que lleva los datos y la otra que lleva una dirección que identifica la ubicación de dichos datos, esa dirección se llama puntero. Esta estructura es dinámica porque su tamaño y su forma varían.
Pilas	Es una lista en la que todas las inserciones y eliminaciones se realizan en el mismo extremo de la estructura, el cual se llama cima de la pila. El otro extremo recibe a veces el nombre de base de la pila. La estructura de una pila dispone que el último objeto insertado debe ser el primero que se elimine, y es por esto que se asocia con términos como UEPS (Último en entrar primero en salir) o LIFO (Last input first output)
Colas	Es otra forma de lista de acceso restringido. A diferencia de las pilas, en las que tanto las inserciones como las eliminaciones tienen lugar en el mismo extremo, las colas restringen todas las inserciones a un extremo y todas las eliminaciones al extremo opuesto. Se trata de un sistema de almacenamiento de PEPS (Primero en entrar primero en salir) o FIFO (First input first output)
Árboles	Son una estructura que simula un organigrama. Cada posición del árbol se denomina nodo. El nodo que está en la cima se llama nodo raíz. Los nodos del otro extremo se denominan nodos terminales o nodos hojas, y las líneas que conectan dos nodos se denominan arcos. Los descendientes inmediatos de un nodo se llaman hijos, y su superior inmediato padre, además, decimos que los nodos que tienen el mismo padre son nodos hermanos. La profundidad de un árbol, es el número de nodos en el camino más largo de la raíz de la hoja.

2. Estructura de archivos

Un archivo es una colección de datos guardados en el almacenamiento masivo o dispositivos de almacenamiento, y que se subdivide en registros. Es la manera como se organizan dichos registros en el almacenamiento masivo para que el usuario tenga un acceso cómodo a ellos. La organización que se le presenta al usuario, a menudo no es la misma del sistema de almacenamiento real.

Tabla 16. Estructuras de archivos

Elemento	Descripción
Archivos secuenciales	Son aquellos donde se procesan todos los registros, y carece de importancia el orden en que se haga, así que la técnica más directa consiste en considerar que los registros están organizados en forma de lista y se recuperan y procesan uno por uno de principio a fin.
Archivos de texto	Son flujos de bytes individuales, son secuencias de líneas separadas por marcas de fin de línea. Únicamente almacenan texto.
Archivos indexados	El índice del archivo consiste en un listado de los valores del campo clave que ocurre en el archivo, junto con la posición del registro correspondiente en el almacenamiento masivo.
Archivos dispersos	La idea en que se basan es la de calcular la posición de un registro en el almacenamiento masivo, aplicando algún algoritmo (Hasing) al valor del campo clave de que se trate. El resultado es un sistema que puede determinar rápidamente la ubicación de un registro sin emplear tablas adicionales que requieran mantenimiento.

3. Estructuras de bases de datos

Base de datos, cualquier conjunto de datos organizados para su almacenamiento en la memoria de un ordenador o computadora, diseñado para facilitar su mantenimiento y acceso de una forma estándar.

La información se organiza en campos y registros. Un campo se refiere a un tipo o atributo de información, y un registro, a toda la información sobre un individuo. Por ejemplo, en una base de datos que almacene información de tipo agenda, un campo será el NOMBRE, otro el NIF, otro la DIRECCIÓN..., mientras que un registro viene a ser como la ficha en la que se recogen todos los valores de los distintos campos para un individuo, esto es, su nombre, NIF, dirección... Los datos pueden aparecer en forma de texto, números, gráficos, sonido o vídeo.

Normalmente las bases de datos presentan la posibilidad de consultar datos, bien los de un registro o los de una serie de registros que cumplan una condición. También es frecuente que se puedan ordenar los datos o realizar operaciones sencillas, aunque para cálculos más elaborados haya que importar los datos en una hoja de cálculo. Para facilitar la introducción de los datos en la base se suelen utilizar formularios; también se pueden elaborar e imprimir informes sobre los datos almacenados.

Desde su aparición en la década de 1950, estas aplicaciones se han hecho imprescindibles para las sociedades industriales. La primera base de datos para PC data de 1980; era el dBase II, desarrollado por el ingeniero estadounidense Wayne Ratliff. Desde entonces, su evolución ha seguido paralela a la que ha experimentado el software, y hoy existen desde bases de datos para una utilización personal hasta bases de datos corporativas, soportadas por grandes sistemas informáticos.

Hay cuatro modelos principales de bases de datos: el modelo jerárquico, el modelo en red, el modelo relacional (el más extendido hoy día; los datos se almacenan en tablas y se accede a ellos mediante consultas escritas en SQL) y el modelo de bases de datos deductivas. Otra línea de investigación en este campo son las bases de datos orientadas a objeto, o de objetos persistentes.

Una Base de datos relacional, es un tipo de base de datos o sistema de administración de bases de datos, que almacena la información en varias tablas (filas y columnas de datos) o ficheros independientes y realiza búsquedas que permiten relacionar datos que han sido almacenados en más de una tabla. El término fue acuñado en 1970 por el investigador británico Edgar F. Codd.

En las tablas de una base de datos relacional, las filas representan registros (conjuntos de datos acerca de individuos o elementos separados) y las columnas representan campos (atributos particulares de un registro).

Las tablas o ficheros de la base de datos relacional deben tener un campo común, es decir, un campo que almacena, en cada una de ellas, la misma información para cada registro y que va a ser el que permita establecer la relación al realizar las consultas. Por ejemplo, si una tabla contiene los campos NÚM-EMPLEADO, APELLIDO, NOMBRE y ANTIGUEDAD, otra tabla puede contener los campos DEPARTAMENTO, NUM-EMPLEADO y SALARIO; la base de datos relacional utilizará el campo NUM-EMPLEADO de las dos tablas para encontrar información relativa a un empleado, y que estaba almacenada en alguna de las dos tablas, como por ejemplo los nombres de los empleados que ganan un cierto salario o los departamentos de todos los empleados contratados a partir de un día determinado. El resultado de la búsqueda produce una tercera tabla que combina los datos solicitados de ambas tablas. En otras palabras, una base de datos relacional utiliza los valores coincidentes de campos comunes de dos tablas para relacionar información de ambas.

Por lo general, los productos de bases de datos para microcomputadoras o microordenadores son bases de datos relacionales.

2.5 Ingeniería de software

2.5.1 Definición

La ingeniería del software se ocupa del estudio de los problemas relacionados con el desarrollo de software y de sus soluciones.

Revisemos qué plantea el texto de Roger Pressman, Ingeniería de Software. Un enfoque práctico, al respecto:

“La Ingeniería del software es una disciplina o área de la informática o ciencias de la computación, que ofrece métodos y técnicas para desarrollar y mantener software de calidad que resuelven problemas de todo tipo. Hoy día es cada vez más frecuente la consideración de la Ingeniería del software como una nueva área de la ingeniería, y el ingeniero de software comienza a ser profesión implantada en el mundo laboral internacional, con derechos, deberes y responsabilidades que cumplir, junto a una, ya, reconocida consideración social en el mundo empresarial y, por suerte, para esas personas con brillante futuro.

La ingeniería del software trata con áreas muy diversas de la informática y de las ciencias de la computación, tales como construcción de compiladores, sistemas operativos o desarrollos en Intranet/Internet, abordando todas las fases del ciclo de vida del desarrollo de cualquier tipo de sistemas de información y aplicables a una infinidad de áreas tales como: negocios, investigación científica, medicina, producción, logística, banca, control de tráfico, meteorología, el mundo del derecho, las red de redes Internet, redes Intranet y Extranet, etc.

Ingeniería de Software es el estudio de los principios y metodologías para desarrollo y mantenimiento de sistemas de software, también llamados sistemas de Información [Zelkovitz, 1978].

Ingeniería del software es la aplicación práctica del conocimiento científico en el diseño y construcción de programas de computadora y la documentación asociada requerida para desarrollar, operar (funcionar) y mantenerlos. Se conoce también como desarrollo de software o producción de software [Bohem, 1976]

Ingeniería de software trata el establecimiento de los principios y métodos de la ingeniería a fin de obtener software de modo rentable que sea fiable y trabaje en máquinas reales [Bauer, 1972].

La aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación (funcionamiento) y mantenimiento de software; es decir la aplicación de ingeniería al software. [IEEE, 1993].²⁰

Cuando se desarrolla una aplicación para uso personal, como entretenimiento, el esfuerzo a realizar, el tiempo necesario para concluirlo, o hasta qué punto satisface nuestras expectativas, no son problemas importantes. Cuando, por el contrario, se desarrolla una aplicación (sistema de información) para un cliente que tiene unas necesidades específicas, que necesita el producto en un momento concreto y que va a pagar por su desarrollo, resultan esenciales el coste, el plazo de realización, y el cumplimiento de los requisitos. Este desarrollo es más difícil que el de un programa individual, básicamente por los siguientes motivos:

- **Volumen.** Un proyecto, en la práctica suele ser grande. (Miles de líneas de código).
- **Evolución.** El sistema de información no es estático. Evoluciona con las necesidades del usuario, los cambios del entorno (hardware, legislación, etc).
- **Complejidad.** El sistema de información es complejo. Es difícil que una única persona conozca todos los detalles de una aplicación.
- **Coordinación.** En el desarrollo de un sistema de información intervienen muchas personas. Es difícil coordinar el trabajo de todos, de forma que al final los distintos componentes encajen.
- **Comunicación.** Cuando se desarrolla un sistema de información es porque hay alguien interesado en usarlo. Antes de comenzar el desarrollo, habrá que concretar con el usuario(cliente) las características del sistema. Esta comunicación con el cliente conlleva serios problemas, pues normalmente

²⁰ PRESSMAN, Roger S (2002). *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*. Madrid: Mc Graw Hill, p XXIX prólogo.

el desarrollador no conoce las necesidades del cliente, y el cliente no sabe discernir la información que es útil para el desarrollador de la que no es.

El desarrollo de cualquier sistema de información implica la realización de tres pasos genéricos: definición, construcción y mantenimiento.

- **Fase de definición.** Se intenta caracterizar el sistema que se ha de construir. Esto es, determinar qué información ha de usar el sistema, qué funciones ha de realizar, qué condicionantes existen, cuáles han de ser las interfaces del sistema, y qué criterios de validación se usarán. Se debe contestar a la pregunta ¿qué hay que desarrollar?
- **Fase de construcción.** Se diseñan las estructuras de los datos (bases de datos o archivos) y de los programas, se escriben y documentan éstos y se prueba el software.
- **Fase de mantenimiento.** Comienza una vez construido el sistema, coincidiendo con su vida útil. Durante ella el software es sometido a una serie de modificaciones y reparaciones.

2.5.2 Clasificación

La ingeniería del software se ocupa de la planificación y estimación de proyectos, análisis de requisitos, diseño de software, codificación, prueba y mantenimiento.

Cuando habla de proyectos ó software habla de sistemas de información.

Para realizar esta tarea se propone una serie de métodos. La realización de un proyecto se consigue aplicando los métodos de acuerdo con una determinada secuencia.

Tabla 17. Ciclo de vida de un sistema de información

Orden	FASES	DILIGENCIAS O TAREAS
1.	Planeación del sistema	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Definición del problema ➤ Ambiente del sistema ➤ Recursos disponibles vs. recursos necesarios. ➤ Asignación de presupuesto. ➤ Delimitación tiempo y espacio. ➤ Estimación costo/beneficio.
2.	Análisis del sistema	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Transacciones a automatizar ➤ Análisis de entradas y salidas de datos. ➤ Interacción bases de datos. ➤ Interfases con otro sistema de información. ➤ Flujo de información. ➤ Impacto organizacional. ➤ Análisis de requerimientos (hardware, software y recurso humano).

Orden	FASES	DILIGENCIAS O TAREAS
3.	Diseño del sistema	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Codificación estimada. ➤ Pruebas prototificadas (prototipos). ➤ Adaptación modular.
4.	Mantenimiento y control del sistema	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Calidad de la programación. ➤ Garantía de calidad del nuevo sistema. ➤ Calidad total del sistema. ➤ Administración del sistema. ➤ Gerencia del sistema. ➤ Adaptación nuevas herramientas y/o tecnologías.
5.	Retiro u obsolescencia	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Inconsistencia del sistema. ➤ Orden de cambio por un nuevo sistema. ➤ Reingeniería para el cambio.

Actividad de refuerzo:

Seleccione un proceso de su entorno el cual pueda ser sistematizado, es decir, se pueda implementar en un sistema de información.

Imagínese una solución ideal y plasme las actividades puntuales que debe tener en cuenta o debe realizar en cada una de las fases del ciclo de vida.

Recuerde sólo es estudiar el proceso, idearse un sistema de información y registrar las actividades concernientes al sistema propuesto.

Utilice el siguiente cuadro para el ejercicio.

Sistema de información propuesto:		
Orden	FASES	Actividades para el sistema propuesto
1.	Planeación del sistema	
2.	Análisis del sistema	
3.	Diseño del sistema	
4.	Mantenimiento y control del sistema	
5.	Retiro u obsolescencia	

CAPÍTULO 3. CIENCIAS MODERNAS

Actividad inicial:

Revise y seleccione aplicaciones reales que haya visto funcionando relacionadas con la inteligencia artificial, redes, telecomunicaciones y computación gráfica. Clasifíquelas y justifique su respuesta. Tome como modelo el siguiente cuadro:

<i>Campo</i>	<i>Aplicaciones</i>	<i>Justificación</i>
Inteligencia artificial		
Redes		
Telecomunicaciones		
Computación gráfica		

3.1 Inteligencia artificial

3.1.1 Definición

La investigación en Inteligencia Artificial (IA) ha sido abordada desde dos puntos:

- **Ingenieril.** En lo que se refiere a conseguir que las máquinas realicen tareas para las cuales se supone necesaria la inteligencia y destrezas humanas. Este reto implica la creación de sistemas de computador que puedan operar en el mundo físico y resolver problemas complejos.
- **Científico.** Dentro del cual se plantean desarrollos para simular y comprender los procesos inteligentes del ser humano, como son el razonar, aprender, interpretar voz, sonido y formas y, abstraer y organizar conocimientos.

Atendiendo a los anteriores puntos de vista, diversos autores han clasificado sus conceptos de IA ubicándola como un área de estudio e investigación cuyo objeto son los sistemas que piensan y/o actúan como humanos y sistemas que piensan y/o actúan racionalmente²¹. Al respecto pueden citarse diversas definiciones de IA expresadas por algunos investigadores:

²¹ RUSSEL, Stuart y NORVIG, Peter.(1996). *Inteligencia Artificial. Un enfoque moderno*. México: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. p. 3

“La interesante tarea de lograr que las computadoras piensen...máquinas con mente, en su amplio sentido literal” (Haugeland, 1985).

“El estudio de los cálculos que permiten percibir, razonar y actuar” (Winston, 1992)

“El estudio de cómo lograr que las computadoras realicen tareas que, por el momento, los humanos hacen mejor” (Rich y Knight, 1991)

“La rama de la ciencia de la computación que se ocupa de la automatización de la conducta inteligente” (Luger y Stubblefield, 1993)

“Es pensar según la lógica matemática” (McCarthy)

El análisis de las anteriores definiciones de IA permite caracterizar este campo como un área de estudio cuyo objeto de investigación son las técnicas que posibilitan el procesamiento de gran cantidad de datos, información y conocimiento para resolver problemas cuya solución exija cierto grado de experticia o habilidad que son propias de los seres humanos.

Analizando las definiciones y desarrollos de esta área, puede observarse que la característica más importante de los programas que solemos llamar “inteligentes” es el manejo de símbolos agrupados como conceptos e ideas y no como una colección de datos carentes de significado y relación. Estos programas son diseñados para comprender conceptos como casa, sombrilla, gastritis, la relación entre los conceptos e ideas como casa – lugar, sombrilla – objeto, gastritis – enfermedad., y realizar procesos de razonamiento que permitan generar como salida decisiones inteligentes o recomendaciones para el usuario, fundamentados en el uso de conocimientos.

Para lograr la simulación de procesos y habilidades propios de los humanos, en los programas de IA se trabaja con:

Procesamiento simbólico. Los programas inteligentes simulan procesos de razonamiento sobre conceptos, ideas y relaciones entre éstos. Este tipo de acciones hace necesario el estudio de mecanismos de razonamiento deductivo, inductivo y abductivo, procesos cognitivos y cognoscitivos, métodos matemáticos para simular la lógica de los razonamientos y las formas adecuadas de representar el conocimiento de un dominio dentro de una máquina de manera que sea posible simular tareas que exigen cierta experticia.

Algoritmos de búsqueda de soluciones. Basados en conjuntos de reglas y trucos que los expertos han ido construyendo mediante la experiencia. En esta parte es necesario el estudio de procesos cognoscitivos, cognitivos y herramientas matemáticas que permitan simular búsquedas que lleven a soluciones óptimas.

Organización de bases de conocimiento. De forma que sea posible utilizar adecuadamente los conceptos, las teorías, las leyes y las reglas de decisión almacenadas en éstas, para deducir o inferir soluciones o conclusiones dentro del proceso de solución de un problema.

Algoritmos de inferencia y de aprendizaje. Permiten manipular conocimientos e información para obtener soluciones a problemas y/o nuevos conocimientos e informaciones.

3.1.2 Aplicaciones

De manera general es posible señalar como áreas de investigación propias de la IA. El procesamiento del lenguaje natural, la robótica, los juegos, la visión artificial, los sistemas expertos, simulación y las redes neuronales.²²

1. El procesamiento del lenguaje natural

Se caracteriza porque parte de su información está en el lenguaje propio de cada área de estudio y posee algoritmos para los análisis sintáctico, semántico y pragmático que permitan entender e interpretar el lenguaje y generar respuestas en éste, que puedan ser comprendidas por los usuarios.

Lo anterior requiere que los programas incluyan bases de conocimiento con:

Conocimiento general de transfondo: diccionario de palabras, modismos y frase hechas, reglas gramaticales, reglas de configuración del diálogo o de la estructura del texto.

Conocimiento específico del dominio. Reglas especiales sobre el campo en cuanto a uso de palabras, sinónimos y antónimos específicos, objetivos del diálogo y modismos.

Conocimiento del diálogo y/o texto. Conocimiento acumulado del diálogo que se esté realizando entre la máquina y el usuario.

2. La Robótica

La Asociación de Industrias en Robótica (RIA – Robotic Industries Association), dice: “el robot es un manipulador multifuncional y reprogramable diseñado para mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales, a través de movimientos programados y variables, par la realización de diferentes tareas”. Entre las actividades para que se usan los robots están las desarrolladas en entornos peligrosos y/o no saludables, las repetitivas y monótonas, aquellas en las

²² REDDY, Ray (1996). *The challenge of Artificial Intelligence*. En IEEE Computer.

que exige altísima precisión o respuestas en tiempo real o en las que la manipulación de piezas es difícil.

3. La visión artificial

El objetivo en este campo es la interpretación y comprensión de datos de imágenes que permitan construir modelos de escenas reales en tres dimensiones y ha sido desarrollado especialmente para proveer a los robots de la capacidad de visión, de forma que puedan moverse y trabajar en su entorno de forma inteligente y flexible.

4. Los juegos

Ha sido un campo de investigación clásico desde los comienzos de la IA, dentro del cual se ha trabajado principalmente en algoritmos para los juegos de ajedrez y damas. Los problemas de investigación en el área han permitido ofrecer aportes en estrategias heurísticas y algoritmos que posibilitan la poda y el hallazgo de soluciones en grandes árboles de búsqueda.

5. Los sistemas expertos

Rama que se ocupa del desarrollo de programas que simulan el proceso de memorización, razonamiento, comunicación, acción y aprendizaje de un experto humano en una determinada rama de la ciencia.

6. Simulación

Son programas especiales que se encargan de revisar en el ordenador la “simulación” de los fenómenos que esperan contemplar. Estos permiten ahorrar recursos a las organizaciones y/o personas, además de encontrar fallas en un proceso o sistema, antes de realizarlo, con el fin de tomar las medidas necesarias y obtener el resultado lo más óptimo posible.

7. Redes neuronales

Las redes neuronales intentan reproducir el razonamiento humano desde una perspectiva más biológica, recrean la estructura de un cerebro humano mediante algoritmos genéticos.

3.2 Redes informáticas

3.2.1 Definición

Conjunto de técnicas, conexiones físicas y programas informáticos empleados para conectar dos o más ordenadores o computadoras. Los usuarios de una red

pueden compartir ficheros, impresoras y otros recursos, enviar mensajes electrónicos y ejecutar programas en otros ordenadores

Una red tiene tres niveles de componentes:

- **Software de aplicaciones.** El software de aplicaciones está formado por programas informáticos que se comunican con los usuarios de la red y permiten compartir información (como archivos de bases de datos, de documentos, gráficos o vídeos) y recursos (como impresoras o unidades de disco). Un tipo de software de aplicaciones se denomina cliente-servidor. Las computadoras cliente envían peticiones de información o de uso de recursos a otras computadoras, llamadas servidores, que controlan el flujo de datos y la ejecución de las aplicaciones a través de la red. Otro tipo de software de aplicación se conoce como “de igual a igual” (peer to peer). En una red de este tipo, los ordenadores se envían entre sí mensajes y peticiones directamente sin utilizar un servidor como intermediario. Estas redes son más restringidas en sus capacidades de seguridad, auditoría y control, y normalmente se utilizan en ámbitos de trabajo con pocos ordenadores y en los que no se precisa un control tan estricto del uso de aplicaciones y privilegios para el acceso y modificación de datos; se utilizan, por ejemplo, en redes domésticas o en grupos de trabajo dentro de una red corporativa más amplia.
- **Software de red.** El software de red consiste en programas informáticos que establecen protocolos, o normas, para que las computadoras se comuniquen entre sí. Estos protocolos se aplican enviando y recibiendo grupos de datos formateados denominados paquetes. Los protocolos indican cómo efectuar conexiones lógicas entre las aplicaciones de la red, dirigir el movimiento de paquetes a través de la red física y minimizar las posibilidades de colisión entre paquetes enviados simultáneamente. El funcionamiento de las grandes instituciones como la bolsa de valores depende de su capacidad para actualizar constantemente sus fuentes centrales de información (las computadoras denominadas servidores). A base de conectar temporalmente sus terminales a dichos servidores, los operarios tienen acceso a un sinfín de datos exactos y actualizados que por sí solos no podrían mantener
- **Hardware de red.** El hardware de red está formado por los componentes materiales que unen las computadoras. Dos componentes importantes son los medios de transmisión que transportan las señales de los ordenadores (típicamente cables estándar o de fibra óptica, aunque también hay redes sin cables que realizan la transmisión por infrarrojos o por radiofrecuencias) y el adaptador de red, que permite acceder al medio material que conecta a los ordenadores, recibir paquetes desde el software de red y transmitir instrucciones y peticiones a otras computadoras. La información se transfiere en forma de dígitos binarios, o bits (unos y ceros), que pueden ser procesados por los circuitos electrónicos de los ordenadores.

3.2.2 Aplicaciones

Las topologías más corrientes para organizar las computadoras de una red son las de punto a punto, de bus, en estrella y en anillo.

La topología de punto a punto es la más sencilla, y está formada por dos ordenadores conectados entre sí.

La topología de bus consta de una única conexión a la que están unidos varios ordenadores. Todas las computadoras unidas a esta conexión única reciben todas las señales transmitidas por cualquier computadora conectada.

La topología en estrella conecta varios ordenadores con un elemento dispositivo central llamado hub. El hub puede ser pasivo y transmitir cualquier entrada recibida a todos los ordenadores —de forma semejante a la topología de bus— o ser activo, en cuyo caso envía selectivamente las entradas a ordenadores de destino determinados.

La topología en anillo utiliza conexiones múltiples para formar un círculo de computadoras. Cada conexión transporta información en un único sentido. La información avanza por el anillo de forma secuencial desde su origen hasta su destino.

Las redes de área local (LAN, Local Area Network), que conectan ordenadores separados por distancias reducidas, por ejemplo en una oficina o un campus universitario, suelen usar topologías de bus, en estrella o en anillo.

Las redes de área amplia (WAN, Width Area Network), que conectan equipos distantes situados en puntos alejados de un mismo país o en países diferentes, emplean a menudo líneas telefónicas especiales arrendadas como conexiones de punto a punto.

El uso extendido de ordenadores portátiles y de asistentes personales de mano (PDA) ha impulsado avances en las redes inalámbricas. Las redes inalámbricas utilizan transmisiones de infrarrojos o radiofrecuencias para unir estos dispositivos portátiles a las redes. Las LAN inalámbricas de infrarrojos sólo funcionan dentro de una misma habitación, mientras que las LAN inalámbricas de radiofrecuencias pueden funcionar a través de casi cualquier pared. Las LAN inalámbricas tienen velocidades de transmisión que van desde menos de 1 Mbps hasta 8 Mbps, y funcionan a distancias de hasta unos cientos de metros. Las WAN inalámbricas emplean redes de telefonía celular, transmisiones vía satélite o equipos específicos y proporcionan una cobertura regional o mundial, pero su velocidad de transmisión es de sólo 2.000 a 19.000 bps.

El uso extendido de ordenadores portátiles y de asistentes personales de mano

(PDA) ha impulsado avances en las redes inalámbricas. Las redes inalámbricas utilizan transmisiones de infrarrojos o radiofrecuencias para unir estos dispositivos portátiles a las redes. Las LAN inalámbricas de infrarrojos sólo funcionan dentro de una misma habitación, mientras que las LAN inalámbricas de radiofrecuencias pueden funcionar a través de casi cualquier pared. Las LAN inalámbricas tienen velocidades de transmisión que van desde menos de 1 Mbps hasta 8 Mbps, y funcionan a distancias de hasta unos cientos de metros. Las WAN inalámbricas emplean redes de telefonía celular, transmisiones vía satélite o equipos específicos y proporcionan una cobertura regional o mundial, pero su velocidad de transmisión es de sólo 2.000 a 19.000 bps.

Internet, interconexión de redes informáticas que permite a los ordenadores o computadoras conectadas comunicarse directamente, es decir, cada ordenador de la red puede conectarse a cualquier otro ordenador de la red.

El término suele referirse a una interconexión en particular, de carácter planetario y abierto al público, que conecta redes informáticas de organismos oficiales, educativos y empresariales.

También existen sistemas de redes más pequeños llamados **intranets**, generalmente para el uso de una única organización, que obedecen a la misma filosofía de interconexión.

3.3 Telecomunicaciones

3.3.1 Definición

Telecomunicación: transmisión de palabras, sonidos, imágenes o datos en forma de impulsos o señales electrónicas o electromagnéticas. Los medios de transmisión incluyen el teléfono (por cable óptico o normal), la radio, la televisión, las microondas y los satélites. En la transmisión de datos, el sector de las telecomunicaciones de crecimiento más rápido, los datos digitalizados se transmiten por cable o por radio.

Los dispositivos de telecomunicación utilizan hardware, para conectar un dispositivo a la línea de transmisión, y software, que permite al dispositivo transmitir información a través de la línea.

El hardware consta normalmente de un transmisor y de un cable de interfaz o, si se utiliza una línea telefónica como línea de transmisión, un modulador/demodulador denominado módem.

Algunos ejemplos de software son los programas de transferencia de ficheros, el instalado en la computadora central y los programas de red. El software de transferencia de ficheros se utiliza para enviar ficheros de datos de un dispositivo

a otro. El software de la computadora central identifica a ésta como tal, al tiempo que controla el flujo de información entre los dispositivos conectados a ella. El software de red permite a los dispositivos conectados a una red de computadoras intercambiar información.

3.3.2 Aplicaciones

Los servicios públicos de telecomunicación son un desarrollo relativamente reciente en este campo. Los cuatro tipos de servicios son: redes, recuperación de información, correo electrónico y servicios de tablón de anuncios.

1. Redes

Un servicio público de redes alquila tiempo en una red de área amplia y de ese modo proporciona terminales en otras ciudades con acceso a una computadora principal. Algunos ejemplos de estos servicios son Telenet, Tymnet, Uninet y Datapac. Estos servicios venden las prestaciones de la computadora principal a usuarios que no pueden o no quieren comprar dicho equipo.

2. Recuperación de información

Un servicio de recuperación de información alquila horas de servicio en una computadora principal a usuarios que utilizan sus terminales para recuperar información del principal. Un ejemplo de este servicio es CompuServe, a cuya computadora principal se accede a través de los servicios telefónicos públicos. Este servicio, entre otros, ofrece información general sobre noticias, meteorología, deportes, finanzas y compras

3. Correo electrónico

En este tipo de servicio, los terminales transmiten documentos, como cartas, informes y télex a otras computadoras o terminales. Para acceder a este servicio la mayor parte de los terminales utilizan la red pública. Source Mail y e-mail permiten a los terminales enviar documentos a un ordenador o computadora central, y desde allí podrán recuperarlos otros terminales.

4. Anuncios

Los servicios de anuncios permiten a los terminales realizar intercambios y otras transacciones, y no hay que pagarlos. Los usuarios de estos servicios pueden intercambiar información sobre aficiones, compras y ventas de bienes y servicios y programas informáticos

3.4 Computación gráfica

3.4.1 Definición

Gráficos por ordenador o computadora: imágenes de dos y tres dimensiones creadas por computadora, que se emplean con fines científicos, artísticos o industriales (por ejemplo, para diseñar, probar y promocionar productos). Los gráficos por ordenador han hecho que las computadoras sean más fáciles de usar:

Las interfaces gráficas de usuario (GUI, siglas en inglés) y los sistemas multimedia como World Wide Web, permiten a los usuarios de ordenadores seleccionar imágenes para ejecutar órdenes, lo que elimina la necesidad de memorizar instrucciones complicadas.

Cómo funcionan los gráficos por ordenador

Antes de mostrar la imagen por pantalla, ésta debe encontrarse en la memoria del ordenador. La ventaja de guardar la imagen en memoria es que se pueden aplicar diversas técnicas matemáticas para modificar la información correspondiente a cada píxel.

Representación de colores

Las computadoras almacenan y manipulan colores representándolos como una combinación de tres números. Por ejemplo, en el sistema de colores **RGB** (siglas en inglés de **red-green-blue**, **rojo-verde-azul**), el ordenador utiliza suficientes números para representar los componentes primarios rojo, verde y azul de cada color. Otros sistemas pueden representar otras propiedades del color, como por ejemplo el matiz (frecuencia de la luz), la saturación (la intensidad cromática) y el brillo.

Si se emplea un byte de memoria para almacenar cada componente de color en un sistema de tres colores, pueden representarse más de 16 millones de combinaciones cromáticas.

A la hora de crear una imagen grande, sin embargo, permitir tantas combinaciones puede exigir mucha memoria y tiempo de proceso. Un método alternativo denominado aplicación (mapping) de colores utiliza sólo un número por combinación cromática y almacena cada número en una tabla de colores disponibles, equivalente a la paleta de un pintor. El problema de la aplicación de colores es que el número de colores de la paleta suele ser demasiado pequeño para crear imágenes con colores realistas. La elección de los colores de la paleta que proporcionan la mejor imagen (la llamada cuantificación cromática) se convierte en una parte muy importante del proceso de creación de imagen. Otro método, llamado dithering, alterna los colores disponibles en la paleta por toda la

imagen, de forma similar a las pautas de puntos en la impresión de un periódico, para crear la apariencia de más colores de los que realmente hay.

3.4.2 Aplicaciones

Al combinar el video en vivo con la edición de texto a gran distancia y el procesamiento de ideas, Doug Engelbart mostró que el computador podía ser una herramienta e comunicación por varios medios y con un potencial fantástico. Con los programas de graficación los artistas, diseñadores, ingenieros, editores y otras personas pueden crear y editar imágenes visuales.

Los documentos de hipermedia permiten a los usuarios seguir caminos personalizados a través de la información, en lugar de seguir la trayectoria usual de principio a fin.

Las herramientas de multimedia interactivas combinan textos, gráficos, animación, video y sonido en paquetes controlados por computador.

Entre muchas aplicaciones de la computación gráfica se pueden mencionar las siguientes:

- Pintura con el computador.
- Procesamiento digital de imágenes: edición fotográfica por computador.
- Dibujo con el computador.
- Creación de gráficos para presentaciones.
- Software de modelado tridimensional.
- Diseño asistido por computador: conversión de ideas e productos.
- Hipertexto e hipermedia.
- Multimedia.
- Animación: Gráficos en el tiempo,ç.
- Video de escritorio: computadores y televisión.
- Edición y Video digital.
- Medios interactivos.
- Efectos especiales en películas de cine y televisión.

Ejercicio de aplicación:

Anticipándonos un poco al tiempo, imagine que Usted está pensando en el tema para su proyecto de grado como Profesional en Ingeniería de Sistemas. Reúnase con un compañero de estudio y seleccionen un tema que les gustaría trabajar, tiene que estar enmarcado en una de las cuatro ciencias explicadas.

Una vez seleccionado el tema, concreten lo siguiente:

- Título del proyecto
- Descripción del tema
- Breve identificación del problema a solucionar
- Objetivo general y Objetivos específicos

Una sugerencia! Debe ser un tema viable y que solucione un problema de su entorno o región.

Por último reflexionen al respecto: ¿Recordarán este ejercicio cuando efectivamente estén buscando tema para su proyecto de grado?. Esperemos que sí. Cierito?

CAPÍTULO 4. PANORAMA DE LA INGENIERIA DE SISTEMAS

Actividad inicial:

Teniendo en cuenta que por algún motivo Usted se encuentra leyendo este módulo, formule las siguientes preguntas:

- ¿Está de acuerdo con la afirmación “La ingeniería de Sistemas tiene futuro”?
- ¿Tiene un interés especial por alguno de los campos de aplicación de la Ingeniería de Sistemas?
- ¿Cómo ve la Ingeniería de Sistemas en 6 años?

Argumente sus respuestas.

4.1 Desarrollo y evolución de la ingeniería de sistemas²³

En El Mundo.

La ingeniería de Sistemas aparece de manera formal en el siglo XX, especialmente en la década del 60, como una rama especializada, donde es posible integrar el conocimiento de otras disciplinas y organizar campos de acción en el aspecto laboral para los expertos en esta área. Esta disciplina tenía como fin generar una organización en forma estructurada del estudio de los sistemas en todos sus aspectos, incluyendo el cibernético, en donde se crearan métodos específicos para la creación y la solución de los problemas que en ese tiempo se presentaban.

En este sentido el Ingeniero de Sistemas aparece en el mundo moderno como un agente de cambios funcionales y coherentes, con la realidad del medio ambiente social, tecnológico, cultural y científico donde se desenvuelve, cuya labor va necesariamente en la dirección del desarrollo socio-económico del país.

Un intento de definición de Ingeniería por parte de las Comisiones de Estudios de la IEEE y ACM, presentaban a la Ingeniería como el arte de obtener o producir resultados con recursos limitados. En relación con los sistemas, se especifica como la producción, el manejo y el proceso de información de diferente índole, con recursos restringidos.

Años más tarde la ECPD (Engineering Council for Profesional Development) en 1976 en su 44º reporte define a la ingeniería como la profesión en la cual *“un conocimiento en las Ciencias Matemáticas y naturales, logradas a través de*

²³ La información que se encuentra registrada en este capítulo, fue extractada del documento Condiciones de Calidad para Ingeniería de Sistemas. Facultad Ciencias Básicas e Ingeniería. UNAD. 2.005.

estudio, la experiencia y práctica se aplica con juicio (criterio) a desarrollar formas para utilizar económicamente los insumos, materiales y fuerzas de la naturaleza para el benéfico de la humanidad”, con estos términos la creación de los sistemas, el avance en la tecnología, el desarrollo de la computadora, los sistemas digitales y las telecomunicaciones permitió que este conocimiento se aplicara dentro del campo matemático y por lo tanto cumpliera los requisitos para convertirse en una Ingeniería.

Más adelante enfatizaba que el Ingeniero debe usar su conocimiento y habilidad en el engrandecimiento del bienestar humano.

En 1980 se establece en un consenso realizado por universidades estadounidenses y europeas, el perfil del Ingeniero como un profesional cuyo trabajo, ya sea en la esfera de los servicios o del trabajo creativo, requiere una formación básica en Ingeniería a través de la experiencia y estudio, puede aplicar el conocimiento especializado de las ciencias de la Ingeniería, de las físicas y las matemáticas para sus labores sean de consulta, investigación, planeación, evaluación, diseño, asignación de recursos, desarrollo y revisión de proyectos de acuerdo con los documentos de contrato y diseño.

En la década de los 30, aparece en los laboratorios Bell, el concepto de Ingeniería de Sistemas y sobreviene posteriormente y asociado con la posguerra una avalancha impresionante en estos campos, pues la tecnología tanto en comunicaciones, como transporte, armamento y automatización de algunas labores creció considerablemente durante este periodo, ya que el país tecnológicamente más avanzado en este momento tenía la ventaja frente al enemigo. Los gobiernos alemanes, franceses, rusos y británicos invirtieron grandes cantidades de dinero en el desarrollo de tecnología, logrando un gran avance.

Cada vez, la tecnología fue avanzando y por lo tanto se crearon especializaciones en el trabajo laboral, a tal punto que hoy es posible diferenciar en el escenario de la Ingeniería los siguientes campos:

- Sistemas e Ingeniería de Sistemas.
- Computación e Ingeniería de Computadores.
- Informática y Ciencias de la Información.
- Cibernética e Ingeniería de Control.

Diferentes autores, bajo diversas ópticas colocan como el universo a los Sistemas (especialmente en USA) mientras que para otros como el SUMUM en Europa y la sociedad socialista es la Cibernética la que incluye a todas las demás. A partir de esta discusión nace entonces la Informática como versión de que incluye tanto los Sistemas, como la Computación y la Cibernética.

En Colombia.

El auge del desarrollo económico a partir de 1930 en nuestro país, se caracterizó por el impulso a la industria textil, llantas y productos farmacéuticos que requirieron del uso de tecnología y modernización de la máquina. Durante esta época hasta el año 1957 el desarrollo de la cinematografía, la fotografía y las artes plásticas necesitaron de la acción laboral del Ingeniero y de esta ciencia para su adecuado crecimiento. En los siguientes años hubo un estancamiento tecnológico, pues se vivió una época de decrecimiento demográfico y violencia en nuestro país.

A partir de 1967 Colombia ha vivido un gran desarrollo en el campo científico, este crecimiento ha estado vinculado indudablemente a las principales universidades del sistema educativo nacional, así como a la presencia del Instituto Colombiano de Estudios Técnicos en el Exterior, ICETEX. La ingeniería de Sistemas se desarrolló tanto a nivel de pregrado como de postgrado.

La Universidad Nacional crea en 1967 el Postgrado en Ingeniería de Sistemas y el Magíster en sistemas, (para los no graduados en Ingeniería). Más adelante se crea el pregrado en esta carrera en la Universidad Nacional y posteriormente en la Universidad de Los Andes en Bogotá. Durante los últimos 20 años diferentes universidades han incluido dentro de sus programas a esta carrera, y han iniciado con la promoción de sus primeros egresados como Ingenieros de Sistemas.

Durante el gobierno de Carlos Lleras Restrepo, en 1967 la investigación se intensificó de gran manera, pues se contó con el apoyo del Instituto Colombiano para el Fomento ICFES, COLCIENCIAS, Fundación para la Educación Superior FES y la Fundación Alejandro Angel Escobar que otorga premios nacionales de Ciencia.

La reglamentación de la Ingeniería de en Colombia tiene también su historia, en 1937, se crea la reglamentación del ejercicio de la profesión de Ingeniería y en 1975, se reglamenta las especificaciones que debe poseer un ingeniero de Sistemas para el ejercicio de su carrera. En el año 2001 se decide realizar un nuevo estudio sobre las ingenierías en Colombia, pues a lo largo de los años las universidades han creado diferentes ingenierías que no cumplen el objetivo y el pénsum para ser reconocidas como una ingeniería, por lo tanto se aprobaron solo aquellas que cumplían con dicho objetivo, de las cuales la Ingeniería de Sistemas e Informática fue aprobada como una Ingeniería oficial.

La ingeniería de Sistemas a pesar de tener una vida corta en nuestro país, el desarrollo y la necesidad de esta en el campo empresarial, tecnológico y educativo cumple un papel fundamental, por esto se han creado asociaciones especializadas en esta Ingeniería así como la implantación de esta carrera en diferentes universidades del país.

Ejercicio:

En este punto es importante que Usted conozca y reflexione acerca de experiencias profesionales de personas en el área de Ingeniería de Sistemas, con el fin de establecer criterios y aportes que puedan ayudar a orientar su evolución y aplicación en el campo laboral.

Para ello, puede empezar con el tutor de su curso académico, involucre en sus preguntas criterios para determinar el área de desempeño, además de la educación, anécdotas vividas en su vida profesional, recomendaciones que les pueda hacer con respecto a su profesión y otros aspectos que crea le puedan orientar.

Repita el mismo ejercicio con otros profesionales que conozca, en su trabajo, en su familia, en su entorno social, etc.

Por último recomiendo consultar esta lectura para concluir con la actividad:

Caso 1. Memorias de la vida de un ingeniero. Libro: Introducción a la ingeniería. Un enfoque a través del diseño. Pablo Grech. Bogotá: 2001. Pearson educación de Colombia – Prentice Hall. Primera edición. Página 3.

Reflexione acerca de la actividad. Saque conclusiones.

4. 2 La ingeniería de sistemas en Colombia

Principales características de la ingeniería de sistemas en Colombia

Un gran dinamismo:

El gran auge que ha tenido la informática en los últimos tiempos ha conducido a que la carrera de Ingeniería de Sistemas tenga un gran dinamismo, lo cual se ha manifestado en la creación de un número muy importante de nuevos programas en diferentes instituciones de educación superior. Es así como el número de programas aumentó entre 1992 y 1996 en un 129% (de 27 programas diurnos y 7 nocturnos pasó a haber 51 diurnos y 27 nocturnos). La razón para esto es la gran demanda que existe por la carrera entre los bachilleres, la cual la coloca entre las carreras que tienen un mayor número de aspirantes en las universidades. Ocurre un fenómeno similar en el área de formación técnica y tecnológica. Al finalizar el año de 1995 había en el país aproximadamente 100 programas de este tipo, con tendencia al crecimiento. La variedad en la modalidad de los programas es también bastante grande. En el área de postgrado la carrera tiene también un gran dinamismo. Existen en la actualidad 43 programas de especialización y 8 de magister. Además, hay convenios con universidades extranjeras para el ofrecimiento de programas de doctorado, otorgados por éstas, los cuales existen en dos universidades. Actualmente se están dando las bases para la creación del primer programa nacional de doctorado. Sin embargo, a pesar de lo anterior, la investigación es todavía incipiente, como lo testimonia el escaso número de

proyectos de investigación en el área financiados por COLCIENCIAS o por el sector productivo. Finalmente, la demanda por cursos de educación continuada es muy alta, teniendo en cuenta las enormes necesidades de actualización que tienen los profesionales de sistemas y los crecientes requerimientos a las empresas por una mayor competitividad. Esta demanda es a veces satisfecha por las universidades y en su defecto, por otras instituciones no formales. El problema con la diversidad de modalidades de programas existentes es que no siempre el mercado laboral puede distinguir entre ellas, lo cual puede generar situaciones de confusión en las empresas y de desempleo o subempleo entre los profesionales.

Dificultad de identificar su objeto de estudio

La dificultad para identificar el papel que juega el ingeniero de sistemas en el país también se extiende a las instituciones que ofrecen programas de sistemas y a la sociedad en general. Esto es debido al gran dinamismo de la profesión, que si bien se da también en otras carreras, tiene en esta un ritmo especialmente vertiginoso. Una consecuencia inevitable de esto es que la imagen que se le da a los estudiantes, tanto de bachillerato como de la universidad, sobre las posibilidades y el futuro del ejercicio profesional en el área sea bastante confusa y a veces contradictoria. Por ejemplo, hay quienes dicen que en el futuro no se necesitarán ingenieros de sistemas pues los programas de computador están evolucionando de tal manera que cada vez serán más fáciles de utilizar y que por lo tanto, cuando esto ocurra, “todo el mundo podrá ser un programador” (esta frase es tomada de Dom Tapscott, uno de los expertos más conocidos en computación por sus predicciones sobre el futuro). Otros afirman, por el contrario, que el campo de la Informática es cada vez mayor pues ésta está invadiendo terrenos llegando a ocupar prácticamente todos, y que para que las cosas funcionen se necesitan conocimientos técnicos que difícilmente puede llegar a tener alguien que no posea una formación sólida en el área de Sistemas.

Uno de los síntomas de la gran confusión que existe y de la diversidad de pareceres con respecto al área de trabajo de la Ingeniería de Sistemas se dio en la reunión nacional e internacional organizada por ACOFI entre los directivos de los distintos programas para discutir la problemática de la carrera, y en la que una de las preguntas de las mesas de trabajo en la que hubo más debate y dificultad de precisar los conceptos fue en la relacionada con el objeto de estudio de la carrera de Sistemas. Las respuestas a la misma cubrieron un amplio espectro: desde quienes opinaban que eso no era importante de debatir, hasta quienes creían que el tema de estudio de la carrera era la tecnología informática, pasando por muchas otras versiones que decían que lo importante eran los sistemas (¿qué clase de sistemas? , preguntaban otros), la información, los sistemas de información, etc. Esta dificultad para precisar la identidad de la carrera ha conducido a que muchos egresados no tengan claro su futuro campo de trabajo, o que al verlo muy limitado, terminen dedicándose a otras actividades.

Problemas de calidad:

Otra característica importante de la carrera en el país, debida a la enorme proliferación de programas existentes, es la desigual calidad de los mismos. Esto ha llevado a que se presenten serios problemas de desempleo entre los ingenieros de sistemas, lo cual ha generado una gran preocupación en instituciones como el ICFES y ACOFI, y ha sido uno de los principales motivadores de este estudio para la modernización y actualización del currículo de la carrera.

Escasez de recursos:

La mayoría de las universidades que ofrecen programas en el área de sistemas, por otra parte, cuentan con un reducido número de profesores de planta, lo cual explica el nivel tan bajo de investigación existente. Además, se constituye en un obstáculo para la evolución de los programas y en un limitante para su calidad.

En cuanto al nivel de formación de los profesores se encuentra que en la mayoría de las instituciones los profesores apenas cuentan con un título de pregrado, y sólo en muy pocas tienen grados de magister o doctorado. En lo que tiene que ver con los recursos de soporte a la docencia, lo usual es que las instituciones cuenten con medios muy precarios, lo cual hace, entre otros, que los ambientes computacionales de las instituciones de educación sean muy pobres comparados con los de las empresas en las que se van a desempeñar los futuros profesionales (¿cuántas instituciones proporcionan a sus estudiantes, por ejemplo, ambientes Unix, o posibilidades de acceso eficiente a Internet y a correo electrónico, o ambientes de manejadores de bases de datos?). Y en lo relacionado con otro tipo de laboratorios y con recursos bibliográficos existen también serias limitaciones en la mayoría de las instituciones. En contraste con lo anterior, el volumen promedio de matrículas en primer semestre es de 141 estudiantes, lo cual parece exagerado si se tienen en cuenta las limitaciones en la capacidad logística de la mayoría de las universidades.

Metodologías educativas inapropiadas

Otro aspecto que caracteriza a los programas de Ingeniería de Sistemas, y en general a las instituciones educativas, es la utilización de metodologías educativas muy tradicionales y poco efectivas, que generan poca motivación entre los estudiantes y que no conducen a un aprendizaje adecuado, ni a la generación de hábitos de estudio. Además de lo anterior, el uso de la tecnología informática para potenciar y hacer más efectivos los procesos de aprendizaje es muy bajo, lo cual es paradójico tratándose de los programas de Ingeniería de Sistemas (“en casa de herrero azadón de palo”).

“El modelo de producción masivo tiende a cambiar, y si esto se da en la producción, con mayor razón se debe dar en la educación. Las economías de escala que han buscado el rendimiento en términos de recursos o del tiempo, tienden a perder su valor. A todo un grupo de 40 o 50 estudiantes se les enseña lo mismo, sin consideraciones individuales, lo que hace que se tienda a nivelar por lo bajo. Los nuevos paradigmas apuntan a sacar más provecho de los individuos, y para ello su preparación debe registrar el tratamiento personalizado. Como no habrá suficientes de los profesores tradicionales para que cada alumno reciba la dosis de paternalismo usual para adulterarlo, se impone la construcción de nuevos paradigmas educativos. La ubicación física será cada vez menos importante, sobretodo para aquellas profesiones que trabajen en intangibles, lo que conllevará a la desescolarización de gran parte de las actividades”

4.3 Papel del ingeniero de sistemas

Papel y perfiles del ingeniero de sistemas en Colombia²⁴

Han ocurrido tantos cambios en la informática, que a veces pareciera que ya llevara muchos años de existencia. Sin embargo, es sorprendente volver a constatar que en Colombia la informática escasamente supera los 30 años. En efecto, el primer computador llegó a nuestro país hace un poco más de 30 años; y la profesión de Ingeniería de Sistemas en Colombia apenas si supera los 25 años.

Definitivamente, nuestra profesión es aún joven y como tal, es inestable, entusiasta, veleidosa y cambiante. Particularmente en estos últimos 5 años han sucedido tantos cambios, causados por enormes fuerzas comerciales, que muchos experimentamos una sensación de incertidumbre y de pérdida de control de nuestra profesión.

El ingeniero de sistemas trabaja en equipo con ingenieros y profesionales de otras disciplinas, en grupos interdisciplinarios para poder llevar a buen término su labor. Debe saber electrónica y redes de computadores, pues la mayor parte de los sistemas funcionan en red y es indispensable introducir en el diseño de los sistemas de información la topología de las redes que se usarán para optimizar el acceso a la información.

El campo de acción de los ingenieros de sistemas es muy amplio, pues todas las empresas basan su funcionamiento en un sistema de información que es el pilar sobre el que descansa la operatividad diaria de la misma.

Hoy día los sistemas penetran todas las actividades de nuestra vida, de modo que cada día se necesitan más ingenieros de sistemas a todos los niveles de las organizaciones. Muchas de estas ya han creado dentro de su organigrama una

²⁴ **Autores:** Jorge Eliécer Tarazona / Victor Manuel Toro

vicepresidencia de información.

Aportes que lo diferencian de otros programas del país.

El ingeniero es la figura clave del progreso material del mundo. Es la ingeniería lo que hace que los valores potenciales de la ciencia se vuelvan una realidad, al traducir el conocimiento científico en herramientas, recursos, energía y labor para ponerlas al servicio del hombre. El ingeniero necesita su imaginación para visualizar las necesidades de una sociedad y para apreciar lo que es posible, así como el entendimiento social científico y tecnológico, para hacer que su visión se vuelva realidad.

Ejercicio:

Al hablar del papel del Ingeniero de Sistemas, no sólo se están tocando aspectos netamente laborales, también se involucran directrices de comportamiento ético, directrices que regulan las relaciones entre el ingeniero y la sociedad, valores que debe poseer: valores individuales y profesionales.

Por esto invito a que investiguen y se apropien el código de ética establecido para el Ingeniero de Sistemas.

Además es conveniente que desarrollen la lecturas siguiente:

Ética y valores. Libro: Introducción a la ingeniería. Un enfoque a través del diseño. Pablo Grech. Bogotá: 2001. Pearson educación de Colombia – Prentice Hall. Primera edición. Página 54-68.

Reflexione acerca de la actividad. Saque conclusiones.

4.4 Proyección de la ingeniería de sistemas

Los paradigmas cambiantes, según Denning. En opinión de Denning las carreras de ingeniería, y particularmente la de sistemas están sufriendo un cambio de paradigma debido a las nuevas formas de concebir los siguientes aspectos:

- La profesión
- La universidad
- La educación
- La investigación
- El trabajo
- La innovación

Se presentan a continuación sus reflexiones con respecto a los cambios en la carrera que están siendo inducidos por esta nueva visión.

Con respecto a la profesión

“Actualmente, la mayoría de los ingenieros de sistemas ven su disciplina como el estudio de los fenómenos que rodean a los computadores. Para ellos, su

profesión la constituyen un conjunto de expertos que dedican su vida a resolver problemas de hardware y de software, para producir sistemas de información más rápidos, baratos y confiables.....pero la noción anterior entra en conflicto con nuestro conocimiento de otras profesiones. Pocos dirían, por ejemplo, que el Derecho estudia los fenómenos que tienen que ver con las leyes, sino más bien que los seres humanos están preocupados de vivir en sociedades ordenadas con gobiernos, constituciones y cortes... De la misma manera podemos decir que el proceso de registro, procesamiento y comunicación de información son partes de una preocupación de todos los seres humanos por una coordinación efectiva de su trabajo y acción. (teniendo en cuenta lo anterior) los profesionales de la computación son vistos ahora como personas que se ocupan de las preocupaciones de otras personas con respecto a esa área. Estas preocupaciones no se reducen al diseño de mejor hardware y software, sino que incluyen la instalación, configuración y mantenimiento de sistemas de computación en las organizaciones, los estándares para la comunicación e intercambio de información, la privacidad e integridad de las conversaciones, archivos y documentos, el contexto histórico de la computación y las comunicaciones, así como los valores compartidos por la gente que usa los computadores y las redes”.

“ (sin embargo) esas nuevas ideas no han afectado todavía nuestro currículo, nuestra enseñanza y nuestra forma de hacer los negocios”.

Con respecto a la universidad

“La universidad ya no es el único sitio en donde se puede tener acceso a librerías, computadores e instrumentos, pues las primeras pueden ser accedidas electrónicamente y a los segundos se puede llegar remotamente”.

“Similarmente, se está volviendo posible ofrecer enseñanza a través de canales de multimedios incluyendo la televisión interactiva, el video y aún el correo electrónico. En los años venideros, pocos estudiantes necesitarán venir al campus para interactuar con los profesores”.

“Los estudiantes no quieren prolongar su estadía en la universidad, sino que ven el diploma como un requisito para obtener un mejor trabajo. Cada vez más, creen que para ser más valiosos para sus empleadores necesitan menos teoría y más práctica. El número de estudiantes que trabajan durante sus estudios está aumentando”.

“Organizaciones privadas como Nintendo, Sony, Apple Computer y otras se están preparando para ofrecer servicios educativos que por la primera vez compiten directamente con los que ofrecen las universidades”

”Además de lo anterior, muchas firmas privadas están ofreciendo servicios educativos sobre las redes. Las universidades están empezando a tener

competencia, cosa a la que no estaban acostumbradas. Esto las fuerza a formular la educación como un servicio que debe establecer sus nichos del mercado y ofrecer un mejor valor”.

Con respecto a la educación

“La aproximación a la educación que utilizamos en la formación del ingeniero, está basada en una suposición implícita: que antes de que podamos tomar una acción efectiva, debemos tener un modelo preciso del mundo, el cual adquirimos a través del conocimiento. Por consiguiente, nuestra enseñanza está organizada como una presentación continua de hechos, procedimientos, métodos y modelos importantes que transferimos a los estudiantes como un subconjunto del cuerpo de conocimiento que constituye la disciplina. Nuestros currículos son especificaciones de esas presentaciones. Nuestros programas de investigación constituyen una búsqueda de nuevos hechos, leyes y modelos que puedan algún día manifestarse en el currículo”.

“Las anteriores suposiciones implícitas están perdiendo validez. El mundo cambia ahora muy rápidamente y es demasiado complejo para permitir una reflexión completa antes de la acción. La gente se ve forzada a la acción antes de que pueda entender completamente lo que está pasando. El deseo de actuar efectivamente en ese mundo es una exigencia de los estudiantes y empleadores. Los estudiantes aceptan la teoría sólo como un medio de extender su acción a otros dominios”.

“Lo anterior no significa que debamos reemplazar el conocimiento informacional con conocimiento para la acción, sino que debemos reconocer que existe una segunda clase de conocimiento además de los hechos, los procedimientos, las reglas y los modelos, la clase de conocimiento que sólo puede ser obtenido en la interacción con otros que ya lo tienen, y que incluye habilidades para escuchar, diseñar, preocuparse, persuadir, organizarse para aprender, para ser un profesional y aun para ser honesto”.

Con respecto a la investigación

“(Después de la segunda guerra mundial) se estableció un contrato social bajo el cual el gobierno pagaba a los investigadores para que se dedicaran a la investigación con el entendido de que se obtendrían beneficios substanciales para la sociedad en forma de seguridad, salud, y bienestar económico. Como consecuencia de esas intenciones del gobierno las universidades reestructuraron sus sistemas de recompensas alrededor del éxito en la investigación produciendo el popular sistema actual de ‘publique o muera’..... ”en el contexto de la búsqueda universal por la reputación en investigación, esto ha producido entre los profesores jóvenes un frenesí de publicación de artículos y una resistencia a gastar tiempo en dar clases”.... “alrededor de dos millones de artículos en ciencia

e ingeniería son publicados cada año por 72.000 revistas. La gran mayoría de esos artículos son leídos por máximo una centena de personas”

En las universidades se concibe la investigación como un proceso formal de generar nuevo conocimiento para agregar al acervo de conocimiento de la humanidad. Se considera la investigación como el primer paso en un proceso lineal que transforma ideas en productos. Según eso, después de la investigación vienen el desarrollo, la producción y el mercadeo. El flujo a través de ese proceso es lo que se denomina usualmente transferencia de tecnología. Como la creación de conocimiento se considera en las universidades más importante que su transferencia o aplicación, la investigación tiene un puesto más privilegiado que la docencia o los servicios en la mayoría de las universidades”.

”Se está gestando un descontento extendido y creciente con las concepciones anteriores. La relación entre mucho del trabajo que se hace en las universidades y las preocupaciones de la gente, las empresas o el sector público no son muy evidentes, ni para un observador externo ni para el investigador... Aquellos que financian la investigación están empezando a pedir que ella esté conectada con alguna preocupación real de largo plazo y que no sea simplemente el conocimiento por el conocimiento”.

“La investigación está empezando a ser vista como la anticipación de ciencia y tecnología que pueda ser útil en el mundo que nos preocupa”.

Con respecto a la innovación

“Por tradición le damos mucha importancia a la innovación. Nuestra visión actual es que ella consiste en la introducción de una nueva máquina o procedimiento que hace que un conjunto de acciones sea más eficiente. La innovación es concebida como el trabajo de personas especialmente dotadas. Uno de los trabajos del administrador de tecnología es el de encontrar gente creativa y de involucrarla en los procesos tecnológicos. Según lo anterior, sólo unos pocos son capaces de generar innovaciones y sólo unas pocas de estas pueden llevarse al mercado”.

“La realidad de las organizaciones que aprenden y que están haciendo permanentemente mejoras en sus productos y ganando reputación de innovadoras contradice la concepción anterior...Ejemplos de innovaciones son los restaurantes de comida rápida, las colas únicas en los bancos, el reemplazo de la regla de cálculo por la calculadora y la puesta de órdenes por fax. Esto nos lleva a una nueva concepción de la innovación como un cambio en las prácticas estándar de una comunidad que le ayuda a realizar sus propósitos más efectivamente.... Un innovador es una persona u organización que articula un cambio, ofrece los medios para realizarlo y moviliza a la gente para que adopte la nueva práctica. La innovación es un fenómeno organizacional, no sólo individual”.

Con respecto al trabajo

“Nuestra concepción de la educación está influenciada por nuestra concepción del trabajo. Nuestra visión tradicional de este es que está constituido por un conjunto de tareas por medio de las cuales un conjunto de personas cumple un objetivo. Además, que el trabajo puede ser optimizado reduciendo el número de movimientos y etapas, y que la productividad puede ser aumentada si hay menos pasos. Las tareas son planeadas, especificadas y supervisadas por los administradores”.

“Un nuevo entendimiento de tipo lingüístico está empezando a surgir. El trabajo es un proceso por medio del cual un agente completa una acción que conduce a la satisfacción de un requerimiento de un cliente... El trabajo puede incluir movimientos, pero muchos requerimientos son satisfechos sin necesidad de que este exista (por ejemplo cerrar un negocio). Muchas tareas son realizadas a través de conversaciones telefónicas, fax o correo electrónico”.

“Un punto importante de lo anterior es que muchos opinan que el trabajo efectivo comprende dimensiones más amplias que la realización de tareas eficientes”.

“Muchas de las habilidades que le faltan a nuestros estudiantes son en el área de comunicación y colaboración más que en aspectos técnicos, y el adquirirlas les permitirá desempeñarse mejor en su nuevo trabajo, entendido este en la concepción que acabamos de mostrar”.

Actividad final de refuerzo:

¿La lectura y aprehensión de la temática de este capítulo logró despejar algunos interrogantes que pudiera tener en torno al papel del ingeniero de sistemas?

¿Cuáles?

Con respecto a las preguntas que contestó al principio del capítulo, ¿cambió en algo su respuesta después de haber abordado el tema?. ¿En qué.

Explique sus respuestas.

Por último: Para reflexionar:

A lo largo del módulo, en varias partes, se ha hablado de la Ingeniería de Sistemas como ciencia. Dé suficientes razones para refutar esta afirmación o para negarla.

Analice y argumente.

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería-ACOFI. Actualización y Modernización curricular en Ingeniería de Sistemas. ACOFI-ICFES. Bogotá, Marzo 9 de 1996.
- BEEKMAN, George (1995). *Computación & Informática. Una mirada a la tecnología del mañana*. Estados Unidos: Addison Wesley Iberoamericana.
- BERTALANFFY, Ludwig Von (1994). *Teoría General de Sistemas*. Santafé de Bogotá: Fondo de Cultura Económica.
- BLANCHARD, Benjamin S (1993). *Administración de la Ingeniería de Sistemas. Primera edición*. México: Grupo Noriega Editores. Alfaomega Rama.
- CAMACHO, Luz Amanda (1996). *Teoría General de Sistemas*. Santafé de Bogotá: Editorial Unisur.
- CAÑAVERAL ROJAS, Jorge (2002). *Introducción a la Ingeniería de Sistemas. Guía de Estudio*. Santafé de Bogotá: Editorial UNAD.
- CORREDOR MONTAGUT, Martha Vitalia (2000). *Principios de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander UIS.
- CHECKLAND, Peter (2004). *Pensamiento de sistemas, práctica de sistemas*. México: Limusa - Noriega Editores.
- DELGADO, Alberto (1999). *Elementos de informática y Computadores*. Santa Fe de Bogotá: Ecoe Ediciones,
- F.H, George(1968). *Cibernética y biología*. Madrid: Editorial Alambra, S.A. Primera edición.
- GENOVA, Miguel y GUZMÁN, José (1991). *Introducción a la Ingeniería de Sistemas*. Venezuela: Universidad Nacional Abierta.
- GRECH M, Pablo (2001). *Introducción a la Ingeniería. Un enfoque a través del diseño*. Bogotá: Prentice Hall.
- JOHANSEN, Oscar (2004). *Introducción a la teoría general de sistemas*. México: Limusa – Noriega Editores.
- NORTON, Peter (2000). *Introducción a la computación*. México: Mc Graw Hill. Tercera edición.

PRESSMAN, Roger S (2002). *Ingeniería del software. Un enfoque práctico*. Madrid: Mc Graw Hill. Quinta edición.

PRIETO ESPINOSA, Alberto, LLORIS RUIZ, Antonio y TORRES CANTERO, Juan Carlos (2002). *Introducción a la Informática*. Madrid: Editorial Mc Graw Hill.

SANDERS, Donald H (1985). *Informática presente y futuro*. México: Editorial Mc Graw Hill.

VAN GIGCH, JOHN P (2000). *Teoría general de Sistemas*. México: Trillas.

WILSON, Brian (1993). *Sistemas: Concepto, metodología y aplicaciones*. México: Grupo Noriega Editores.

DIRECCIONES WEB

<http://usuarios.lycos.es/javica/Apunte%202.htm>

<http://sitio.acis.org.co/Paginas/publicaciones/libros.html>

<http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/0/352C34C2B09A4435C1256E9A0059FCA6?OpenDocument>

<http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/0/DFBF3CD3E65BB78AC1256E5900531CD8?OpenDocument>

<http://www.iasvirtual.net/queessis.htm>

<http://www.daedalus.es/AreasISIIngenieria-E.php>

<http://members.lycos.co.uk/edalfon/situacion/historia.htm>

<http://www.monografias.com/trabajos14/informatic/informatic.shtml>

<http://www.monografias.com/trabajos13/ingesist/ingesist.shtml>

<http://robotica.uv.es/Libro/Indice.html>

<http://www-etsi2.ugr.es/alumnos/mlii/index.html>

<http://www.dlsi.ua.es/~marco/himc/programa.html#Programa>
www.flytech.es

www.pasarlascanutas.com

www.todoteleco.com

www.todoexpertos.com

www.fluke.com

www.anixter.com

www.somser.com

www.elguille.info

www.lawebdelprogramador.com