

# El Control en el Pensamiento Sistémico

*C.P. Carlos Mario Restrepo Pineda*

Contador Público, Universidad Autónoma Latinoamericana (UNLAULA).  
Tecnólogo en Sistemas, Tecnológico de Antioquia (T. de A.).  
Profesor Universidad Autónoma Latinoamericana.  
E-mail: [cmrp@hotmail.com](mailto:cmrp@hotmail.com)

---

## RESUMEN

El presente trabajo es la compilación de las ideas de aquellos pensadores que han construido los conceptos de control desde la Teoría General de Sistemas.

La cibernética como ciencia de la información y el control aparece a finales de la década del cuarenta y durante la década del cincuenta: C. E. Shannon desarrolla el concepto de cantidad de información alrededor de la teoría de la comunicación. Norbert Wiener relaciona entre sí los conceptos de entropía, desorden, cantidad de información e incertidumbre. W. Ross Ashby desarrolla los conceptos de cibernética, autorregulación, autodirección y examina las medidas de información alrededor de las ideas de Norbert Wiener y Shannon. Rapoport trata los usos del isomorfismo matemático.

**PALABRAS CLAVE:** sistema, sistema abierto, sistema cerrado, isomorfismo matemático, información, entropía, neguentropía, cibernética, *feed back*, homeóstasis, primera ley de la termodinámica, segunda ley de la termodinámica.

---

# El Control en el Pensamiento Sistémico

## Introducción

**E**l presente trabajo es la compilación de las ideas de aquellos pensadores que han construido los conceptos del control desde la Teoría General de Sistemas. Entre ellos tenemos a: Ludwing Von Bertalanffy, W. Ross Ashby, C. E. Shannon, Norbert Wiener, John Von Newman, Stafford Beer y Rapoport.

## 1. Evolución de los conceptos de la teoría del control en el enfoque sistémico

En 1948 C. E. Shannon en su trabajo «Teoría de la Información» desarrolla el concepto de cantidad de información alrededor de la teoría de la comunicación.

La cibernética como ciencia de la información y el control aparece en los años 50 vinculada a nombres como Norbert Wiener (1948), Jhon Von Neuman (1951), Stafford Beer (1956 – 1957), W. Ross Ashby (1956) quienes realizaron grandes avances.

Norbert Wiener en su trabajo «cibernética» relaciona entre sí los conceptos de entropía, desorden, cantidad de información e incertidumbre.

En 1956 W. Ross Ashby desarrolló los conceptos de cibernética, autorregulación, autodirección y examina las medidas de información alrededor de las ideas de Norbert Wiener y Shannon. Rapoport trata los usos del isomorfismo matemático.

## 2. Conceptos preliminares

### 2.1. *Concepto de sistema*

Bertalanffy dice al respecto del significado de la palabra sistema: “Aunque el significado de la palabra <<sistema>> no es el mismo en toda circunstancia y para

todo el mundo, generalmente se aplica a una disposición de componentes interrelacionados para formar un todo.”<sup>1</sup>

Continúa diciendo Bertalanffy: “Un sistema puede definirse como un conjunto de elementos relacionados entre sí y con el medio ambiente.”<sup>2</sup>

El profesor Latorre se refiere a la definición de sistema así: “Todo sistema está definido por las interacciones entre los subsistemas y por las relaciones que ligan las entradas y las salidas del sistema con el entorno. Las relaciones entre los subsistemas pueden ser matemáticas, energéticas o informáticas.”<sup>3</sup>

Maturana dice al respecto de la definición de sistema: “Sistema es cualquier conjunto de elementos interconectados por una configuración de relaciones que constituyen la organización que lo define y especifica su identidad.”<sup>4</sup>

En todo sistema encontramos los elementos que lo conforman, dentro de los sistemas se llevan a cabo procesos que se conocen como las funciones del sistema, los cuales se desarrollan con relación a su estructura y tienen una finalidad.

El sistema como tal presenta cualidades generales que lo diferencian de las características individuales de los componentes que lo conforman. El todo es más que la suma de sus partes, esta idea se conoce como el concepto de sinergia. El todo determina la naturaleza de las partes, las partes no pueden comprenderse si se consideran en forma aislada del todo, las partes están dinámicamente interrelacionadas o son independientes.

La noción de sistema es relativa, ya que a excepción del universo en el más alto nivel de jerarquía, cualquier sistema es siempre un subsistema de un sistema

- 
1. BERTALANFFY, Ludwing Von; ASHBY, W. Ross; WEINBERG, G. M. y Otros. La Teoría General de Sistemas. Selección y Prólogo. J. KLIR, George. Madrid: Alianza Editorial, 1987. ISBN: 84-206-2208-7. P. 9.
  2. Ibid. P.41.
  3. LATORRE ESTRADA, Emilio. Teoría General de Sistemas: Aplicada a la Solución Integral de Problemas. Santiago de Cali: Universidad del Valle, 1996. ISBN: 958-670-072-0. P. 59.
  4. MATURANA RIMESÍN, Humberto. La Realidad: ¿Objetiva o Construida?. Barcelona: Anthropos, 1995. ISBN: 84-7658-483-0. P. 154.

más amplio que lo contiene (concepto de recursividad), es decir, un sistema total puede hacer parte como elemento de un sistema más grande que lo contenga, ejemplo: El sistema circulatorio es todo un sistema dentro de otro sistema llamado cuerpo humano.

La materia está organizada a muchos niveles, a gran escala están las galaxias y las estrellas, a otro nivel más bajo, en la tierra, la química dio paso a la materia viva, la materia viva dio paso a un nivel de organización más sofisticado, el ser humano, y el ser humano ha desarrollado una organización social, económica y cultural, siendo esta última el nivel de organización más elaborado.

## ***2.2. Concepto de sistema cerrado***

Es aquel que no interactúa con el medio, no recibe entradas del entorno ni tampoco le produce salidas. La noción de sistema cerrado, es una noción tomada de la primera ley de la termodinámica, es decir, no dispone de una fuente energética exterior a sí mismo. El sistema cerrado está en estado de equilibrio, es decir, que los cambios de energía y materia con el exterior son nulos (primera ley de la termodinámica), por lo tanto, no tiene individualidad, ni intercambio.

El profesor Bertoglio define un sistema cerrado así:

«Sistema abierto lo definimos como aquel sistema que interactúa con su medio, importando energía, transformando de alguna manera esa energía, finalmente exportando la energía convertida. Un sistema será cerrado cuando no es capaz de llevar a cabo esta actividad por su cuenta.»<sup>5</sup>

## ***2.3. Concepto de sistema abierto***

Es aquel que interactúa con el medio, tomando entradas de él y produciéndole salidas, podemos decir que un sistema abierto está altamente influenciado por su medio ambiente. La noción de sistema abierto, es una noción tomada de la termodinámica, en la cual el sistema dispone de una fuente energética exterior de sí

---

5. BERTOGGIO, Oscar Johansen. Introducción a la Teoría General de Sistemas. México: Limusa, 1996. I.S.B.N: 968-18-1567-X. P. 70.

mismo. El sistema abierto está en estado de desequilibrio en relación con el flujo energético que lo alimenta (segunda ley de la termodinámica), y sin ese flujo, habría desorden organizacional que conllevaría a su decadencia rápida. La paradoja que se observa aquí, es que, mientras el flujo energético se mantenga, se observa en el sistema que las estructuras se mantienen mientras que los elementos componentes cambian, es como si el sistema se cerrara a el mundo exterior a fin de mantener sus estructuras y su medio interno, que si no, se desintegraría.

Edgar Morin dice de los sistemas abiertos:

«La realidad está, de allí en más, tanto en el vínculo como la distinción entre el sistema abierto y su ambiente, ese vínculo es absolutamente crucial desde el punto de vista epistemológico, metodológico, teórico, empírico. Lógicamente el sistema no puede ser comprendido más que incluyendo en sí al ambiente, que le es a la vez íntimo y extraño, y es parte de sí mismo siendo, al mismo tiempo, exterior.»<sup>6</sup>

Bertoglio define el sistema abierto así: «aquel sistema que interactúa con su medio, importando energía, transformando de alguna manera esa energía, finalmente exportando la energía convertida.»<sup>7</sup>

#### *2.4. Concepto de isomorfismo matemático*

El profesor Latorre se refiere al isomorfismo matemático así:

“Se define un sistema matemático como un conjunto de elementos y unas relaciones entre ellos especificadas con precisión. Un sistema matemático no tiene contenido, en el sentido de que no indica a qué elemento de la realidad pertenece. Los sistemas matemáticos son isomorfos uno respecto al otro cuando puede establecerse una correspondencia biunívoca entre los elementos de ambos y cuando toda relación definida entre los elementos de uno se cumple entre los elementos correspondientes al otro.

---

6. MORIN, Edgar. Introducción al Pensamiento Complejo. Barcelona: Gedisa, 1990. P. ISBN: 84-732-518-8. P. 44-45.

7. BERTOGLIO, Oscar Johansen. Op. Cit. P. 69.

## Isomorfismo matemático $\leftrightarrow$ Isomorfismo conceptual.

Es decir, que si dos sistemas concretos son conceptualmente isomorfos el uno respecto al otro, si ambos pueden representarse por el mismo modelo matemático. El concepto de isomorfismo lleva a una clasificación de todos los sistemas que pueden representarse por medio de modelos matemáticos.

Si varios sistemas están representados por sistemas matemáticos isomorfos, entonces todos los teoremas del sistema matemático son aplicables a todas las consecuencias deducidas de la definición de los sistemas. El concepto de isomorfismo matemático es una poderosa herramienta para integrar teorías relativas a realidades, lo cual permite satisfacer el propósito integrador de la teoría general de sistemas.”<sup>8</sup>

### 3. La información y la entropía, la cibernética y el control

#### 3.1. *La información y la entropía*

Acerca de la información el profesor Bertoglio dice:

“Está el concepto de la información como una cantidad mensurable, mediante una expresión isomórfica con la entropía negativa en física. En efecto, los matemáticos que han desarrollado esta teoría han llegado a la sorprendente conclusión de que la fórmula de la información es exactamente igual a la fórmula de la entropía, sólo con el signo cambiado.”<sup>9</sup>

Continúa diciendo el profesor Bertoglio: “Ahora bien, la entropía positiva en física es una medida del desorden. Luego la información (o entropía negativa) o neguentropía es una medida de organización.”<sup>10</sup>

“En este sentido es interesante observar una conclusión a que ha llegado J. J. Miller que señala que, mientras más complejos son los sistemas

---

8. LATORRE ESTRADA, Emilio. Op. Cit. P. 76-77.

9. BERTOGGIO, Oscar Johansen. Op. Cit. P. 29.

10. Ibid. P. 29.

(entiéndase por complejidad el número posible de estados que puede presentar cada parte y el número de las posibles relaciones entre esas partes) mayor es la energía que dichos sistemas destinan tanto a la obtención de la información, como a su procesamiento, decisión, almacenaje y/o comunicación.”<sup>11</sup>

La información tiene un aspecto comunicacional que trata de la transmisión de mensajes, por otra parte tiene un aspecto estadístico basado en las probabilidades de aparición de una unidad elemental portadora de información (BIT: Binary Digit) y, por otra parte un aspecto de degradación de la información.

Los físicos han inventado una medida cuantitativa del desorden para describir el grado de organización de un sistema, esta medida recibe el nombre de **entropía**<sup>12</sup>, por lo tanto la entropía es una medida del grado de desorganización de un sistema.

El aporte de la ciencia física ha sido el descubrimiento de algunas leyes o conceptos fundamentales de carácter general, que pueden aplicarse a sistemas tan diversos como una galaxia, el hombre o una empresa. El concepto aplicable a todos los sistemas es el orden, matemáticamente el orden al que aquí hacemos referencia se explica utilizando la segunda ley de la termodinámica (el flujo espontáneo del calor entre los cuerpos es siempre del caliente al frío, cuando ambos cuerpos alcanzan la misma temperatura, el flujo del calor se detiene y se puede decir que se ha alcanzado el equilibrio termodinámico), y la primera ley de la termodinámica (El calor es una forma de energía que puede ser convertida en otras formas de energía sin que cambie la cantidad total de energía).

Al respecto Dannis Sciama dice:

“La termodinámica es la división de la física que trata la relación entre el calor y la energía. La segunda ley de la termodinámica quizás es la más famosa. Afirma que siempre se incrementa la entropía, o el desorden, de un sistema aislado: una vez que un huevo cae y se rompe en el suelo, ni siquiera es probable que recobre su forma anterior.”<sup>13</sup>

---

11. Ibid. P. 29-30.

12. DAVIS, Paul. El Universo Desbocado. Barcelona: Ed. Salvat Editores, 1985. ISBN: 84-345-8361-5. P. 104.

13. HAWKING, Stephen. Breve Historia del Tiempo. México: Planeta, 1992. ISBN: 968-406-356-3. P. 93.



El principio general del flujo del calor, se conoce como la segunda ley de la termodinámica, se puede deducir a partir de esta ley, que la esencia de la actividad es el desequilibrio termodinámico, cuando se alcanza el equilibrio termodinámico cesa la actividad.

A nivel macroscópico (cosmológico) el orden significa simplicidad y uniformidad (el universo expandiéndose a gran escala), a nivel microscópico el orden significa organización compleja y la disposición especializada de la materia y de la energía, en este nivel aunque haya equilibrio termodinámico hay una actividad muy intensa con los átomos moviéndose, colisionando y emitiendo o absorbiendo radiación, pero esto sucede completamente al azar, por lo tanto, la actividad organizada se da a nivel macroscópico.

La entropía es una medida del desorden tomada de las leyes de la termodinámica: ENTROPÍA = DESORDEN (entropía es desorden). Lo contrario al desorden es el orden, al orden se le llama en teoría de sistemas <<información>>: ORDEN = INFORMACIÓN (orden es información); de lo anterior podemos concluir aplicando el concepto de isomorfismo matemático que:

$$\begin{aligned} \text{ENTROPÍA} &= \text{DESORDEN} \quad (\text{ecuación \# 1}) \\ \text{ORDEN} &= \text{INFORMACIÓN} \quad (\text{ecuación \# 2}) \end{aligned}$$

Multiplicamos la ecuación # 1 por -1

$$\begin{aligned} \text{ENTROPÍA}^{-1} &= \text{DESORDEN}^{-1} \\ -\text{ENTROPÍA} &= -\text{DESORDEN} \end{aligned}$$

Decimos que -ENTROPÍA (ENTROPÍA NEGATIVA) es NEGUENTROPÍA

$$\text{NEGUENTROPÍA} = -\text{DESORDEN}$$

Decimos que -DESORDEN es ORDEN

$$\text{NEGUENTROPÍA} = \text{ORDEN} \quad (\text{ecuación \#3})$$

Reemplazando la ecuación #1 en la ecuación #3

$$\text{NEGUENTROPÍA} = \text{INFORMACIÓN}$$

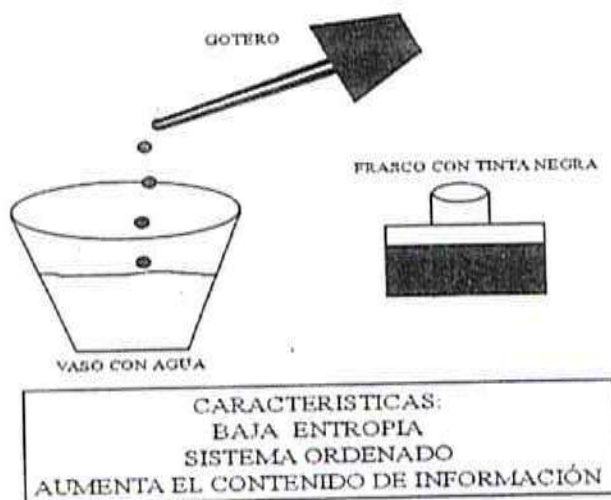
Por lo tanto, se demuestra matemáticamente que la neguentropía es una medida del grado de información de un sistema.

Un sistema ordenado (baja entropía) tiene un alto contenido de información, en el sentido que se necesita mucha información para describirlo, por el contrario, para un sistema desordenado se necesita poca información.

Veamos lo anterior en un ejemplo: Se tiene un sistema con los siguientes elementos: un vaso de vidrio transparente con agua, un gotero, un frasco con tinta negra.



En este sistema el contenido de información es bajo (alta entropía) ya que se necesita poca información para describirlo, pero si se toma el gotero, y se le dejan caer 4 gotas de tinta al vaso con agua, el contenido de información para describir el sistema aumenta, y la entropía baja.



El aumento de información se explica así: para explicar las características de lo que está ocurriendo dentro del vaso con agua se necesita mucha información, ya que la distribución de la tinta negra dentro del vaso con agua estará cambiando por milímetro cúbico hasta que quede esparcida uniformemente, en ese momento la entropía habrá aumentado y el contenido de información se habrá reducido ya que las características del agua y la tinta serán iguales en cualquier región del vaso.



En el anterior ejemplo se puede observar como el sistema pasa de una alta entropía a una baja entropía y vuelve a una alta entropía.

Ahora que se tiene la idea del concepto de entropía, terminemos diciendo que ésta actúa sobre todos los sistemas así: todo sistema pasa de una alta entropía a una baja entropía y vuelve a una alta entropía; cuando un sistema vuelve a alcanzar su más alta entropía, o sea, cuando no hay más actividad se puede decir, en el caso de los sistemas vivientes que el sistema muere.

El concepto de la entropía también está ligado con el concepto de incertidumbre, en el sentido que al aumentar la entropía también aumenta la incertidumbre, o lo que es lo mismo, un sistema desordenado, es un sistema con alto contenido de incertidumbre, veamos un ejemplo: una persona se enfrenta a 8 (ocho) alternativas que representaremos con los dígitos del 0 (cero) al 7 (siete).

$$\text{Alternativas} = \{0,1,2,3,4,5,6,7\}$$

Para representar las 8 (ocho) alternativas en dígitos binarios, necesitaríamos 3 (tres) dígitos binarios, veamos:

0(2)	=	0(10)
1(2)	=	1(10)
10(2)	=	2(10)
11(2)	=	3(10)
100(2)	=	4(10)
101(2)	=	5(10)
110(2)	=	6(10)
111(2)	=	7(10)

Lo anterior significa que 8 (ocho) alternativas equivalen a una incertidumbre de 3 (tres) dígitos binarios, si se hacen 4 (cuatro) elecciones entre las 8 (ocho) alternativas, la incertidumbre se reduce a 2 (dos) dígitos binarios, otras 2 (dos) elecciones reducen la incertidumbre a 1 (uno) dígito binario, con dos alternativas una elección final reduce la incertidumbre a 0 (cero). Como se puede apreciar, la cantidad de información suministrada es la negativa de la incertidumbre o entropía que se redujo a 0 (cero).

Al comienzo del siglo XX la reflexión sobre el universo choca contra una paradoja: la segunda ley de la termodinámica da cuenta de un universo que tiende a la entropía general, y por otra parte, en ese mismo universo las cosas se organizan, se desarrollan y se complejizan, pero tal dicotomía no es posible, nos hemos dado cuenta que el orden y el desorden siendo mutuamente excluyentes, cooperan, de alguna manera para organizar el universo. Para la teoría de la información existe al mismo tiempo la entropía y la neguentropía, y de su coexistencia surgen cosas nuevas, también sostiene que la información sirve de medida de la organización.

### *3.2. La cibernética y el control*

La cibernética (sistema cibernético), del griego *kubernêsis*, que significa <<pilotaje>>; y de la expresión griega *kubernates* que significa <<contralor>>. Platón en su obra *La República* lo utiliza para designar tanto el arte de dirigir una nave *kubernêsis*, como el arte de comandar *kubernates*. La idea es que el timonel basa sus decisiones en la información que obtiene de los sistemas de comunicación y de control con que cuenta el barco.

<<Comunicación es control>>, esta idea se le atribuye a Norbert Wiener, el padre de la cibernética o de la <<ciencia del control>>.

El profesor Oscar Bertoglio dice al respecto de la cibernética:

“Esta ciencia desarrollada por Norbert Wiener del M.I.T. en su clásico libro <<cibernética>> se basa en el principio de retroalimentación (o causalidad circular) y de homeóstasis; explica los mecanismos de comunicación y control de las máquinas y los seres vivos que ayudan a comprender los comportamientos generalizados por estos sistemas que se caracterizan por sus propósitos, motivado por la búsqueda de algún objetivo, con capacidades de auto-organización y de auto-control.”<sup>14</sup>

Continúa diciendo el profesor Bertoglio: “Según S. Beer, Wiener al definir la cibernética como <<la ciencia de la comunicación y el control en el animal y en la máquina>>, apuntaba a las leyes de los sistemas complejos que permanecen invariables cuando se transforma su materia.”<sup>15</sup>

La cibernética señala que la entropía es la energía ineficaz, ya que no contribuye al logro de los objetivos del sistema.

El proceso neguentrópico es un proceso cibernético o de control, el cual mediante información suficiente y oportuna (comunicación), opera mecanismos de ajuste que corrigen la entropía.

Los sistemas cerrados tienden hacia el equilibrio, donde la entropía se maximiza y se iguala a la unidad. En sistemas abiertos, se puede contrarrestar esta tendencia, al proporcionar al sistema neguentropía o información e impulsándolo, por lo tanto, hacia estados de mayor organización y complejidad. Norbert Wiener en su libro *Cybernetics* (2da. ed. Cambridge, Mass. M.I.T. Press, 1961, p.11), expresó la dualidad entropía información así: <<Justo como la cantidad de información en un sistema, es una medida de su grado de organización, de la misma manera la entropía de un sistema es una medida de su grado de desorganización; y una es simplemente lo negativo de la otra>>.

---

14. BERTOGLIO, Oscar Johansen. Op. Cit. P. 29.

15. Ibid. P. 29.

La teoría cibernética, está basada en el principio de retroalimentación (*feed back*) o causalidades circulares, el cual se basa en la transferencia de información entre los sistemas y medios circulantes, la idea de retroacción rompe con el principio de causalidad lineal, esta teoría lleva inmersa la teoría de la información y ésta a la vez es una medida del orden de la organización.

Al respecto W. Ross Ashby dice: “Los biólogos se habían percatado hacia mucho tiempo de la importancia de la causalidad de doble vía: A afecta a B y B afecta lo que ocurre en A. La relación básica del organismo con el medio ambiente muestra precisamente esta circularidad.”<sup>16</sup>

Continúa diciendo W. Ross Ashby:

“Entre tanto los ingenieros de telecomunicaciones, que habían descubierto las tremendas potencialidades de la <<reacción>> (alimentando de nuevo el input con parte del output), se hallaban así mismo en grandes dificultades, porque ellos también encontraron esas cadenas circulares de lo más dificultoso.”<sup>17</sup>

Continúa diciendo W. Ross Ashby: “... hacia la segunda guerra mundial se disponía de técnicas poderosas para comprender no sólo como se comportaban esos sistemas circulares, sino también como una variable puede interaccionar con sus propios valores pasados.”<sup>18</sup>

Respecto a la regulación W. Ross Ashby dice: “Conant ha demostrado el teorema fundamental de que la capacidad de cualquier aparato o sistema como regulador no puede superar su capacidad como transmisor de información.”<sup>19</sup>

La retroalimentación la define Norbert Wiener como <<un método para controlar un sistema reintroduciéndole los resultados de su desempeño en el pasado>>. Si la información de retorno, sobre el desempeño anterior del sistema

---

16. BERTALANFFY, Ludwig Von; ASHBY, W. Ross; WEINBERG, G. M. y Otros. Op. Cit. P. 96.

17. Ibid. P. 96.

18. Ibid. P. 97.

19. Ibid. P. 97

modifica su comportamiento y pauta de desempeño tenemos lo que se llama aprendizaje (experiencia).

De lo anterior se deduce que debe existir un subsistema de control, al respecto el profesor Bertoglio dice:

“Esto significa que el sistema debe estar capacitado para observar ese medio, para estudiar su conducta en relación a él e informarse de los resultados y consecuencias de esa conducta para la existencia y la vida futura del sistema. En otras palabras, de controlar su conducta, con el fin de regularla de un modo conveniente para su supervivencia. Esto nos conduce de lleno a examinar la conducta especial de los sistemas: su auto-control y los mecanismos o comportamientos diseñados para llevar a cabo esta actividad.”<sup>20</sup>

Se dan dos tipos de retroalimentación: *feed back* positivo y *feed back* negativo.

**Feed back positivo:** se presenta cuando la desviación de la respuesta se desplaza desde el punto de equilibrio aumentando o disminuyendo el movimiento en la siguiente respuesta circular.

Al respecto el profesor Bertoglio dice:

“En efecto, cuando la acción sigue a la recepción de la comunicación de retroalimentación, va dirigida a apoyar la dirección o al comportamiento inicial tenemos una <<retroalimentación positiva>>. O, en otras palabras, cuando mantenemos constante la acción y modificamos los objetivos, estamos utilizando la retroalimentación en un sentido positivo.”<sup>21</sup>

**Feed back negativo:** Tiende a restablecer el punto de equilibrio, no lo modifica o cambia como en el caso anterior, es decir, tiende a amortiguar el fenómeno y conservar el sistema en un estado estable.

Al respecto el profesor Bertoglio dice: “Hemos señalado que en general los sistemas tienden a mantener el equilibrio, sea estadístico u homeostático (estado

---

20. BERTOGLIO, Oscar Johansen. Op. Cit. P. 129.

21. Ibid. P. 134-135

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.”<sup>22</sup>

Continúa diciendo el profesor Bertoglio:

“En otras palabras, cuando el sistema se desvía de su camino, la información de retroalimentación advierte este cambio a los centros decisionales del sistema y éstos toman las medidas necesarias para unificar acciones correctivas que deben hacer retornar al sistema a su camino original. Cuando la información de retroalimentación es utilizada en este sentido, decimos que la comunicación de retroalimentación es negativa (o simplemente retroalimentación negativa.”<sup>23</sup>

Edgar Morin toma el principio de causalidades circulares y el concepto de recursión y define «el principio de recursión»<sup>24</sup>. El principio de recursión va mucho más allá del principio de retroacción (*feed-back*) de la teoría cibernética, supera la noción de regulación por la noción de auto-organización, rompe con la idea lineal causa / efecto, de producto / productor, de estructura / superestructura; es un círculo generador por el cual los productos y los efectos son, al mismo tiempo, causas y productores de aquello que los produce. Por ejemplo, los individuos en sus interacciones cotidianas producen la sociedad, y ésta retroactúa como un todo sobre los individuos y, produce en esos individuos una cultura específica, un lenguaje, un saber adquirido, que los lleva a tener un modo de comportamiento determinado. Todo lo que es producido reentra sobre aquello que lo ha producido en un ciclo que es en sí mismo autoconstitutivo, autoorganizador, y autoproductor.

La retroalimentación se da con información sobre el funcionamiento de los componentes del sistema. El control es el componente del sistema que evalúa la retroalimentación para determinar si está avanzando correctamente hacia sus objetivos, o si no, para tomar las acciones necesarias sobre sus entradas y procesos, con el fin de asegurar las salidas correctas, por lo tanto, un sistema cibernético

---

22. Ibid. P. 130.

23. Ibid. P. 132.

24. MORIN, Edgar. Op. Cit. P.106.



adaptativo es un sistema abierto (interactúa con su medio ambiente), y de sus salidas se reentran al sistema con la finalidad de adaptarse a las nuevas circunstancias, por lo tanto, estos sistemas tienen la habilidad de autoajustarse a su medio ambiente y al mismo tiempo ajustarse internamente para cumplir con la función que le determina su objetivo o fin común.

Los procesos cibernéticos cumplen dos funciones: mantener los elementos del sistema dentro de los límites aceptables y permitir que la adaptación ocurra. El respecto el profesor Latorre dice:

“Un sistema es adaptativo si él puede adoptar un comportamiento favorable a sus finalidades, teniendo en cuenta el entorno. Cuando hay cambios desfavorables en el entorno, el sistema puede adoptar uno de los tres comportamientos siguientes: la fuga, es decir el abandono de un entorno por otro más favorable; la lucha, es decir la acción sobre el entorno, para modificar las entradas en un sentido favorable; o la adaptación, es decir la utilización de variables controladas por el sistema para modificar en un sentido favorable los efectos de entrada (atenuando sus efectos).”<sup>25</sup>

La teoría cibernética incluye el concepto de homeóstasis, también conocido como el concepto de clímax. Lo ideó W. B. Cannon en 1936, para describir cómo el cuerpo automantendía el control biológico de sus funciones. Los sistemas vivos, se encuentran en un estado de desequilibrio, un estado de evolución al que se la ha llamado homeosquinesis para explicar el hecho de que los sistemas vivos se deterioran y mueren.

Por homeóstasis se entiende el conjunto de acciones que permiten mantener una variable dentro de unos niveles deseados, ya sea que las actividades se generen en el sistema o un subsistema en particular o ayudados por otros subsistemas basando su comportamiento en el principio de la retroalimentación negativa que establece que a más, entonces menos y a menos, entonces más. Las desviaciones de un nivel o punto considerado como normal activan un sensor, cuyas señales desencadenan cambios compensadores que permanecen hasta cuando el nivel de la variable sea alcanzado. Por lo tanto, la homeóstasis son los procesos de ajuste a realizar en el sistema que se dan a partir de los procesos de retroalimentación (*feed back*) cuyo

---

25. LATORRE ESTRADA, Emilio. Op. Cit. P. 59.

fin es llevar el sistema a un estado de equilibrio dinámico entre las partes del sistema y el entorno.

A través de procesos homeostáticos el sistema logra su estabilidad o estado de equilibrio. Sin embargo, se trata de una estabilidad o equilibrio dinámico, es decir, en constante cambio.

El profesor Latorre se refiere a la homeóstasis así: “Es la característica fundamental de un sistema auto-regulado. Un sistema así reacciona a toda perturbación de origen interno o que proviene del entorno, por medio de mecanismos reguladores que buscan volver el sistema a su estado inicial.”<sup>26</sup>

Al respecto de la auto-organización, el profesor Latorre dice:

“Un sistema es auto-organizado si puede evolucionar para perseguir mejor su finalidad, teniendo en cuenta su entorno. La auto-organización puede producir dos tipos de modificación estructurales: una relacionada con el modo de organización de los subsistemas que generalmente se traduce en una jerarquización de ellos, con la aparición de un subsistema dominante y otra asociada con el modo de comportamiento de los subsistemas, que generalmente se traduce en una especialización de los subsistemas que realizan unas funciones particulares.”<sup>27</sup>

Al respecto del autoaprendizaje, el profesor Latorre dice: “Hay aprendizaje si el sistema puede modificar las características de sus niveles temporales sucesivos, de tal manera que se adapte mejor al entorno.”<sup>28</sup>

Sobre la adaptación Maturana dice:

“Es la relación de congruencia dinámica entre el ser vivo y su dominio de existencia en la que éste conserva su organización de ser vivo porque todas sus interacciones son sólo perturbaciones. Como tal, la relación de adaptación es una invariante, y/o se conserva en el vivir del ser vivo porque

---

26 Ibid. P. 65.

27 Ibid. 67 P.

28 Ibid. 67 P.

este sólo encuentra perturbaciones en sus interacciones en el medio, y éste vive, o se pierde porque el ser vivo encuentra una interacción destructiva en sus interacciones con el medio, y se desintegra. Esto es, la conservación de la adaptación es una condición de existencia en los seres vivos. Además, como en el vivir el ser vivo cambia continuamente su estructura, el ser vivo se desliza en el medio siguiendo en él el camino de interacciones en que se conserva la relación de adaptación en un proceso en el que el ser vivo y el medio cambian juntos conservando su congruencia recíproca hasta que el ser vivo muere.”<sup>29</sup>

En torno al mismo tema, el profesor Latorre dice:

“La autorregulación de un sistema se refiere a las características estructurales y funcionales que son necesarias para que el sistema pueda lograr su finalidad. Según la forma en que el sistema reacciona a las perturbaciones del medio ambiente, existen dos grandes tipos de regulación: la regulación pasiva, que consiste en atenuar las perturbaciones del medio ambiente y la regulación activa, que consiste en absorber las perturbaciones del medio ambiente y compensarlas al interior del sistema. Existen dos tipos de regulación activa, dependiendo de que la toma de información del regulador sea de la entrada o de la salida: por interacción (o por anticipación), en donde se necesita conocer la ley de transformación del operador para poder regular antes y por retroacción (por error o por retroalimentación), donde se necesita conocer el sentido de la variación de la salida en función de la entrada.”<sup>30</sup>

Continúa diciendo el profesor Latorre:

“La regulación puede ser positiva o negativa. En la negativa el regulador tiende a comparar el efecto de la variable de entrada sobre la variable de salida, es un amortiguador . En la positiva el regulador tiende a acentuar la variable de entrada sobre la salida y entonces a maximizar esta salida en un amplificador.”<sup>31</sup>

---

29 MATURANA RIMESÍN, Op. Cit. P. 152.

30 LATORRE ESTRADA, Emilio. Op. Cit. P. 67-68.

31 Ibid. P. 70-71.

La teoría general de sistemas nos permite conocer qué es un sistema, cuáles son sus elementos componentes, cómo es su todo, cuáles son sus atributos, cuál es la clase de sistema, pero no cómo funciona, es decir, el estado del sistema lo cual lo proporciona la cibernética.

Bertalanffy nos dice acerca de este tema: "La teoría dinámica de sistemas se ocupa de la variación de los sistemas en el tiempo."<sup>32</sup>

"Una noción central de la teoría dinámica es la de estabilidad, esto es, la respuesta del sistema a una perturbación. El concepto de estabilidad nace de la mecánica (un cuerpo rígido está en equilibrio estable si vuelve a su posición original después de un desplazamiento suficientemente pequeño; un movimiento se dice estable cuando es insensible a pequeñas perturbaciones), y se generaliza a los <<movimientos>> de las variables de estado de un sistema."<sup>33</sup>

El mismo autor agrega:

"Aquí se hace evidente la relación entre la teoría dinámica de sistemas y la teoría del control; el control significa en esencia que un sistema que previamente no lo era, puede hacerse asintóticamente estable gracias a la introducción de un controlador, que contrarresta la desviación del sistema con respecto al estado estable. Por esta razón la teoría de la estabilidad en la descripción interna, o la teoría dinámica de sistemas, converge con la teoría del control (lineal) o de los sistemas de retroalimentación, en la descripción externa."<sup>34</sup>

"En la descripción externa, el sistema se considera una <<caja negra>>; sus relaciones con el medio ambiente y otros sistemas se representa gráficamente en diagramas de bloque o flujo. La descripción del sistema se da en términos de inputs y o outputs; consiste en general en funciones de transferencia que relacionan a los inputs y a los outputs. Por lo común estas funciones se suponen lineales y se representan por un conjunto

---

32. BERTALANFFY, Ludwig Von; ASHBY, W. Ross; WEINBERG, G. M. y Otros. Op. Cit. 41.

33. Ibid. P. 41.

34. Ibid. P. 43.

discreto de valores (decisiones de si – no en la teoría de la información, máquinas de Turing). Este es el lenguaje de la tecnología del control; la descripción externa se da, característicamente, en términos de comunicación (intercambio de información dentro del sistema, y entre éste y el medio ambiente) y del control de la actividad del sistema con respecto al medio ambiente (retroalimentación), utilizando la definición de cibernética que debemos a Wiener.”<sup>35</sup>

El profesor Bertoglio concluye definiendo el sistema de control así:

“Generalizando lo dicho hasta aquí podemos distinguir varios aspectos o partes que constituyen un sistema de control. Ellos son:

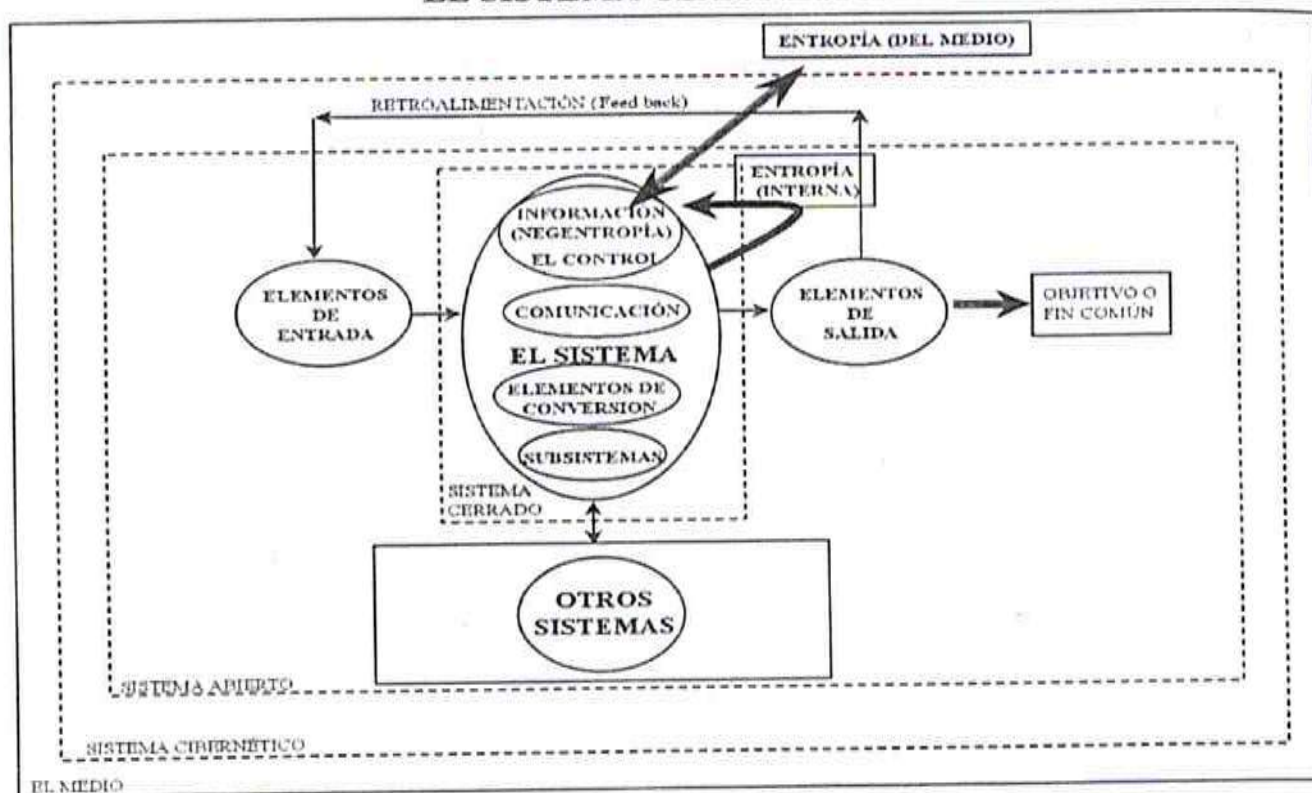
- a) Una variable: que es el elemento (o el programa de objetivo) que se desea controlar. En nuestro caso la variable la constituye la velocidad a que avanza el automóvil.
- b) Mecanismos sensores: que son sensibles para medir las variaciones o los cambios de la variable.
- c) Medios motores: a través de los cuales se pueden desarrollar las acciones correctivas.
- d) Fuente de energía: que entrega la energía necesaria para cualquier tipo de actividad.
- e) Retroalimentación: mediante la cual, a través de la comunicación del estado de la variable por los sensores, se logran llevar a cabo las acciones correctivas.”<sup>36</sup>

---

35. Ibid. P. 43-44.

36. BERTOGLIO, Oscar Johansen. Op. Cit. P.132-133.

## EL SISTEMA CIBERNÉTICO



### Bibliografía

BERTALANFFY, Ludwing Von. Perspectivas en la Teoría General de Sistemas. Madrid: Alianza Editorial, 1992. 166 P.

BERTALANFFY, Ludwing Von. Teoría General de Sistemas: Fundamentos, Desarrollos, aplicaciones. México: Fondo de Cultura Económica, 1976.

BERTALANFFY, Ludwing Von; ASHBY, W. Ross; WEINBERG, G. M. y Otros. La Teoría General de Sistemas. Selección y Prólogo. J. KLIR, George. Madrid: Alianza Editorial, 1987. 319 P.

BERTOGLIO, Oscar Johansen. Introducción a la Teoría General de Sistemas. México: Limusa, 1996.

DAVIS, Paul. El Universo Desbocado. Barcelona: Salvat Editores, 1985.

HAWKING, Stephen. Breve Historia del Tiempo. Bogotá: Planeta, 1996.

LATORRE ESTRADA, Emilio. Teoría General de Sistemas: Aplicada a la Solución Integral de Problemas. Santiago de Cali: Universidad del Valle, 1996.

LILIENFELD, Robert. Teoría de Sistemas: Orígenes y Aplicaciones en Ciencias Sociales. México: Trillas, 1984.

MATURANA RIMESÍN, Humberto. La Realidad: ¿Objetiva o Construida?. Barcelona: Anthropos, 1995.

MATURANA RIMESÍN, Humberto. La Objetividad: Un Argumento para Aplicar. Santiago de Chile: Dolmen Ediciones, 1997.

MORIN, Edgar. Introducción al Pensamiento Complejo. Barcelona: Gedisa, 1990.

SINGH, Jagjit. Ideas Fundamentales Sobre la Teoría de la Información, del Lenguaje y de la Cibernética. Madrid: Alianza Editorial, 1972.

VAN GIGCH, John. Teoría General de Sistemas. 2a. ed. México: Trillas, 1993.

WIENER, Norbert. Cibernética: o el Control y Comunicación en Animales y Máquinas. 2ª. ed. Barcelona: Tusquets editores, 1998.



## **ESPECIALIZACIÓN EN REVISORÍA FISCAL**

Dirigida a Contadores Públicos, con título profesional otorgado por universidades reconocidas por el Estado

### **ESTRUCTURA DEL PROGRAMA**

El programa comprende cinco trimestres profesionales con duración de cincuenta y ocho semanas

#### **INFORMES:**

**Oscar López Carvajal  
Coordinador**

**Ciudad Universitaria  
Bloque 13, oficina 301  
Teléfono: 210 58 10  
Fax: 212 52 33  
Apartado 1226  
Medellín**