

## **TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS**

Los lineamientos generales de la Teoría General de Sistemas (TGS) están basados en algunos conceptos vertidos por el filósofo alemán Friedrich Hegel (1770-1831) a quien corresponden las siguientes ideas:

- El todo es mayor que la suma de sus partes
- El todo determina la naturaleza de las partes
- Las partes no pueden comprenderse, si se consideran aisladas del todo.
- Las partes están dinámicamente interrelacionadas y además, son interdependientes entre sí.

Sin embargo, el concepto básico de “sistema” fue expuesto por Henderson en el año 1930 al afirmar que la interdependencia de las variables en un sistema, es una de las conclusiones más importantes que poseemos de la experiencia.

La TGS puede definirse como una forma ordenada y científica de aproximación y representación del mundo real, y simultáneamente, como una orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo transdisciplinario. Se distingue por su perspectiva integradora, donde se considera importante la interacción y los conjuntos que a partir de ella brotan. Gracias a la práctica, esta teoría crea un ambiente ideal para la socialización e intercambio de información entre especialistas y especialidades. La TGS también es vista como una teoría matemática convencional, un tipo de pensamiento, una ordenación de acuerdo a niveles de teorías de sistemas con generalidad creciente. Es la historia de una filosofía, una metodología de análisis, el estudio de la realidad y el desarrollo de modelos, a partir de los cuales se puede intentar una aproximación gradual en cuanto a la percepción de una parte de esa globalidad que es el universo, configurando un modelo del mismo no aislado del resto al que llamaremos sistema.

La TGS fue propuesta alrededor de 1950 por el biólogo Ludwig von Bertalanffy. 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. Los objetivos originales de esta teoría 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.
- Promover una formalización (matemática) de estas leyes.

Este nuevo tema motivó a la comunidad científica a investigar. En torno a intereses comunes, surgió en 1956 un grupo llamado: Sociedad para la Investigación de Sistemas Generales Society for General Systems Research (SGSR), cuyos objetivos fueron los siguientes:

- Investigar el isomorfismo de conceptos, leyes y modelos en varios campos y facilitar las transferencias entre aquellos.
- Promocionar y desarrollar 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.

La necesidad permanente de resolver problemas complejos (que en general son de tipo interdisciplinarios) colocan a los profesionales de distintas áreas en la obligación de conocer o comprender en profundidad las particularidades de sistemas de diferente naturaleza para poder interactuar con las varias disciplinas científicas involucradas. Cabe recordar que cada una de dichas disciplinas tiene su propio lenguaje y especialistas con estructuras de razonamiento diferentes.

Es evidente que este problema está relacionado con la necesidad de trabajar en forma permanente con los especialistas de distintas disciplinas, lo cual origina en sí mismo un aumento de la complejidad de los problemas a resolver. La TGS responde a este planteo mediante dos aportes:

El metodológico (relacionado con la estructura del razonamiento): se puede ver a la Teoría General de Sistemas como un corte horizontal que pasa a través de todos los diferentes campos del saber humano, para explicar y predecir la conducta de la realidad. Estos mecanismos interdisciplinarios podrían ser identificados como un cierto número de principios o hipótesis que tienen una aplicación en los diferentes sistemas en que puede dividirse la realidad y también en ese sistema total. Los avances actuales en esta Teoría se enfocan, justamente, en la identificación de esos principios que tienden a igualar ciertos aspectos o conductas de los diferentes sistemas en que podemos clasificar la realidad.

El semántico (relacionado con la utilización de conceptos y lenguajes): los problemas de comunicación impiden realizar una tarea vinculada, asociada, e integrada cuando el objeto en estudio presenta características de tipo interdisciplinario. En esas condiciones los problemas de coordinación metodológica resultan fundamentales y la distorsión semántica constituye una restricción que tiende a hacer más compleja y dificultosa dicha coordinación. Surge entonces, la necesidad de contar con una ciencia de base que desarrolle una metodología científica de aplicación universal y al mismo tiempo que brinde un mejoramiento en los niveles de comunicación interdisciplinarios. La "Teoría General de Sistema", pretende introducir una semántica científica de utilización universal que mejore el nivel de comunicación interdisciplinaria

Estos aportes son efectivos si son conocidos por las distintas partes involucradas, caso contrario disminuirá su efectividad para la solución de los problemas.

### **Algunos conceptos básicos de la Teoría General de Sistemas**

**Ambiente:** Se refiere al área de sucesos y condiciones que influyen sobre el comportamiento de un sistema. En lo que a complejidad se refiere, nunca un sistema puede igualarse con el ambiente y seguir conservando su identidad como sistema. La única posibilidad de relación entre un sistema y su ambiente implica que el primero debe absorber selectivamente aspectos de éste. Sin embargo, esta estrategia tiene la desventaja de especializar la selectividad del sistema respecto a su ambiente, lo que disminuye su capacidad de reacción frente a los cambios externos. Esto último incide directamente en la aparición o desaparición de sistemas abiertos.

**Atributo:** Se entiende por atributo las características y propiedades estructurales o funcionales que caracterizan las partes o componentes de un sistema.

**Complejidad:** Por un lado, indica la cantidad de elementos de un sistema (complejidad cuantitativa) y, por el otro, sus potenciales interacciones (conectividad) y el número de estados posibles que se producen a través de éstos (variedad, variabilidad). La complejidad sistémica está en directa proporción con su variedad y variabilidad, por lo tanto, es siempre una medida comparativa.

**Conglomerado:** Cuando la suma de las partes, componentes y atributos en un conjunto es igual al todo, estamos en presencia de una totalidad desprovista de sinergia, es decir, de un conglomerado.

**Elemento:** Se entiende por elemento de un sistema las partes o componentes que lo constituyen. Estas pueden referirse a objetos o procesos. Una vez identificados los elementos pueden ser organizados en un modelo.

**Energía:** La energía que se incorpora a los sistemas se comporta según la ley de la conservación de la energía, lo que quiere decir que la cantidad de energía que permanece en un sistema es igual a la suma de la energía importada menos la suma de la energía exportada.

**Entropía:** El segundo principio de la termodinámica establece el crecimiento de la entropía, es decir, la máxima probabilidad de los sistemas es su progresiva desorganización y, finalmente, su homogeneización con el ambiente. Los sistemas cerrados están irremediablemente condenados a la desorganización. No obstante hay sistemas que, al menos temporalmente, revierten esta tendencia al aumentar sus estados de organización (negentropía, información).

**Equifinalidad:** Se refiere al hecho que un sistema vivo a partir de distintas condiciones iniciales y por distintos caminos llega a un mismo estado final. El fin se refiere a la mantención de un estado de equilibrio fluyente. El proceso inverso se denomina **multifinalidad**, es decir, "condiciones iniciales similares pueden llevar a estados finales diferentes"

**Equilibrio:** Los estados de equilibrios sistémicos pueden ser alcanzados en los sistemas abiertos por diversos caminos, esto se denomina equifinalidad y multifinalidad. La mantención del equilibrio en sistemas abiertos implica necesariamente la importación de recursos provenientes del ambiente. Estos recursos pueden consistir en flujos de energía, materiales o información.

**Emergencia:** Este concepto se refiere a que la descomposición de sistemas en unidades menores avanza hasta el límite en el que surge un nuevo nivel de emergencia correspondiente a otro sistema cualitativamente diferente.

**Estructura:** Las interrelaciones más o menos estables entre las partes o componentes de un sistema, que pueden ser verificadas (identificadas) en un momento dado, constituyen la estructura del sistema. En algunos casos es preferible distinguir entre una estructura primaria (referida a las relaciones internas) y una hiperestructura (referida a las relaciones externas).

**Frontera:** Los sistemas consisten en totalidades y, por lo tanto, son indivisibles como sistemas (sinergia). Poseen partes y componentes (subsistema), pero estos son otras totalidades (emergencia). En algunos sistemas sus fronteras o límites coinciden con discontinuidades estructurales entre estos y sus ambientes, pero corrientemente la demarcación de los límites sistémicos queda en manos de un observador. En términos operacionales puede decirse que la frontera del sistema es aquella línea que separa al sistema de su entorno y que define lo que le pertenece y lo que queda fuera de él.

**Homeostasis:** Este concepto está especialmente referido a los organismos vivos en tanto sistemas adaptables. Los procesos homeostáticos operan ante variaciones de las condiciones del ambiente, corresponden a las compensaciones internas al sistema que sustituyen, bloquean o complementan estos cambios con el objeto de mantener invariante la estructura sistémica, es decir, hacia la conservación de su forma.

**Información:** La información tiene un comportamiento distinto al de la energía, pues su comunicación no elimina la información del emisor o fuente. En términos formales se puede decir que la cantidad de información que permanece en el sistema es igual a la información que existe más la que entra, esto significa que hay una agregación neta en la entrada y la salida no elimina la información del sistema. La información es la más importante corriente negentrópica de que disponen los sistemas complejos.

### **Input (Entradas)**

Todo sistema abierto requiere de recursos de su ambiente. Se denomina input a la importación de los recursos (energía, materia, información) que se requieren para dar inicio al ciclo de actividades del sistema.

### **Output (Salidas)**

Se denomina así a las corrientes de salidas de un sistema. Los outputs pueden diferenciarse según su destino en servicios, funciones y retroinputs.

**Retroinput:** Se refiere a las salidas del sistema que van dirigidas al mismo sistema (retroalimentación). En los sistemas humanos y sociales éstos corresponden a los procesos de autorreflexión.

**Servicio:** Son los outputs de un sistema que van a servir de inputs a otros sistemas o subsistemas equivalentes. **Función:** Se denomina función al output de un sistema que está dirigido a la mantención del sistema mayor en el que se encuentra inscrito.

**Modelo:** Los modelos son constructos diseñados por un observador que pretende identificar y medir relaciones sistémicas complejas. Todo sistema real tiene la posibilidad de ser representado en más de un modelo. La decisión, en este punto, depende tanto de los objetivos del modelador como de su capacidad para distinguir las relaciones relevantes con relación a tales objetivos. La esencia de la modelística sistémica es la simplificación. El metamodelo sistémico más conocido es el esquema input-output.

**Morfogénesis:** Los sistemas complejos (humanos, sociales y culturales) se caracterizan por sus capacidades para elaborar o modificar sus formas con el objeto de conservarse viables (retroalimentación positiva). Se trata de procesos que apuntan al desarrollo, crecimiento o cambio en la forma, estructura y estado del sistema. Estos procesos activan y potencian la posibilidad de adaptación de los sistemas a ambientes en cambio.

**Morfofostasis:** Son los procesos de intercambio con el ambiente que tienden a preservar o mantener una forma, una organización o un estado dado de un sistema (equilibrio, homeostasis, retroalimentación negativa).

**Negentropía:** Es la capacidad de los sistemas abiertos para importar energía extra para mantener sus estados estables de organización. La negentropía, entonces, se refiere a la energía que el sistema importa del ambiente para mantener su organización y sobrevivir

**Recursividad:** Proceso que hace referencia a la introducción de los resultados de las operaciones de un sistema en él mismo (retroalimentación).

**Relación:** Las relaciones pueden ser observadas como una red estructurada bajo el esquema input/output.

**Retroalimentación:** Son los procesos mediante los cuales un sistema abierto recoge información sobre los efectos de sus decisiones internas en el medio, información que actúa sobre las decisiones (acciones) sucesivas. La retroalimentación puede ser negativa (cuando prima el control) o positiva (cuando prima la amplificación de las desviaciones). Mediante los mecanismos de retroalimentación, los sistemas regulan sus comportamientos de acuerdo a sus efectos reales.

**Retroalimentación negativa:** Este concepto está asociado a los procesos de autorregulación u homeostáticos.

Los sistemas con retroalimentación negativa se caracterizan por la mantención de determinados objetivos.

**Retroalimentación positiva:** Indica una cadena cerrada de relaciones causales en donde la variación de uno de sus componentes se propaga en otros componentes del sistema, reforzando la variación inicial y propiciando un comportamiento sistémico caracterizado por un autorreforzamiento de las variaciones.

**Sinergia:** Todo sistema es sinérgico en tanto el examen de sus partes en forma aislada no puede explicar o predecir su comportamiento. La sinergia es, en consecuencia, un fenómeno que surge de las interacciones entre las partes o componentes de un sistema. Este concepto responde al postulado aristotélico que dice que "el todo no es igual a la suma de sus partes".

**Sistemas Abiertos:** Se trata de sistemas que importan y procesan elementos (energía, materia, información) de sus ambientes y esta es una característica propia de todos los sistemas vivos. Que un sistema sea abierto significa que establece intercambios permanentes con su ambiente, intercambios que determinan su equilibrio, capacidad reproductiva o continuidad, es decir, su viabilidad.

**Sistemas Cerrados:** Un sistema es cerrado cuando ningún elemento de afuera entra y ninguno sale fuera del sistema. Estos alcanzan su estado máximo de equilibrio al igualarse con el medio. En ocasiones el término sistema cerrado es también aplicado a sistemas que se comportan de una manera fija, rítmica o sin variaciones, como sería el caso de los circuitos cerrados.

### **El enfoque sistémico**

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 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).

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-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. El hombre coexiste con sistemas complejos en los cuales y por los cuales, trata de proporcionar alguna apariencia de orden a su universo. Algunos de estos sistemas, como la familia, son pequeños y manejables; otros, como la política o la industria, pero todos 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. Entonces, la solución de problemas estará orientada absolutamente a la necesidad de tomar un enfoque más amplio, esto es, al de "totalidad del sistema" (holístico), en lugar de encararlo con pequeñas soluciones que sólo abarcan una parte del problema y del sistema y que olvidan tomar en consideración interacciones e interrelaciones con los demás sistemas.

Ante esto es posible afirmar que los "problemas de sistemas" requieren "soluciones de sistemas". Esto 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 supervivencia del sistema global.

En conclusión, es posible definir al enfoque sistémico como la manera de estudiar sistemas adoptando una visión global de los mismos que se va refinando progresivamente mediante un proceso de descomposición de arriba hacia abajo. Se considera, en primera instancia, al sistema como una "caja negra" en la que sólo se identifican las entradas y las salidas, pero no su interior. Una vez identificados los límites del sistema y las relaciones con su ambiente se describe su interior "abriendo" la "caja negra" e identificando los subsistemas y las relaciones que los ligan. Para esto se considera a cada subsistema como una "caja negra" de la que sólo se interesan sus entradas y salidas. El proceso de descomposición continúa hasta obtener componentes tan simples que se pueden estudiar completos sin problemas.