

TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

Orígenes

El origen de la TGS data desde los comienzos mismos de la filosofía y la ciencia, con el postulado aristotélico “el todo no es igual a la suma de las partes”. Estas propuestas teóricas se vieron fortalecidas luego de la segunda guerra mundial por los aportes del biólogo Ludwig von Bertalanffy, a quien se lo considera su principal representante.

La TGS nos ayuda a entender y nos aproxima en una forma ordenada y científica a la realidad en que vivimos y con la que interactuamos constantemente, además, nos orienta a que hagamos un trabajo transdisciplinario o multidisciplinario.

Con esto, contradice la mirada fragmentaria y lineal del modelo de conocimiento científico (enfoque reduccionista) método con el cual se estudiaban los fenómenos de una forma independiente como si fuera una realidad dividida y no como deben ser estudiados, en forma total e integradora.

La TGS es considerada como una perspectiva interdisciplinaria y multidisciplinaria que pretende aproximarse y representar el mundo real desde un enfoque holístico (global, total, integral, general).

En la TGS lo fundamental son las relaciones y los conjuntos, además de los resultados que a partir de ellas se originan, ofreciendo un ambiente adecuado para la interrelación entre especialistas y especialidades.

La TGS se basa en la idea de que un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados que forman un todo complejo, y que la comprensión de este todo requiere estudiar las relaciones y las dinámicas entre sus componentes, así como las influencias del entorno en el sistema. Esta teoría promueve un enfoque interdisciplinario y sistémico, lo que la convierte en una herramienta valiosa para abordar problemas complejos en diferentes campos del conocimiento.

Objetivos

Son objetivos planteados por la Teoría General de Sistemas:

- a) Promover el desarrollo de una terminología general, aplicables a la mayoría de las disciplinas científicas, que permita describir las características, funciones y comportamientos sistémicos.

La TGS se propone crear un lenguaje común que pueda ser utilizado en diversas disciplinas, permitiendo así una mejor comunicación y comprensión entre diferentes campos del conocimiento. Esta terminología común ayuda a describir de manera coherente las características, funciones y comportamientos de los sistemas, independientemente de su naturaleza (física, biológica, social, etc.).

Ejemplo: Conceptos como “sinergia”, “retroalimentación”, “entropía”, “equilibrio”, “entrada”, “salida” y “interacción” son términos que pueden aplicarse tanto en biología, como en ingeniería o ciencias sociales.

- b) Desarrollar un conjunto de leyes y normas que sean aplicables a todos estos comportamientos.

La TGS busca identificar y formular leyes generales que puedan aplicarse a cualquier tipo de sistema. Esto incluye principios que gobiernan el comportamiento de los sistemas, independientemente de su contexto específico. Al identificar estas leyes, la TGS pretende proporcionar un marco teórico unificador para el estudio de sistemas complejos.

Ejemplo: La ley de la "homeostasis" (capacidad de un sistema para mantener su equilibrio interno) es aplicable tanto en sistemas biológicos (como el cuerpo humano) como en sistemas sociales (como una economía).

- c) Impulsar una formalización (matemática) de estas leyes.

Otro de los objetivos de la TGS es desarrollar modelos matemáticos que permitan describir y predecir el comportamiento de los sistemas. La formalización matemática es crucial para lograr precisión y poder aplicar los principios de la TGS en contextos prácticos, como el diseño de sistemas técnicos o la gestión de sistemas organizacionales.

Ejemplo: El uso de ecuaciones diferenciales para modelar el crecimiento poblacional o los sistemas de control automático en ingeniería.

Estos objetivos reflejan el esfuerzo de la TGS por crear una teoría interdisciplinaria capaz de abordar la complejidad de los sistemas desde un enfoque holístico, permitiendo su estudio y comprensión en múltiples áreas del conocimiento.

Principios

1. El todo es mayor que la suma de sus partes:

Las propiedades y comportamientos emergentes del sistema no pueden ser explicados solo mediante el análisis de las partes individuales. El sistema en su conjunto posee características que van más allá de lo que se observa en las partes por separado.

Ejemplo: Un Equipo de Trabajo

Imagina un equipo de trabajo en una empresa, compuesto por diferentes individuos con habilidades y roles específicos: un gerente de proyecto, un desarrollador de software, un diseñador gráfico y un especialista en marketing.

- **Partes Individuales:**

El gerente de proyecto es bueno en planificación y organización.

El desarrollador de software es experto en programación.

El diseñador gráfico tiene talento para crear visuales atractivos.

El especialista en marketing sabe cómo llegar al público objetivo.

- **El Todo (Equipo):**

Cuando estas personas trabajan juntas como un equipo, su colaboración genera sinergias que van más allá de lo que podrían lograr por separado. El gerente coordina, el desarrollador crea, el diseñador visualiza, y el especialista en marketing promociona el producto. La interacción entre ellos genera nuevas ideas, soluciona problemas de manera más eficiente y produce un resultado que es más innovador y efectivo que la simple suma de sus contribuciones individuales.

Vemos entonces que el equipo como un "todo" es capaz de lograr un proyecto exitoso que ningún miembro podría haber alcanzado por sí solo. Las interacciones y la cooperación entre los miembros del equipo crean un valor agregado que supera la capacidad individual de cada persona, ejemplificando que "el todo es mayor que la suma de las partes."

2. El todo determina la naturaleza de las partes:

La identidad y la función de cada parte están definidas y moldeadas por su relación con el todo. Es decir, las partes adquieren significado y propósito a partir del sistema en el que están integradas.

Ejemplo: El Rol de un Padre en una Familia

- **Parte Individual (Padre):**

Una persona, por sí sola, es un individuo con sus propios intereses, personalidad, y habilidades. Puede ser un trabajador, un amigo, o un deportista. Sin embargo, estos roles no están necesariamente relacionados con su identidad familiar.

- **El Todo (Familia Completa):**

Dentro de la Familia: Cuando esta persona es parte de una familia, su rol cambia y se define en gran medida por su función dentro de esa unidad. Como padre, ahora tiene responsabilidades específicas como cuidar de sus hijos, tomar decisiones en conjunto con su pareja, y mantener el bienestar emocional y económico de la familia.

Interacción con Otros Miembros: Su comportamiento y decisiones ahora están influenciados por la dinámica familiar. Por ejemplo, puede actuar como protector, guía o proveedor, roles que no necesariamente se manifestarían de la misma manera fuera del contexto familiar.

Vemos entonces que un individuo, que como persona tiene su propia identidad, adquiere una "naturaleza" diferente cuando forma parte de la familia. Su rol de padre es una función determinada por su pertenencia a la unidad familiar, y su comportamiento y responsabilidades se adaptan a las necesidades y dinámicas del "todo" familiar. Así, "el todo determina la naturaleza de las partes", ya que su identidad y acciones se moldean en función del sistema familiar al que pertenece.

3. Las partes no pueden comprenderse si se consideran aisladas del todo:

Este principio destaca la importancia de analizar las partes en su contexto sistémico. Las partes aisladas pierden su significado completo y solo pueden ser plenamente entendidas en relación con el todo del que forman parte.

Ejemplo: Un Músico en una Orquesta

- **Parte Individual (Músico):**

Un violinista en una orquesta es un músico con habilidades específicas. Si observas al violinista tocando su parte de la partitura de manera aislada, puede ser difícil apreciar cómo su música contribuye a la obra completa. Su ejecución podría parecer incompleta o incluso carente de sentido por sí sola.

- **El Todo (Orquesta Completa):**

Dentro de la Orquesta: Cuando el violinista toca junto con la orquesta completa, su música se integra con la de otros instrumentos como los vientos, las percusiones, y otros de cuerda. La melodía, armonía y ritmo que produce se entrelazan con las otras partes para crear una sinfonía completa y coherente.

Interacción con Otros Músicos: El rol del violinista cobra sentido cuando se considera cómo su parte contribuye al todo. La melodía del violín puede ser un contrapunto a los vientos o reforzar la línea melódica principal. Solo al escuchar la orquesta completa, se entiende realmente la importancia y la función del violín en la obra.

Vemos acá que el violín, como parte de la orquesta, no puede comprenderse completamente si se considera de manera aislada. Su verdadera función y contribución solo son evidentes cuando se escucha en el contexto de la orquesta completa. De esta manera, "las partes no pueden comprenderse si se consideran

aisladas del todo" porque la interacción con el resto del sistema (la orquesta) es lo que le da sentido a la parte individual (el violinista).

4. Las partes están dinámicamente interrelacionadas y, además, son interdependientes entre sí:

Las partes de un sistema no solo están conectadas, sino que también dependen unas de otras para funcionar. Los cambios en una parte afectan al resto del sistema, y la interrelación dinámica es clave para la cohesión y el funcionamiento del sistema completo.

Ejemplo: El Sistema Circulatorio del Cuerpo Humano

- **Partes Individuales:**

El corazón, los vasos sanguíneos (arterias, venas, capilares) y la sangre son partes del sistema circulatorio.

Cada parte tiene una función específica: el corazón bombea la sangre, las arterias la transportan desde el corazón a otros órganos, las venas la devuelven al corazón, y los capilares permiten el intercambio de oxígeno y nutrientes con las células.

- **Interrelación Dinámica:**

El Corazón y los Vasos Sanguíneos: El corazón no puede cumplir su función sin los vasos sanguíneos que transportan la sangre. Si el corazón deja de bombear correctamente, la circulación se ve afectada, y los vasos sanguíneos no pueden distribuir oxígeno y nutrientes a las células de manera efectiva.

La Sangre y los Órganos: La sangre transporta oxígeno y nutrientes, pero si un vaso sanguíneo se obstruye, la parte del cuerpo a la que debía llegar la sangre puede sufrir daños por falta de oxígeno. Del mismo modo, si la sangre no es oxigenada adecuadamente en los pulmones, no puede cumplir su función.

- **Interdependencia:**

Dependencia Mutua: Si uno de los componentes falla, todo el sistema se ve comprometido. Por ejemplo, si el corazón no funciona correctamente, los órganos no reciben suficiente oxígeno, lo que afecta su funcionamiento. A su vez, si los vasos sanguíneos están bloqueados, el corazón tiene que trabajar más, lo que podría llevar a una insuficiencia cardíaca.

Acá se evidencia que en el sistema circulatorio, las partes están dinámicamente interrelacionadas y son interdependientes entre sí. El funcionamiento del corazón depende de los vasos sanguíneos y viceversa, y la sangre, a su vez, necesita de ambos para realizar su tarea. Un cambio o falla en una parte afecta a todo el sistema, demostrando que las partes no solo están conectadas, sino que dependen mutuamente para el correcto funcionamiento del organismo.

Estos principios reflejan una visión holística y sistémica de la realidad, donde la interdependencia y la interacción son esenciales para la comprensión completa de cualquier sistema.

Premisa principal

“El sistema debe ser visualizado como un todo y modificarse solo a través de cambios en las partes del sistema”

La premisa principal de la Teoría General de Sistemas (TGS) es que los sistemas, sean estos naturales, sociales o artificiales, deben ser entendidos como un conjunto de elementos interrelacionados y organizados, que interactúan entre sí y con su entorno de manera que el sistema en su totalidad exhibe propiedades y comportamientos que no pueden ser explicados simplemente por la suma de sus partes.

Esta premisa implica que:

- **Interrelación y Totalidad:** Los componentes de un sistema no deben analizarse de forma aislada, sino en función de sus relaciones con otros componentes y con el sistema global.
- **Emergencia:** Las propiedades emergentes del sistema (características que surgen solo cuando se consideran todas las partes y sus interacciones) son fundamentales para comprender su comportamiento.
- **Holismo:** Para entender un sistema, es necesario adoptar un enfoque holístico, considerando cómo las interacciones y relaciones entre las partes contribuyen a la función y el propósito del todo.

En resumen, la TGS busca proporcionar un marco unificador para entender y estudiar sistemas complejos en cualquier disciplina, promoviendo una visión integrada que va más allá del análisis reduccionista de las partes individuales.

Aportes

La Teoría General de Sistemas (TGS) ha hecho contribuciones significativas en las áreas epistemológica, metodológica y semántica, transformando cómo entendemos y abordamos el estudio de los sistemas en diversas disciplinas.

- Epistemológicamente, la TGS ha transformado la manera en que comprendemos el conocimiento y los sistemas, promoviendo una visión holística e interdisciplinaria.
- Metodológicamente, ha proporcionado nuevas herramientas y enfoques para el estudio y la solución de problemas en sistemas complejos.
- Semánticamente, ha estandarizado un lenguaje y una terminología que facilita la descripción, el análisis, y la comunicación sobre sistemas en diversas disciplinas.

Aporte epistemológico

- **Cambio de Paradigma:**

La TGS representa un cambio de paradigma en la epistemología, alejándose del enfoque reduccionista tradicional que dominaba la ciencia, el cual descomponía un sistema en sus partes para estudiarlas de manera aislada. En lugar de ello, la TGS promueve una visión holística, donde se entiende que "el todo es más que la suma de sus partes". Esto ha llevado a una comprensión más profunda de los sistemas complejos y sus interrelaciones.

- Interdisciplinariedad:

Epistemológicamente, la TGS ha permitido la creación de un marco común que trasciende las barreras disciplinarias, facilitando el intercambio de conocimientos y enfoques entre diferentes campos del saber. Esto ha enriquecido la capacidad de los investigadores para abordar problemas complejos desde múltiples perspectivas, generando nuevas formas de conocimiento.

- Concepto de Emergencia:

La noción de emergencia en la TGS, donde propiedades y comportamientos nuevos surgen a nivel sistémico que no pueden ser predichos a partir del estudio de las partes individuales, ha sido un aporte epistemológico clave. Esto desafía la idea de causalidad lineal y simple, proponiendo que las interacciones y relaciones entre componentes generan nuevas realidades y fenómenos.

Aporte metodológico

- Desarrollo de Nuevas Herramientas y Técnicas:

La TGS ha contribuido a la creación de métodos y técnicas que permiten estudiar sistemas complejos de manera integrada. Esto incluye el uso de modelos matemáticos, simulaciones por computadora, diagramas de flujo de sistemas, y enfoques de dinámica de sistemas que permiten analizar cómo las variables dentro de un sistema interactúan a lo largo del tiempo.

- Modelado y Simulación de Sistemas Complejos:

Metodológicamente, la TGS ha fomentado el uso de simulaciones para experimentar con modelos de sistemas antes de aplicar cambios en el mundo real. Este enfoque es fundamental en campos como la ingeniería, la biología, y la administración, donde se pueden modelar diferentes escenarios y predecir los posibles efectos de ciertas decisiones o cambios.

- Enfoque Sistémico en la Solución de Problemas:

La TGS introduce una metodología para la resolución de problemas que considera las interacciones y retroalimentaciones dentro del sistema. Esto contrasta con los enfoques tradicionales que tienden a tratar los problemas de forma aislada, permitiendo soluciones más integrales y sostenibles.

La TGS propone distintos enfoques para analizar una realidad determinada:

1. La **Teoría Analógica de los Sistemas** es un enfoque que se basa en el uso de analogías para comprender y describir sistemas diferentes, pero que comparten características estructurales o funcionales similares. Este enfoque permite aplicar conceptos y modelos de un tipo de sistema (por ejemplo, un sistema físico) a otro tipo de sistema (como un sistema biológico o social), facilitando el análisis y la comprensión de sistemas complejos.

La analogía es una herramienta que permite transferir conocimiento entre dominios diferentes (interdisciplinariedad). Se identifican similitudes entre sistemas de diferentes disciplinas y, a través de estas similitudes, aplicar los mismos principios de análisis o solución de problemas.

Esta teoría se basa en la idea de isomorfismo, que es la correspondencia entre las estructuras de dos sistemas diferentes permitiendo representar un sistema desconocido o complejo en términos de otro sistema más familiar. Por ejemplo, la corriente eléctrica en un circuito puede ser modelada como el flujo de agua en una tubería, permitiendo aplicar principios hidráulicos para entender comportamientos eléctricos.

Ejemplos:

Los modelos de crecimiento poblacional en biología pueden ser análogos a modelos de crecimiento económico en economía, permitiendo aplicar principios similares de análisis y predicción.

En informática, los modelos de red de comunicaciones se pueden analogar con redes neuronales en biología, permitiendo el desarrollo de algoritmos basados en el funcionamiento del cerebro humano.

La Teoría Analógica de los Sistemas es crucial para avanzar en el entendimiento de sistemas complejos, especialmente en situaciones donde no es posible o práctico observar directamente todos los aspectos de un sistema. Al utilizar analogías, los investigadores y profesionales pueden extrapolar conocimientos y generar nuevas hipótesis, facilitando el progreso en diversas áreas del conocimiento. Además, promueve la colaboración interdisciplinaria, lo que enriquece el análisis y fomenta la innovación en la resolución de problemas complejos.

2. **La Teoría del Rango de las Estructuras de los Sistemas** se enfoca en clasificar y analizar los sistemas según su nivel de complejidad estructural. Esta teoría busca ordenar los sistemas en una jerarquía o rango, desde los sistemas más simples hasta los más complejos, facilitando así su estudio y comprensión.

La teoría propone que los sistemas pueden organizarse en un rango jerárquico basado en la complejidad de sus estructuras. Los sistemas más simples se encuentran en niveles inferiores, mientras que los sistemas más complejos ocupan niveles superiores. La complejidad de un sistema se refiere a la cantidad y la naturaleza de sus componentes y las relaciones entre ellos. Un sistema con pocos componentes y relaciones simples es menos complejo, mientras que un sistema con muchos componentes interrelacionados y con interacciones no lineales es más complejo.

A medida que los sistemas se vuelven más complejos, tienden a desarrollar estructuras más sofisticadas y organizadas. Esta organización puede ser vista como un mecanismo para gestionar y equilibrar la complejidad interna del sistema.

En niveles superiores de la jerarquía, emergen propiedades y comportamientos que no pueden ser explicados únicamente por la suma de las partes del sistema. Esto es coherente con el principio de emergencia en la TGS, donde la totalidad del sistema presenta características que no son observables en los componentes individuales.

La Teoría del Rango de las Estructuras de los Sistemas proporciona un marco para entender cómo los sistemas complejos se organizan y operan en diferentes niveles de complejidad. Al clasificar los sistemas de esta manera, es posible aplicar técnicas y modelos específicos para el análisis y diseño de sistemas en diferentes campos. Esto permite abordar problemas de manera más efectiva, al reconocer que no todos los sistemas pueden ser tratados con las mismas herramientas o enfoques, y que la organización interna de un sistema es clave para su funcionamiento y sostenibilidad.

3. El **Modelo Procesal o Sistema Adaptativo Complejo** se refiere a sistemas que están en constante evolución y adaptación en respuesta a cambios en su entorno. Estos sistemas son caracterizados por su capacidad para procesar información, aprender, y modificar su comportamiento con el tiempo, lo que los hace particularmente relevantes en contextos biológicos, sociales, y organizacionales.

En un sistema adaptativo complejo, los componentes que lo integran interactúan de manera no lineal. Esto significa que la influencia de un componente sobre otro no es proporcional ni predecible, lo que genera comportamientos emergentes a nivel del sistema completo.

Esa interacción da lugar a patrones, estructuras y comportamientos que no se pueden predecir simplemente analizando los elementos individuales. Estos fenómenos emergentes son una de las características más distintivas de los sistemas adaptativos complejos.

Estos sistemas tienen la capacidad de adaptarse a su entorno a través del aprendizaje y la evolución. Los componentes del sistema pueden modificar su comportamiento basado en experiencias pasadas o información nueva, lo que permite al sistema ajustarse a condiciones cambiantes.

Los sistemas adaptativos complejos no siguen una relación causa-efecto directa y predecible. Un cambio pequeño en un componente puede tener un impacto significativo en todo el sistema, y viceversa.

Estos sistemas son robustos porque pueden mantener su funcionalidad a pesar de perturbaciones. Son resilientes porque pueden recuperarse de alteraciones importantes al adaptarse a nuevas circunstancias.

Este enfoque permite comprender cómo los sistemas, como organizaciones, economías, o ecosistemas, funcionan y evolucionan en un entorno dinámico e impredecible.

Aporte semántico

- Lenguaje y Terminología Compartida:

La TGS ha proporcionado un lenguaje común y una terminología que puede ser utilizada en múltiples disciplinas. Términos como "sistema", "retroalimentación", "homeostasis", "entropía", y "equilibrio" han sido adoptados en diversos campos, facilitando la comunicación y el entendimiento interdisciplinario.

- Conceptualización de Sistemas Complejos:

Semánticamente, la TGS ha enriquecido la manera en que conceptualizamos y hablamos sobre sistemas complejos. Ha introducido conceptos que permiten describir la interconexión y la interdependencia de los componentes dentro de un sistema, lo que es esencial para entender fenómenos complejos como los ecosistemas, las economías globales, o las redes sociales.

- Clarificación de Relaciones y Estructuras:

Al estandarizar el uso de ciertos términos y conceptos, la TGS ha clarificado cómo describimos y entendemos las relaciones y estructuras dentro de un sistema. Esto ha mejorado la precisión y coherencia en la investigación y el análisis de sistemas, contribuyendo a un entendimiento más claro de los fenómenos estudiados.

Estos aportes han permitido que la TGS se convierta en un marco teórico fundamental para el análisis y la comprensión de sistemas complejos en múltiples áreas del conocimiento.

Conceptos generales

Sistema: Conjunto de elementos organizados que se encuentran en interacción, que buscan alguna meta o metas comunes, operando para ello sobre datos e información, sobre energía o materia u organismos, en una referencia temporal para producir como salida, información o energía, o materia u organismos.

Conglomerado: Conjunto de objetos donde no existen interacciones conducentes a obtener un resultado superior a la suma de las partes. O cuando el conjunto es el resultado de la suma de las partes, componentes y atributos, carentes de sinergia.

Ej.: un saco de manzanas, el grupo humano que viaja en un colectivo en un momento, suma de espectadores de un partido.

Características de los sistemas

- Propósito u objetivo: todo sistema tiene uno o algunos propósitos. Los elementos (u objetos), como también las relaciones, definen una distribución que trata siempre de alcanzar un objetivo.
- Globalismo o totalidad: un cambio en una de las unidades del sistema, con probabilidad producirá cambios en las otras. El efecto total se presenta como un ajuste a todo el sistema. Hay una relación de causa/efecto. De estos cambios y ajustes, se derivan dos fenómenos: entropía y homeostasia.
- Entropía: es la tendencia de los sistemas a desgastarse, a desintegrarse, para el relajamiento de los estándares y un aumento de la aleatoriedad. La entropía aumenta con el correr del tiempo. Si aumenta la información, disminuye la entropía, pues la información es la base de la configuración y del orden. De aquí nace la neguentropía, o sea, la información como medio o instrumento de ordenación del sistema. Es la reinserción de materia, energía, información para que el sistema se estabilice.
- Homeostasia: es el equilibrio dinámico entre las partes del sistema. Los sistemas tienen una tendencia a adaptarse con el fin de alcanzar un equilibrio interno frente a los cambios externos del entorno. Es un proceso interno que el sistema realiza para mantenerse estable.

Clasificación de sistemas

Así mismo, Bertalanffy, tipifica a los sistemas de la siguiente manera:

En cuanto a su constitución, pueden ser físicos o abstractos:

- Sistemas físicos o concretos: compuestos por equipos, maquinaria, objetos y cosas reales. El hardware.

- **Sistemas abstractos:** compuestos por conceptos, planes, hipótesis e ideas. Muchas veces solo existen en el pensamiento de las personas. Es el software.

En cuanto a su naturaleza, pueden cerrados o abiertos:

- **Sistemas cerrados:** no presentan intercambio con el medio ambiente que los rodea, son herméticos a cualquier influencia ambiental. No reciben ningún recurso externo y nada producen que sea enviado hacia fuera. En rigor, no existen sistemas cerrados. Se da el nombre de sistema cerrado a aquellos sistemas cuyo comportamiento es determinístico y programado y que opera con muy pequeño intercambio de energía y materia con el ambiente. Se aplica el término a los sistemas completamente estructurados, donde los elementos y relaciones se combinan de una manera peculiar y rígida produciendo una salida invariable, como las máquinas.
- **Sistemas abiertos:** presentan intercambio con el ambiente, a través de entradas y salidas. Intercambian energía y materia con el ambiente. Son adaptativos para sobrevivir. Su estructura es óptima cuando el conjunto de elementos del sistema se organiza, aproximándose a una operación adaptativa. La adaptabilidad es un continuo proceso de aprendizaje y de auto-organización. Los sistemas abiertos no pueden vivir aislados. Los sistemas cerrados, cumplen con el segundo principio de la termodinámica que dice que “una cierta cantidad llamada entropía, tiende a aumentar al máximo”. Los sistemas abiertos evitan el aumento de la entropía y pueden desarrollarse en dirección a un estado de creciente orden y organización (entropía negativa). Los sistemas abiertos restauran su propia energía y reparan pérdidas en su propia organización. El concepto de sistema abierto se puede aplicar a diversos niveles de enfoque: al nivel del individuo, del grupo, de la organización y de la sociedad.

Existen diferencias entre los sistemas abiertos (como los sistemas biológicos y sociales, a saber, células, plantas, el hombre, la organización, la sociedad) y los sistemas cerrados (como los sistemas físicos, las máquinas, el reloj, el termóstato).

Conceptos relacionados al Ambiente (hacia afuera del sistema):

Metasistema: un tipo muy específico de sistema que conceptualmente va más allá del concepto convencional de sistema, se adapta a su entorno. Ej.: un sistema formado por otros sistemas.

Contexto: área y condiciones que influyen y afectan el comportamiento de un sistema.

Límite: el concepto “foco de atención” es aquello que se separa para estudiar, que en nuestro caso es el mismo Límite de Interés.

Diapositiva 14: Conceptos relacionados a la estructura (hacia adentro del sistema):

Elemento: son las partes o componentes que lo conforman (sujetos, procesos u objetos)

Atributo: características y propiedades estructurales o funcionales de los elementos de un sistema.

Atributos definidores: sin ellos el sistema no estaría completamente definido, forman parte fundamental de la estructura de un sistema.

Atributos concomitantes: su presencia o ausencia no establece ninguna diferencia con respecto al uso del término que describe la unidad.

Un **modelo** es la representación de la realidad por medio de abstracciones. Los modelos enfocan ciertas partes importantes de un sistema (por lo menos, aquella que le interesan a un tipo de modelo específico), restándole importancia a otras.

La **estructura** hace referencia a la articulación u organización y al orden de las partes dentro de un todo. La estructura también la podemos entender como un sistema de conceptos mutuamente relacionados, que busca conocer las particularidades del objeto de estudio.

Rango: en la Jerarquía de la Complejidad de los Sistemas, se presenta el Rango que va desde el rango 1 (estructuras estáticas) hasta el 9 (sistemas transcendentales).

Subsistema: es un conjunto de elementos interrelacionados que pertenecen a un sistema mayor. Contribuyen al funcionamiento del sistema mayor, internamente poseen las características de un sistema.

Complejidad: hace referencia a como se entrelazan los elementos de un sistema.

Conceptos relacionados al comportamiento de los sistemas

Adaptabilidad

“es la propiedad que tiene un sistema de aprender y modificar un proceso, un estado o una característica de acuerdo a las modificaciones que sufre el contexto. Esto se logra a través de un mecanismo de adaptación que permita responder a los cambios internos y externos a través del tiempo.

De igual modo, la **homeóstasis** se considera a la tendencia de un sistema para permanecer en un estado de equilibrio o a tratar de buscarlo cuando se ve afectado por la acción de variables críticas. Ante esta situación, La homeóstasis se obtiene a través de mecanismos de retroalimentación que le permiten al sistema corregir y equilibrar los procesos internos a partir de los datos obtenidos sobre su funcionamiento y sobre los cambios en el ambiente. Ahora, visto desde la teoría general de sistemas, se considera a la homeóstasis como el mecanismo de control que permite mantener los elementos constitutivos de un sistema dentro de los límites para garantizar su supervivencia. Hace referencia, por lo tanto, al mantenimiento y control del sistema.

Una de las características de los sistemas abiertos es que tienen el principio de **equifinalidad**. Este principio se refiere a que un sistema puede lograr, por diversos caminos o rutas; el mismo resultado _final (meta), partiendo de diferentes condiciones iniciales.

En sentido general, la **información** es un conjunto organizado de datos procesados, que constituyen un mensaje que cambia el estado de conocimiento del sujeto o sistema que recibe dicho mensaje.

Para Gilles Deleuze, la información es un sistema de control, en tanto que es la propagación de consignas que deberíamos creer o hacer que creemos. En tal sentido la información es un conjunto organizado de datos capaz de cambiar el estado de conocimiento en el sentido de las consignas transmitidas.

Los datos sensoriales una vez percibidos y procesados constituyen una información que cambia el estado de conocimiento, eso permite a los individuos o sistemas que poseen dicho estado nuevo de conocimiento tomar decisiones pertinentes acordes a dicho conocimiento.

Sinergia proviene del griego **synergia**, cooperación y responde al postulado aristotélico que dice que “el todo no es igual a la suma de sus partes”. Se puede definir como la integración de varios elementos que da como resultado unos beneficios superiores a los que generarían la suma de cada uno de ellos por separado (individualmente). O lo que es lo mismo decir que, cuando dos o más elementos se unen sinérgicamente se genera un resultado que maximiza las cualidades de cada uno de los elementos que lo componen.

La **retroalimentación** consiste en llevar parte de la señal de salida a la entrada del sistema.

- En la retroalimentación positiva, parte de la señal de salida se suma (incrementa) a la señal de entrada.
- Cuando se mantiene un sistema y se modifican sus metas/fines nos encontramos ante un caso de retroalimentación positiva.

Rekursividad

La recursividad se refiere a sistemas con capacidad de adaptarse y sobrevivir. Estos sistemas son subsistemas de otro sistema superior. El concepto de recursividad se aplica a sistemas dentro de sistemas mayores. En el campo de la Informática la recursividad es una técnica de programación muy potente que puede ser utilizada en lugar de la interacción. Permite diseñar algoritmos recursivos que dan soluciones concretas y simples, generalmente bien estructuradas y modulares, a problemas de gran complejidad. Un ejemplo de recursividad en el campo empresarial, se observa cuando hay un Holding de empresas donde cada una de las empresas tiene una sola Gerencia de Finanzas.

Teniendo en cuenta este concepto y haciendo foco en un sistema, que a su vez pertenece a un suprasistema y está compuesto por subsistemas, este concepto de recursividad, nos permite definir de manera más sencilla el concepto de tensión, para lo cual decimos que, el suprasistema ejerce tensión en los subsistemas porque también a su vez ejerce tensión en el sistema.

El suprasistema puede ejercer tensión de dos formas:

- Para conseguir el logro de los objetivos
- Para conseguir un nivel de consecución de los objetivos planteados para los subsistemas

Por ejemplo, se pretende aumentar el nivel de ventas de una organización, pero también podríamos cuantificarlo, por ejemplo, se pretende aumentar las ventas en un 10% respecto a las ventas del trimestre anterior.

En este caso, la tensión va a estar dada al subsistema de ventas de la organización, para que logre alcanzar ese porcentaje de consecución de ese objetivo planteado.

Para facilitar el estudio de los sistemas complejos, debemos dividirlos en subsistemas, y estos a su vez en más subsistemas, hasta que estos subsistemas tengan un tamaño manejable

Por ejemplo, si consideramos una empresa multinacional, quizás una buena forma de subdividirla sería geográficamente, y así recursivamente. Pero a su vez esta multinacional requerirá información de sus subsistemas para poder comprender el todo y para poder, de esta manera seguir siendo un sistema

Como consecuencia de este proceso de subdivisión, surge la necesidad de coordinación entre subsistemas, para que el sistema tienda a la eficacia y a la eficiencia.

Es posible expresar matemáticamente, la cantidad de interacciones entre subsistemas dentro de un sistema

$$\text{Nro. Interacciones} = \frac{1}{2} * (n-1) * n$$
$$n = \text{nro. elementos}$$

Ahora bien, si recordamos el concepto de sistemas, las relaciones entre esos elementos del sistema son las interacciones. Algunas de estas relaciones si funcionan en forma optimizada, elevan el rendimiento del sistema. Entonces solo se intenta reducir aquellas interacciones no deseadas entre los elementos de un sistema o subsistemas

Estas interacciones no deseadas, mayormente se deben al uso de recursos o espacios en común con lo cual se genera una competencia entre los subsistemas por el uso de esos recursos.

En consecuencia, podemos definir métodos para reducir interacciones no deseadas. Estos métodos son:

- **Desacoplamiento**, es decir desacoplar entradas y salidas, esto es si un subsistema produce salidas que otro requiere como entrada, esta sería la definición de dos subsistemas que están acoplados, uno se queda esperando la salida del otro, podría suceder que el ritmo de salidas de uno de ellos no coincida con el ritmo de entrada del otro, o que la calidad, cantidad o el tiempo no coincidieran.

Inventarios, almacenamientos intermedios, líneas

Por ejemplo, si se producen más artículos de los que se pueden vender, necesitamos un espacio para almacenarlos (acoplamiento entre el subsistema de producción y el de comercialización).

Recursos de holgura y flexibles

Por ejemplo si dos subsistemas necesitan utilizar la misma máquina, puede que este recurso máquina no este optimizado para para uno de los subsistema pero si atender a los objetivos de cada uno de ellos. Por ejemplo, la computadora, la tecnología, una impresora. Es importante analizar los costos de coordinación versus los costos de independencia. Si los dos subsistemas están muy acoplados, el costo de coordinación es muy alto, por ejemplo, si contamos con una secretaria para varios médicos, el costo de coordinación es alto, quizás contratar a una nueva secretaria haría caer el costo de independencia y bajaría el costo de coordinación.

Uso de estándares

Si de antemano se determina cuando la salida de un subsistema se considera dentro del rango aceptada y el subsistema que la recibe tiene definido el mismo rango, se produce un acuerdo entre estos dos subsistemas a partir del establecimiento de una regla o estándar.

- Simplificación: consiste en reducir las interacciones entre subsistema, por ejemplo definiendo una estructura organizacional. Imagínense un grupo de personas que trabajan en una organización y cada una de ellas interactúa con todas las demás, pero si las agrupamos en áreas, reduciremos las interacciones.