

# Elementos relacionados, la complejidad como particularidad

## Resumen

El siguiente artículo tiene como propósito general la conceptualización y descripción del término sistema complejo, donde se encuentran presentes, el impacto que tienen; por ello es conveniente tener una idea clara de todo lo que implica, abarcando definiciones, teoría de sistemas complejos, fractales, la organización y su relación con los sistemas complejos.

## Palabras claves

Sistema, Complejo, Teoría de sistemas, Sistema complejo, Fractal

## Introducción

En la actualidad estamos inmersos e involucrados en una diversidad de sistemas, y si somos aun más reflexivos, en nuestro propio cuerpo cohabitan diferentes tipos de sistemas, razón por la cual la importancia de un sistema, y que se abordara de manera generalizada y específica en las próximas páginas, teniendo un énfasis especial en lo que son los sistemas complejos.

## Antecedentes

Desde hace muchos años se ha visto involucrada la palabra sistema en la vida del ser humano, aunque en sus inicios no fue conceptualizada de esa manera, pero poco a poco ha sido mayor la penetración, así como el empleo de la misma para referenciar diversos conceptos relacionados, por mencionar algunos ejemplos:

- Sistema solar
- Sistema circulatorio
- Sistema respiratorio
- Sistema operativo
- Sistema de riego

Entre otros, sin duda este concepto está muy empleado en diversos ámbitos y contextos. Por ello es importante y fundamental la comprensión de este tema y varios conceptos relacionados, los cuales permitirán una comprensión adecuada y poder dimensionar en su real dimensión su importancia y trascendencia.

## Conceptos

El siguiente compendio de conceptos es de sumo interés, para identificar si hay variantes y similitudes, para intentar establecer una definición a título personal, por ello pueden verse definiciones casi repetitivas, pero que son necesarias para tener una visión más amplia del tema.

Un **sistema** (del latín *systema*, y este del griego σύστημα *sýstēma* 'reunión, conjunto, agregado') es un objeto complejo cuyos componentes se relacionan con al menos algún otro componente; puede ser material o conceptual. (Bunge, 1999)

Según (Organization, 2012-2015) establece que el término **sistema** a un conjunto de elementos que están relacionadas entre sí para alcanzar algún determinado objetivo.

Para (Definicion, 2008-2015) contempla que proviene del latín *systema*, un **sistema** es módulo ordenado de elementos que se encuentran interrelacionados y que interactúan entre sí. El concepto se utiliza tanto para definir a un conjunto de conceptos como a objetos reales dotados de organización.

(Colmenares, 2010) Establece que un **sistema** es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben (entrada) datos, energía o materia del ambiente y proveen (salida) información, energía o materia.

Finalmente para (Bravo Monroy, 2008) un **sistema** es: "Conjunto de elementos materiales, inmateriales y de información, íntimamente relacionados entre sí y que actúan conjunta y ordenadamente, para la consecución de unos fines u objetivos previamente definidos".

**Complejo.**- del latín *complexus*, permite hacer referencia a aquello que se compone de diversos elementos. Se denomina complejo a la unión de dos o más cosas, al conjunto de fábricas que se ubican una cerca de otra y que se encuentra bajo una misma dirección técnica y financiera y al conjunto de instalaciones o edificios que se agrupan para desarrollar una actividad en común. (Definicion, 2008-2015)

## Desarrollo

Al tener estudiados varios términos referentes al concepto de sistema, se puede concluir que: Un **sistema** es la unión de diversos elementos, que tiene diferentes objetivos particulares, pero que en sinergia, trabajan para cumplir objetivos generales, estos sistemas pueden ser tangibles e intangibles, dependiendo del contexto. Funcionan a través de información o estímulos recibidos, que es procesado de manera particular y en conjunto, para dar un resultado general.

Un sistema puede ser físico o concreto (una computadora, un televisor, un humano) o puede ser abstracto o conceptual (un software). Cada sistema existe dentro de otro más grande, por lo tanto un sistema puede estar formado por subsistemas y partes, y a la vez puede ser parte de un súper-sistema. Los sistemas tienen límites o fronteras, que los diferencian del ambiente. Ese límite puede ser físico (el gabinete de una computadora) o conceptual. Si hay algún intercambio entre el sistema y el ambiente a través de ese límite, el sistema es abierto, de lo contrario, el sistema es cerrado. (Colmenares, 2010)

## Tipo y clasificación de sistemas

Los sistemas pueden clasificarse tomando en consideración diversos criterios, (Colmenares, 2010) (Organization, 2012-2015) algunos de ellos son los siguientes:

- **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.
- **Según la relación que establecen con el medio ambiente:**
- **Sistemas cerrados:** se caracterizan por su hermetismo, que hace que no ocasionen ningún intercambio con el ambiente que se encuentra a su alrededor, por lo que no se ven afectados por el mismo. Esto hace que tampoco los sistemas ejerzan influencia alguna en el medio ambiente que los rodea. Los sistemas cerrados entonces, se caracterizan por poseer un comportamiento totalmente programado y determinado y la materia y energía que intercambian con el ambiente que los rodea es mínima.
  - **Sistemas abiertos:** estos sí establecen intercambios con el medio ambiente que los rodea. Para lograr esto se valen de salidas y entradas por medio de las que intercambian, de manera constante, energía y materia con el medio ambiente. Este vínculo que se establece hace que los sistemas abiertos deban ser sumamente adaptativos a las cualidades del ambiente del cual dependen, sino es así, no logran la supervivencia. Esta dependencia con lo ajeno hace que no puedan existir de forma aislada y que deban adaptarse por medio de la organización y del aprendizaje a los cambios externos.
  - **Sistemas aislados:** son aquellos sistemas en los que no se produce intercambio de materia ni energía.
- **Según su constitución:**
- **Sistemas conceptuales:** están constituidos por conceptos que son ajenos a la realidad y que resultan meramente abstractos.
  - **Sistemas físicos:** los elementos que los componen, en cambio, son concretos y palpables, es decir que se los puede captar por medio del tacto.
- **Según su origen:**
- **Sistemas artificiales:** se caracterizan por ser producto de la creación humana, por lo que dependen de la presencia de otros para poder existir.
  - **Sistemas naturales:** estos en cambio, no dependen de la mano de obra del hombre para originarse.

➤ **Según su movimiento:**

- **Sistemas dinámicos:** estos sistemas se caracterizan por presentar movimiento.
- **Sistemas estáticos:** como su nombre indica, carecen de movimiento alguno.

➤ **Según la complejidad de los elementos que los conforman:**

- **Sistemas complejos:** se caracterizan por estar compuestos por una serie de subsistemas, lo que vuelve difícil la tarea de identificar los distintos elementos que los componen.
- **Sistemas simples:** a diferencia de los anteriores, éstos no cuentan con subsistemas, lo que permite identificar fácilmente a los elementos constitutivos de los mismos.

➤ **Según su naturaleza:**

- **Sistemas inertes:** carece de vida alguna.
- **Sistemas vivos:** estos, en cambio, si poseen vida.

### Características de los Sistemas (Colmenares, 2010)

Sistema es un todo organizado y complejo; es un conjunto de objetos unidos por alguna forma de interacción o interdependencia. Los límites o fronteras entre el sistema y su ambiente

**Propósito u objeto:** 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.

**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 negentropía, o sea, la información como medio o instrumento de ordenación del sistema.

**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. Una organización podrá ser entendida como un sistema o subsistema o un súper-sistema, dependiendo del enfoque.

## Teoría general de sistemas

La Teoría General de Sistemas contempla cualquier fenómeno como que forma parte de un sistema y, que al menos potencialmente, también puede serlo por sí mismo. Así, por ejemplo, un individuo puede ser considerando un elemento de un sistema mayor, como pueda ser un grupo de personas, y a su vez, un sistema conformado por un conjunto de, por ejemplo, células. (Navarro Cid, 2001)

Es el estudio interdisciplinario que busca las propiedades comunes a estas entidades. Su desarrollo comenzó a mediados del siglo XX, con los estudios del biólogo austriaco Ludwig von Bertalanffy. Se la considera como una meta-teoría (teoría de teorías) que parte del concepto abstracto de sistema para encontrar reglas de valor general. (Definición, 2008-2015)

El estudio de sistemas se ha desarrollado con el propósito de tener en cuenta todas las interacciones entre los elementos que componen el mismo y cuya conducta se pretende predecir. Así, una corriente importante en la teoría general de sistemas, se ocupa de desarrollar métodos que nos permitan construir sistemas conceptuales en los que se recojan lo mas completamente que sea posible las interacciones entre los distintos elementos que lo componen. (Bravo Monroy, 2008)

## Metodologías específicas para el estudio de sistemas (Bravo Monroy, 2008)

La selección de los elementos necesarios y suficientes para que el sistema cumpla con los objetivos requeridos; las metodologías de análisis que serán más eficientes serán aquellas en las que se estudie el comportamiento del sistema cuando se le someta a unas determinadas formas de funcionamiento. En otras palabras, qué respuestas ofrece (outputs) a partir de unos determinados estímulos (inputs), y si tales respuestas son adecuadas a los fines que se persiguen. Desde este punto de vista, los métodos más comúnmente utilizados son:

- A. Método de la función de transferencia o de la "caja negra ": Consiste este método en considerar el sistema como algo desconocido cuyo funcionamiento no es preciso considerar para analizar los resultados o respuestas que produce. Siendo así, solamente importa que cómo consecuencia de una señal de entrada o "input" se obtenga una respuesta de salida u "output", que generalmente se las considera escalares. Muy esquemáticamente este método viene representado en la siguiente figura:

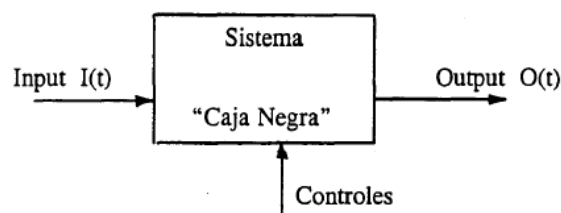


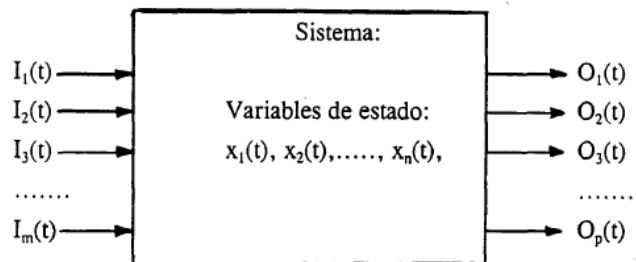
Figura 1. Método de la caja negra. (Bravo Monroy, 2008, pág. 31)

Dado que este método de análisis prescinde por completo de los elementos componentes del sistema y de las funciones que realiza internamente, en algunos

casos puede mejorarse su respuesta (hacerse más real al entorno en el que está inmerso el sistema), añadiendo determinadas perturbaciones o controles externos que en el caso de producirse modifican el comportamiento del sistema, produciendo en su caso como respuesta, salidas diferentes a las que daría en ausencia de tales perturbaciones.

- B. Método de las variables de estado: Este método por el contrario centra su atención tanto en las variables que constituyen las entradas al sistema como las contenidas en el interior del mismo a través de los distintos estados que puede alcanzar. En este caso, las salidas se consideran como variables observables que dependen de una combinación de las variables de entrada con las variables de estado internas al sistema.

El siguiente diagrama, simboliza el análisis del sistema según esta metodología:



donde existen:

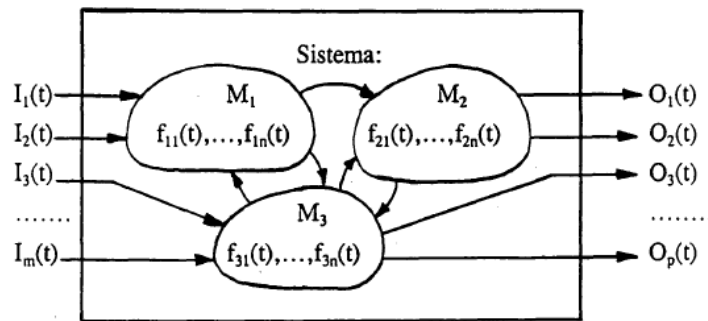
“n” variables de estado:  $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$ ,

“m” variables de entrada:  $I_1(t), I_2(t), \dots, I_m(t)$ ,

“p” variables de salida:  $O_1(t), O_2(t), \dots, O_p(t)$ ,

Figura 2. Metodo de las variables de estado. (Bravo Monroy, 2008, pág. 32)

- C. Método modular o por funciones: Consiste este método en analizar el sistema desde su interior, de tal forma que las funciones que tiene asignadas son representadas por módulos, cada uno de los cuales a partir de unos datos o variables de entrada y por medio de los procesos que le son asignados, obtiene un conjunto de variables de salida que serán utilizadas por otros módulos internos al sistema, o bien como respuesta del mismo a los inputs de entrada. Gráficamente este método de análisis podría representarse así:



donde existen:

Módulos del sistema:	$M_1, M_2, M_3$ <sup>28</sup>
Variables de entrada:	$I_1(t), I_2(t), \dots, I_m(t),$
Variables de salida:	$O_1(t), O_2(t), \dots, O_p(t),$

Figura 3. Método modular. (Bravo Monroy, 2008, pág. 32)

Cada uno de los módulos representados en la figura anterior puede contener una o varias de las funciones asignadas a realizar por el sistema y maneja no solamente la información de entrada al mismo ( $I_1(t), I_2(t), \dots, I_m(t)$ ) sino también la información (variables y datos) producida por otros módulos internos al sistema (véase flechas de comunicación entre los módulos), produciendo como salida las variables de respuesta del sistema ( $O_1(t), O_2(t), \dots, O_p(t)$ ).

- D. Método de los sistemas jerárquicos: El avance social experimentado en los últimos tiempos en todos los ámbitos del conocimiento humano ha dado lugar a la aplicación de complejas organizaciones de las que han surgido nuevos problemas para cuya resolución en algunos casos se ha acudido a la teoría de los sistemas.

## Sistemas complejos

Al tener mejor comprendido los temas anteriores, es factible poder incursionar en el tema central de este artículo, que son los sistemas complejos, iniciando por unas definiciones de diversos autores, con la intención de poder agrupar un concepto integral, conocer sus características, campos de acción y por último un enfoque en el área de las organizaciones

Menciona (ComplexUD, 2006) Los sistemas complejos son sistemas que no están precisamente diseñados para una especificación bien conocida sino que por el contrario involucran diversos componentes autónomos que pueden llegar a considerarse sistemas completamente funcionales para otros propósitos y que son puestos juntos en el contexto de un único sistema complejo por que como agentes individuales ven la cooperación en ese conjunto como beneficiosa para ellos.

Por otra parte (Moriello, 2003) Los sistemas complejos se caracterizan fundamentalmente porque su comportamiento es imprevisible. Sin embargo, complejidad no es sinónimo de complicación: este vocablo hace referencia a algo enmarañado, enredado, de difícil comprensión. En realidad, y por el momento, no existe una definición precisa y absolutamente

aceptada de lo que es un sistema complejo, pero pueden darse algunas peculiaridades comunes.

- 1) En primer término, está compuesto por una gran cantidad de elementos relativamente idénticos. Por ejemplo, el número de células en un organismo, o la cantidad de personas en una sociedad.
- 2) En segundo lugar, la interacción entre sus elementos es local y origina un comportamiento emergente que no puede explicarse a partir de dichos elementos tomados aisladamente. Un desierto puede contener billones de granos de arena, pero sus interacciones son excesivamente simples comparadas con las que se verifican en las abejas de un enjambre.
- 3) Por último es muy difícil predecir su evolución dinámica futura; o sea, es prácticamente imposible vaticinar lo que ocurrirá más allá de un cierto horizonte temporal.

Expresa (Naranjo Leclercq, 2007) que es un sistema compuesto de muchos elementos, los cuales interactúan entre sí. Mientras más elementos y/o más interacciones entre ellos haya será más complejo.

Según (Romay, 2014) Los sistemas complejos están formados por elementos que interactúan buscando lograr una meta o finalidad común, y donde esas relaciones (o interacciones) no son lineales (entendiendo lineal como causa-efecto), es decir, cada interacción genera cambios en el escenario imposibles de predecir.

Por último (Tarride, 1995) Normalmente se da en llamar sistemas complejos a aquellos que tienen muchas componentes y a su vez muchas relaciones.

Después de estas aportaciones se hará una conceptualización del término sistemas complejos, la cual se expresa a continuación.

**Sistemas complejos:** Es el conjunto de elementos, que pueden ser subsistemas, partes más elementales, las cuales tienen funciones determinadas, que sería incomprensible la función general del sistema, en base su estudio particular; trabajando en función u objetivos específicos, donde se pueden analizar diversas relaciones entre los elementos.

En su aporte (ComplexJD, 2006) describe las características que permiten distinguir si un sistema es en efecto complejo.

1. Tal como sucede con todos los sistemas, aquellos que se consideran complejos también son un conjunto de elementos o partes que interactúan con un propósito. Sin embargo, los componentes de un sistema complejo tienen una propiedad particular: son componentes autónomos y heterogéneos, que permiten que el sistema tenga una mayor versatilidad en términos de organización y/o disposición funcional de sus componentes.
2. Dichos componentes autónomos, a su vez promueven el surgimiento de una propiedad adicional para los sistemas complejos: Los componentes pueden tomar información del sistema entero y cambiar su comportamiento para tomar decisiones funcionales y cambios que dan ventaja al sistema. Esto significa que los sistemas complejos son adaptables, que responden a las presiones tanto del entorno como internas (entre sus propios componentes) y como parte de este proceso de adaptación continua,



evolucionan. En particular, mientras los sistemas complejos evolucionan aumentan continuamente su complejidad.

3. Los sistemas complejos son irreductibles: Lo complejo es un todo unido, y no puede ser estudiado dividiéndolo en sus partes constituyentes, por que las partes aisladas no conservan las propiedades del todo considerado complejo (Similitud con la definición de Sistema).
4. Como parte de la interacción de los componentes autónomos, de la relación estrecha del todo con las partes y de la especialización de los componentes, suelen surgir comportamientos inesperados que generan nuevas características en el sistema, a este fenómeno se le denomina Emergencia.
5. Un ejemplo muy frecuente de emergencia en los sistemas complejos es la formación de patrones: Lo que sucede en este punto es sorprendente, en un entorno altamente cambiante y con un comportamiento aparentemente aleatorio e inestable pueden surgir ciertos patrones, que si bien no son regulares/lineales, son susceptibles de ser modelados matemáticamente para acuñarlos como característica del sistema.
6. La forma en la que un sistema complejo evoluciona y cambia constantemente entre estados de contraste (entre orden y desorden, simplicidad y complejidad, aleatoriedad y predictibilidad), corresponde al control o regulación del propio sistema al reducir su propia entropía intercambiando constantemente energía con su entorno. Esta forma de estabilización continua, permite incluir como característica de los sistemas complejos, la auto-organización.
7. El comportamiento de los sistemas complejos no sigue un patrón definido o lineal que permita determinar con exactitud su comportamiento o estado futuro a partir de las características o comportamientos previos del mismo. Esta propiedad permite que se les defina como sistemas no determinísticos y por tanto no predecibles (Bajo ciertas condiciones pueden ser incluso caóticos).
8. Los periodos de tiempo, en los cuales los sistemas complejos se encuentran en equilibrio, son realmente muy cortos. El comportamiento general de este tipo de sistemas involucra, con mucha frecuencia dinámicas no lineales y en algunas ocasiones caos. Este comportamiento complejo generalmente está altamente influenciado por el entorno del sistema que también se vuelve más complejo con el tiempo.
9. Teniendo en cuenta todas las características antes mencionadas, es bastante claro que el estudio de los sistemas complejos no puede reducirse al estudio de sus partes constituyentes, ni asumir que son predecibles. Es más, hablar de qué tan complejos son es una cuestión difícil y se hace necesario abordar un enfoque multi-escala (estudiarlos tanto a pequeña escala como a gran escala por que las características de las escalas menores afectan el comportamiento de las escalas más grandes) para comprender sus comportamientos y tener la posibilidad de trabajar con ellos.

## Fractales y naturaleza (Moriello, 2003)

La teoría del caos estudia la evolución dinámica de ciertas magnitudes. Al representar geométricamente el conjunto de sus soluciones, aparecen modelos o patrones que los caracterizan. Existe un comportamiento caótico cuando dichos modelos -a lo largo de extensos períodos de tiempo- oscilan de forma irregular, aperiódica; parecen girar asintóticamente en las inmediaciones de ciertos valores, como si describieran órbitas alrededor de ellos. Estos valores se conocen con el nombre de "atractores caóticos", "atractores extraños" o, simplemente, "atractores" (debido a que parecen atraer las soluciones hacia ellos) y su particularidad es que presentan propiedades fractales.

Un "fractal" es una estructura geométrica que tiene dos características principales: la "auto-semejanza" y la "dimensión fraccionaria".

- La auto-semejanza significa que posee la misma estructura cualquiera sea la escala en que se la observa; es decir, a través de sucesivas ampliaciones (diferentes cambios de escala) se repite su forma fundamental (conserva el mismo aspecto).
- La dimensión fraccionaria mide el grado de irregularidad o de fragmentación de un objeto: una dimensión entre 1 y 2 significa que se comparten las propiedades de una recta y de un plano. No obstante, la fractal no tiene el mismo significado que las dimensiones del tradicional espacio euclidiano: fractales con dimensiones enteras (1 y 2), no se parecen en nada a una línea o a un plano, respectivamente.

En general, las formas encontradas en la naturaleza son ejemplos de fractales: vasos sanguíneos y sus capilares, árboles, vegetales, nubes, montañas, grietas tectónicas, franjas costeras, cauces de ríos, turbulencias de las aguas, copos de nieve, y una gran cantidad de otros objetos difíciles de describir por la geometría convencional.

Una estructura fractal es aquella que se genera por la repetición incansable de un proceso bien especificado (o sea, está gobernado por reglas determinísticas).

## Ejemplo típico de sistema complejo

La comunicación humana (por ejemplo, en las redes sociales), porque el hecho que el emisor lance un mensaje no implica que conozcamos la reacción en tiempo y forma del receptor. Y esa interacción, además, puede tener efecto en otros elementos del sistema que inicialmente no estaban afectados por el mensaje.

Dos personas hablando tienen dos interacciones: una como emisor y otra como receptor. Tres personas hablando tienen siete interacciones: A con B, B con C, C con A y las simétricas, además de una relación triple.

Si trasladamos esto a los cientos de contactos de nuestra red social favorita, imaginen el volumen de interacciones. Incluso con un número pequeño de conexiones (por ejemplo, una relación de pareja), la naturaleza de una sola interacción puede hacer el sistema muy complejo.

## El concepto de Organización. (Navarro Cid, 2001)

De las organizaciones se ha dicho que es más fácil dar ejemplos que definir el término de manera precisa (March y Simon, 1977). Aun así, multitud son los autores que han propuesto su propia definición de lo que para ellos es una organización. Más que recoger algunas de estas definiciones que puedan ser representativas, nos interesa conceptualizar el fenómeno organizativo en sus características básicas.

Se concluyen con un total de cinco características definitorias, como conjunto, del fenómeno organización a diferencia de lo que puedan ser otras instituciones y formaciones sociales. Estas características son las siguientes:

1. Composición de la organización basada en individuos y/o grupos interrelacionados
2. Orientación hacia unos objetivos o fines que guían las actividades y procesos organizacionales, y que son perseguidos por la organización a fin de su propia subsistencia.
3. Diferenciación de funciones entre los miembros componentes de la organización. La diferenciación de funciones es una consecuencia de la persecución de unos intereses organizacionales para cuya consecución se precisa de una división de tareas y de funciones. A su vez, la diferenciación de funciones exige una ...
4. Coordinación racional intencionada necesaria para su integración en orden a la consecución de los fines organizacionales. La diferenciación y la correspondiente coordinación conllevan una serie de implicaciones simbólicas (Quijano, 1993) tales como el entrenamiento y socialización de los miembros de la organización en una serie de normas y valores, lo que conduce al entendimiento de la organización como una entidad socialmente construida (Weick, 1969, 1979); y
5. Continuidad a través del tiempo en tanto al mantenimiento de los patrones de interacción como sistema de roles, lo cual hace que la organización mantenga una cierta identidad como tal.

## Sistemas complejos y organizaciones

Menciona (Ponce Muñoz, 2009) que las organizaciones, tradicionalmente han sido definidas como conjuntos de personas que se reúnen para lograr objetivos de mayor trascendencia que los que pueden lograr cada uno de esos integrantes en forma individual, esos objetivos se relacionan con la obtención de utilidades y sobrevivir en el tiempo.

Expresa (Bohorquez Arevalo, 2013) Las organizaciones empresariales son sistemas complejos, dado que su comportamiento se explica más en función de las interacciones que de las acciones de los agentes. Las interacciones facilitan el surgimiento de condiciones novedosas que son absorbidas por el sistema promoviendo su evolución; es decir, el sistema no solo se acomoda a las condiciones cambiantes, sino que se transforma y modifica el entorno. Dado lo anterior, en el contexto de la administración se sugiere el uso de la expresión sistema complejo más que sistema adaptativo complejo.

La teoría de sistemas complejos busca comprender la relación entre el caos y el orden y en el caso particular de este estudio, su aplicación a los sistemas organizacionales. Un sistema puede pasar del orden al caos, partiendo de un periodo de comportamiento uniforme a través de ciclos de oscilación, turbulencia y caos hasta que se auto-organiza. (Ponce Muñoz, 2009)

## Conclusiones

Es evidente la importancia del término sistema y en todo lo que está relacionado, además que es igual de importante el concepto de sistema complejo, ya que se encuentra en cosas que en algún momento vimos en nuestra época estudiantil, en situaciones reales de nuestra existencia y será un hecho que estará presente en futuros próximos.

A pesar de lo que pueda contextualizar un sistema complejo, es factible su estudio y entendimiento, solo requiere dedicación y compromiso, como muchos otros temas; los beneficios aportados serán posibles de catalogar y en algunos casos cuantificables.

**Tema de tesis:** Implementación e importancia del estudio para la identificación de sistemas complejos en las organizaciones, caso particular de estudio: Fricongelados

**Objetivo:** Tener las bases y conocimientos necesarios, para la identificación y análisis de sistemas complejos, permitiendo conocer las relaciones, procesos, objetivos y características adicionales permitiendo una comprensión integral. Para el caso particular de Fricongelados, conocer y establecer medidas que permitan una mejor integración y participación dentro de su universo.

Escrito por: Mauricio Arenas Cruz

Licenciado en Informática, Estudiante de la Maestría en Ingeniería Administrativa en el Instituto Tecnológico de Orizaba

## Bibliografía

- Bohorquez Arevalo, L. E. (2013). La organizacion empresarial como sistema adaptativo complejo. *Estudios Gerenciales* , 258-265.
- Bravo Monroy, R. (16 de Enero de 2008). *Metodologia para el analisis y desarrollo de sistemas complejos*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de Univer: <http://biblioteca.ucm.es/tesis/cee/ucm-t25231.pdf>
- Bunge, M. (1999). *Diccionario de filosofia, Mexico Siglo XXI*. Mexico: Ibidem.
- Colmenares, L. (12 de Abril de 2010). *Sistemas, tipos y clasificacion*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de Curso: Informatica: <http://informatica-colegiom.forosactivos.net/t13-sistemas-tipos-y-clasificacion>
- ComplexUD. (2006). *Definicion Sistema Complejo*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de ComplexUD: <http://complexud.com/ciencias-complejidad/ingenieria-sistemas-complejos/definicion-sistema-complejo>
- Definicion. (2008-2015). *Definicion de Sistema*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de Definicion.De: <http://definicion.de/sistema/>
- Garcia, R. (2007). *Interdisciplinariedad y Sistemas Complejos*. Recuperado el 16 de Octubre de 2015, de Infoteca Virtual de Educacion Ambiental.
- Holland, J. (1996). Sistemas adaptativos complejos. *Redes de Neuronas* , 259-295.
- Moriello, S. A. (5 de MARzo de 2003). *Sistemas complejos, caos y vida artificial*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de Red cientifica: <http://www.redcientifica.com/doc/doc200303050001.html>
- Naranjo Leclercq, A. (24 de Diciembre de 2007). *¿Que son los sistemas complejos?* Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de Wordpress: <https://andreanaranjo.wordpress.com/2007/12/24/%C2%BFque-son-los-sistemas-complejos-compilado-de-publicaciones-2007/>
- Navarro Cid, J. (26 de Junio de 2001). *La organizacion como Sistema Complejo*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de Tesis Doctorales en Red: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/2658/Partell.pdf?sequence=4>
- Organization, S. (2012-2015). *Tipos de sistemas*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de tiposde.org Portal Educativo: <http://www.tiposde.org/general/727-sistemas/>
- Palacio Lopez, J. V. (2002). La educacion como un sistema complejo. *Islas* , 113-127.
- Ponce Muñoz, P. (2009). Analisis de la teoria de sistemas complejos y su aplicacion a sistemas organizacionales. *Revismar* , 52-67.
- Ritter Ortiz, W., & Perez Espino, T. E. (Febrero de 2011). *¿Que son los sistemas complejos y sus procesos de emergencia?* Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de Centro de Ciencias de la Atmosfera, UNAM: <http://rcci.net/globalizacion/2011/fg1126.htm>

Romay, A. (27 de Enero de 2014). *Organizaciones como sistemas complejos*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de scalabBle: <http://www.scalabble.com/2014/01/sistemas-complejos/>

Sanchez Guerrero, P. (2007). Los sistemas complejos y las ciencias sociales: un enfoque organizacional. *Administracion y organizaciones* , 147-160.

Sanchez, A. (2007). *Sistemas Complejos y Aplicaciones*. Recuperado el 16 de Octubre de 2015, de Instituto de Biocomputacion y Fisica de Sitemas Complejos:  
[http://www.mat.ucm.es/~rrdelrio/cdl\\_2007/Complejidad\\_2007\\_anxo.pdf](http://www.mat.ucm.es/~rrdelrio/cdl_2007/Complejidad_2007_anxo.pdf)

Sancho Caparrini, F. (13 de Septiembre de 2013). *Investigacion: Sistemas Complejos*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de Universidad de Sevilla:  
<http://www.cs.us.es/~fsancho/?p=sistemas-complejos-2>

Tarride, M. (1995). Complejidad y Sistemas Complejos. *Historia, Ciencia, Saude - Manguinbos* , 46-66.