

# Introducción a la Teoría General de Sistemas

Oscar Johansen Bertoglio

Limusa - Noriega Editores

La noción de sistema no es nueva. Podemos remontarnos a los filósofos griegos y probablemente a civilizaciones anteriores.

En la actualidad está estrechamente relacionada con las investigaciones realizadas por el biólogo alemán Ludwig Bertalanffy en 1925 sobre el llamado “**sistema abierto**”.

Dicha teoría fue aceptada y aplicada por Wiener, entre otros (cibernética) y la llamada Investigación de Operaciones.

La TGS a través del análisis de las totalidades y las interacciones internas de éstas y las externas con su medio, es, ya, **una poderosa herramienta que permite la explicación de los fenómenos que suceden en la realidad y también hace posible la predicción de la conducta futura de esa realidad...**

En la TGS el todo es mayor y distinto que la suma de las partes. La TGS es un corte horizontal que pasa a través de todos los diferentes campos del saber humano.

Principios de la TGS:

- a) **Sinergia**: en relación con el todo y las partes.
- b) **Recursividad**: existe una determinada jerarquía entre los lotes de sistemas. Están los “inferiores” y los “superiores”
- c) La TGS es un enfoque interdisciplinario, y por tanto, aplicable a cualquier sistema tanto natural como artificial. En este trabajo se aplicará preferentemente a las organizaciones humanas en general y en particular a la empresa,

## CAPITULO I

**El enfoque de los sistemas:**

### 1.1. El enfoque reduccionista:

Es el estudio de un fenómeno complejo a través del análisis de sus elementos o partes constitutivas. No se trata de rechazar la validez del camino analítico ya que analizada su aplicación no se puede dudar de su aporte al crecimiento del conocimiento humano.

Por ejemplo, Kurt Lewin, el famoso psicólogo fundador de la teoría de los campos, señalaba que lo importante en la teoría es la forma en que se procede al análisis. “En vez de tomar uno u otro elemento aislado dentro de una situación, **la teoría del campo encuentra ventajas, como regla, de comenzar por la caracterización de la situación como un todo**”.

Por ejemplo, en biología un elemento totalizante es el organismo; el concepto de individuo en psicología; el concepto de instituciones y clases sociales en sociología; el

concepto de cultura en antropología. Cada uno de estos sistemas (o totalidades) se presenta en forma natural, simplemente, porque lo percibimos así.

Por supuesto que no se busca establecer una teoría general de prácticamente cualquier cosa, única y total, que reemplace todas las teorías especiales de cada disciplina en particular. Tal teoría no tendría contenido, **porque en la medida que aumentamos la generalidad perdemos en contenido**. Persona. Ciudadano. Nacionalidad. Etc.. Sin embargo, entre lo específico que no tiene significado y lo general que no tiene contenido, debe existir para cada propósito y para cada nivel de abstracción, un grado óptimo de generalidad.

Los objetivos de la TGS pueden ser fijados a diferentes grados de ambición y de confianza.

A un nivel de ambición bajo pero con un alto grado de confianza, su propósito es descubrir las similitudes o isoformismos en las construcciones teóricas de las diferentes disciplinas, cuando éstas existen, y desarrollar modelos teóricos que tengan aplicación al menos en dos campos diferentes de estudio.

A un nivel mas alto de ambición, pero quizás, con un grado de confianza menor, espera desarrollar algo parecido a un “espectro” de teorías, un sistema de sistemas que puedan llevar a cabo la función de una Gestalt en las construcciones teóricas. Por ejemplo, tenemos el caso de la tabla periódica en los elementos químicos. Durante muchos años se dirigieron las investigaciones para buscar los elementos faltantes de la tabla.

## 1.2. Dos enfoques para el estudio de la TGS.

Son dos enfoques que deben tomarse más como complementarios que como competitivos.

**Primer enfoque:** observar al universo empírico y escoger ciertos fenómenos generales que se encuentran en las diferentes disciplinas y tratar de construir un modelo teórico que sea relevante para esos fenómenos. En vez de estudiar sistema por sistema, considera a un conjunto de todos los sistemas concebibles. (por ej. Poblaciones)

**Un segundo enfoque:** ordenar los campos empíricos en una jerarquía de acuerdo con la complejidad de la organización de sus individuos básicos o unidades de conducta y tratar de desarrollar un nivel de abstracción apropiado a cada uno de ellos. (Un sistema de sistemas)

Boulding denomina a la TGS como el Esqueleto de la Ciencia en el sentido de que esta ciencia busca un marco de referencia a una estructura de sistemas sobre el cual “colgar la carne y la sangre de las disciplinas particulares, en el ordenado y coherente cuerpo de conocimientos”.

## 1.3. Tendencias que buscan la aplicación práctica de la TGS

- a) la cibernética: se basa en el principio de la retroalimentación (o causalidad circular) y de homeóstasis.
- b) Teoría de la información: introduce el concepto de información como una cantidad mensurable, mediante una expresión isomórfica con la entropía

negativa en física. Se ha llegado a la sorprendente conclusión de que la fórmula de la información es exactamente igual a la fórmula de la entropía, pero con signo negativo (información = -entropía o información = neguentropía)

- c) Teoría de los Juegos
- d) Teoría de la decisión
- e) Matemática Relacional
- f) Análisis factorial
- g) Otros

## Capítulo II

### Sinergia y recursividad:

2.1. Sinergia: Existe sinergia cuando la suma de las partes es superior al todo.

Definición de Fuller: un objeto posee sinergia cuando el examen de una o alguna de sus partes (incluso de cada una de sus partes) en forma aislada, no puede predecir o explicar la conducta del todo. Ejemplo de las naranjas en un cesto y en forma de cruz. De la multitud de un estadio

Existen objetos que poseen como característica la existencia de sinergia y otros que no. En general, a las totalidades desprovistas de sinergia podemos llamarlas *conglomerados*.

La diferencia entre un *conglomerado* y un *sistema* reside en la existencia o no de relaciones o interacciones entre las partes.

Otra definición de conglomerado: un conjunto de objetos de los cuales abstraemos ciertas características, es decir, *eliminamos aquellos factores ajenos al estudio*.

En resumen: **los objetos presentan una característica de sinergia cuando la suma de sus partes es inferior al todo, o bien cuando el examen de alguna de ellas no explica la conducta del todo.**

Cuando nos encontramos con un objeto de características sinérgicas (que denominamos sistemas) debemos tener en cuenta la interrelación de las partes y el efecto final será un “efecto conjunto”. Mencionar caso de muestreo.

Cuando hablamos de hombre o mujer, de naranjas, de cesantes, estamos pensando en totalidades. Totalidades dentro de una totalidad mayor. Esto nos lleva directamente a la recursividad.

### 2.2. Recursividad:

Podemos entender por recursividad el hecho **de que un objeto sinérgico, un sistema, esté compuesto de partes con características tales que son a su vez objetos sinérgicos (sistemas)** Hablamos entonces de sistemas y subsistemas. O mas concretamente de *supersistemas, sistemas y subsistemas*. Lo importante del caso, y que es lo esencial de la recursividad, es que cada uno de estos objetos, no importando su tamaño, tienen propiedades que lo convierten en una totalidad, es decir, en elemento independiente.

Teníamos un conjunto de 6 naranjas. Pero cada una de ellas era una totalidad en particular. Teníamos una población de hombres y mujeres, pero también cada uno es una totalidad particular. Esto no significa que todos los elementos o partes de una

totalidad sean totalidades a su vez. En el caso de las naranjas formando una cruz, cada naranja no forma una cruz. Luego no existe la característica de recursividad en el sentido de que cada una de las partes del todo posee, a su vez, las características principales del todo.

Si tenemos un conjunto de elementos u objetos tales como una célula, un hombre, un grupo humano y una empresa, es probable que a simple vista no observemos entre ellos ninguna relación y los consideremos entidades independientes. Sin embargo, un rápido análisis nos puede llevar a la conclusión de que sí existen relaciones. El hombre es un conjunto de células y el grupo es un conjunto de hombres. Luego podemos establecer aquí una recursividad célula-hombre-grupo. Aún más, el hombre no es una simple suma de células ni el grupo es una suma de individuos, por lo tanto tenemos aquí elementos recursivos y sinérgicos (lo que no sucedía en el caso de las naranjas)

De este modo **se desprende que el concepto de recursividad se aplica a sistemas dentro de sistemas mayores, y a ciertas características particulares, mas bien funciones o conductas propias de cada sistema que son semejantes a la de los sistemas mayores.**

Pone el ejemplo de una empresa como totalidad.. O el de familia.

Existe recursividad entre objetos aparentemente independientes, pero que esa recursividad no se refiere a forma o, para decirlo gráficamente, a innumerables puntos concéntricos que nacen de un punto. No la recursividad se presenta en torno a ciertas características particulares de diferentes elementos o totalidades de diferentes grados de complejidad.

En todo caso *el problema consiste en la definición de las fronteras* del sistema. En otras palabras, en llegar a establecer una línea imaginaria que separe lo que pertenece al sistema de aquello que no le pertenece. Para llegar a una idea operacional de sistema podríamos hablar de **individualidad**.

Bertalanffy se pregunta qué es un individuo y señala que **con ello queremos significar un objeto que, espacial, temporal y dinámicamente, constituye algo distinto de todo otro ser de su misma categoría y que como tal pasa por un determinado ciclo vital.**

El caso de un taxi.

Podemos concluir que los sistemas consisten en individualidades; por lo tanto son indivisibles como sistemas. Poseen partes y subsistemas, pero ya son otras individualidades. Pueden formar parte del sistema, pero no son del sistema que deseamos o buscamos. Para encontrarlo, debemos reunir aquellas partes y aquellos subsistemas y eliminar las otras partes y subsistemas que están de más o pertenecen a otro sistema o, por no tener relación con nuestro sistema, sus comportamientos no lo afectan.

### 2.3. Sinergia y recursividad:

Los descubrimientos aislados y más o menos independientes de características particulares de pronto se arman como un rompecabezas y se descubren las interacciones entre ellas que llevan a pensar y a ubicar a esos descubrimientos parciales como partes de un todo superior. Se habla entonces, empleando el lenguaje de Beer de los metasistemas.

Los avances en el estudio del Laser ayudaron al descubrimiento de la Holografía. El holograma puede hacer visibles registros y proyecciones en tres dimensiones. A su vez, el descubrimiento del laser condujo a un mejoramiento de la Espectroscopia. Y por otra parte se desarrollaba la técnica de las computadoras. El desarrollo de estas tecnologías

permitió examinar un campo o sistema hasta entonces desconocido: las moléculas y las proteínas completas  
Ejemplo Polaris.

### **Conclusión:**

La idea de sinergia es inherente al concepto de sistemas, y la idea de recursividad representa la jerarquización de lo todos los sistemas existentes. Es el concepto unificador de la realidad y de los objetos.

## **Capítulo III**

### **3.-Qué es un sistema:**

El objetivo es sistematizar una serie de conceptos en torno a los sistemas partiendo de su definición formal, es decir, crear nuestro vocabulario de trabajo. Intentaremos desarrollar también alguna taxonomía o clasificación

#### **3.1. Definiciones:**

Existen dos líneas de pensamiento:

- a) La de Bertalanffy y continuada por Boulding en la que el esfuerzo central es llegar a la integración de las ciencias.
- b) El segundo es bastante más práctico y se conoce con el nombre de “ingeniería de sistemas”.

Definición general de sistemas: **un conjunto de partes coordinadas y en interacción para alcanzar un conjunto de objetivos.**

Definición del General System Society For Research: **un conjunto de partes y sus interrelaciones.**

#### **3.2. Concepto de Gestalt o sinergia:**

Un sistema puede ser el conjunto de la arena de una playa, un conjunto de estrellas, un conjunto sistemático de palabras o símbolos que pueden o no tener relaciones funcionales entre sí o un grupo de trabajo.

En éste último, cada uno de sus miembros posee sus propias características y condiciones, hábitos, esperanzas, temores, lo mismo que el matrimonio a pesar de que digan que son uno.

Los subsistemas son sistemas más pequeños dentro de sistemas mayores. Pero a su vez los sistemas pertenecen a otros sistemas mayores: los supersistemas. Ejemplo: el hombre como sistema con sus órganos como subsistema y el grupo como supersistema.

Para que ello sea así tanto los subsistemas como los súper, deben responder a ciertas características comunes, las características sistémicas.

A medida que **integramos** sistemas, vamos pasando de una complejidad menor a una mayor. Y viceversa.

A medida que **desintegramos** perdemos visión del todo y nos vamos acercando al método reduccionista.

Kenneth Boulding ha formulado una escala jerárquica de sistemas, partiendo desde los más simples para llegar a los más complejos.

**Primer nivel:** estructuras estáticas (marco de referencia) geografía y anatomía del universo (estructura de electrones alrededor del núcleo, los átomos etc.).

**Segundo nivel:** sistemas dinámicos simples con movimientos predeterminados: Este puede ser denominado el nivel del “movimiento del reloj” (el sistema solar es en sí el gran reloj del universo). Desde las máquinas más simples a las más complicadas, como los dínamos.

**El tercer nivel:** los mecanismos de control o los sistemas cibernéticos. El termostato. Difieren de los más simples por el hecho de que la transmisión e interpretación de información constituye una parte esencial de los mismos.

**El cuarto nivel:** los sistemas abiertos, Este es el nivel en que la vida empieza a diferenciarse de los materias inertes y puede ser denominada con el nombre de células. Presentan dos propiedades particulares: automantención y autoproducción.

**El quinto nivel:** el genético social, y se encuentra tipificado por las plantas y domina el mundo empírico del botánico, las características mas importantes son: a) la división del trabajo entre las células con partes diferenciadas y mutuamente dependientes (raíces, hojas, semillas, etc.) y b) una profunda diferenciación entre el fenotipo y el genotipo, asociada con un fenómeno de equifinalidad, es decir, los sistemas llegan a un mismo objetivo, aunque difieran sus estados iniciales. En este nivel no existen órganos de los sentidos altamente especializaron y los receptores de información son difusos e incapaces de recibir mucha información. Un árbol distingue cambios en su entorno, por Ej., el girasol y el movimiento solar.

**Sexto nivel:** A medida que pasamos del reino vegetal al animal, gradualmente pasamos a un nivel organizativo más complejo en su organización

**El séptimo nivel:** es el nivel humano. No sólo sabe sino que también reconoce que sabe. Tiene capacidad para producir, absorber, e interpretar símbolos complejos.

**El octavo nivel:** lo constituyen las organizaciones sociales. No existe el hombre aislado de sus semejantes. Un hombre verdaderamente aislado no sería humano (aunque lo fuera potencialmente). Se pueden definir a las organizaciones sociales como un conjunto de roles interconectados por canales de comunicación

**El noveno nivel:** los sistemas trascendentales. Aquí se encuentra la esencia, lo final, lo absoluto, lo inescapable.

### 3.5 Las fronteras del sistema:

Pro frontera del sistema queremos entender aquello que separa el sistema de su entorno (o supersistema) y que define lo que le pertenece y queda fuera de él.

A la jerarquía anterior cabría incorporarle **el décimo nivel**, el ecológico. El sistema ecológico presenta un equilibrio desarrollado durante millones de años, por medio de la evolución tanto de los organismos vivos (incluido el hombre) como del paisaje

geográfico. Hoy en día este sistema tiende a perder su equilibrio, se está produciendo un **ecocidio**.

Para la definición de un sistema siempre contaremos con dos conceptos que pueden resultar de gran ayuda: la idea de un supersistema y la idea de un subsistema. De este modo podemos definir a nuestro sistema en relación con su medio inmediato, por una parte, y en relación con sus principales componentes, por otra.

Por ejemplo, una playa de arena: su frontera puede estar dada por sus límites geográficos pero a su vez podría definir como subsistema a los objetos que se encuentran en los límites del sistema (parte del mar y el continente) Puedo definir también los subsistemas, que en este caso podrían ser los granos de arena, las rocas etc., su constitución y características.

### 3.6 Sistemas abiertos y sistemas cerrados:

Hemos definido al sistema como un conjunto de partes interrelacionadas. Pero si analizamos bien la definición podremos darnos cuenta de que prácticamente no existe objeto en toda la creación que no se encuentre comprendido en ella (excepto lo conglomerado). Incluso el conglomerado mantiene relaciones (de atracción, repulsión, simplemente de contexto). Según **Forrester** podemos dividir a los sistemas en abiertos y cerrados.

- a) **sistemas abiertos:** aquellos cuya corriente de salida no modifica a la corriente de entrada (un estanque en el que la salida del agua no tiene relación con el entrada)
- b) **sistemas cerrados:** aquel cuya corriente de salida, es decir su producto, modifica su corriente de entrada, es decir sus insumos.

### Bertalanffy:

- a) **sistema cerrado:** no intercambia energía con su medio (ya sea importación como exportación)
- b) **sistema abierto** es el que transa con su medio

## Capítulo IV

### 4. Elementos del sistema

En general, las principales características de un sistema (abierto) son su: corriente de entrada, su proceso de conversión, su corriente de salida, y –como elemento de control- la comunicación de retroalimentación.

#### 4.1 Corrientes de entrada:

Ejemplos de un hombre, una planta, una industria. Son sistemas abiertos que precisan incorporar “energía” para funcionar.

En general, la energía importada tiende a comportarse con arreglo a la ley de conservación de la energía, que dice 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.

*Sin embargo, existe la corriente de entrada de una energía particular que no responde a la ley de conservación. Es la INFORMACION.* Efectivamente, el sistema importa información desde su medio a través de sus centros receptores y canales de comunicaciones. Este insumo se comporta según la “ley del incremento”, la información que permanece en el sistema es igual a la que entra más que la que existe, es decir, hay una agregación neta en la entrada y la salida no elimina información del sistema. Puede suceder todo lo contrario: con la salida de información puede aumentar el total de información del sistema (“la mejor manera de aprender es enseñando”).

#### **4.2 Proceso de conversión:**

Hacia dónde va la energía que el sistema importa? Los sistemas convierten o transforman la energía (en sus diferentes formas) que importan en otro tipo de energía, que representa “la producción” característica del sistema en particular. Por ejemplo las plantas “importan” energía solar y mediante un proceso de conversión (fotosíntesis) transforman la energía solar en oxígeno.

#### **4.3. Corriente de salida**

Equivale a la exportación que el sistema hace al medio.(oxígeno por ejemplo). Por lo general no existe una sino varias corrientes de salida. La planta, por ejemplo, además de oxígeno exporta alimentos y belleza a través de sus flores. Podemos dividir las corrientes como positivas o negativas para el medio y el entorno (o supersistema). Una planta en general su corriente de salida es siempre positiva, salvo que se tratase, por ejemplo de una amapola o algo por estilo, que pueda emplearse para el opio y éste puede ser usado positiva (en medicina) o negativamente.

#### **4.4. La comunicación de retroalimentación**

Todo sistema tiene un propósito y la conducta que desarrolla una vez que cuenta con suficiente energía, tiende a alcanzar ese propósito u objetivo.

La información 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 (retroalimentación) Desde este punto de vista es un mecanismo de control del sistema para asegurar el logro de su meta.

Un ejemplo es la bicicleta. La bicicleta sin ciclista es un sistema cerrado. Con ciclista es un sistema abierto y cuando la rueda delantera involuntariamente, por causa de algún accidente del terreno se va hacia la izquierda el ciclista reacciona y mueve el manubrio hacia la derecha para mantener el rumbo y el equilibrio. Esa maniobra es de retroalimentación.



## CAPITULO V

### 5. Entropía y neguentropía

Cada acto que realizamos en el día implica fuerza y energía. Si cerramos una puerta, si encendemos un cigarrillo (en un lugar “abierto”) por supuesto) estamos ejecutando un trabajo. En cada una de estas actividades existe un consumo de energía.

En general todo sistema diseñado para alcanzar un objetivo requiere de energía que puede convertirse, dentro del sistema, en energía cinética o potencial. La primera se encuentra relacionada con la velocidad de un cuerpo, aunque algo de ella se pierde por la fricción de éste con el medio. (caminar, empujar, transportar etc.). La energía potencial se encuentra relacionada con la masa del cuerpo y los cambios de altura (energía de una cascada, etc)

#### 5.1. Las leyes de la termodinámica

**Ley cero:** cuando dos cuerpos que poseen la misma temperatura son colocados uno al lado de otro, sus temperaturas permanecen constantes. (ley “cero” de la termodinámica)

**Ley primera:** en un sistema cerrado la energía tiende a conservarse. No se gana ni se pierde.

**Ley segunda:** cuando dos cuerpos tienen diferente temperatura, existirá siempre un flujo de energía del más caliente al más frío. Dicho de otra manera: cuando ciertos estados del sistema son más probables que otros, **el sistema siempre se moverá en la dirección del estado más probable.**

#### 5.2. Entropía:

Es una cantidad física mensurable. En el punto de temperatura conocido como cero absoluto (aproximadamente  $-273^{\circ}\text{C}$ ) la entropía de cualquier sustancia es **cero**. Cuando llevamos la sustancia a cualquier otro estadio mediante pasos lentos y reversibles (aunque la sustancia cambie de naturaleza física o química) la entropía aumenta en una cantidad que se calcula dividiendo cada pequeña porción de calor que debemos agregar en ese proceso, por la temperatura absoluta en la cual lo agregamos y sumando todas estas pequeñas contribuciones.

Recordemos que de acuerdo a la segunda ley de la termodinámica, la entropía de un sistema aislado (que no “comercia” con el exterior) es **siempre** creciente, va pasando de estados más organizados hacia estados menos organizados, hasta llegar a un caos final.

La Tierra no es un sistema aislado. Recibe energía desde el exterior (energía radiante desde el sol, energía gravitacional desde el sol y de la luna, radiaciones cósmicas de origen desconocido) También irradia energía. Cual es el saldo? No se conoce.

Los objetos físicos tienden a ser sistemas cerrados, y por eso tienen una vida limitada. La Esfinge, por ejemplo, muestra los efectos de la entropía si se compara su estado

actual con el original. La arcilla y la roca que la componen se desgranar con el paso del tiempo y tienden a volver a su estado primitivo como partículas y arena.

Cuando un sistema no vivo es aislado y colocado en un medio uniforme, todo movimiento muy pronto llega hasta un punto muerto, como resultado de la fricción. Las diferencias de potenciales químicos se equilibran, la temperatura se hace uniforme. Después de esto todo el sistema cae en agonía y muere, transformándose en materia inerte. Se alcanza un estado permanente en que no ocurre ningún suceso observable; los físicos lo llaman estado de equilibrio termodinámico o de máxima entropía.

### 5.3 La entropía y los sistemas abiertos

Hemos señalado que una característica común a todos los sistemas es la entropía. En los sistemas sociales ésta tiene efectos que tienen relación con los problemas de la organización, de la información y de la comunicación.

Según dijimos la entropía es un concepto que proviene de la física y es una conclusión a que se llega a partir de la segunda ley de la termodinámica, según la cual, **los sistemas tienden a alcanzar su estado mas probable**. Ahora bien, en el mundo de la física el estado más probable es el caos, el desorden y la desorganización.

Si se examina un campo de tierra gredosa, apropiada para la fabricación de ladrillos, el estado en que se encuentra esa tierra será de desorden (su estado más probable). Si de esa tierra gredosa se pretende fabricar ladrillos, habrá que organizarla. Y si a esos ladrillos los usamos para fabricar un muro, estamos en una segunda etapa de organización.

Con el paso del tiempo los ladrillos tenderán a desintegrarse, a la pérdida de su organización, a volver a transformarse en polvo o arcilla, a **llegar a su estado más probable**. El efecto de desintegración es el efecto de la entropía.

Esto que sucede con los sistemas cerrados, no ocurre igual con los abiertos. Veamos:

### 5.4. La neguentropía y la subsistencia del sistema.

En el mundo físico no existe creación de neguentropía o entropía negativa. Los sistemas vivos evitan el decaimiento a través de la ingesta de alimentos. Un organismo se alimenta de entropía negativa atrayéndola para él para compensar el incremento de entropía que produce al vivir y manteniéndose así, dentro de un estado estacionario, con un nivel relativamente bajo de entropía.

La neguentropía es en sí una medida de orden, es el mecanismo según el cual el organismo se mantiene en estado estacionario y a un nivel bastante alto de ordenamiento, es decir, a un bajo nivel de entropía.

### 5.5. La generación de neguentropía.

Un sistema abierto puede presentarse como aquel que importa energía (corriente de entrada), transforma esa energía (proceso de transformación) y luego exporta al medio esa nueva energía. Con el producto de esa exportación, el sistema está en condiciones de

obtener nuevamente sus corrientes de entrada necesarias para llevar adelante el proceso de transformación que le es propio.

Supongamos:

E1 es la energía de entrada.

E2 es la energía de salida

Ahora bien, el sistema abierto puede almacenar energía. Veamos:

$$E1 = E'1 + E''1 \quad \text{ó} \quad E1 - E'1 = E''1$$

$E''1$  representa una cantidad de energía no utilizada en el proceso de transformación. Es una energía que permanece (o se acumula) dentro del sistema y sirve para la creación de neguentropía.

Un ejemplo: un equipo de jugadores de damas que poco a poco deja de tener interés en sí porque todos tienden a jugar igual. El máximo nivel de entropía se produce cuando todos los jugadores llegan al mismo nivel, es decir poseen una misma jerarquía.

Llamemos  $A_x$  a la entropía del sistema. Entonces si

$A_x = E''1$  tenemos un sistema que sobrevive

$A_x$  es mayor que  $E''1$  tenemos un sistema en expansión

$A_x$  es menor que  $E''1$  tenemos un sistema en descomposición

## 5.6 Entropía e información

Las informaciones son comunicadas a través de mensajes que son propagados desde un punto (fuente) a otro (receptor) dentro del sistema social, a través de los canales de comunicación y utilizando diversos medios. Es evidente que las informaciones contenidas en mensajes pueden sufrir alteraciones durante su transmisión.

Esta pérdida de información equivale a entropía. Ahora bien, la información como tal puede considerarse como una disminución de la incertidumbre o del caos, y en este sentido, la información tiende a combatir la entropía; la información es, pues, neguentropía.

Por ejemplo, en una habitación a oscuras se tira al suelo una moneda y la probabilidad de que esté en cualquier parte del suelo es la misma. Pero si al caer ha sonado, este sonido nos da una información que recibimos y que nos indica una cierta área del suelo donde puede estar la moneda. Hemos pasado de un estado de máxima entropía (de igual distribución de las probabilidades) a un estado de menos entropía (probabilidades desiguales)

Es decir:

Información es = a – entropía

Información = neguentropía

La cibernética ha llegado a definir ambas cosas relacionadas:

Información Neguentropía

Nótese bien que el significado de “información” no es el mismo en los dos sentidos:

Cuando es neguentropía hacia información, esta última significa la adquisición de conocimientos; cuando es de información hacia neguentropía, significa poder de organización, en el antiguo sentido de Aristóteles y la transición correspondiente parece indicar el proceso elemental de acción. Es una acción organizada.

### **5.7. Información y organización:**

Mientras la entropía es una medida de desorden, la información es una medida de organización.

Un sistema social implica una restricción de las comunicaciones entre sus miembros. Si tomamos un grupo desorganizado de sesenta personas comunicándose al azar dentro de un grupo grande, el número potencial de canales es de 1770. Si ellos se encontraran organizados en una red de doce combinaciones de cinco personas, el número de canales dentro del grupo sería reducido a diez.

Katz y Khan: “moverse de lo desorganizado a lo organizado, requiere la introducción de restricciones para reducir lo difuso y la comunicación al azar”. Se canaliza la información con el fin de cumplir los objetivos de la organización. En términos de la teoría de la información, la comunicación, sin restricciones produce ruido dentro del sistema. “Sin un modelo, sin restricción, sin pensar, sin precisión, existe un sonido pero no música”.

A medida que aumenta la información (y por ende la neguentropía) aumenta la organización. Pero un exceso de información puede generar entropía, es decir la entrada de una corriente de información superior a la que el sistema social pueda procesar.

La información “fluye” hacia la organización desde diferentes fuentes. Una de ellas es el flujo de transacciones entre la organización y el medio ambiente. Otra fuente es la generada por los propios miembros de la organización. Aparecen numerosos problemas. En cada uno de estos centros surge la tendencia a “filtrar” la información antes de transmitirla a la unidad superior.

## **CAPITULO VI**

### **5. El principio de organicidad:**

#### **5.1. El mundo en equilibrio**

El mundo (o el universo) puede ser representado como un sistema o una colección de sistemas (o subsistemas) que de una manera u otra interactúan y se interrelacionan los unos con los otros en un proceso de intercambio que lleva millares de procesos de

conversión. Sin embargo, a nivel global existe cierta tendencia al equilibrio, que se mantiene. Esta tendencia puede ser observada según la mecánica newtoniana o la TGS.

## 6.2 La explicación newtoniana

Las leyes de Isaac Newton (1642-1727) sobre movimiento:

Primera: cada cuerpo permanece en estado de descanso o inmóvil, o con un movimiento uniforme en línea recta, a menos que sea forzado a cambiar ese estado por fuerzas ejercidas contra él. (ejemplo bola de billar)

Tercera: a cada acción sigue una reacción igual: la acción mutua de dos cuerpos, del uno sobre el otro es siempre igual y en dirección opuesta. Cuando presionamos una piedra con el dedo, el dedo es presionado por la piedra con igual fuerza.

Equilibrio estadístico: Un sistema se mantiene en equilibrio estadístico cuando en promedio sus condiciones internas permanecen constantes, o cuando el todo permanece inmóvil durante el tiempo.

## 6.3. La explicación de la TGS

Lazlo plantea una definición de sinergia: Un objeto es un sistema cuando la variabilidad que experimenta la totalidad es menor que la suma de las variabilidades de todas sus partes.

## 6.4. La evolución en movimiento:

Existen dos fuerzas o comportamientos en el desarrollo de los sistemas:

- a) una que resiste los cambios bruscos, súbitos y severos.
- b) Los ciclos son rara vez o nunca similares.

## 6.5. El principio de la organicidad

Hemos observado que los sistemas tienden tanto a mantener un cierto equilibrio (homeostático o estadístico) así como a desarrollar entropía. Esta aparente paradoja ha sido estudiada por distintos especialistas.

J. O'Manique cita a Theilhard de Chardin, especialmente su idea de la Hiperfísica. Según O'Manique que cita a Tower, Chardín logró dar sentido a dos de las ideas científicas más famosas: la teoría de la evolución biológica (que habla de una organización cada vez más compleja) y, por otra, el principio de la segunda ley de la termodinámica.

Wiese plantea la opinión de que junto a las más conocidas leyes de la energía debería existir otra: la "ley de la organización". Parece ser que existe una tendencia natural, inherente a los sistemas vivos hacia la organización.

Los sistemas vivos en general poseen una característica que los lleva no sólo a permanecer (o sobrevivir) sino a crecer y expandirse. Es lo que hemos denominado el *principio de organización*.

## Capítulo VII

### 7. Subsistemas de control:

Para llevar a cabo el principio de organización, es indispensable que el sistema desarrolle una capacidad de asimilación al medio o entorno que rodea al sistema.

Entramos en el campo de la cibernética de Wiener.

#### 7.1. la retroalimentación negativa y los sistemas de control

Hemos señalado que en general los sistemas tienden a mantenerse en equilibrio, sea estadístico u homeostático (estado permanente) y que actúan sobre ellos dos fuerzas: una que trata de impedir los cambios bruscos y otra que impulsa al sistema a cambiar, pero en forma lenta y evolutiva.

La retroalimentación tiende a mantener el sistema dentro del programa o plan que éste se había fijado para alcanzar su objetivo. En otras palabras, cuando el sistema se desvía de su camino, la información de retroalimentación advierte de estos cambios a los centros decisionales del sistema y éstos toman las medidas para iniciar acciones correctivas que deben hacer retornar al sistema a su camino original. En este caso hablamos de retroalimentación negativa.

Un circuito de retroalimentación es denominado frecuentemente como sistema con circuito cerrado.

#### 7.2. Retroalimentación positiva:

En general podemos afirmar que cuando se modifica la conducta del sistema y se dejan constantes los objetivos, nos encontramos ante una retroalimentación negativa, Cuando se mantiene la conducta del sistema y se modifican los objetivos, entonces nos encontramos frente a una retroalimentación positiva.

Por ejemplo una fábrica de planchas metálicas que se propone como objetivo fabricar 3000 planchas al mes. Al cabo del primer mes produce sin embargo 3500 y en el mes siguiente 3700. Es decir, tiende siempre a aumentar la producción, aplica una retroalimentación positiva.

Tratándose de retroalimentación positiva el control es casi imposible, ya que nos disponemos de estándares de comparación, pues los objetivos fijados al comienzo no son tomados en cuenta

#### 7.3. Sistemas de desviación-amplificación

Existen sistemas cuyo efecto o comportamiento es típico de desviación y amplificación, es decir, encierran procesos de relaciones causales mutuas que amplifican un efecto inicial que puede ser insignificante y casual, producen una desviación y divergen de la condición inicial (ej.: acumulación de capital en la industria, la evolución de un

organismo vivo y aquellos procesos denominados “circulo vicioso” e “interés compuesto”.

Estos procesos parecen ser opuestos a aquellos en que la desviación es corregida y se mantienen en equilibrio. Pero ambos mantienen una característica esencial en común. Los elementos del sistema se influncian entre sí ya sea en forma simultánea o alternativa. La diferencia está en que los sistemas **desviación-corrección** poseen una retroalimentación negativa entre sus elementos mientras que los sistemas **desviación-amplificación** poseen una retroalimentación positiva. Maruyama denomina a los primeros “morfostasis” y a los segundos “morfogénesis”.

Un ejemplo del primer caso es el del aumento de salarios y de la población humilde, que se imaginaban por entonces que podía llegar a ser directamente proporcional. Modelo *morfostático*.

Un ejemplo del segundo es que mientras mas capital existe más rápida es la tasa de su aumento. Este es un modelo *morfogenético*.

## CAPITULO VIII

### 8. La Definición de un sistema

**Sistema:** conjunto de partes coordinadas para alcanzar ciertos objetivos.

Para describir y definir un sistema total debemos seguir los siguientes pasos:

- a) Los objetivos del sistema total
- b) El medio en que vive el sistema
- c) Los recursos del sistema
- d) Los componentes del sistema
- e) La dirección del sistema

#### 8.1 Los objetivos del sistema total

No es tarea fácil. A veces se confunden con la mera declaración de principios. Son objetivos “no operacionales”. No se los puede tomar al pié de la letra pero tampoco se los puede dejar totalmente de lado. Sirven como herramientas de cohesión del grupo humano del sistema.

El propósito del investigador debe ser el de determinar los objetivos verdaderos y operacionales. Operacionales en el sentido de que pueden ser medidos y que a través de dicha medición se pueda determinar la calidad de la actuación del sistema, o la forma como esta operando éste. Ejemplo del estudiante: busca la obtención de las mejores notas –y esto es medible- pero su objetivo es aprender.

## 8.2 El medio del sistema

Una vez que el investigador ha logrado clasificar los objetivos del sistema (o la medición de su actuación) el aspecto siguiente que debe estudiar y considerar es el *medio* que lo rodea. Aquello que está fuera, su *frontera*.

Pero el medio no es sólo aquello que se encuentra fuera del sistema sino que también es algo que determina, en parte, la conducta de éste. (Por ej. Una granja agrícola depende del clima)

## 8.3. Los recursos del sistema

Cuando hablamos de recursos del sistema nos estamos refiriendo a *su interior*, es decir, a los recursos internos. Por lo tanto no deber ser confundidos con los recursos externos, con las llamadas “corrientes de entrada”.

Los recursos del sistema son los arbitrios de que dispone para llevar a cabo el proceso de conversión y para mantener la estructura interna.

En general, los recursos del sistema, como opuestos al medio, son todo aquello que el sistema puede cambiar o utilizar para su propia ventaja.

## 8.4 Los componentes del sistema:

Los recursos propios forman la reserva general del sistema a partir de la cual se puede desarrollar su conducta para alcanzar sus objetivos reales. Las acciones específicas que se llevan a cabo las realizan sus componentes, sus partes o subsistemas.

## 8.5 La dirección del sistema

Esta es aquella parte del sistema donde se generan los planes. Es su “inteligencia” y su central de decisiones. Es donde se consideran todos los aspectos anteriormente comentados.

Ejemplo: el capitán de un barco que tiene la responsabilidad de asegurar que el barco llegue al puerto de destino dentro de un tiempo prescrito y de acuerdo con un plan de navegación (escalas)

Este es el **objetivo** general del sistema. Su actuación se medirá en términos de la meta. El **medio** del barco es el conjunto de condiciones externas que la nave debe enfrentar: el tiempo, la dirección del viento, la fuerza de las olas, las corrientes marinas, etc. Desde el punto de vista del capitán también puede considerarse como medio a las máquinas y la tripulación, ya que éstos se encuentran dados durante el viaje y siempre que la respuesta a la primera pregunta (*¿puedo hacer algo?*) sea negativa y la de la segunda pregunta *¿Tiene relación con mi objetivo?* Sea afirmativa

Los **recursos** del barco son las máquinas, la tripulación, el combustible. Los **componentes** del sistema son las misiones de la sala de máquinas, las misiones de manutención, de vigilancia, etc...



La dirección del barco corresponde al capitán que es quien establece el plan general de la nave y vigila su desarrollo correcto.

---000---