

CONCEPTOS BÁSICOS DE LA TEORÍA DE SISTEMAS

*No puedes solucionar el problema
con el mismo nivel de pensamiento
que creó el problema.*

Albert Einstein

Los conceptos que se presentan a continuación, son muy importantes para adentrarnos en el pensamiento sistémico:

Sistema: es fundamental entrar a definir sistema, puesto que se le han dado muchas interpretaciones y significados, que van desde el clásico conjunto de partes interdependientes que tienen un objetivo común, hasta señalar 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»¹.

Podemos también decir, que un sistema es un todo, una totalidad que presenta propiedades diferentes a las propiedades individuales de los elementos que le componen, y que por tanto, está provista de sinergia.

Lo interesante de la definición anterior, es que implica directamente el concepto de sinergia, que es la propiedad de los sistemas que les diferencia de un montón o conglomerado. Vale la pena mirar lo que O'Connor² considera como diferencias entre sistema y montón:

¹Johansen Bertoglio Oscar. Introducción a la teoría general de sistemas. Limusa, México. 2002.

²O'Connor Joseph y McDermott Ian. Introducción al Pensamiento Sistémico. Recursos esenciales para la creatividad y la resolución de problemas. Ediciones Urano, Barcelona. 1998.

Sistema	Montón
Partes interconectadas que funcionan como un todo	Serie de partes
Cambia si se quitan o añaden piezas	Sus propiedades esenciales no se alteran al quitar o añadir piezas
La disposición de los elementos es fundamental	La disposición de las piezas no es importante
Las partes están conectadas y funcionan todas juntas	Las partes no están conectadas y funcionan por separado
Su comportamiento depende de la estructura global. Al cambiar la estructura cambia el comportamiento	Su comportamiento depende de su tamaño o número de piezas (si se puede decir que tiene comportamiento)

Con estas diferencias, se aclara más el concepto de sistema. Veamos ahora otros conceptos importantes para entender el mundo sistémico.

CLASES DE SISTEMAS

Desde el punto de vista de la interacción con el medio, se puede hablar de sistemas abiertos y cerrados. Si se considera su origen, podemos hablar de sistemas naturales o artificiales y si se consideran sus elementos, hablaremos de sistemas concretos y abstractos.

Sistemas abiertos: se considerará un sistema abierto, cuando tenga interacción con el ambiente, es decir, que intercambia energía (recursos, información) con el medio externo; importa estos recursos, realiza sobre ellos algún proceso de transformación y exporta al medio el resultado de dicho proceso.

El concepto de sistema abierto es fundamental, porque en la práctica todos los sistemas son abiertos, ya que no existe un sistema aislado en sí mismo, que no tenga interacción con el ambiente.

Sistema cerrado: por el contrario, un sistema cerrado es aquel que no tiene interacción con su ambiente. Este sistema es más una consideración teórica que práctica, ya que solamente se puede concebir para efectos de estudio, pero en la realidad es muy complejo (por no decir imposible) pensar en un sistema totalmente aislado.

Sistema natural: corresponden a esta clasificación los sistemas existentes en la naturaleza, los cuales no han sido intervenidos por el hombre, tales como un bosque tropical, un panal de abejas o un cardumen de peces.

Sistemas artificiales: en estos, contrario a los anteriores, es evidente la intervención del hombre, es decir, estos son sistemas creados por el hombre y no existirían de no ser por su intervención, todas las máquinas entran en esta clasificación.

Sistemas concretos: aquellos en los cuales sus elementos componentes son tangibles, apreciables por medio de los sentidos.

Sistemas abstractos: que pertenecen al mundo de las ideas y generalmente obedecen a modelos mentales del grupo o individuo que lo estudia.

También podemos hablar de sistemas determinísticos y sistemas probabilísticos³.

Sistemas determinísticos: la estructura del sistema obedece a leyes bien establecidas que garantizan un desempeño uniforme en el tiempo. A entradas iguales, se obtendrán salidas iguales.

Sistemas probabilísticos: no se conoce con exactitud la relación existente entre las partes, por lo tanto, un estado no puede ser determinado con exactitud con base en resultados anteriores. A entradas iguales pueden corresponder salidas diferentes.

Otra definición que cabe incluir aquí, es la que presenta Murillo al hablar de los sistemas según su definición y los define como reales, ideales y modelos. Mientras los primeros presumen una existencia independiente por parte del observador (quien los puede descubrir), los segundos vienen a ser construcciones simbólicas, como el caso de la lógica y la matemática, mientras que el tercer tipo corresponde a abstracciones de

³ Latorre Emilio. Teoría General de Sistemas aplicada a la solución integral de problemas. Editorial Universidad del Valle, Colombia. 1996.

la realidad, en donde se combina lo conceptual con las características de los objetos⁴.

ELEMENTOS DEL SISTEMA

Según Johansen, los elementos más importantes de un sistema abierto son: sus entradas, sus procesos, sus salidas y la retroalimentación como mecanismo de control.

Entradas: a través de las entradas, el sistema recibe los elementos necesarios para funcionar y mantenerse⁵. Se consideran como entradas los insumos, energía e información que el sistema recibe del medio y que utiliza para producir sus resultados mediante los procesos de transformación.

Salidas: de igual manera, las salidas corresponden a lo que el sistema entrega al medio, bien sea como resultado directo o indirecto de su proceso de transformación. En este sentido, podemos considerar salidas a los productos o servicios principales y secundarios del sistema, así como los desechos que este entrega al ambiente, y por supuesto, también se considera una salida la información que el sistema entrega al medio.

Procesos: se refiere a las actividades que desarrolla el sistema con los elementos de entrada, para obtener las salidas. En general, se habla de procesos de transformación, dado que las entradas se transforman en salidas mediante las operaciones que el sistema efectúa en ellas.

Retroalimentación del sistema: «la comunicación de retroalimentación es la información que indica cómo lo está haciendo el sistema en la búsqueda de su objetivo, y que es introducido nuevamente al sistema con el fin de que se lleven a cabo las correcciones necesarias para lograr su objetivo». Considerándose entonces como un mecanismo de control en el proceso de alcanzar la meta⁶. La figura 7 presenta estos elementos.

OTROS CONCEPTOS IMPORTANTES EN LA TEORÍA DE SISTEMAS⁷

Además de los conceptos mencionados, se presentan a continuación otros importantes elementos conceptuales, necesarios para el estudio de los sistemas.

⁴ Murillo Alfaro Félix ¿Qué es la Teoría General de Sistemas? Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú. Disponible en <http://www.inei.gov.pe/biblioineipub/bancopub/inf/lib5102/libro.pdf>. Junio 28 de 2005.

⁵ Johansen Bertoglio Oscar. Introducción a la teoría general de sistemas. Limusa, México. 2002.

⁶ Ibid.

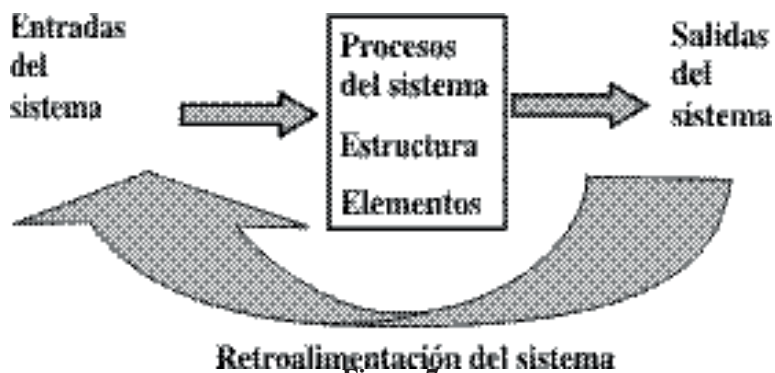


Figura 7

Ambiente: es el área de condiciones y sucesos que influyen en el comportamiento del sistema. El sistema que se estudia siempre se encuentra inmerso en un ambiente, y dado el carácter de sistemas abiertos, siempre hay influencias del ambiente sobre el sistema, tanto en sus elementos como en las relaciones. Por supuesto, que dicha influencia difiere en intensidad de un sistema a otro.

Atributo: se denomina así a las características y propiedades estructurales y/o funcionales del sistema.

Circularidad: este concepto se refiere a los procesos de autocausación. Es decir, que en un sistema es posible encontrar que un evento o elemento X genere otro Y que a su vez genere un Z y éste finalmente genere a X. Es una propiedad muy importante de los sistemas, y es clave en el pensamiento sistémico, pues rompe el paradigma reduccionista de la causa y el efecto lineales en el tiempo y el espacio.

Complejidad: se asocia a la cantidad de elementos del sistema (complejidad cuantitativa), a sus potenciales interacciones (conectividad) y al número de estados posibles que se producen a través de éstos (variedad, variabilidad). En cuanto a la complejidad, es importante destacar que existen grados, y que existe mayor complejidad asociada a las relaciones posibles de los elementos más que al número de los elementos como tal.

Para este tema, considérese un rompecabezas de 1000 piezas y una partida de

⁷ Marcelo Arnold y Osorio Francisco, M.A. Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. Departamento de Antropología. Universidad de Chile. Cinta de Moebio: Revista electrónica de epistemología de ciencias sociales, No. 3, 1998.

ajedrez. Es claro, que ambos sistemas son sistemas complejos. La complejidad del rompecabezas radica en el número de piezas que lo componen, pero si se contemplan las relaciones existentes entre las piezas, se notará que dichas relaciones están limitadas a la vecindad y por tanto, cada una de las piezas tendrá a lo sumo cuatro relaciones con las otras piezas.

Por su parte, en la partida de ajedrez, en la que solamente existen 32 elementos (las piezas de ambos jugadores), el entramado de relaciones entre ellas es prácticamente infinito, ya que a un movimiento determinado de una de las piezas puede venir una gran variedad de alternativas de las otras piezas, y se convierte así en un problema combinatorio, con un número muy grande de posibles relaciones. Por tanto, podemos concluir que es más compleja la partida de ajedrez que el rompecabezas.

Obsérvese también que el rompecabezas puede ser armado por varias personas al mismo tiempo, cada uno de los interesados puede elegir un sector en especial para ir construyendo la imagen, mientras que la idea de jugar una partida de ajedrez entre varias personas al mismo tiempo no promete un buen resultado. He allí otro argumento para concluir que el sistema será más complejo entre más relaciones se puedan establecer entre sus elementos, así el número de ellos no sea muy grande.

Conglomerado: es una totalidad desprovista de sinergia. La suma de las partes es igual al todo. Se considerará conglomerado si las posibles relaciones entre los objetos que lo forman no afectan a los otros. Esta última afirmación es interesante, puesto que en algún momento podremos considerar un sistema como conglomerado, dado el interés de nuestro estudio.

Elemento: son las partes o componentes que constituyen el sistema. Los elementos pueden ser objetos o procesos que se efectúan al interior del sistema.

Energía: está considerada dentro de los elementos de entrada y salida del sistema, además en los sistemas se aplica la ley de conservación de la energía por lo cual podemos decir que la cantidad de energía de un sistema es igual a la cantidad de energía importada por éste menos la cantidad de energía exportada al ambiente.

Entropía: es la segunda ley de la termodinámica, la ley del desorden, establece que los sistemas cerrados están irremediamente condenados a desaparecer. En un sistema, en el cual no exista intercambio con el ambiente, el desorden tiende a aumentar,

y por tanto, el sistema tiende a desaparecer como se le conocía.

Equifinalidad: hablamos de ella, cuando en un caso encontramos que a partir de distintas condiciones iniciales se llega a un mismo fin.

Equilibrio: se refiere a mantenerse el sistema en el mismo estado en el tiempo; esto por supuesto, implica necesariamente la importación de recursos del ambiente, dado que la entropía no permite dicho equilibrio sin interacción con el medio.

Emergencia: es una de las características más importantes de los sistemas; consiste en que los elementos que componen el sistema al interactuar, generan propiedades que no existen en ellos, pero están presentes en su interacción. Al analizar esta propiedad de manera más profunda, se encuentra que podemos encontrar sistemas cuyas propiedades o cualidades no se pueden distinguir en ninguno de sus elementos de manera aislada, por lo cual, es imposible pensar que se puede entender dicho sistema si nos acercamos a él de una manera diferente a la visión holística y totalizadora.

Esta propiedad choca fuertemente con el paradigma reduccionista, y es fundamental considerarla en los procesos de estudio de sistemas complejos, tales como las organizaciones, puesto que no obtendremos ningún resultado interesante de las partes individuales, pues las propiedades fundamentales están presentes por la interacción de los elementos.

Estructura: se refiere a las interrelaciones más o menos estables entre las partes o componentes del sistema

Frontera: se utiliza para delimitar el sistema y poder identificar lo que pertenece y no pertenece a él. Realmente, la frontera es más abstracta que concreta, pues no es fácil identificar la frontera de un sistema complejo tal como una organización, sin embargo, es muy importante definirla ya que a partir de ella se determinarán los elementos que pertenecen y no pertenecen al sistema, puesto que los elementos que se encuentren de la frontera hacia dentro, serán definidos como parte del sistema, por el contrario los que se encuentren de la frontera hacia fuera se considerarán parte del entorno.

Homeostasis: es una de las principales características de los sistemas abiertos, la cual busca mantener el estado original. Según Latorre, es la principal característica de los sistemas autorregulados. Un sistema así, reacciona a toda perturbación de origen

interno o que proviene del entorno, por medio de mecanismos reguladores que buscan llevarlo nuevamente al estado original⁸.

Neguentropía: existe en contraposición a la entropía, la neguentropía. Es la energía que el sistema importa para mantener su organización y es gracias a ésta, que el sistema no se degenera. Por eso, se dice que un sistema cerrado está condenado irremediablemente al desorden, porque no tiene la capacidad de importar neguentropía del entorno.

Información: es la más importante corriente neguentrópica de los sistemas. Precisamente, cuando se posee información confiable y oportuna, el sistema funciona bien, es decir, no hay lugar a indecisiones, dudas o acciones erróneas, por el contrario, cuando no se posee información tiende a reinar el desorden.

Organización: considerada como el patrón de relaciones que definen los estados posibles de un sistema. Recuérdese que Bertalanfy decía que la característica más importante de la materia viva es su organización, y de allí desprende sus estudios sobre la teoría general de sistemas.

Modelo: representación del sistema para efectos de su estudio. Un modelo representa la realidad de manera simplificada, incluyéndose en él, solamente las variables que son de interés para el estudio. Si se busca que el modelo incluya todas las variables de la realidad, perderá su función, ya que en ese momento será tan complejo y difícil de operar, que no será realmente de ayuda para quien estudia el sistema.

Recursividad: según Johansen, podemos entender la recursividad como el hecho que un sistema esté compuesto por partes que poseen características que los convierten a su vez en sistemas. Es decir, podemos hablar de sistemas y subsistemas o mejor aún, de suprasistemas, sistemas y subsistemas, donde cada uno puede ser visto como una totalidad en sí mismo⁹. Es el concepto unificador de la realidad y de los objetos.

Retroalimentación: este principio es fundamental en los sistemas y está asociado a la propiedad que ellos tienen para introducir sus resultados en ellos mismos y definir a partir de éstos, las acciones futuras. A partir de un resultado del sistema, se obtendrá el mismo resultado amplificado (realimentación de refuerzo) o se logrará nuevamente

⁸Latorre Emilio. Teoría General de Sistemas aplicada a la solución integral de problemas. Editorial Universidad del Valle, Colombia. 1996.

el estado inicial (realimentación de compensación)¹⁰.

Resiliencia: capacidad para resistir cambios producidos por el entorno. Existen sistemas que son muy susceptibles al entorno, por tanto, cuando se presenta algún cambio significativo en éste, el sistema desaparece. Podría pensarse aquí en algunas de las pequeñas empresas Colombianas que sucumbieron cuando se dio el proceso de apertura económica. O pensando a futuro, solamente las empresas resilientes podrán enfrentar exitosamente el tratado de libre comercio.

Sinergia: aunque ha sido mencionada anteriormente, la sinergia no ha sido definida completamente como concepto. Podemos entonces decir que los objetos presentan una característica de sinergia cuando la suma de sus partes es menor o diferente del todo. También, podemos decir que existe sinergia en un sistema, cuando al examinar individualmente a las partes que lo componen, no podemos llegar a explicar el comportamiento del conjunto y mucho menos a predecirlo.

La sinergia entonces, es inherente a los sistemas, puesto que por definición, solamente se considerará sistema si la posee. Ya se ha mencionado, que un conjunto desprovisto de sinergia será denominado conglomerado.

Concluyendo, los objetos presentan una característica de sinergia cuando la suma de sus partes es menor o diferente del todo, o bien cuando el examen de alguna de ellas no explica la conducta del todo. Lo cual lleva a afirmar que para explicar la conducta global de ese objeto, es necesario analizar y estudiar todas sus partes y si se logra establecer las relaciones que existen entre ellos, se podrá predecir la conducta de dicho objeto al aplicarle un estímulo particular, que no será el resultado de la suma de los efectos en cada una de las partes¹¹.

Subsistema: conjuntos de elementos y relaciones que responden a estructuras y funciones especializadas dentro de un sistema mayor. Como ya se mencionó al hablar de recursividad, el subsistema puede verse como un sistema dentro de un sistema mayor.

Variabilidad: indica el máximo de relaciones (hipotéticamente) posibles entre los

⁹ Johansen Bertoglio Oscar. Introducción a la teoría general de sistemas. Limusa, México. 2002.

¹⁰ Los conceptos de realimentación de refuerzo y compensación se tratarán de manera profunda en un apartado posterior.

elementos que constituyen el sistema. Según esto, podríamos hablar aquí de complejidad dinámica.

Variedad: comprende el número de elementos discretos en un sistema. En este sentido, aporta a la complejidad estática del sistema.

No se ha pretendido agotar todos los conceptos en este apartado, se ha buscado sí, presentar los más importantes y mencionados en el estudio de los sistemas.

A continuación, se presenta un capítulo en el cual se desarrollará el concepto de pensamiento sistémico como un pensamiento en círculos, rompiendo el esquema actual del pensamiento lineal y causal. Vamos entonces hacia un cambio de paradigma.

¹¹Johansen Bertoglio Oscar. Introducción a la teoría general de sistemas. Limusa, México. 2002.