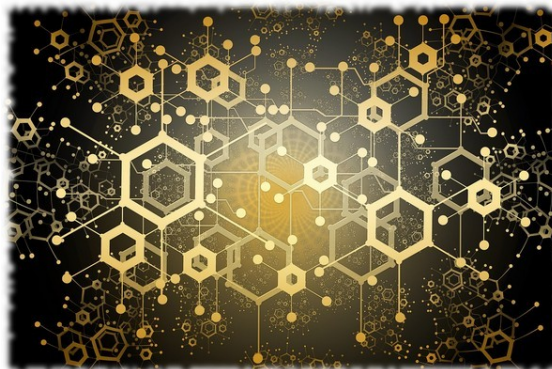


# Sistemas

## 1. Sistemas, sistemas y más sistemas

Estamos acostumbrados escuchar y decir que...

- se activó el *sistema* de alarma,
- el *sistema* defensivo del equipo de fútbol puede mejorar,
- el *sistema* nervioso es en extremo complejo,
- ese *sistema* de ecuaciones es muy complejo,
- un *sistema* operativo? prefiero Linux,
- ... *lo siento, ise cayó el sistema!*
- ... cada semana se entrena *sistemáticamente* y está progresando
- ... es muy creativo, inventó su propio *sistema* para estudiar y divertirse a la vez
- invertir en el *sistema* educativo es lo que mejor podemos hacer por nuestros jóvenes y niños



Por lo menos, **sistema** parece tener vincularse con muchas cosas: las frases anteriores refieren a situaciones de lo más disímiles.

La historia de este concepto hunde sus raíces en la misma historia del pensamiento, aunque sus conexiones y significados más cercanos a nuestra materia tienen su origen a principios del siglo XX como respuesta al enfoque científico analítico y a los avances tecnológicos y a la integración de disciplinas de diferentes campos.

El enfoque de sistemas es un modo de interpretar problemas y situaciones descubiertos en diversos campos del conocimiento, así como una herramienta de diseño de sistemas de información y proyectos en general.

Los párrafos anteriores explican el por qué de este apunte, que reúne parte de la historia de la idea de *sistema*, su conexión con otras disciplinas, conceptos relacionados, los aspectos comunes a cualquier sistema y los principios que rigen su funcionamiento.

Mg. Ricardo P. Salvador

## Sumario

1. Sistemas, sistemas y más sistemas.....	1
2. Todo tiene su historia.....	3
2.1 Enfoque de sistemas, análisis de sistemas y Teoría General de Sistemas.....	4
2.2 Tres momentos de la aplicación de las ideas sobre sistemas.....	4
3. ¿Pero, qué es un sistema?.....	5
3.1 A propósito de los objetivos... de los sistemas.....	6
4. Por qué es importante para nosotros el concepto de <i>sistema</i> .....	6
5. Una crítica de 50 años que los "algoritmos" y la inteligencia artificial mantienen vigente.....	7
6. Si hablamos de sistemas, hay variedad para todos los gustos.....	8
6.1 Una mención especial a los <i>sistemas automatizados</i> .....	9
7. Características o componentes de los sistemas.....	10
8. Sistemas de información.....	13
8.1 Clases de sistemas de información.....	13
8.2 Principios de los sistemas de información.....	14
9. Un caso (muy) cercano visto como sistema.....	15
10. Conclusión.....	16
11. Bibliografía.....	17
12. Ilustraciones.....	18
13. Glosario.....	19
14. Anexo 1: Teoría General de Sistemas.....	21

## 2. Todo tiene su historia

Hasta mediados del siglo XX, el pensamiento científico clásico<sup>1</sup>, fue dominado por las corrientes *reduccionista* y *positivista*: para estudiar un fenómeno se lo aislaba y desagregaba en sus partes constitutivas (como una disección) con la esperanza de poder entenderlo y construir modelos que los representen.



# “SACA” “ASCA” “CASA”

están formadas por las mismas partes (las mismas letras), pero según cómo se organizan esas partes *ison* cosas muy distintas! Y de acuerdo al contexto donde las leamos, también son diferentes: por ejemplo, “una persona se *casa*” o “te espera en su *casa*”

Sin embargo, este modo de ver las cosas tiene limitaciones: para comprender un fenómeno no alcanza sólo con conocer cuáles son sus *componentes* sino las *relaciones* existentes entre ellos y en qué contexto se hallan:

- la interacción enzimática en una célula, cómo es el medio interno, y no sólo sus organelas,
- los procesos mentales y no solo las conductas observables
- las relaciones interpersonales dentro de un grupo de alumnos y no sólo cuántos y cómo son esos alumnos individualmente
- no es lo mismo cuatro sillas y una mesa, que un juego de comedor
- ni es lo mismo 15 personas y un colectivo, que un colectivo que lleva 10 chicos a la escuela y otras 5 personas a diferentes destinos; o si uno de estos 5 es un inspector del servicio, o si los alumnos se conocen, o no. Todas situaciones diferentes, donde participan 15 personas y un colectivo.

Como respuesta a estas limitaciones, surge un enfoque que, para estudiar un fenómeno, considera tanto sus componentes como la influencia mútua en sí y con el medio en que lo contiene. Este enfoque se denominó *enfoque sistémico*.

Este enfoque reconoce una serie de fenómenos comunes a distintos campos del conocimiento. Por ejemplo, energía, flujo, ciclo, realimentación, interacción, jerarquía y equilibrio son conceptos que forman parte de numerosos campos de conocimiento como la Biología, la Astronomía y la Economía.

El reconocimiento de esos fenómenos en común tuvo lugar a partir de: *a)* la filosofía biológica de Ludwig von Bertalanffy , *b)* la teoría de la información y las comunicaciones ,

1 léase: el modo *autorizado* u *oficial* de ver y analizar el mundo en toda su amplitud de fenómenos

c) la cibernética, d) la investigación operativa, o teoría de la toma de decisiones y e) la teoría de juegos (estos conceptos están brevemente explicados en el *Glosario*).

El enfoque sistémico, entonces, surge a partir de insuficiencias del enfoque reduccionista-analítico como método científico, que al centrar la atención en los detalles, resta énfasis al punto de vista global, de conjunto, aspecto esencial del enfoque de sistemas.

La siguiente tabla compara ambos enfoques con más detalle:

	<b>Enfoque Analítico</b>	<b>Enfoque Sistémico</b>
Se centra en...	las partes de un fenómeno	las interacciones entre las partes
Estudia...	cómo son las interacciones entre las partes	Qué efectos tienen las interacciones
Se preocupa por...	La precisión de los detalles	La percepción global del fenómeno
Los hechos se validan por...	Experimentos de acuerdo a una teoría	Comparación del funcionamiento del modelo con la realidad
Construye modelos...	precisos y detallados, pero poco prácticos	Utilizables para la acción y la toma de decisiones
Abordaje del conocimiento...	Por disciplinas (materias), y en forma programada en detalle	Multidisciplinar, guiada por objetivos

## 2.1 Enfoque de sistemas, análisis de sistemas y Teoría General de Sistemas

Una de las carreras de nivel superior más difundidas es el *análisis de sistemas*, una metodología para estudiar sistemas, optimizarlos y automatizarlos (por ejemplo, el sistema de alumnado *CILS*). A menudo confundido con *enfoque sistémico*, el análisis de sistemas se origina a partir de éste. Recordemos que el enfoque sistémico, es una forma de estudiar fenómenos, que considera tanto sus componentes como la influencia mútua en sí y con el medio en que se halla.

También suele haber confusión entre *enfoque* y *Teoría General de Sistemas*, teoría cuyo objetivo era establecer un lenguaje matemático para describir los sistemas existentes en su conjunto, a la vez que definir un nuevo paradigma científico; en cambio, el enfoque de sistemas no tiene un cometido tan universal ni riguroso, y en su esencia es una metodología de estudio (de los analistas).

## 2.2 Tres momentos de la aplicación de las ideas sobre sistemas

- En los años '40, se aplicaron al estudio de los seres vivos principios de control y regulación de las máquinas.

- En los años '50, conceptos más asociados a los organismos (memoria, reconocimiento de formas, adaptación, aprendizaje) comenzaron a aplicarse en el mundo de las máquinas intentando simular con éstas el comportamiento de los seres vivos. En esta época surgen las nociones básicas de las actuales redes neuronales.
- en los años '60 las ideas sobre sistemas trascienden la biología y la tecnología de las máquinas y se aplican en el estudio de las empresas, la ecología y la sociedad. La aplicación al estudio de las actividades humanas en general es la faceta más criticada del enfoque de sistemas. En los años '70 Jay Forrester elaboró por encargo del Club de Roma "modelos del mundo" a fin de realizar predicciones sobre población, recursos naturales, contaminación y calidad de vida, (entre otros aspectos). Estos modelos fueron ampliamente criticados tanto desde el punto de vista científico, como del político y de sus objetivos; ya que entre otras cosas, por regla general un modelo refleja el punto de vista del modelador, y no exactamente la realidad.

### 3. ¿Pero, qué es un sistema?



El Diccionario de la Real Academia Española aporta dos definiciones generales:

*“Conjunto de reglas o principios sobre una materia racionalmente enlazados entre sí”*

*“Conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto”*

Otra definición, más específica del campo de los sistemas es “un conjuntos de elementos que guardan estrechas relaciones entre sí, que los mantienen directa o indirectamente unidos de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo” (Torres-Soler).

Lo que queda claro es que un sistema, implica

- una totalidad, formada por
- componentes
- relaciones, influencia o dependencia entre sí
- con algún tipo de objetivo

Si se piensa lo anterior, cualquier cosa puede ser considerada un sistema. Y si tenemos en cuenta los objetivos del enfoque sistémico, considerar sistemas a las cosas tiene sentido

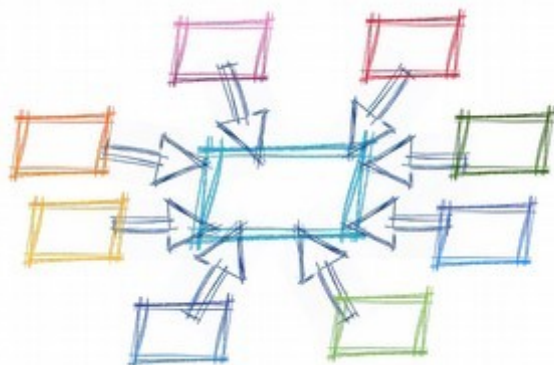


en tanto pueden construirse modelos de las mismas para su estudio y producción científica y tecnológica.

Hoy, después de unos 60 o 70 años del nacimiento de estas ideas, tenemos numerosos ejemplos de aplicaciones de *inteligencia artificial*, que comandan coches autónomos, contestan nuestras preguntas mediante un *chatbot*, o reformulan los menús de aplicaciones de nuestro celular para ofrecernos primero las que más usamos.

### 3.1 A propósito de los objetivos... de los sistemas

El último punto (“con algún tipo de objetivo”) es comprensible en cuanto a un artefacto, producto, objeto o dispositivo *diseñados con un objetivo* manifiesto: un libro, el estatuto de un club, un teléfono móvil, un torneo deportivo. Pero cambia nuestra tarea si consideramos, por ejemplo, una rana (¿cuál es su objetivo?), la lava volcánica, o un monte de espinillos en la isla el Charigüé, frente a nuestra ciudad. Es importante aclarar esto, porque al analizar sistémicamente cualquier situación conocer el/los objetivo/s (y si puede decirse que lo tiene) es crucial: ¿qué señalaríamos como esencial de un equipo de fútbol si suponemos que su objetivo primordial es la excelencia deportiva? ¿qué señalaríamos si supusiéramos, en cambio, que el objetivo es el lucro?



### 4. Por qué es importante para nosotros el concepto de *sistema*

La aparición de nuevas carreras y profesiones tiene que ver con la tecnología: a las máquinas se suma la electrónica analógica, a ésta, la electrónica digital, después los sistemas de información, la inteligencia artificial... formando un conjunto con que involucra disciplinas de diversos campos, entre los que además de las ingenierías, también se cuentan las ciencias sociales, jurídicas, y el diseño.



Por ejemplo, algunos dispositivos catalogados como máquinas (una automóvil o una radio), al momento en que surgió la teoría de sistemas, requerían de la competencia de personal capacitado en un campo especializado (mecánica, electrónica) <sup>2</sup>. Pero en otros casos, Bertalanffy cita el caso de proyectiles o vehículos espaciales, es necesaria la intervención

<sup>2</sup> Hay que considerar que la tecnología al día de hoy hace imposible la comparación con un auto actual, por ejemplo, en el que convergen más disciplinas y tecnologías, como el diseño, la electrónica, la ergonomía, y la mecánica

de tecnologías heterogéneas: mecánica, electrónica, química, diseño, relación hombre-máquina, finanzas, economía, impacto político. Podemos pensar en el caso de la planta productora de pasta de papel instalada sobre el río Uruguay, que lejos de ser un problema de una industria en particular (con toda su complejidad intrínseca), su viabilidad estuvo influida por conflictos sociopolíticos de nivel local e internacional, dependiendo de largas negociaciones (y conflictos) entre las empresas y los gobiernos locales y nacionales implicados (argentino y uruguayo).

La gestión de estos sistemas complejos hizo necesario

1. un enfoque propio (el enfoque sistémico) que para un objetivo dado provea los medios para alcanzarlo,
2. profesionales o especialistas
3. técnicas específicas de trabajo
4. Hardware y Software

## **5. Una crítica de 50 años que los "algoritmos" y la inteligencia artificial mantienen vigente.**

Bertalanffy cita al psicoterapeuta Ruesch, que en 1967 acusó al "nuevo mundo cibernético" al que no le importa la gente sino los 'sistemas'; para el que el hombre se vuelve reemplazable y gastable"; y a Boguslaw (1965) quien destacaba que para los más entusiastas de la ingeniería de sistemas, justamente el "elemento humano", en un sistema, era el componente menos confiable (hoy en día es común el término "factor humano", usado para explicar que una falla en un sistema dependió del hombre y no del dispositivo).



La crítica apunta a la posibilidad de que si el humano es el factor menos confiable, la optimización de un sistema pasaría por reemplazarlo por "hardware de computadoras" (el término es tomado literalmente, hoy pensemos en los robots, asistentes virtuales en una página web, o los cajeros "automáticos") o hacer al hombre más "confiable": mecanizado, conformista, controlable y estandarizado.

Estos últimos párrafos tienen una notable vigencia hoy día y tomar conciencia de ese aspecto de los sistemas no deja de interpelarnos acerca de quiénes y cómo somos en este mundo tecnológico actual, así como cuáles son los límites de nuestra libertad, identidad y privacidad.

## 6. Si hablamos de sistemas, hay variedad para todos los gustos

1. según su entitividad los sistemas pueden ser

- a. *reales*: existen independientemente del observador, de alguien que los descubra y conozca; por ejemplo un ser vivo.
- b. *ideales*: son construcciones simbólicas, tales como la lógica y las matemáticas
- c. *modelos*: los modelos son abstracciones de la realidad, combinando conceptos con características concretas de objetos; por ejemplo, la representación del funcionamiento de una red social determinada.



2. de acuerdo al grado de aislamiento respecto del ambiente, así como del tipo de intercambio que realizan con el mismo, los sistemas pueden ser

- a. *cerrados*: no experimentan intercambios hacia o desde el ambiente; el término "cerrado" también se aplica a sistemas que se comportan en forma fija, rítmica o sin variaciones
- b. *abiertos*: intercambian con el ambiente energía, materia y/o información, característica típica de los seres vivos.

3. según su origen, pueden ser a. *naturales*, o b. *artificiales*, si su estructuración depende o no de otros sistemas.

- a. Los *sistemas naturales* también se definen como no hechos por el hombre y se clasifican en
  - *físicos*: galaxias, ríos, cordilleras, organizaciones de átomos
  - *vivientes*: desde individuos, manadas, tribus y grupos sociales, hasta organizaciones y naciones
- b. Los *sistemas artificiales*, en contrapartida, son los hechos por el hombre: contruados, organizados y mantenidos por el hombre, se consideran en esta clase, *por ejemplo*, organizaciones, leyes, doctrinas, costumbres, convenciones, sistemas de transporte, de comunicación, de manufactura, y sistemas financieros. Los ejemplos anteriores pueden ser *automatizados*, parcial o totalmente, una subclase que tiene mucho que ver con los sistemas.



## 6.1 Una mención especial a los *sistemas automatizados*



Son los hechos por el hombre, e interactúan con computadoras o son controlados por éstas. ¿Qué tan amplia es la variedad de sistemas automatizados? Es imposible señalarlo aquí, aunque sí conocemos, usamos, palpamos y sufrimos sistemas de este tipo, funcionando o haciendo

funcionar prácticamente casi todas nuestras actividades cotidianas. En general tienen en común la interacción de los siguientes aspectos: 1. hardware, 2. software, 3. personas (administradores y usuarios del sistema), 4. datos que utiliza y datos que genera el sistema, 5. procedimientos y reglas de funcionamiento del mismo.

Existen **grandes clases de sistemas automatizados**, no excluyentes entre sí:

- a. *sistemas en línea*, en los que el acceso a recursos se hace en forma remota; esta idea hoy es lo corriente, si pensamos en toda gama de actividades y servicios que utilizan la infraestructura de Internet, desde la gestión bancaria personal hasta las operaciones de bolsa; sin embargo en los años 70-80, cuando se escriben una buena parte de la bibliografía sobre sistemas, los sistemas con acceso remoto eran sólo tema de grandes organizaciones como gobiernos, universidades y empresas, siendo lo usual los sistemas "fuera de línea" en referencia a que el transporte de información se realizaba utilizando medios físicos de almacenamiento: cintas perforadas de papel o magnéticas, cassettes, discos flexibles (disquetes), discos ópticos compactos (CD).
- b. *sistemas en tiempo real*: se definen como los sistemas que proporcionan una retroalimentación o feedback con una velocidad tal que se esa respuesta se considera inmediata, como es el caso de los cajeros automáticos que expenden dinero en efectivo y permiten otras operaciones bancarias. También son sistemas en tiempo real aquellos que controlan maquinarias, procesos industriales y cómo no, los automóviles autónomos!
- c. *sistemas de apoyo a la toma de decisiones*: estos sistemas, a los efectos de proporcionar información útil para tomar decisiones, utilizan datos, probablemente grandes volúmenes, los exhiben, analizan matemática y estadísticamente y los presentan de diversas maneras, como informes convencionales a la vez que en forma gráfica. Un ejemplo cercano a nosotros, citado en por la bibliografía clásica sobre sistemas, son las gráficas de hoja de cálculo: sintetizan grandes volúmenes de datos en representaciones gráficas de fácil comprensión y de lectura rápida.

d. *sistemas basados en el conocimiento o sistemas "expertos"*: este concepto, surgido en los años 60 como una rama de la inteligencia artificial, refiere a software que pudiera realizar tareas similares al pensamiento humano, al menos parcialmente; utilizando un cúmulo de información relativa a una disciplina, y aplicando reglas específicas sobre esa información (generalmente un gran volumen de información) logran desempeños o respuestas similares a lo que realizaría un experto (humano) en ese campo. Los sistemas expertos se usaron como "asistentes" en la solución de problemas; por ejemplo, en medicina se utilizan como ayuda para realizar diagnósticos en que la información científica es extensa.

Vale detenerse en *algunos conceptos relacionados con el de sistema experto*: *algoritmo, machine learning, inteligencia artificial, robots, chatbots*. Estos términos están cada vez más presentes en las noticias y nuestra vida cotidiana. Hacen referencia a la automatización de operaciones y procedimientos cada vez más complejos, acercándose, superando las facultades intelectuales humanas, siendo impensados algunos años atrás, tal como la conducción automática de los vehículos autónomos y la traducción automática en tiempo real (si, mientras uno habla en un idioma, otros escuchan en otro).

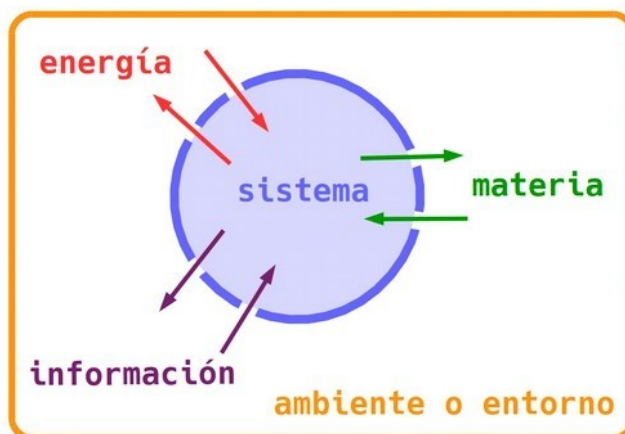
## 7. Características o componentes de los sistemas



*¿Para qué?* Como se ha visto en secciones anteriores de este apunte, el concepto de *sistema* tiene una amplitud y grado de generalización lo hacer aplicable a todos los fenómenos conocidos, relativos al campo de la naturaleza, los seres vivos, los objetos inertes, las invenciones y organizaciones humanas y sociales. En nuestra materia, *Informática*, la noción de sistema que más se ajusta a los contenidos desarrollados es la relativa a sistemas

organizacionales, que son sistemas creados por el hombre y tienen un una *finalidad* u *objetivo*, que dan sentido a su existencia y en función de esa finalidad se organizan los demás componentes. En cambio, en los sistemas naturales, ¿podría decirse que tienen un objetivo o finalidad? Los seres vivos tienen de comportamiento, los fenómenos atmosféricos se rigen por leyes de la física, y en ambos casos pueden preverse con alguna precisión qué ocurrirá en un momento futuro con el comportamiento un ser vivo o el estado del clima, pero no de la misma manera que lo haríamos con un dispositivo construido por el hombre o con el sistema administrativo de la escuela. Entonces, la **finalidad** u **objetivo** es la razón por la existe un sistema organizacional (y los artificiales en general), y son determinados por quienes diseñan y dirigen esas organizaciones.

**Poniendo límites...** Una escuela, por ejemplo, interactúa con su entorno geográfico, administrativo, político, social, utilizando información de ese entorno, brindando educación a alumnos que provienen del mismo, cumpliendo normas educativas, fiscales y de convivencia, otorgándole calificando a sus egresados para determinados desempeños en la vida social... Lo anterior implica un intercambio de información, bienes, servicios con ese **entorno** o **ambiente**, que está formado por las entidades que participan en ese intercambio. Si un sistema interactúa con su entorno, es un sistema *abierto*. En caso contrario, sería un sistema *cerrado*. ¿Podemos imaginar un sistema *cerrado*?



**Entradas, procesos, salidas** (les recuerda en algo a las computadoras?). Al hablar de entorno o ambiente con el que hay un intercambio de información, materia, energía, bienes, servicios. Por ejemplo, puede ingresar a la escuela información sobre

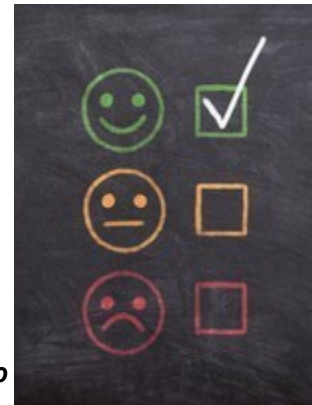
los alumnos que es utilizada en estadísticas e informes que se remiten a otras dependencias de la Universidad u otras autoridades educativas; la Escuela consume energía eléctrica transformándola en iluminación y en el funcionamiento de computadoras, ventiladores y otros artefactos; insumos para el mantenimiento y la limpieza que una vez utilizados son desechados en forma de residuos; sin olvidarnos de las normas jurídicas que rigen su funcionamiento.

A la información, la energía, los insumos y las normas jurídicas podemos clasificarlas como **entradas** del sistema, ya que provienen del ambiente.

A las estadísticas e informes que produce sobre los alumnos, la información laboral sobre los docentes, los residuos que se generan, podríamos agruparlos en una categoría de **salidas**, ya que son producidos dentro del sistema *escuela* y son enviados al entorno o ambiente.

Cómo las *entradas* se transforman en *salidas*, se explica con un último concepto, los **procesos**, es decir lo que ocurre para que la información de los alumnos de lugar a estadísticas al final del año, las decisiones que se toman considerando las normas jurídicas, y los insumos se transformen en desechos. *Proceso* nos remite a proceso de fabricación, proceso evolutivo, proceso jurídico, proceso histórico, proceso político, que se tratan de fases sucesivas de un fenómeno, o secuencia de acciones realizadas para arribar a un fin.

**¡Alcance sus objetivos!** Cuando se realiza un viaje en auto, la experiencia tiene mayores posibilidades de lograr el objetivo (llegar, por caso) si se realiza dentro de ciertas expectativas y reglas, por ejemplo ajustar la velocidad a la indicada por una señal o detener el auto ante un semáforo en rojo. Es de esperar que si no se respetan (velocidad máxima, sentido de circulación, semáforos), aumenten los inconvenientes, multas, llamados de atención de las autoridades, incluso, no llegar... Este es un ejemplo en que pueden identificarse los conceptos de **retroalimentación**, **control** y **desempeño estándar**. Un dispositivo de control, en un sistema (el auto), recibe información (km/h) sobre un aspecto del mismo (la velocidad), y confronta esa información con el **desempeño estándar** (cuál debería ser la velocidad en ese momento según la señalización): si la **retroalimentación** (exceso de velocidad respecto de las indicaciones viales) indica un desvío o exceso respecto del **desempeño estándar** (la velocidad indicada por las señales), el sistema puede tener dificultades para alcanzar su objetivo. Por lo tanto, el sistema se adapta para desempeñarse dentro de los límites estándares. Algo similar ocurre cuando practicamos una actividad física: si entrenamos menos, nuestro desempeño será deficiente, y si entrenamos demás o nos esforzamos más allá de nuestra capacidad, tal vez también será deficiente nuestro desempeño, al exponernos a lesiones.

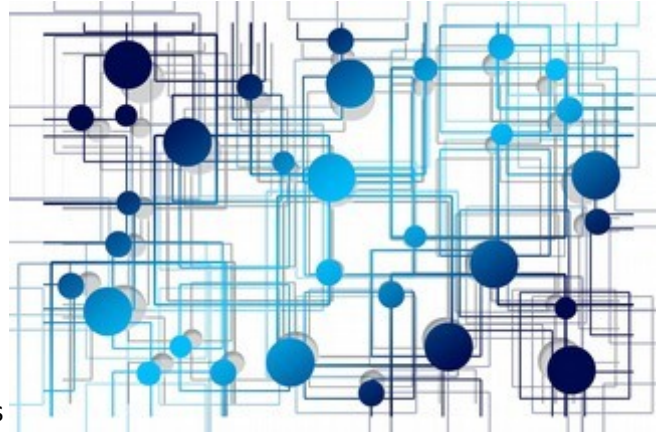


**Mamushkas dentro de mamushkas.** Los componentes de un sistema A, considerados individualmente, son también sistemas, y en relación al sistema a, podrían calificarse de sub-sistemas; a su vez, en su interior pueden identificarse también sub-sistemas. Lo anterior podría decirse de esta manera: un sistema está formado por varios niveles de sub-sistemas y a su vez se encuentra en el interior de uno o más supra-sistemas. Por ejemplo, desde un punto de vista biológico, en un individuo pueden identificarse **subsistemas** (digestivo, nervioso, locomotor, respiratorio, endocrino) formados a su vez por **subsistemas** (tejidos conectivo, muscular, epitelial, nervioso, etc.). Y también un individuo es parte de un **suprasistema**, la población de que forma parte, y ésta a su vez, es un componente de otro **suprasistema**, el ecosistema.



## 8. Sistemas de información

Las características de los sistemas, expuestas más arriba, son generales, pueden utilizarse para analizar cualquier sistema, más allá de las particularidades de cada uno, y sin dejarlas de lado. Esta flexibilidad es lo que hace útil este marco de referencia para aplicar en organizaciones y en el diseño de sistemas de información (organizacionales).



Recordando la clasificación de los sistemas automatizados, de entre sus tipologías es tácita la idea de “sistema de información”; esta clase de sistema es parte fundamental del funcionamiento de las organizaciones produciendo información útil procesando la que proporciona el entorno y la que se genera al interior de una organización por ejemplo, para asistir la toma de decisiones.

La clasificación y los principios siguientes están enfocados, entonces, en los sistemas de información y las organizaciones.

### 8.1 Clases de sistemas de información

#### 1. *para procesar transacciones*

automatizan y realizan con rapidez y exactitud procedimientos manuales que involucran cálculos, clasificación, ordenamiento, almacenamiento, recuperación y síntesis de información. Se trata de procedimientos rutinarios y que se dan en gran número, como la facturación o las operaciones típicas de cajeros automáticos.

**1.1 sistemas de automatización de oficinas:** brindan apoyo a usuarios que trabajan con datos para analizarlos y procesarlos; son parte de esta clase de sistemas el procesamiento de palabras, las hojas de cálculo, el diseño gráfico digital, la planificación electrónica y la comunicación por correo electrónico, teleconferencias y otros tipos de mensajería electrónica.

**2. de información administrativa:** brindan información para ser utilizada en procesos administrativos de decisión, basados en información obtenida del tipo anterior. Estos procesos de decisión se aplican a situaciones que ocurren con regularidad, previsible como decidir qué mesas de examen se realizarán en función de la cantidad de alumnos hay para rendir en diciembre.



3. *para el soporte de decisiones*: Hay cierto tipo de decisiones que se presentan de manera irregular o rara vez, en condiciones usualmente diferentes. En estos casos no pueden anticiparse procedimientos ni qué información se necesita para dicha decisión. Entonces, definir la estrategia para arribar a una buena decisión, definir qué información es necesaria, cómo obtenerla dependen del criterio del responsable a cargo; así, el factor humano es más importante en este caso en que los sistemas de soporte de decisiones ayudan pero no lo condicionan ni reemplazan.

## 8.2 Principios de los sistemas de información

Existe una serie de principios que se verifican en la mayoría de los sistemas. A continuación se explican los relativos a los sistemas de información, seguidos de otros formulados para un espectro más amplio de sistemas.

1. ***Cuanto más especializado sea un sistema..., será menos capaz de adaptarse a nuevas circunstancias.*** Es un principio fácil de observar en seres vivos, por ejemplo en las adaptaciones a un ambiente: las branquias de los peces permiten su supervivencia en un medio acuático pero no en el aéreo-terrestre. Pero también se cumple en el contexto tecnológico: Steve Jobs tenía como lema que el software de cada producto de Apple debía ser especialmente diseñado de acuerdo a las características del hardware en que funcionaría, para hacerlo de modo óptimo; mientras que los drivers de hardware para instalar Linux Ubuntu son desarrollados para que funcionen en un rango muy amplio de hardware, a costa muchas veces de perder eficiencia.
2. La organización de un recital para 50.000 personas (de los que solemos tener en la ciudad de Rosario) demanda más tiempo, recursos humanos, materiales y logísticos que uno para 1.500 personas en un teatro o para 100 en una vecinal. Es un caso del principio ***cuanto mayor sea un sistema, mayor es el número de recursos que deben dedicarse al mismo.*** También necesitan distintas cantidades de combustible un tractor y una moto.
3. ***Los sistemas forman parte de sistemas mayores y pueden dividirse en sistemas menores.*** Una novela se compone de capítulos, cada uno de los cuales tiene una identidad propia, y tiene un lugar en la trama, que no sería la misma si falta uno y otro capítulo. Al mismo tiempo la novela forma parte de la obra de un escritor, y puede agruparse con otras obras del mismo género literario. Así como el Centro de Estudiantes está compuesto por una comisión directiva y delegados, y "hacia arriba" puede formar parte de una federación de centros de estudiantes.
4. ¿Crecer es el destino obligado de todo lo que existe? Seguramente ya están pensando no, y recordando un sinnúmero de excepciones. En un recorte que se enfoca en el mundo de los sistemas de información y el software, *todos los sistemas crecen* es un

principio universal. Constantemente se genera información producto de todo tipo de transacciones, en cada versión el software incorpora líneas de código, que necesita dispositivos con cada vez más capacidad de almacenamiento (las copias de respaldo que antaño se hacían disquetes hoy se hacen en DVD's, cada nueva versión de sistema operativo demanda celulares con más RAM y almacenamiento que los anteriores). **Los sistemas crecen**. Incluso en el mundo del hardware, podemos pensar que no crecen, se *achican*, al mismo tiempo que crecen: mientras las dimensiones de los dispositivos es cada vez menor por la tecnología, crecen las prestaciones: velocidad, capacidad, funciones, complejidad. Se achican y crecen.

## 9. Un caso (muy) cercano visto como sistema

Una de las situaciones en que participamos todo el tiempo quienes formamos parte de una comunidad escolar es el desarrollo de los espacios curriculares. En otras palabras, el transcurrir de las materias o asignaturas, en determinado curso, en un ciclo lectivo. Si bien es un fenómeno realmente complejo, haremos el ejercicio de analizarlo usando los conceptos mencionados en páginas anteriores.

Pensemos en la asignatura Informática de 4° año: un sistema que analizaremos considerando que su objetivo es que los alumnos logren el aprendizaje de los contenidos del programa, con la coordinación del profesor, utilizando los recursos (aulas, equipamiento, clases de consulta) del Departamento de TIC.

¿Cómo está compuesto este sistema? Por el grupo de alumnos, el profesor, el preceptor, el programa de estudio, las aulas específicas, la infraestructura informática (hardware, software, conexión a Internet, criterios de uso y comportamiento).

Informática es un espacio curricular del Departamento de TIC (que es parte de la estructura académica y administrativa de la Escuela). Tiene intercambio de información relativa a los alumnos con el área administrativa (Alumnado) por medio de los Preceptores y la Regencia, recibiendo listines y remitiéndole calificaciones. Utiliza información de los medios de comunicación, las publicaciones académicas y las experiencias de los estudiantes como entradas para las actividades de cada clase. Todo lo anterior nos permite esbozar el ambiente o entorno del que nuestro sistema *Informática 4* es parte, así como identificar la información que ingresa y la que se produce y remite hacia más allá de sus límites. Sin olvidar las transformaciones que aprendizaje produce en los alumnos tras un año de clases.

Lo que se espera de este sistema es el aprendizaje de los alumnos, que, se expresará en las calificaciones y estas a su vez determinarán la calidad de aprobado o no, en diciembre o en marzo, etc. El porcentaje de alumnos aprobados indicará si se alcanzaron las

expectativas, el desempeño estándar, y se tratará de identificar las causas y proponer modificaciones para mejorar la experiencia de los alumnos... o modificar las expectativas.

En esta descripción se mencionan diferentes tipos de intercambios y procesos, que involucran:

- nombres de alumnos,
- programas de estudio,
- calificaciones,
- calendarios, fechas y horarios
- aprendizajes,
- controles de fechas límites y calificaciones
- interacción entre alumnos, profesores, preceptores, empleados administrativos, de maestranza, de cooperadora y autoridades de la escuela

La plasticidad del enfoque de sistemas permite considerar toda la diversidad de estos tipos de información y procesos permitiendo modelar la situación de una manera integral.

## 10. Conclusión

En este apunte hemos recorrido algunos aspectos relacionados al concepto de sistema en el contexto de la asignatura Informática.

La evolución del pensamiento sobre sistemas y sus aplicaciones dan cuenta de que si no se convirtió en un paradigma científico sí transformó la ciencia y la tecnología en un modo inobjetable. La automatización de sistemas ha llegado a campos tan diversos, y se aplica desde los niveles de actividad tan amplios que van desde lo industrial hasta la esfera personal; lo que hace pensar asemeja estas tecnologías a una especie de matriz o medio universal<sup>3</sup>. Y tal vez ahí radica la importancia de detener la mirada sobre este tema.

Los sistemas automatizados, desde los años '50, dieron origen a discusiones sobre su impacto en la demanda de mano de obra que aún hoy son vigentes. Aún más, si las primeras aplicaciones de automatización de tareas simples y repetitivas provocó reparos acerca del reemplazo de mano de obra por máquinas (lo cual ocurrió en un sinnúmero de casos, y valga referir la anécdota, existen máquinas expendedoras de cambio para obtener monedas a utilizar en... otros servicios automatizados!). Actualmente ese tipo de discusión gira en torno del reemplazo total o parcial de trabajadores mayor calificación, no ya por máquinas, sino por algoritmos que además de expender dinero, venden productos on-line, nos recuerdan que una deuda está por vencer, o nos sugieren un plan de negocios acorde a nuestra situación financiera.

---

3 invito a profundizar las ideas de McLuhan

A la vez, los conceptos relativos a los componentes, principios generales y clasificación de los sistemas son herramientas que amplían nuestra mirada sobre el mundo. Espero que la lectura de estos temas abstractos aunque con gran impacto en lo cotidiano, haya sido de utilidad y te aporte herramientas para ver y actuar mejor en el mundo que te toca vivir y transformar.

Mg. Ricardo P. Salvador

31 de julio de 2019

## 11. Bibliografía

- Bertalanffy, Ludwig von (1976). "Teoría General de los Sistemas", Fondo de Cultura Económica, México
- Diccionario de la Lengua Española, "Sistema", URL: <http://dle.rae.es/?id=Y2AFX5s>
- Baclini, M. (2002). "Introducción a la teoría general de sistemas", apunte para el Departamento de Informática de la Escuela Superior de Comercio "Libertador Gral. San Martín", Universidad Nacional de Rosario
- Yourdon E. (1993). "Análisis estructurado moderno", Hispanoamericana, México, Prentice - Hall, Prentice Hall
- Senn, James A. (1993). "Análisis y diseño de sistemas de información", México, McGraw - Hill
- Torres Soler, Luis C. (2011) "Teoría de sistemas", apunte del curso de Teoría de sistemas, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, URL: <http://disi.unal.edu.co/~lctorress/tgs/Tgs004.pdf>
- Domínguez-Coutiño, Luis A. (2012). "Análisis de sistemas de información", Red Tercer Milenio, URL: [http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/sistemas/Analisis\\_de\\_sistemas\\_de\\_informacion.pdf](http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/sistemas/Analisis_de_sistemas_de_informacion.pdf), páginas 5 a 18
- Kendall & Kendall (2011). "Análisis y diseño de sistemas", ADDISON-WESLEY, ed. Pearson, 8° edición
- Gordon, Geoffrey (1981). "Simulación de sistemas", ed. Diana.
- Sáez Vacas, Fernando (2009). "Complejidad y Tecnologías de la Información", capítulo 6: "Historia del enfoque sistémico", Fundación Rogelio Segovia para el Desarrollo de las Telecomunicaciones, Universidad Politécnica de Madrid, URL: [http://dit.upm.es/~fsaez/intl/libro\\_complejidad/6-historia-del-enfoque-sistemico.pdf](http://dit.upm.es/~fsaez/intl/libro_complejidad/6-historia-del-enfoque-sistemico.pdf)
- "Martín Abadi, el argentino que le enseña a las computadoras de Google a aprender" (23/02/2018). Diario La Nación, <https://www.lanacion.com.ar/2110981-martin-abadi-el-argentino-que-le-ensena-a-las-computadoras-de-google-a-aprender>, Recuperado el 23/02/2018.

- Grupo de Investigación de Tecnologías Web y Móviles (10/03/2016). "Inteligencia artificial y los sistemas expertos", URL: <http://blog.espol.edu.ec/taws/2016/05/10/inteligencia-artificial-y-los-sistemas-expertos/>  
Consultado el 2/12/2017
- Rodríguez, Txema (26/09/2018). "Machine Learning y Deep Learning: cómo entender las claves del presente y futuro de la inteligencia artificial", URL: <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/machine-learning-y-deep-learning-como-entender-las-claves-del-presente-y-futuro-de-la-inteligencia-artificial>
- Fundación Sadosky (2016). "Propuesta para la refundación de las C-C en las escuelas argentinas", URL: <http://www.fundacionsadosky.org.ar/wp-content/uploads/2014/06/cc-2016.pdf>
- López López, Jose C. (27/02/2014). "La moda del Big Data: ¿En qué consiste en realidad?", URL: <http://www.eleconomista.es/tecnologia/noticias/5578707/02/14/La-moda-del-Big-Data-En-que-consiste-en-realidad.html>
- Errantz, Arantxa (14/11/2018). "Qué recomiendan estudiar los expertos en inteligencia artificial para trabajar y vivir de ello", URL: <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/que-recomiendan-estudiar-expertos-inteligencia-artificial-para-trabajar-vivir-ello>

## 12. Ilustraciones

1. <https://pixabay.com/es/personas-kids-ni%C3%B1os-grupo-2129933/>
2. <https://pixabay.com/es/cavern%C3%ADcola-primeval-primitivo-159359/>
3. <https://www.publicdomainpictures.net/es/view-image.php?image=266332&picture=red-totalmente-001>
4. [https://pixabay.com/get/e83cb90629f0073ed1584d05fb0938c9bd22ffd41cb5144193f7c271a3/network-1989146\\_1280.png?attachment](https://pixabay.com/get/e83cb90629f0073ed1584d05fb0938c9bd22ffd41cb5144193f7c271a3/network-1989146_1280.png?attachment)
5. <https://pixabay.com/es/l%C3%A1mpara-idea-pera-vista-pensado-432249/>
6. <https://pixabay.com/es/robot-automatizaci%C3%B3n-ai-rob%C3%B3tica-3610901/>
7. <https://pixabay.com/es/dardos-dart-juego-ojo-de-buey-155726/>
8. <https://pixabay.com/es/tablero-tiza-retroalimentaci%C3%B3n-3700116/>
9. <https://pixabay.com/es/bombilla-primer-plano-clavo-color-1238341/>
10. <https://pixabay.com/es/sistema-web-noticias-red-conexi%C3%B3n-2457648/>
11. <https://pixabay.com/es/cadena-articulada-datos-registros-3513216/>



### 13. Glosario

- **La teoría clásica de los sistemas:** aplican matemáticas clásicas busca encontrar principios aplicables a sistemas en general; por ejemplo, principios de cinética pueden aplicarse a moléculas o entidades biológicas, o en la difusión (físico-química) y la difusión de rumores.
- **Computarización y simulación:** las computadoras posibilitaron realizar extensos cálculos de ecuaciones con numerosas variables, que de otro modo hubieran requerido tiempo excesivo. Esto hizo posible construir simulaciones de experimentos de laboratorio tal vez costos o imposibles de realizar y cotejar sus resultados con datos empíricos. Por ejemplo, la simulación de distintos tipos de movimiento, de fenómenos climáticos, fenómenos económicos, o la evolución de un ecosistema.
- **Teoría de las gráficas:** muchos problemas relativos a sistemas tienen que ver con sus propiedades estructurales o topológicas (si, tiene que ver con +topología de redes+...) antes que con cuestiones cuantitativas. Esta teoría de gráficas trata la representación de estructuras relacionales en un espacio topológico (def: que és?). En matemáticas, por ejemplo, se vincula al álgebra de matrices.
- **Teoría de redes:** es una rama de la Matemática que se aplica en la optimización de movimiento de un brazo robótico para una tarea determinada, calcular el flujo máximo que puede circular por una red de comunicaciones, calcular rutas óptimas en procesos de distribución y recogida de mercaderías, y controlar los tiempos de las tareas de un proyecto.
- **Big data,** engloba infraestructuras, tecnologías y servicios que han sido creados para dar solución a la gestión y análisis de enormes volúmenes de datos que no pueden ser tratados de manera convencional, ya que superan los límites y capacidades de las herramientas de software habitualmente utilizadas para la captura, gestión y procesamiento de datos. Puede tratarse de mensajes en redes sociales, señales de teléfono móvil, archivos de audio, sensores, imágenes digitales, datos de formularios, emails, datos de encuestas, registros de datos provenientes de sensores, micrófonos, cámaras, o escáneres médicos, por citar algunos ejemplos. Su objetivo, al igual que los sistemas analíticos convencionales, es convertir el datos en información que facilite la toma de decisiones, lo que puede realizarse aún en tiempo real.
- **Algoritmo:** Un algoritmo se puede definir como una secuencia de operaciones cuya ejecución llevan a la solución de un determinado tipo de problema. Es una

representación de un procedimiento que para ser implementado en una computadora debe formularse en términos de un lenguaje informático.

- **La filosofía biológica de Ludwig von Bertalanffy**, que más tarde derivó en la *Teoría General de los Sistemas*. Básicamente, esta filosofía dice que los organismos
  - son totalidades, en las que cada parte depende de las demás y de determinadas leyes
  - están en perpetuo flujo, y sus estructuras permanentemente se destruyen y regeneran, se descomponen y recomponen.
  - son sistemas abiertos que continuamente importan y exportan material desde y hacia su medio ambiente
  - se organizan en múltiples niveles, componentes y procesos formando una red de variables en interacción
  - generan un orden y organización cada vez mayor
- **La teoría de la información y las comunicaciones** (Shannon, Weaver y Cherry, 1940), es una rama de la teoría matemática y de las ciencias de la computación que trata la transmisión y el procesamiento de la información, su medición de la y representación, así como también de la capacidad de los sistemas de comunicación para transmitir y procesar información. Se ocupa de algunos temas familiares para nosotros como la compresión de datos y la criptografía.
- **La cibernética** (Norbert Wiener y Ross Ashby) surge a principios de los años '40, a partir de encontrar analogías entre los mecanismos de regulación y control en organismos y en las máquinas. Partiendo de trabajos de neurofisiología, al observar "inteligencia" en ciertos mecanismos de control usados en máquinas, se llegó a la conclusión de que en los seres vivos también existen mecanismos de retroalimentación y control. Un resultado de esos estudios fue el desarrollo de una retina artificial. Se considera ese momento como el nacimiento de la Biónica<sup>4</sup>, la Inteligencia Artificial<sup>5</sup> y la Robótica<sup>6</sup> (términos que pueblan las noticias de cualquier medio informativo por estos días). En la segunda mitad del siglo XX, la cibernética también se ha aplicado a sistemas físicos y sociales.

---

4 la Biónica es la ciencia el estudio y creación de artefactos análogos a las funciones naturales de los seres vivos

5 rama de las ciencias de la computación que trata la realización comportamientos que puedan considerarse inteligentes por parte de máquinas, por ejemplo el reconocimiento de imágenes, jugar partidas de ajedrez, o un robot aspiradora

6 la robótica es la conjunción de las ingenierías mecánica, eléctrica, electrónica y biomédica, con las ciencias de la computación, que se ocupa del diseño y construcción de robots

- **La investigación operativa**, conocida también como teoría de la toma de decisiones, es una rama de la Administración surgida de científicos aliados durante la Segunda Guerra Mundial; esta disciplina usa modelos matemáticos, estadística y algoritmos para realizar procesos de toma de decisiones. Se utiliza en el estudio de sistemas complejos.
- **La teoría de juegos** (Von Neumann, Morgenstern y Nash): es un área de la matemática aplicada que utiliza modelos para estudiar interacciones los llamados «juegos», considerados como situaciones conflictivas en la que hay intereses contrapuestos tales que, la decisión de las partes se influyen mutuamente. Postula que debe haber una forma racional de jugar cualquier juego, o negociar cualquier conflicto. Se desarrolló para entender el comportamiento de la economía pero tuvo un gran impulso al aplicarse en estrategia militar (cuántas conexiones entre los sistemas y otras ciencias...). Se usa en campos como la biología, sociología, politología, psicología, filosofía y ciencias de la computación.
- **Machine learning**: consiste en el uso de algoritmos para 1. analizar la estructura de un conjunto de datos, 2. aprender (crear nueva información a partir) de ese análisis, para luego 3. poder hacer predicciones o sugerencias sobre situaciones similares a esos datos.
- **Inteligencia artificial**: es una rama de la informática que se ocupa de cómo las computadoras pueden realizar tareas asimilables a las capacidades cognitivas humanas, cosa que según los expertos es todavía una utopía por alcanzar; una rama de la inteligencia artificial es su aplicación tecnológica por medio de algoritmos y machine learning.

## 14. Anexo 1: Teoría General de Sistemas

La Teoría General de Sistemas (TGS), es una visión de la vida y la naturaleza como un sistema, definido no sólo por componentes o partes agregadas, sino por interrelaciones dinámicas, cambiantes. Esta concepción, fue formulada por Von Bertalanfy<sup>7</sup> a partir de su trabajo de investigación en el campo de la biología y extendió posteriormente a otras disciplinas con el objetivo establecer un lenguaje matemático para describir todos los tipos de sistemas existentes en su conjunto, a la vez que, como aspiración final, definir un nuevo paradigma científico. La TGS tiene tres aspectos principales:

1. la ciencia de los sistemas, que trata la exploración de diferentes ciencias (física, biología, psicología, ciencias sociales) con los métodos sistémicos aplicables en forma universal. De este enfoque han surgido paralelismos o isomorfismos en sistemas de campos absolutamente distintos, como los mencionados, lo que ha dado lugar a,

7 En su libro "Teoría General de Sistemas", publicado 1969 (¡el mismo año en que se inauguró el actual edificio de la Escuela!)

por ejemplo, la teoría dinámica de los sistemas, la cibernética, la teoría de los autómatas, la teoría de conjuntos (el libro dice que dio origen a...), el análisis de sistemas, las redes y las gráficas.

2. el segundo aspecto trata de la tecnología de los sistemas: un campo que abarca el hardware como el software y que surge como una respuesta a la necesidad de resolver problemas complejos con gran número de variables. La forma de plantear los problemas también es producto de la tecnología ya que es esta última la que ofrece herramientas para poder interpretar y definir ese tipo de problemas complejos. La tecnología ha dado lugar a conceptos y disciplinas tales como

- a) las teorías del control y la información,
- b) teoría de los juegos y la decisión,
- c) de los circuitos y de las colas;

...todas derivadas de problemas propios de la tecnología pero que luego se han generalizado y han ido más allá de sus fronteras iniciales alcanzando carácter interdisciplinario (por ejemplo, las nociones de información, retroalimentación, control, estabilidad, circuito).

3. por último, que el concepto de sistema se convirtiera en un nuevo paradigma científico (contrastando con el analítico, mecanicista, de la ciencia clásica), significó un cambio en el pensamiento y la visión del mundo, reemplazando esa visión mecanicista del mundo por una visión orgánica que considera el "mundo como una gran organización". En este sentido Von Bertalanffy da un lugar importante en este paradigma de sistemas a la relación del hombre con los valores: sin dudas la imagen del hombre será distinta en

- a) una visión mecanicista del mundo donde su realidad última y verdadera son partículas físicas, que en
- b) una visión donde tienen cabida los símbolos, los valores y las entidades sociales, y donde las ciencias, las humanidades, la tecnología y la historia se integran en un todo interdependiente y organizado.

Y si no llegó a convertirse en un nuevo paradigma científico, sus aportes a los métodos propios de gran parte de las ciencias, fueron significativos.

\* \* \*